

SERI EKOLOGI INDONESIA, JILID VI

EKOLOGI PAPUA

Seri Ekologi Indonesia

Jilid VI: Ekologi Papua

Judul lain dalam Seri ini:

Jilid I: Ekologi Sumatera

Jilid II: Ekologi Jawa dan Bali

Jilid III: Ekologi Kalimantan

Jilid IV: Ekologi Sulawesi

Jilid V: Ekologi Nusa Tenggara dan Maluku

Jilid VII: The Ecology of the Indonesian Seas, Part One

Jilid VIII: The Ecology of the Indonesian Seas, Part Two

Seri dalam bahasa Inggris, kecuali Jilid VI, diproduksi oleh Proyek Environmental Management Development in Indonesia (EMDI), kerjasama antara Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup dengan Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, dengan dukungan dana dari Canadian International Development Agency (CIDA)

Jilid II, III, dan V dalam bahasa Indonesia diproduksi oleh Canadian International Development Agency (CIDA)

SERI EKOLOGI INDONESIA, JILID VI

EKOLOGI PAPUA

Editor:

Sri Nurani Kartikasari

Andrew J. Marshall

dan Bruce M. Beehler

Yayasan Pustaka Obor Indonesia
dan Conservation International
Jakarta, 2012

Sumber:
The Ecology of Papua,
Part One & Part Two
Published by Periplus Editions (HK) Ltd.
and Conservation International, 2007
Andrew J. Marshall dan Bruce M. Beehler (Editors)

Judul edisi Indonesia:
Ekologi Papua
Editor:
**Sri Nurani Kartikasari, Andrew J. Marshall,
dan Bruce M. Beehler**

©2007 Conservation International
Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang
all rights reserved

Diterbitkan di Indonesia pertama kali oleh
Yayasan Pustaka Obor Indonesia dan
Conservation International.

Penerbitan edisi ringkasan ini terwujud atas dukungan dana dari
Conservation International Indonesia
dan Pemerintah Daerah Provinsi Papua
Harga penjualan buku ini telah disubsidi oleh
Conservation International (CI) Indonesia

CONSERVATION
INTERNATIONAL
Indonesia



ISBN 978-979-461-796-0
xlii + 982 hlm; 15 x 23 cm

Edisi pertama: Februari 2012
Y.O.I: 689.29.20.2011
Desain Sampul: Rahmatika

Alamat Penerbit:
Jl. Plaju No. 10, Jakarta 10230
Telepon (021) 31926978 & 3920114
Fax: (021) 31924488
e-mail: yayasan_obor@cbn.net.id
www.obor.or.id

Untuk keluarga tercinta kami:

Markus, Yosua dan Jonathan

Brenda, Philip, dan Will

Carol, Grace, Andrew dan Cary

Daftar Isi

Daftar Akronim dan Singkatan	x
Daftar Istilah	xvi
Daftar Penulis Naskah Asli	xxii
Ucapan Terima Kasih	
<i>Sri Nurani Kartikasari, Andrew J. Marshall dan Bruce M. Beehler</i>	xxviii
Prakata	
<i>Edward O. Wilson, Profesor Entomologi, Harvard University</i>	xxxv
Kata Pengantar	
<i>Prof. Dr. Balthasar Kambuaya, MBA</i>	
Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia	xxxvii
Kata Pengantar	
<i>Barnabas Suebu, SH, Gubernur Papua</i>	xxxix
Kata Pengantar	
<i>Ketut Sarjana Putra</i>	
Direktur Eksekutif Conservation International-Indonesia	xli
Bagian I. Pengantar	1
1.1. Pendahuluan	3
1.2. Sejarah Kegiatan Eksplorasi Alam	18
Bagian II. Lingkungan Fisik dan Biogeografi	69
2.1. Geologi Tektonik	71
2.2. Tanah	90
2.3. Iklim	102
2.4. Biogeografi Daratan	117
2.5. Biogeografi Perairan Tawar	125
2.6. Kehidupan dan Lingkungan Purba	142

Bagian III. Flora	161
3.1. Flora Papua: Pengantar	163
3.2. Liken, Lumut, Pakis dan Gymnosperma	176
3.3. Angiosperma	206
Bagian IV. Fauna	255
4.1. Fauna: Pengantar	257
4.2. Avertebrata Laut	270
4.3. Serangga	291
4.4. Herpetofauna	305
4.5. Ikan	335
4.6. Burung	353
4.7. Mamalia	375
Bagian V. Ekosistem Alami	405
5.1. Keanekaragaman Ekosistem dan Konservasi	407
5.2. Ekosistem dan Vegetasi Pesisir	419
5.3. Ekosistem Perairan Tawar	472
5.4. Ekosistem dan Vegetasi Dataran Rendah	492
5.5. Ekosistem Dataran Rendah Lainnya	530
5.6. Ekosistem Gua	550
5.7. Ekosistem dan Vegetasi Pegunungan	567
Bagian VI. Interaksi Manusia dan Ekosistem	613
6.1. Kehadiran Manusia dan Dampaknya	615
6.2. Kemajemukan Sosial Budaya Masyarakat	631
6.3. Kondisi Sosial dan Politik	640
6.4. Sistem Pertanian	672
6.5. Pola Pemanfaatan Komersial Sumber Daya Alam	692
6.6. Aspek Ekonomi Sumber Daya Alam	712
Bagian VII. Konservasi Sumber Daya Alam Papua	733
7.1. Perencanaan dan Penetapan Prioritas Konservasi di Papua	735
7.2. Undang-Undang dan Peraturan Konservasi di Indonesia, khususnya di Papua	756
7.3. Kawasan Konservasi dan Pengelolaannya	789
7.4. Berbagai Ancaman bagi Keanekaragaman Hayati	818
7.5. Konservasi Berbasis Masyarakat	852

Daftar Pustaka	865
Daftar LSM di Papua	952
Indeks	956
Tentang Editor	980

Daftar Akronim dan Singkatan

ABRI	Angkatan Bersenjata Republik Indonesia
AIDS	<i>Acquired immune deficiency syndrome</i>
AMNH	American Museum of Natural History, New York, New York, USA
BAPLAN	Badan Planologi Kehutanan
BAPPENAS	Badan Perencanaan Pembangunan Nasional
BioRAP	<i>Biological Rapid Assessment Program</i> (Program Penilaian Biologis secara Cepat)
BKSDA	Balai Konservasi Sumber Daya Alam
BM	Bishop Museum, Hawaii
BMNH	British Museum of Natural History (Herbarium). Sekarang Natural History Museum, London, Inggris.
BO	Herbarium Bogoriense, Bogor, Indonesia (Herbarium)
BP	British Petroleum
BP3D	Badan Perencanaan dan Pengendalian Pembangunan Daerah
BPS	Biro Pusat Statistik
BTN	Balai Taman Nasional
BUMN	Badan Usaha Milik Negara
CA	Cagar Alam
CCA	Campuran senyawa tembaga, kromium dan arsenik yang terlarut dalam air dan membentuk ikatan kuat ketika disuntikkan ke dalam kayu.
CI	Conservation International

DAFTAR AKRONIM DAN SINGKATAN

CIFOR	<i>Center for International Forestry Research</i> (Pusat Penelitian Kehutanan Internasional)
CITES	<i>Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna</i> (Konvensi Internasional Perdagangan Spesies Flora dan Fauna Terancam Punah)
CSIRO	<i>Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia</i>
CTS	case tracking system
D.	Danau
DAS	Daerah Aliran Sungai
DBE	<i>Endemic Bird Areas</i> (Daerah Burung Endemik)
DKP	Departemen Kelautan dan Perikanan
dpl	di atas permukaan laut
DPR	Dewan Perwakilan Rakyat
DPRD	Dewan Perwakilan Rakyat Daerah
EIA	<i>Environmental Investigation Agency</i> (Lembaga Penyelidikan Lingkungan)
ENSO	El Niño-Osilasi Selatan
FAO	Food and Agriculture Organization
FKPTP	Forum untuk Konservasi dan Pembangunan di Tanah Papua
FM	Flora Malesiana
FMNH	<i>Field Museum of Natural History</i> (di Chicago, Illinois)
FUNDWI	<i>Fund of the United Nations for the Development of West Irian</i> (Dana bantuan yang dikelola PBB untuk pembangunan Irian Barat)
FWI	<i>Forest Watch Indonesia</i>
G.	Gunung
GFW	Global Forest Watch

EKOLOGI PAPUA

GIS	<i>geographic information systems</i> (sistem informasi geografis)
GTZ	German Technical Cooperation (Lembaga Pembangunan Internasional Jerman)
HDI	<i>Human Development Index</i> (Indeks Pembangunan Manusia)
HIV	<i>Human immunodeficiency virus</i>
HPH	Hak Pengusahaan Hutan
HSPA	<i>Hawaiian Sugar Planters Association Experiment Station</i> , Hawaii, sekarang Bishop Museum) HTI Hutan Tanaman Industri
IBAs	Important Bird Areas (Kawasan Penting bagi Burung)
IHHBK	Ijin Pemungutan Hasil Hutan Bukan Kayu
IHPHHMHA	Ijin Hak Pemungutan Hasil Hutan Masyarakat Hukum Adat
INPRES	Instruksi Presiden
IPK	Ijin Pemungutan Kayu
IPKMA	Ijin Pemungutan Kayu Masyarakat Adat
ITCZ	<i>Intertropical Convergence Zone</i> (Zona Konvergensi Antartropis)
ITTO	<i>International Tropical Timber Organization</i>
IUCN	<i>International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources</i> (Lembaga Konservasi dan Sumber Daya Alam Internasional)
IUPHHK	Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu
JATAM	Jaringan Advokasi Tambang
Kep.	Kepulauan
KKA	Kawasan Konservasi Alam
KKN	Korupsi, Kolusi, dan Nepotisme
KLH	Kementerian Lingkungan Hidup
KODAM	Komando Daerah Militer

DAFTAR AKRONIM DAN SINGKATAN

Kopermas	Koperasi Peranserta Masyarakat
KSA	Kawasan Suaka Alam
KUHAP	Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana
LAE	Papua New Guinea Forest Research Institute, Lae, Papua New Guinea (Herbarium)
LIPI	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
LMA	Lembaga Masyarakat Adat
LPMS	Lembaga Penguatan Masyarakat Sipil Papua
LSM	Lembaga Swadaya Masyarakat
MCZ	Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA
MI	Millennium Institute, Washington D.C.
MICH	Universitas Michigan Herbarium (Nota Kesepakatan)
MoU	Memorandum of Understanding
MR	<i>mixing ratio</i> atau rasio percampuran uap air
MT	metrik ton
MULO	Sekolah Lanjutan Setingkat SMP
MZB	Museum Zoologense Bogoriense, Bogor, Indonesia
NHDR	National Human Development Report (Laporan Pembangunan Manusia Nasional)
NY	New York Botanical Garden, The Bronx, New York, USA (Herbarium)
OPM	Organisasi Papua Merdeka
P.	Pulau
PAD	Pendapatan Asli Daerah
Partai Golkar	Partai Golongan Karya
PBB	Perserikatan Bangsa-Bangsa
PCF	Papua Conservation Fund
PDB	Produk Domestik Bruto
PDIP	Partai Demokrasi Indonesia Perjuangan

EKOLOGI PAPUA

PDRB	Pendapatan Domestik Regional Bruto
Peg.	Pegunungan
PERPU	Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang
PHKA	Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam
PHPA	Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam, sekarang PHKA
PKK	Pembinaan Kesejahteraan Keluarga
PNG	Papua Nugini
PP	Peraturan Pemerintah
PPK	Penetapan Prioritas Konservasi
PSP	Program Penetapan Prioritas Irian Jaya
PTFIPT	Freeport Indonesia
RACE	<i>Rapid Assessment of Conservation and the Economy</i> (Penilaian Konservasi dan Ekonomi secara Cepat)
RAP	<i>Rapid Assessment Program</i> (Program Penilaian secara Cepat)
REPELITA	Rencana Pembangunan Lima Tahun
RePPPProT	<i>Regional Physical Planning Program for Transmigration</i> (Program Perencanaan Fisik Regional untuk Transmigrasi)
S.	Sungai
SD	Sekolah Dasar
SDA	Sumber Daya Alam
SDM	Sumber Daya Manusia
SK	Surat Keputusan
SKP	Sekolah Kepandaian Puteri
SKSHH	Surat Keterangan Sahnya Hasil Hutan
SM	Suaka Margasatwa
SMA	Sekolah Menengah Atas
SMP	Sekolah Menengah Pertama

DAFTAR AKRONIM DAN SINGKATAN

SPCZ	<i>South Pacific Convergence Zone</i> (Zona Konvergensi Pasifik Selatan)
SPG	Sekolah Pendidikan Guru
STK	Segitiga Terumbu Karang
STM	Sekolah Teknik Menengah
TBC	<i>Tuberculosis</i>
TI	Tokyo University
TN	Taman Nasional
TNC	The Nature Conservancy
TNS	Tokyo National Science Museum
Trikora	Tri Komando Rakyat
UKM	Usaha Kecil dan Menengah
UNCEN	Universitas Cendrawasih
UNDP	<i>United Nations Development Program</i>
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Lembaga PBB di bidang Pendidikan, Penelitian dan Kebudayaan)
UNIPA	Universitas Negeri Papua
UNTEA	United Nations Temporary Executive Administration
USDA	<i>The United States Department of Agriculture</i>
UU	Undang-Undang
WAG	Wagenigen
WALHI	Wahana Lingkungan Hidup Indonesia
WCMC	World Conservation Monitoring Centre (UNEP)
WHO	<i>World Health Organization</i> (Organisasi Kesehatan Dunia)
WPWP	<i>Western Pasific Warm Pool</i> (daerah hangat di bagian barat Pasifik)
WWF	<i>World Wide Fund for Nature</i>
YPMD	Yayasan Pengembangan Masyarakat Desa
YWL	Yayasan Wasur Lestari

Daftar Istilah

Akresi	Proses perubahan bentuk (lahan) karena penambahan materi pembentuk yang berlangsung perlahan-lahan, misalnya proses sedimentasi daerah pesisir karena erosi angin yang mengendapkan butiran pasir yang lembut sehingga lahan pantainya menjadi lebih luas.
Akuifer	Bagian batuan di bawah tanah yang dapat menyimpan atau mengalirkan air.
Amfibi	Hewan bertulang belakang (vertebrata) yang hidup di dua alam; di air dan di daratan.
Angiosperma	Tumbuhan berbunga atau kelompok tanaman yang menghasilkan biji di sekitar bakal buah, yang jika matang menjadi buah
Arboreal	Hewan yang sebagian besar hidupnya berada di atas pepohonan atau belukar.
Artropoda	Hewan beruas.
Autotrof	Sifat organisme yang mampu memenuhi kebutuhan bahan organiknya melalui sintesis bahan anorganik, dengan bantuan energi seperti matahari dan bahan kimia.
Avifauna	Fauna burung.
Batuan igneous	Batuan beku yang dibentuk oleh kegiatan gunung berapi.
Batuan metamorfik	Batuan beku atau sedimen yang telah mengalami perubahan karena pengaruh suhu atau tekanan.
Batuan sedimen	Batuan yang dibentuk dari materi yang tererosi yang kemudian tertimbun oleh gerakan angin atau air.

DAFTAR ISTILAH

Bentos	Organisme renik berupa tumbuhan dan hewan yang hidup di dekat atau di atas dasar laut.
Bioma	Sekelompok hewan dan tumbuhan yang tinggal di suatu lokasi geografis tertentu
Biosfer	Bagian luar dari planet Bumi, mencakup udara, daratan, dan air, yang memungkinkan kehidupan dan proses biotik berlangsung.
Bryofit	Lumut-lumutan
<i>Cauliflory</i>	Pepohonan yang memiliki bunga dan buah-buah yang tumbuh pada batangnya
<i>Cordillera</i>	Suatu sistem atau kelompok atau jajaran pegunungan yang dipisahkan oleh lembah dan bentuk lahan lainnya, misalnya jajaran pegunungan Andes di Amerika selatan dan jajaran pegunungan tengah di Papua.
Danau sudetan	Dikenal sebagai <i>oxbow</i> yaitu badan air yang terbentuk oleh kelokan sungai dari badan sungai utama yang terpotong dan membentuk suatu danau.
Dataran aluvial	Bentuk lahan yang relatif datar karena dibentuk melalui proses sedimentasi selama jangka waktu yang lama oleh satu atau beberapa sungai yang bersumber di daerah dataran tinggi tempat tanah aluvial terbentuk.
Dbh	<i>Diameter at breast height</i> – diameter pohon setinggi dada (1,3 m).
Demersal	Daerah dekat dasar perairan laut.
Detritus	Materi organik yang mati.
Dikhogamus	Tumbuhan yang memiliki organ jantan dan betina pada tanaman yang sama dalam waktu yang berbeda.
Dikotil	Tumbuhan berbiji belah atau tumbuhan berkeping biji dua.
Ekoregion	Wilayah geografis yang memiliki kesamaan ciri iklim, tanah, air, flora, dan fauna asli, serta pola interaksi ma-

EKOLOGI PAPUA

	nusia dengan alam yang menggambarkan integritas sistem alam dan lingkungan hidup.
Epifit	Tumbuhan yang menumpang pada tumbuhan lain sebagai tempat hidupnya tetapi tidak bersifat parasit.
Filogenetika	Studi yang membahas tentang hubungan kekerabatan antar berbagai macam organisme melalui analisis molekuler dan morfologi.
Fotofit	Epifit yang hidup di lingkungan yang terang.
Frugivora	Hewan pemakan buah.
Geofit	Tumbuhan tidak berkayu yang memiliki organ penyimpanan karbohidrat, hara dan air di bawah permukaan tanah. Organ ini berfungsi sebagai cadangan bagi tumbuhan untuk dapat bertahan hidup selama musim yang tidak menguntungkan. Contohnya, jahe-jahean, bawang, dan ubi-ubian.
Gletser	Bongkahan es yang besar, terbentuk di atas permukaan tanah yang merupakan akumulasi endapan salju yang membatu selama kurun waktu lama.
Granivora	Hewan pemakan biji-bijian.
Herba	Tumbuhan yang batangnya lunak karena tidak membentuk kayu atau tumbuhan tidak berkayu.
Hermafrodit	Individu organisme yang memiliki alat kelamin jantan dan betina.
Herpetofauna	Fauna amfibi dan reptil
Insektivora	Hewan atau tumbuhan pemakan serangga.
Karapas	Batok kura-kura bagian atas yang menutupi punggung.
Kosmologi	Ilmu yang mempelajari alam semesta secara keseluruhan, termasuk posisi manusia di dalamnya.
Krepuskular	Hewan yang aktif terutama selama senja hari.
Kriofit	Tumbuhan yang telah menyesuaikan diri hidup di daerah yang tertutup lapisan es atau salju, seperti jenis lumut dan jamur.

DAFTAR ISTILAH

Krustasea	Hewan bercangkang keras.
Laguna	Badan air asin yang terpisah dari laut oleh penghalang berupa pasir, batu karang atau semacamnya.
Lentik	Bentuk perairan tawar yang menggenang.
Liana	Tumbuhan yang merambat, memanjat, atau menggantung dengan akar berada di tanah atau paling tidak memerlukan tanah sebagai sumber haranya.
Litoral	Daerah pantai yang terletak antara pasang tertinggi dan surut terendah.
Litosfer	Lapisan bumi yang paling luar, terletak di atas lapisan mantel
Lotik	Bentuk perairan yang mengalir.
Marsupialia	Mamalia di mana betinanya memiliki marsupium (kantong perut).
Moluska	Hewan bertubuh lunak.
Monokotil	Tumbuhan berkeping biji tunggal.
Monotrema	Mamalia yang bertelur, bukan beranak seperti marsupialia (Metatheria) dan mamalia berplasenta (Eutharia).
Mutualisme	Bentuk hubungan antara organisme yang saling menguntungkan kedua pihak.
Nektar	Sari bunga yaitu cairan manis yang kaya akan gula, diproduksi bunga dari tumbuh-tumbuhan sewaktu mekar untuk menarik hewan penyerbuk seperti serangga.
Nektarivora	Hewan pemakan nektar.
Nokturnal	Hewan yang tidur pada siang hari dan aktif pada malam hari yang merupakan kebalikan dari perilaku manusia.
Ombudsman	Seorang pejabat atau badan yang bertugas menyelidiki berbagai keluhan masyarakat.
Ornitologi	Cabang zoologi yang mempelajari burung.
Orogen	Proses terbentuknya pegunungan, umumnya akibat tumbukan lempeng tektonik

EKOLOGI PAPUA

Ovipar	Hewan yang bertelur
Patahan	Batas antara dua unit geologis, seperti lempeng tektonik, dimana salah satu lempeng menyelip di atas lempeng lainnya tanpa ada proses subduksi.
Patogen	Agen biologis yang menyebabkan penyakit pada inangnya.
Perdu	Suatu kategori tumbuhan berkayu yang dibedakan dengan pohon karena cabangnya yang banyak dan ketinggiannya lebih rendah, biasanya kurang dari 5-6 meter. Banyak tumbuhan dapat berupa pohon atau perdu bergantung kondisi pertumbuhannya.
Plankton	Sekelompok organisme renik, berupa tumbuhan (fitoplankton) atau hewan (zooplankton) yang mengapung atau melayang dalam jumlah besar, baik di perairan tawar maupun asin.
Polip	Hewan kecil berongga yang biasanya hidup pada tumbuhan air/individu-individu <i>Cnidaria</i> (menancap pada substratnya) dengan bentuk tubuh yang bulat dan biasanya mulutnya dikelilingi oleh tentakel.
Pteridofit	Paku-pakuan.
<i>Ramiflory</i>	Pepohonan yang memiliki bunga dan buah-buah yang tumbuh pada ranting utamanya.
Reofit	Vegetasi yang tumbuh di tepi atau dasar sungai yang berarus deras.
Reptil	Hewan melata yaitu kelompok vertebrata yang berdarah dingin dan memiliki sisik yang menutupi tubuhnya.
Rizoma	Disebut juga rimpang, yaitu sebuah bentuk modifikasi batang tanaman yang biasanya menjalar di dalam tanah dan dapat menghasilkan tanaman baru dari ruasnya.
Salinitas	Tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air.
Serasah	Tumpukan dedaunan kering, rerantingan, dan berbagai sisa vegetasi lainnya di atas lantai hutan atau kebun.

DAFTAR ISTILAH

serofit	Tumbuhan yang telah beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang kering.
Subduksi	Suatu proses dimana salah satu lempeng menyelip ke bawah lempeng lainnya. Misalnya, zona subduksi adalah batas antara dua lempeng tektonik dimana salah satu lempeng menyelip ke bawah lempeng lainnya.
Sublittoral	Daerah pantai yang biasanya mempunyai kedalaman kurang dari 200 m, atau daerah pantai yang mencakup permukaan air sampai ke batas terendah tempat tanaman dapat tumbuh.
Subtidal	Daerah di bawah pasang surut dan selalu terpapar daratannya karena tidak tertutup oleh genangan air.
Terrane	Fragmen kerak yang merupakan unit daratan yang menyatu dengan massa daratan yang lebih besar tetapi semula bukan berasal dari massa daratan utama yang ditemelinya.

Daftar Penulis Naskah Asli

- Gerald R. Allen. Department of Aquatic Zoology, Western Australian Museum, 49 Kew Street, Welshpool, WA 6106, Australia
- Allen Allison. Bishop Museum, 1525 Bernice Street, Honolulu, HI 96817, USA. E-mail: allison@hawaii.edu
- Daniel M. Alongi. Australian Institute of Marine Science, PMB 3, Townsville MC, Queensland 4810, Australia
- Dessy Anggraeni. Conservation International Indonesia, Jl. Pejaten Barat 16 A, Kemang, Jakarta 12550, Indonesia
- Ken P. Aplin. Division of Wildlife Research, CSIRO, Canberra 0200, Australia
- André Aptroot. Centraalbureau voor Schimmelcultures, PO Box 85167, NL-3508 AD Utrecht, Belanda
- William J. Baker. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey TW9 3AB, Inggris
- Renee Bartolo. GecOz Pty Ltd, Geospatial Consultants Australia, PO Box 42636, Casuarina, NT 0811, Australia
- Bruce M. Beehler. Melanesia Program, Conservation International, 2011 Crystal Drive, Suite 500, Arlington, VA 22202, USA
- Manuel Boissière. CIRAD, Campus de Baillarguet, 34398 Montpellier Cedex 5, Perancis, and CIFOR, PO Box 6596, JKPWB Jakarta 10065, Indonesia
- Michele Bowe. World Wide Fund for Nature (WWF), PMB Madang, Madang Province, Papua New Guinea
- John Burke Burnett. Indo-Pacific Conservation Alliance and Pacific Science Association, Bishop Museum, 1525 Bernice Street, Honolulu, HI 96817, USA
- James B. Cannon. Center for Conservation and Government, Conservation International, 2011 Crystal Drive, Suite 500, Arlington, VA 22202, USA

DAFTAR PENULIS NASKAH ASLI

- Rob Coles. CRC Reef Research Centre/Department Primary Industries and Fisheries, Northern Fisheries Centre, PO Box 5396, Cairns, Queensland 4870, Australia
- Mark J. E. Coode. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey TW9 3AB, Inggris
- Simon M. Cragg. Institute of Marine Sciences, School of Biological Sciences, University of Portsmouth, Ferry Road, Portsmouth PO4 9LY, Inggris
- Lyn A. Craven. Australian National Herbarium, CPBR, CSIRO Plant Industry, GPO Box 1600, Canberra, ACT 2601, Australia. E-mail: Lyn.Craven@csiro.au
- Arnold J. de Boer. Zoological Museum, Department of Entomology, University of Amsterdam, Plantage Middenlaan 64, 1018 DH Amsterdam, Belanda
- Yance de Fretes. Conservation International Indonesia, Jl. Pejaten Barat 16 A Kemang, Jakarta 12550, Indonesia
- Louis Deharveng. UMR5202 du CNRS, Origine, Structure et Evolution de la Biodiversité, Muséum National d'Histoire Naturelle, CP 50, 45 rue Buffon, 75005 Paris, Perancis
- Ed F. de Vogel. Nationaal Herbarium Nederland, Universiteit Leiden, PO Box 9514, 2300 RA, Leiden, Belanda
- Willem J. J. O. de Wilde. Nationaal Herbarium Nederland, Universiteit Leiden, PO Box 9514, 2300 RA, Leiden, Belanda
- John Dransfield. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey TW9 3AB, Inggris
- Hans Duffels. Zoological Museum, Department of Entomology, University of Amsterdam, Plantage Middenlaan 64, 1018 DH Amsterdam, Belanda
- Jack Dumbacher. Department of Birds and Mammals, California Academy of Sciences, 875 Howard Street, San Francisco, CA 94103, USA
- Mark V. Erdmann. Center for Applied Biodiversity Science, Conservation International, 2011 Crystal Drive, Suite 500, Arlington, VA 22202, USA

EKOLOGI PAPUA

- Paul Erfemeijer. WL Delft Hydraulics, PO Box 177, 2600 MH Delft, Belanda
- Douglas Fenner. Department of Marine and Wildlife, American Samoa, PO Box 3730, Pago Pago, American Samoa 96799
- Paul I. Forster. Queensland Herbarium, Environmental Protection Agency, Brisbane Botanic Gardens, Mt. Coot-tha Road, Toowong, Queensland 4066, Australia
- Scott Frazier. Conservation International, Papua Program. 20 NW 400 Road, Warrensburg, MO 64093, USA. E-mail: papua_fraziers@yahoo.com
- David G. Frodin. Chelsea Physic Garden, London; Herbarium, Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey TW9 3AB, Inggris
- Alfred E. Hartemink. ISRIC-World Soil Information, PO Box 353, 6700 AJ Wageningen, Belanda
- Kristofer M. Helgen. School of Earth and Environmental Sciences, University of Adelaide, Adelaide, SA 5005; and South Australian Museum, North Terrace, Adelaide, SA 5000, Australia. E-mail: helgenk@si.edu
- Geoffrey S. Hope. Archaeology and Natural History, Australian National University, Canberra 0200, Australia
- Robert J. Johns. Botanical Research Institute, Fort Worth, TX 76102, USA
- Neville J. Kemp. Indo-Pacific Conservation Alliance, c/o Bishop Museum, 1525 Bernice Street, Honolulu, HI 96817, USA
- Paul J. A. Keßler. Nationaal Herbarium Nederland, Universiteit Leiden, PO Box 9514, 2300 RA, Leiden, Belanda. E-mail: Kessler@nhn.leidenuniv.nl
- Keliopas Krey. Jurusan Biologi, Universitas Negeri Papua, Manokwari, Papua, Indonesia
- Philippe Leclerc. 43 boulevard de la Vanne, 94230 Cachan, Perancis
- Jianhua Li. Arnold Arboretum of Harvard University, Harvard University Herbaria, 22 Divinity Avenue, Cambridge, MA 02138, USA
- Andrew Mack. Papua New Guinea Country Program, Wildlife Conservation Society, PO Box 277, Goroka, EHP, Papua New Guinea

DAFTAR PENULIS NASKAH ASLI

- J. R. Mansoben. Lembaga Penelitian, Universitas Cenderawasih, Jayapura, Papua, Indonesia
- Andrew J. Marshall. Department of Anthropology and Graduate Group in Ecology, University of California, One Shields Avenue, Davis, CA 95616, USA
- Len McKenzie. CRC Reef Research Centre/Department Primary Industries and Fisheries, Northern Fisheries Centre, PO Box 5396, Cairns, Queensland 4870, Australia
- David J. Middleton. Royal Botanic Garden, 20A Inverleith Row, Edinburgh EH3 5LR, Skotlandia
- Scott E. Miller. National Zoological Park and National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D.C. 20008-2598, USA
- Johan B. Mols. Nationaal Herbarium Nederland, Universiteit Leiden, PO Box 9514, 2300 RA, Leiden, Belanda
- Mark F. Newman. Royal Botanic Garden, 20A Inverleith Row, Edinburgh EH3 5LR, Skotlandia
- Daniel H. Norris. Department of Integrative Biology and Jepson Herbaria, University of California, Berkeley, CA 94720-2465, USA
- Barbara S. Parris. Fern Research Foundation, 21 James Kemp Place, Kerikeri, Bay of Islands 0470, New Zealand
- Juliette Pasveer. Archaeology and Natural History, Australian National University, Canberra 0200, Australia
- Devi P. Philipp. Zoologische Staatssammlung, Sektion Herpetology, Münchenhausenstr. 21, D-81247 Munich, Jerman
- Kai M. Philipp. Zoologische Staatssammlung, Sektion Herpetology, Münchenhausenstr. 21, D-81247 Munich, Jerman
- Sinikka Piippo. Botanical Museum, Finnish Museum of Natural History, PO Box 7, FIN-00014 University of Helsinki, Finlandia
- John J. Pipoly III. University of Florida-Institute of Food and Agricultural Sciences/Broward County Extension, 3245 College Avenue, Davie, FL 33314-7719, USA
- Dan A. Polhemus. Department of Entomology, MRC 105, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D.C. 20560, USA

EKOLOGI PAPUA

- Michael Prentice. Indiana Geological Survey, Department of Geological Sciences, Indiana University, 611 N. Walnut Grove, Bloomington, IN 47405, USA
- Pratito Puradyatmika. Environmental Department, P.T. Freeport Indonesia, Mimika, Papua, Indonesia
- Yohanes Purwanto. LIPI, Laboratorium Etnobotani, Puslitbang Biologi, Jl. Ir. H. Juanda 22 Bogor, Indonesia
- Susanne S. Renner. Institute of Systematic Botany, Ludwig Maximilian University, Menzinger Str. 67, D-80638 Munich, Jerman
- Stephen Richards. Vertebrate Department, South Australian Museum, North Terrace, Adelaide, S.A. 5000, Australia
- André Schuiteman. Nationaal Herbarium Nederland, Universiteit Leiden, PO Box 9514, 2300 RA, Leiden, Belanda
- Garry A. Shea. P.T. Hatfindo Prima, Bogor, Indonesia.
- Harrie Sipman. Botanischer Garten und Botanisches Museum, Freien Universitaät, Koönigin-Luise-Str. 6–8, D-14191 Berlin, Jerman
- Neil Stronach. Fota Wildlife Park, Carrigtohill, Co. Cork, Ireland
- Suer Suryadi. Pusat Informasi Lingkungan Indonesia-NGO MOVEMENT Jl. Tumenggung Wiradireja No. 216, Cimahpar, Bogor 16155, West Java, Indonesia
- Wayne N. Takeuchi. Herbaria and Arnold Arboretum of Harvard University, PNG National Forest Authority, Lae, Papua New Guinea
- Benito C. Tan. Department of Biological Sciences, National University of Singapore, 119260, Singapore
- Jaap Timmer. Radboud University, Nijmegen, Belanda. E-mail: jaap.timmer@chello.nl
- Burhan Tjaturadi. Conservation International-Papua Program, Jl. Bha-yangkara I No. 5, Jayapura, Provinsi Papua, Indonesia
- Peter C. van Welzen. Nationaal Herbarium Nederland, Universiteit Leiden, PO Box 9514, 2300 RA Leiden, Belanda
- Willem Vink. Nationaal Herbarium Nederland, Universiteit Leiden, PO Box 9514, 2300 RA Leiden, Belanda
- George D. Weiblen. Department of Plant Biology and Bell Museum of Natural History, University of Minnesota, 250 Biological Science, 1445 Gortner Avenue, Saint Paul, MN 55108, USA

DAFTAR PENULIS NASKAH ASLI

- Fred E. Wells. Western Australian Museum, Perth 6000, Western Australia. Department of Fisheries, Western Australia, Level 3, The Atrium, 168 St. Georges Terrace, Perth 6000, Western Australia
- Tony Whitten. Senior Biodiversity Specialist, Environment and Social Development Sector, East Asia and Pacific Region, The World Bank, 1818 H Street NW, Washington, D.C. 20433, USA, and Conservation Biology Group, Department of Zoology, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge CB2 3EJ, Inggris
- Agustinus Wijayanto. Conservation International Indonesia, Pejaten Barat No. 16A, Kemang, Jakarta Selatan, Indonesia

Ucapan Terima Kasih

Penulisan buku *Ekologi Papua* memakan waktu yang panjang dan melibatkan proses yang rumit. Seri *Ekologi Indonesia* berawal dari tahun 1981, dengan penerbitan buku *Ekologi Sumatera* melalui proyek kerja sama Pemerintah Indonesia/United Nations Development Program (INS/78/056) dalam bidang *Education and Training in Environment and Resources* (Pendidikan dan Pelatihan Lingkungan dan Sumber Daya Alam). Proyek ini dibiayai Bank Dunia dan dilaksanakan oleh Dalhousie University di Kanada. Kemudian proyek dilanjutkan oleh *Environmental Management and Development in Indonesia* (EMDI) atau Pengelolaan dan Pembangunan Lingkungan di Indonesia, yang didanai oleh Canadian International Development Agency (CIDA). Konsep penulisan *Seri Ekologi Indonesia*, yang mencakup Ekologi Papua, berkembang di awal tahun 1990-an di bawah proyek EMDI yang bekerja sama dengan Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Indonesia.

Sayangnya, rencana penulisan *Ekologi Papua* menghadapi berbagai masalah dan hambatan. Proyek buku ini baru mulai dikerjakan tahun 2004, ketika BP (British Petroleum), melalui Proyek Tangguh, memberikan hibah untuk mendukung proyek ini. Kami berterima kasih kepada BP Tangguh dan rekanannya atas dukungannya bagi proyek ini melalui BP: KG Berau Petroleum Ltd., Nippon Oil Exploration (Berau) Ltd., MI Berau BV, BP Berau Ltd., BP Wiriagar Ltd., BP Muturi Holding BV, KG Wiriagar Petroleum Ltd., CNOOC Wiriagar Overseas Ltd., Indonesia Natural Gas Resources Muturi, Inc., dan CNOOC Muturi Ltd. Hibah dari BP, dan juga hibah dari CI kepada Harvard University, memungkinkan kontrak dengan Andrew J. Marshall sebagai editor pelaksana buku ini (2004-2006) dalam bahasa Inggris. Kami berterima kasih kepada Karla Boreri Dutton, Lidia Ahmad, Jalal, Erwin Maryoto, dan seluruh Tim Lingkungan Proyek BP Tangguh yang membantu

UCAPAN TERIMA KASIH

kemitraan dengan BP. Edisi buku berbahasa Inggris akhirnya terbit tahun 2006, sekitar sepuluh tahun setelah tujuh jilid lainnya dalam *Seri Ekologi Indonesia* diterbitkan.

Kami juga sangat beryukur atas dukungan dana dari Gordon and Betty Moore Foundation kepada *Melanesia Center for Biodiversity Conservation* CI, yang mendorong penyelesaian proyek buku yang menyita waktu, tenaga dan keahlian. Atas dukungan Moore Foundation dan BP, penyusunan buku yang merangkum hasil tulisan delapan puluh enam penulis dapat berjalan baik. Proyek ini juga mendapatkan bantuan teknis tambahan dari Conservation Internasional-Indonesia, khususnya Dr. Yance de Fretes, praktisi yang berdedikasi untuk konservasi keanekaragaman hayati Papua.

Terima kasih kepada Tony Whitten untuk keuletannya mengangkat konsep seri buku penting ini menjadi kenyataan. Demikian juga kepada Kathy MacKinnon, yang berperan penting dalam seri ini. Kepada Ron Petocz kami berterima kasih untuk semua latar belakang riset bibliografi yang dilakukan tentang Papua, yang sampai sekarang tetap merupakan prestasi yang luar biasa. Tim Penasihat buku ini, termasuk Tony Whitten, Gerald Allen, Allen Allison, Chris Ballard, Bruce M. Beehler, Jim Cannon, Yance de Fretes, Geoff Hope, Robert Johns, J. R. Mansoben, Scott Miller, Dan Polhemus, dan Wayne Takeuchi, menyumbangkan pemikiran yang tak ternilai bagi komposisi dan visi penyusunan buku ini. Sebagai tim kami memutuskan untuk mencantumkan setiap bab dalam buku edisi bahasa Inggris yang ditulis oleh pakar sesuai bidang keahlian mereka masing-masing dan bukan bukan berupa rangkuman seperti jilid lainnya dalam *Seri Ekologi Indonesia*.

Kami sangat berhutang budi kepada masing-masing penulis yang tanpa kerelaan mereka untuk menulis, buku ini tidak akan kita miliki. Saat tenggat waktu datang, setiap penulis mengirimkan bagiannya, dan sebagian besar merupakan kontribusi terbaik dan terkini bagi ilmu pengetahuan tentang Papua. Kami juga berterima kasih kepada para kontributor foto, khususnya kepada Gerald Allen, J. Burke Burnett,

EKOLOGI PAPUA

Michael P. Moore, dan Stephen J. Richards, yang menyumbangkan banyak foto dalam buku ini.

Kami menyampaikan terima kasih kepada staf Conservation Internasional di Jakarta dan Jayapura yang membantu kami dalam berbagai cara dalam proyek yang sangat berat ini. Terima kasih kepada Dr. Jatna Supriatna, Direktur Regional CI-Indonesia, untuk pimpinannya dalam inisiatif ini. Kami juga secara khusus mencatat bantuan Budi Iraningrum yang melakukan studi pustaka untuk proyek ini dan menjadi koordinator dalam proses penyusunan edisi bahasa Indonesia, Hendi Sumantri untuk peta-peta, Dwiati N. Rini yang menyiapkan indeks untuk buku ini, Tommy Wakum untuk pengumpulan informasi dari kantor-kantor pemerintahan di Papua, dan juga Scott Frazier dari Center for Environmental Leadership in Business, CI yang memungkinkan terjalinnya hubungan dengan BP, dan untuk itu kami berterima kasih kepada Glenn Prickett, Assheton Carter, dan Marielle Carter.

Kami berterima kasih kepada Harvard University Herbaria, khususnya Bob Cook dan Frances Maguire, untuk bantuannya menyiapkan posisi pascadoktoral bagi AJM selama proses penulisan buku ini berlangsung. Terima kasih juga kepada Rose Balan, Donna Barrett, Anne Marie Countie, Deidre Fogg, Ingrid McDonough, Karen Pinto, Chris Preheim, dan Lisa Toste atas dukungan administratif dan teknis. AJM juga berterima kasih kepada rekan-rekan di Herbaria, khususnya Peter Ashton, Jen Baltzer, Stuart Davies, Jessica Dolan, Wendy Duan, Amy Dunham, Ken Feeley, Kanchi Ghandi, Henry Kesner, Walter Kittridge, Genevieve Lewis-Gentry, Dave Lohman, Laura Lukas, Melinda Peters, Sabrina Russo, dan Emily Wood. Dukungan penerbit dan komitmennya dengan seri buku ini juga sangat kami hargai. Secara khusus kami mengucapkan terima kasih kepada Ed Walters dan Christine LeBlond, yang dengan sabar memandu sepanjang proses penyusunan buku. Salut kami kepada CEO Periplus, Eric Oey, untuk komitmennya terhadap seri ini.

Kami berhutang budi kepada Kementerian Negara Lingkungan Hidup Indonesia yang memberikan Kata Pengantar bagi buku ini, dan

UCAPAN TERIMA KASIH

Perkumpulan Masyarakat Papua untuk surat dukungan mereka. Terima kasih kepada Profesor Edward O. Wilson dari Harvard University yang memberikan Pengantar untuk buku ini. Selain itu, kami menghargai J. Burke Burnett dan Michelle Brown untuk dedikasi dan dukungan mereka kepada proyek ini.

Proyek ini tidak akan pernah terlaksana tanpa dukungan Pemerintah Indonesia. Khususnya, kami berterima kasih kepada Dr. Dedy Darnedi, direktur Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Kami juga berterima kasih kepada Universitas Cenderawasih di Abepura dan Universitas Negeri Papua di Manokwari untuk dukungan mereka. Terima kasih juga kepada Papua Conservation Fund untuk dukungannya bagi proyek ini. Anne McGuire adalah editor dan pembaca kritis buku edisi bahas Inggris; kontribusinya sangat kami hargai. Demikian juga kepada Ann Twombly yang mendesain buku ini dan dengan penuh kesabaran dan mendampingi proyek ini dari tata letak sampai ke pencetakannya.

Kehadiran edisi ringkas dalam bahasa Indonesia juga merupakan tantangan tersendiri. Sebagai editor judul-judul lainnya dalam *Seri Ekologi Indonesia* yang berbahasa Indonesia, tugas saya sebagai editor *Ekologi Papua* jauh lebih berat. Isi buku yang sangat detail dan akademis dalam edisi bahasa Inggris menghabiskan sekitar 1500 halaman! Agar isi buku ini terjangkau oleh pembaca yang menjadi sasaran utamanya, edisi bahasa Indonesia ini menyajikan intisarinya. Tugas menyarikan ini ada di tangan saya (SN Kartikasari) dan untuk beberapa bab lainnya dibantu oleh anggota tim berikut, yang sesuai keahlian masing-masing menghasilkan ringkasan dalam bahasa Indonesia: Dr Rita Manik (iklim); Dr Mirza D. Kusri (herpetofauna, ekosistem pesisir); Dr Yeni A. Mulyani (biogeografi darat); Dr Rilus Kinseng (kemajemukan sosial budaya masyarakat); Dr Leonardo Adypurnama (pola pemanfaatan komersial sumber daya alam dan ekonomi sumber daya alam); dan Dr Fitriyanti Pakiding (sistem pertanian). Selain itu, ringkasan naskah bab-bab lainnya diterjemahkan oleh tim yang terdiri dari: Dr Dewi Krisnayanti, Netty Panjaitan, Dwiati Novita Rini, Ria Saryanthi, Jeni Shannaz, Endang Sulistyorini, dan Meis D. Tapilatu. Keuletan dan

EKOLOGI PAPUA

ketelitian serta semangat anggota tim untuk bekerjasama menghasilkan edisi ringkas ini sangat kami hargai. Secara khusus kami berterima kasih atas ketekunan Rini dalam membantu proses pracetak buku ini.

Edisi rangkuman ini mengharuskan bab-bab tertentu untuk digabungkan. Karena nama-nama penulis naskah aslinya tidak dicantumkan lagi dalam bab gabungan, kami menunjukkan sumbernya sebagai berikut: Bruce M Beehler (Pendahuluan, Biogeografi Daratan); David G. Frodin (Sejarah Kegiatan Eksplorasi Alam); Dan A. Polhemus (Geologi Tektonik); Geoffrey S. Hope & A.E. Hartemink (Tanah); Michael L. Prentice & Geoffrey S. Hope (Iklim); Dan A. Polhemus & Gerald R. Allen (Biogeografi Perairan Tawar, Ekosistem Perairan Tawar); Geoffrey S. Hope (Lingkungan Purba; Kehidupan Purba) & Ken P. Aplin (Kehidupan Purba); Wayne N. Takeuchi (Pengantar Flora Papua); Harrie Sipman & André Aptroot Aptroot (Liken); Benito C. Tan, Sinikka Piippo & Daniel H. Norris (Lumut); Barbara S. Parris (Pakis); Jianhua Li (Gymnosperma); David. J. Middleton (Apo-cynaceae); William J. Baker & John Dransfield (Arecaceae); Paul I. Forster (Asclepiadeae); Mark F. Newman (Costaceae, Zingiberaceae); Mark J. E. Coode (Elaeocarpaceae); Lyn A. Craven (Ericaceae, Myrtaceae); Peter C. van Welzen (Euphorbiaceae); Susanne S. Renner (Melastomataceae); George D. Weiblen (Moraceae); Willem J. J.O. de Wilde (Myristicaceae); John J. Pipoly III (Myrsinaceae); André Schuiteman & Ed F. de Vogel (Orchidaceae); Peter C. van Welzen (Sapindaceae); Willem Vink (Sapotaceae); Allen Allison (Pengantar Fauna, Herpetofauna); Fred E. Wells; (Avertebrata Laut); Scott E. Miller (Serangga); Hans Duffels & Arnold J. de Boer (Keendemikan Tonggeret); Simon M. Cragg (Avertebrata Penggerek Kayu); Kai M. Philipp & Devi P. Philipp (Biawak); Gerald R. Allen (Ikan); Andrew Mack & Jack Dumbacher (Burung); Kristofer M. Helgen (Mamalia); Andrew J. Marshall (Keanekaragaman Ekosistem dan Konservasi); Douglas Fenner (Terumbu Karang); Len Mckenzie, Rob Coles & Paul Erfemeijer (Padang Lamun); Daniel M. Alongi (Hutan Mangrove); Robert J. Johns, Garry A. Shea & Pratito Puradyatmika (Ekosistem dan Vegetasi Dataran Rendah); Garry A. Shea, Robert J. Johns, Willem

UCAPAN TERIMA KASIH

Vink & Pratito Puradyatmika (Kerangas); Michele Bowe, Neil Stronach & Renee Bartolo (Ekosistem padang rumput dan Savana); Louis Deharveng, Tony Whitten & Philippe Leclerc (Ekosistem Gua); Robert J. Johns, Garry A. Shea, Willem Vink & Pratito Puradyatmika (Vegetasi Pegunungan); Robert J. Johns, Garry A. Shea dan Pratito Puradyatmika (Vegetasi Subalpin dan Alpin); Geoffrey S. Hope (Kehadiran Manusia dan Dampaknya); Juliette Pasveer (Kehadiran Manusia Purba); J.R. Mansoben (Kemajemukan Sosial Budaya Masyarakat Papua); Jaap Timmer (Kondisi Sosial dan Politik); Manuel Boissière & Yohanes Purwanto (Sistem Pertanian); Dessy Anggraeni (Pola Pemanfaatan Komersial Sumber Daya Alam); James B. Cannon (Aspek Ekonomi Sumber Daya Alam); John Burke Burnett (Perencanaan dan Penetapan Prioritas Konservasi di Papua); Suer Suryadi, Agustinus Wijayanto & James B. Cannon (Undang-Undang dan Peraturan Konservasi di Indonesia, khususnya di Papua); Yance de Fretes (Kawasan Konservasi dan Pengelolaannya); Scott Frazier (Ancaman bagi Keanekaragaman Hayati); Neville J. Kemp & John Burke Burnett (Jenis asing dan invasif); Burhan Tjaturadi, Stephen Richards & Keliopas Krey (Herpetofauna asing); Michele Bowe (Konservasi Berbasis Masyarakat).

Penerbitan edisi ringkas ini terwujud atas dukungan dana dari Pemerintah Daerah Provinsi Papua. Untuk itu kami sangat berterima kasih.

Akhir kata, kami berterima kasih kepada keluarga kami masing-masing atas dukungan mereka. Harapan kami para pembaca di Papua akan merasakan manfaat buku ini dalam memberdayakan mereka untuk mengetahui dan melindungi keunikan kondisi alam dan hidupan liar serta masyarakat Papua yang unik.

Penghujung tahun 2009

Sri Nurani Kartikasari, Andrew J. Marshall dan Bruce M. Beehler

Prakata

Sampai abad ke-21 Papua masih merupakan ruang kosong yang luas di peta sehingga kita patut menghargainya. Sepanjang sejarah dengan berkembangnya modernitas manusia yang telah mengubah rupa bumi, pulau ini masih merupakan wilayah yang masih belum disentuh oleh manusia. Di pulau ini masih terasa pesona yang memikat para penjelajah beberapa abad lalu dan menarik mereka keluar dari kehidupan yang mapan. Kami dapat merasakan semangat petualang besar Richard Burton yang ia ungkapkan pada tahun 1856: “Dari semua peristiwa dalam kehidupan manusia, saat terindah bagi saya adalah keberangkatan menuju perjalanan jauh di tanah yang tak dikenal.” Di sana, ia bersuka cita, “Memulai lagi fajar pagi kehidupan.” Menjelajahi Papua bukanlah perjalanan tanpa akhir melintasi padang gurun. Sebaliknya, seperti ditunjukkan dengan jelas dalam buku ini, penjelajahan menawarkan pintu untuk memasuki dunia yang masih utuh dengan budaya purba dan bentuk kehidupan yang indah.

Saya belum pernah mengunjungi Papua, namun saya menikmati seluruh perasaan yang saya alami ketika melakukan perjalanan di sebagian besar Papua Nugini pada tahun 1955. Sebagai seorang entomologian yang masih muda, khususnya sebagai pakar ekologi semut, saya yang pertama mengunjungi pulau besar ini. Tanpa adanya pendahulu, kecuali para kolektor sambilan serangga kecil ini, saya hanya memiliki gagasan samar-samar tentang apa yang dapat saya harapkan di lapangan. Namun, di mana saja saya meneliti, saya menemukan jenis baru. Saya meneliti perilaku sosial semut yang belum tercatat sebelumnya, dan secepat mungkin mencatat segala sesuatu yang saya saksikan (waktu itu belum ada alat rekam kecil yang bisa dikantongi). Meskipun semua hanya binatang kecil, dan upaya koleksi saya juga sederhana, saya menganggap diri saya sebagai penjelajah baru di

PRAKATA

medan yang belum dikenal. Tanpa jejak ekologiwan semut sebelumnya untuk saya ikuti, saya merasa merupakan bagian dari tanah ini dan ikut bertanggung jawab untuk kelestariannya. Saya percaya orang lain yang telah memiliki kesempatan istimewa menjadi pelopor dalam bidangnya masing-masing merasakan hal yang sama.

Pulau Nugini, termasuk Papua, merupakan tantangan sekaligus firdaus bagi para pakar antropologi dan biogeografi. Daerah bergunung-gunung yang kompleks telah memilah penduduknya, yang telah menghuninya selama sekitar 40.000 tahun, menjadi kelompok budaya dan bahasa yang paling beragam di dunia. Jauh sebelum manusia tiba, lokasi dan geologi pulau di katulistiwa ini telah menjadikannya satu dari beberapa wilayah yang secara biologis terkaya di bumi, baik di daratan, terumbu karang dan di pesisir lautannya.

Selama jutaan tahun jenis baru terbawa masuk dari Asia tropis dari arah barat dan Australia dari arah selatan. Banyak jenis pendatang berhasil memasuki bagian pedalaman yang bergunung-gunung. Di pulau ini, seperti *Homo sapiens* yang merupakan pendatang terakhir, mereka menyebar dan menambah keragamannya. Fauna dan flora asli tertentu terjebak dan beradaptasi dengan kondisi lokal yang terbatas, sementara jenis lainnya, yang secara ekologis lebih fleksibel, meluas sebarannya sampai memasuki Australia bagian utara, dan juga pulau dan kepulauan di bagian Melanesia lainnya.

Ukuran pulau yang luas, iklimnya yang konstan dan cocok untuk pertumbuhan vegetasi, topografi yang terjal, dan kedekatannya dengan benua Asia dan Australia membuat Nugini sebagai pusat tertinggi keanekaragaman hayati dan manusia. Namun seluruh pulau ini tidak akan terpencil terus, karena masyarakat asli bersama para pendatang yang terus bertambah akan menggantikan fungsi sebagai penjelajah dan pelaku pembangunan. Kami yang berada luar dan telah melakukan studi awal tentang pulau ini tetap harus bertanggung jawab untuk menjamin agar peralihan kepada generasi penerus dapat berlangsung sebaik mungkin bagi kepentingan mereka.

EKOLOGI PAPUA

Masyarakat Papua dan seluruh dunia akan merasakan manfaat jika kami terus membantu sebanyak mungkin melalui program-program perlindungan dalam upaya pelestarian warisan budaya dan alam yang luar biasa di pulau ini.

Edward O. Wilson
Profesor Entomologi, Harvard University

Kata Pengantar

Sebagai pulau terbesar di Indonesia yang dikaruniai kekayaan alam dan keragaman ekosistem yang sangat luar biasa, dalam dekade terakhir ini Papua mengalami perubahan yang sangat cepat dan dramatis. Pertumbuhan penduduk di pulau ini paling tinggi dibandingkan provinsi lainnya di Indonesia, khususnya karena kegiatan pembangunan fisik dan ekonomi yang menjadi magnet bagi para pendatang.

Kekayaan alam yang terkandung di dalam hutan, pesisir dan laut, serta mineral yang dikandung oleh tanah Papua merupakan sumber daya yang sangat penting bagi pembangunan sosial dan ekonomi penduduknya. Demikian juga keragaman ekosistem yang luar biasa menyimpan sampai separuh dari keanekaragaman hayati Indonesia; khususnya flora dan fauna endemik yang hanya terdapat di pulau ini saja. Papua merupakan habitat bagi 15.000-20.000 jenis tumbuhan (55% endemik), 602 jenis burung (52% endemik), 125 jenis mamalia (58% endemik), dan 223 jenis reptilia (35% endemik). Binatang dan tumbuhan endemik ini mencakup burung cenderawasih, kangguru pohon, ikan pelangi, beragam kupu-kupu dan ribuan tumbuhan dan binatang lainnya. Dengan kegiatan penelitian yang terus berlangsung, banyak jenis baru yang akan terus ditemukan. Misalnya, pada Februari 2006, sebuah tim yang melakukan penelitian di Pegunungan Foja menemukan berbagai jenis burung, amfibi dan tumbuhan baru, termasuk satu jenis *rhododendron* yang bunganya terbesar di antara marga tumbuhan ini. Potensi Papua ini semakin besar dengan disetujuinya Protokol Nagoya yang akan memberikan perlindungan keanekaragaman hayati dan menjamin pembagian keuntungan bagi Indonesia terutama bagi masyarakat lokal. Protokol Nagoya ini juga sangat penting dalam mengakomodasi Pengetahuan Tradisional yang dimiliki Masyarakat Hukum Adat.

Namun kekayaan alam yang menakjubkan ini menghadapi tekanan yang serius akibat kemerosotan kualitas lingkungan dan kepunahan ke-

EKOLOGI PAPUA

anekaragaman hayati. Ancaman ini mencakup deforestasi, konversi hutan menjadi lahan pertanian atau perkebunan monokultur serta penyebaran jenis binatang dan tanaman asing yang bersaing dan mengalahkan jenis-jenis asli pulau ini. Selain itu juga ada ancaman pencemaran air karena kegiatan pertambangan mineral dan minyak.

Para penulis layak mendapatkan penghargaan atas ketekunan dan kerja keras mereka menyarikan informasi terkini untuk setiap topik menjadi buku yang komprehensif mengenai lingkungan hidup Papua. Saya juga menyampaikan penghargaan kepada banyak pihak dan lembaga yang berperan serta untuk mewujudkan buku ini, yaitu para peneliti, penyumbang dana, pustakawan, mahasiswa, pegawai pemerintah dan lembaga swadaya masyarakat serta kelompok-kelompok masyarakat yang telah memberikan sumbangan masing-masing bagi buku ini.

Akhirnya, saya mengharapkan agar buku ini tidak hanya membangkitkan kekaguman akan kekayaan dan keistimewaan bumi Papua dan segala isinya. Namun yang lebih penting, informasi yang terbuka di tangan pembaca ini akan membuat kita semakin waspada akan berbagai ancaman yang tengah dan akan terus dihadapi bumi Papua. Semoga kewaspadaan ini menggugah semangat para pemimpin dan selalu mengawal masyarakat Papua dalam era otonomi daerah untuk mengelola pembangunan yang bermodal sumber daya alam yang ada di dalamnya demi kemajuan dan kemakmuran generasi sekarang dan yang akan datang. Jika kelangsungan hidup masyarakat di Papua yang didukung oleh lingkungan yang sehat, dinamis dan terawat ingin dicapai secara berkelanjutan, maka pertimbangan-pertimbangan yang disajikan dalam buku ini perlu ditindaklanjuti dengan bentuk-bentuk kegiatan yang sesuai dengan daya dukung, daya tampung dan pencadangan lingkungan hidupnya.

Jakarta, Desember 2011



Prof. Dr. Balthasar Kambuaya, MBA.
Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia



Kata Pengantar

Pada tahun 2007, atas kerja keras Conservation International, telah terbit buku “*Ecology of Papua*” – suatu bunga rampai berbagai karya ilmiah yang merangkum sejarah, menunjukkan kekayaan sumber daya alam nir-hayati dan hayati, menyajikan keunikan budaya, dan yang terpenting: mendokumentasikan kajian dan temuan ilmiah yang telah dikerjakan berbagai peneliti di Tanah Papua. Buku yang sangat komprehensif tersebut merupakan dokumen penting untuk diketahui dan dipelajari lebih lanjut oleh para pemangku kepentingan. Oleh karena itu, buku “*Ecology of Papua*,” yang ditulis dalam bahasa Inggris itu, kami pandang perlu untuk diterjemahkan ke dalam Bahasa Indonesia, agar dapat tersedia dan dibaca secara lebih luas oleh khalayak ramai di Indonesia, khususnya di Papua.

Buku “Ekologi Papua” ini diterbitkan untuk memenuhi harapan tersebut. Para akademisi, praktisi lapangan, peneliti muda, pelajar, dan bahkan pengambil kebijakan perlu membaca buku ini. Buku ini menghimpun data dan informasi kajian ilmiah yang sangat berharga yang dapat dipakai sebagai landasan pengambilan kebijakan.

Kebijakan yang tepat sangat diperlukan dalam pembangunan Papua, sehingga tidak terjadi salah langkah yang di kemudian hari merugikan dan dipertanyakan generasi mendatang.

Hal yang lebih utama adalah, bahwa Tanah Papua memerlukan sumber daya manusia yang memahami dengan baik kekayaan alam Papua,

EKOLOGI PAPUA

sehingga kekayaan alam itu bisa dipelihara dan dimanfaatkan secara berkelanjutan. Buku Ekologi Papua versi Bahasa Indonesia ini dapat dijadikan bahan peningkat pengetahuan maupun sumber inspirasi untuk melakukan pembangunan berkelanjutan di Papua. Penerbitan buku ini adalah salah upaya kita untuk membangun Papua tanpa melupakan konservasi keanekaragaman hayati, dan pemberdayaan budaya masyarakat.

Pemerintah Provinsi Papua berterima kasih kepada Conservation International Indonesia atas terbitnya buku Ekologi Papua ini. Saya berharap buku ini bermanfaat dan berguna bagi seluruh pemangku kepentingan di Tanah Papua pada khususnya, dan kalangan lebih luas pada umumnya.

Selamat membaca.

Jayapura, Juli 2011

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Barnabas Suebu', written in a cursive style.

Barnabas Suebu, SH
Gubernur Papua

Kata Pengantar

Papua merupakan pulau yang sangat strategis baik secara geografi maupun perannya yang penting secara ekologis karena pulau ini memiliki kekayaan flora dan fauna sangat tinggi baik yang ada di kawasan darat dan daerah perairan lautnya.

Sebagai organisasi konservasi, Conservation International (CI) memberikan perhatian dan kontribusi besar pada perkembangan pembangunan berkelanjutan di Tanah Papua. Hal ini telah kami lakukan dengan bekerjasama secara kemitraan bersama Pemda Papua dalam upaya meletakkan landasan dan dasar ilmiah pembangunan yang berwawasan ekologis. Pada tahun 1997, bersama para mitra di Papua baik regional maupun internasional, kami telah memfasilitasi 'priority setting' untuk pembangunan kawasan konservasi di Papua. Hasil pertemuan tersebut kemudian memberikan landasan pada kami untuk bekerja pada tahun-tahun berikutnya. Kami banyak mengucapkan terima kasih kepada para mitra CI terutama Pemerintah Daerah Papua Barat dan Papua yang selama ini telah memberikan kesempatan kepada kami untuk bekerja sama di bidang konservasi.

Buku ini, merupakan seri terakhir buku ekologi yang ditulis sebelumnya oleh para ahli yang dimulai pada tahun 1990-an untuk kawasan lain seperti: Ekologi Sumatra, Ekologi Kalimantan, Jawa dan Bali, serta Maluku dan Nusa Tenggara. Dalam penulisannya pun, penerbitan buku ini memakan waktu yang cukup lama yaitu hampir 10 tahun. Tentu saja penerbitan buku ini memerlukan kesungguhan dan kerja keras tim penulisnya. CI dalam hal ini sangat menyambut baik penerbitan buku ilmiah ini sebagai landasan kerja dan memperkaya khasanah pengetahuan masyarakat Indonesia tentang alam Papua.

EKOLOGI PAPUA

Papua merupakan tanah yang unik, baik dari segi karakteristik biologi maupun biogeografi. Kawasan ini mempunyai kekhasan fauna dan flora yang tidak bisa dibandingkan dengan tempat mana pun di dunia. Tanah Papua memiliki lebih dari 15-20 ribu jenis tumbuhan berpembuluh dan 2000 jenis anggrek. Kawasan ini juga memiliki 125 jenis mamalia, 329 reptilia dan ampibia, 602 jenis burung, 25 jenis ikan air tawar dan 1200 jenis ikan laut serta diperkirakan 150.000 jenis serangga.

CI percaya bahwa sumber daya alam yang dimiliki Papua adalah aset alam utama yang menjadi andalan untuk wilayah ini mencapai enam pilar pembangunan ekonomi hijau yang diusung oleh **ketahanan pangan, keanekaragaman hayati, air bersih, perubahan iklim, kesehatan, serta ketahanan budaya**. Oleh karena itu penerjemahan Ekologi Papua dalam versi bahasa Indonesia ini sangat penting untuk memberikan kemudahan dalam memahami alam Papua yang sangat kompleks. Pemahaman tersebut diharapkan akan mendukung pola pembangunan ekonomi hijau yang berkelanjutan, selain memelihara keberadaan sumber daya alam yang sangat kaya akan keanekaragaman hayati.

Saya mengucapkan terima kasih kepada mereka yang terlibat dalam penerbitan buku ini termasuk kerja keras editor, kontributor penulisan hingga penerjemahan yang memakan waktu yang tidak pendek. Terima kasih juga atas dukungan penuh Pemerintah Provinsi Papua, Balai Konservasi Sumber Daya Alam Papua Departemen Kehutanan dan Yayasan Pustaka Obor Indonesia atas kerja sama dalam penerbitan buku berharga ini. Harapan kami tentunya buku ini akan membantu kita dan dapat dipakai sebagai rujukan untuk membangun alam Papua yang lestari dan berkelanjutan.



Ketut Sarjana Putra
Direktur Eksekutif Conservation International-Indonesia

BAGIAN I
PENGANTAR

1.1. Pendahuluan*

Papua merupakan bagian barat pulau besar Nugini. Luas wilayahnya 416.129 km² dan mendukung hutan rimba tropis tua terluas yang masih ada di Asia Pasifik. Papua yang didominasi oleh jajaran pegunungan tengah menghasilkan curah hujan yang tinggi, yang dialirkan ke utara ke pedalaman daerah aliran sungai Mamberamo yang luas dan ke selatan menuju dataran aluvial segitiga yang melebar ketika mencapai arah timur hingga ke daerah perbatasan Papua Nugini (PNG). Di bagian paling barat, Papua didominasi oleh jajaran pegunungan kecil (Kepala Burung, Wandamen, Fakfak, Kumawa) dan kepulauan (Raja Ampat, Teluk Cenderawasih). Dalam banyak hal, Papua mirip dengan daratan Papua Nugini (PNG) tetapi gunung-gunungnya lebih tinggi (mencapai garis salju), rawa-rawanya lebih luas (contohnya, Mamberamo, Asmat), kepadatan penduduknya lebih rendah (2,2 juta jiwa vs. 5 juta jiwa), demikian juga tingkat eksploitasi hutannya yang relatif lebih rendah. PNG dan Papua juga kaya akan berbagai budaya tradisional (menurut perkiraan ada 250; Petocz 1989). Sebagian besar masyarakatnya tinggal di hutan dan mengelola sumber daya hutan mereka secara lestari. Karena itu, hutan rimba Papua dan ekosistem lautnya yang beranekaragam merupakan sistem alam yang telah dikelola manusia namun mengesankan keasliannya. Bagi para pakar lingkungan, konservasi dan biologi, Papua merupakan medan sumber ilmu pengetahuan alam dan budaya untuk didokumentasi, diteliti, dibagikan dan dilestarikan.

Keajaiban Alam Papua

Dalam banyak hal, Papua merupakan kawasan istimewa dan berselubung misteri. Selama hampir setengah abad (1962-2000) kawasan ini sulit

* Bab ini diterjemahkan dari: "Introduction of Papua", Bruce M. Beehler.

EKOLOGI PAPUA

sekali dijangkau, kecuali oleh sejumlah kecil peneliti internasional (Hope dkk. 1976). Seiring dengan perjalanan waktu, bagian yang masih kosong pada bola dunia ini kemudian terisi oleh petualang-petualang dan penjelajah alam yang berani dengan Papua dan kondisi alamnya yang masih terselubung. Mereka yang jatuh cinta dengan Papua hanya dapat membaca laporan-laporan dan mengamati koleksi di museum-museum dan lembaga-lembaga penelitian sebelum tahun 1962. Fakta tentang keberadaan gletser tropis di Papua dan sebagai habitat *ribuan* jenis tumbuhan dan hewan memang telah diketahui, meskipun sebagian besar belum terdeskripsi. Beberapa tahun terakhir ini ada beberapa temuan baru: misalnya, tahun 1980 Jared Diamond menemukan kembali Namdur dahi-emas (*Amblyornis flavifrons*) di Pegunungan Foja; tahun 1984 Tim Flannery mendeskripsikan jenis kangguru pohon baru dan Gerald Allen mengoleksi ikan pelanginya yang pertama di Papua pada tahun 1980 dan mendeskripsikan jenis yang terbaru tahun 1998. Jelas bahwa masih banyak sekali yang dapat dipelajari mengenai kawasan yang belum banyak diteliti ini. Beberapa petualang mengaku mengadakan “kontak pertama” dengan masyarakat yang tinggal di hutan pada tahun 1990. Mereka ini belum termasuk dalam beberapa ratus kelompok masyarakat etnis di Papua, yang masing-masing memiliki nama, bahasa, budaya, seni dan kosmologi tersendiri.

Tatanama Geografi dan Politik

Buku ini mengikuti tatanama geografi dan politik sebagai berikut: Nugini mengacu ke seluruh pulau, yang merupakan pulau tropis terbesar, panjangnya sekitar 2.700 kilometer dan lebarnya 900 kilometer. Bagian timur pulau ini sekarang adalah wilayah Papua Nugini, yang memperoleh kemerdekaannya dari Australia tahun 1975, sedangkan bagian barat sekarang dikenal sebagai Papua. Selama ratusan tahun bagian barat Nugini memiliki beberapa nama. Misalnya, selama masa penjajahan Belanda, wilayah ini disebut *Dutch New Guinea* dan ketika Indonesia berdaulat atas wilayah terakhir jajahan Belanda ini, namanya berganti menjadi Irian Barat, Irian Jaya dan kemudian menjadi Papua pada

PENDAHULUAN

tahun 2000. Nama terakhir ini membingungkan karena bagian tenggara daratan PNG secara resmi pernah bernama Papua ketika berada di bawah kekuasaan Australia. Para pegiat politik menyebut bagian barat pulau ini sebagai “Papua Barat”, yang kemerdekaannya direncanakan tahun 1962 melalui mandat Perserikatan Bangsa-Bangsa. Pada tahun 2004, Provinsi Papua dibagi dua; bagian paling timur dan tengah tetap bernama Papua, sementara bagian paling barat bernama Irian Jaya Barat (Provinsi Irian Jaya Tengah, yang semula direncanakan, ditunda berdasarkan keputusan pengadilan). Pada tahun 2007, nama Provinsi Irian Jaya Barat secara resmi diganti menjadi Provinsi Papua Barat melalui Peraturan Pemerintah nomor 24 tahun 2007.

Fisiografi, Geografi dan Geologi

Papua merupakan bagian planet yang sangat rumit, khususnya karena sejarah tektoniknya (Bab 2.1). Singkatnya, bagian lempeng tektonik Australia di mana Papua berada terdorong ke utara, membentuk *cordillera* (jajaran pegunungan yang luas di bagian tengah) dan busur-busur pulau-pulau di utara dan barat laut. Lempeng ini terus bergerak lambat ke utara dan pegunungan di pesisir bagian utara diperkirakan masih terus bertambah tinggi.

Pegunungan jelas mendominasi geografi Papua, dari barat ke timur jajaran pegunungan tengah, yang mencakup bagian barat, yaitu Peg. Sudirman dan bagian timur, yaitu Peg. Jayawijaya serta pegunungan di pesisir utara yang memanjang ke arah Teluk Cenderawasih sebagai P. Yapen yang terjal. Jajaran pegunungan tengah terbentuk akibat tekanan lempeng Australia dengan lempeng Pasifik, yang terangkat secara besar-besaran selama beberapa juta tahun terakhir. Puncak Peg. Sudirman dan Peg. Jayawijaya merupakan endapan Samudra. Jajaran pegunungan ini tingginya mencapai lebih dari 3.000 m di sepanjang pulau sehingga menjadi tantangan bagi pembangun jalan yang ingin menghubungkan bagian utara dan selatan. Di sebelah utara, daerah aliran sungainya menurun sedikit demi sedikit, tetapi di bagian selatannya curam. Curah hujan yang tinggi di bagian yang curam memotong bagian daratan dan

EKOLOGI PAPUA

menyebabkan terbentuknya sungai-sungai yang mengandung endapan yang tidak stabil dan terangkut ke dataran aluvial berbatu di selatan yang lebarnya hampir 200 km di sebelah timur dan hanya 40 km di sebelah barat (di daerah bagian barat Timika).

Puncak-puncak tertinggi di Papua tersebar di sekitar jajaran pegunungan tengah (*cordillera*) utama. Puncak yang tertinggi adalah G. Jayakusuma atau G. Jaya (4.884 m), yang semula dikenal sebagai G. Carstenz, yang mendominasi ujung barat. Di dekatnya menjulang Nggä Pilimsit atau G. Idenburg (4.717 m). Di bagian tengah dan timur *cordillera* berdiri G. Trikora (semula G. Wilhelmina; 4.730 m) dan G. Mandala (4.640 m). Gletser kecil, yang cepat mencair, menutupi G. Jaya dan G. Pilimsit.

Busur-busur pulau yang telah bertambah luas (karena akresi) di utara sekarang merupakan pegunungan pesisir yang terisolasi: Peg. Cyclops, Foja dan Van Rees (sebelah utara S. Tariku dan Taritatu [dulu S. Idenburg]), P. Yapen yang terjal, Peg. Wandamen, Peg. Arfak (2.940 m) dan Peg. Tamrau (2.824 m) serta Kep. Raja Ampat di sebelah barat. Aktivitas tektonik yang aneh rupanya juga membentuk Peg. Kumawa dan Peg. Fakfak di Sem. Bomberai dan Onin. Daerah Leher Burung, yang menghubungkan Kepala Burung dengan tubuh utama pulau merupakan daerah kapur (karst) dengan jurang yang curam, pasir putih yang tandus dan danau.

Seluruh bagian pulau dilalui oleh berbagai sungai utama. Jaringan S. Mamberamo mengalir hampir seluruh daerah aliran sungai di bagian utara jajaran pegunungan tengah. Bagian utama S. Mamberamo yang mengalir ke utara memotong Peg. Foja (di timur) dan Peg. Van Rees (di barat) sebelum mengalir ke laut. Sungai yang berarus deras dan lurus ini merupakan salah satu sungai yang paling menakjubkan di pulau besar ini, meskipun panjangnya hanya 150 km. Di bagian hulu, S. Mamberamo mengalir rawa-rawa besar ke arah daerah pedalaman, berkelok-kelok dengan banyak danau sudetan (*oxbow*). Sungai Taritatu mengalir bagian timur DAS Mamberamo dan pegunungan tengah menuju bagian selatan; anak-anak sungainya mencapai perbatasan PNG dan hampir mencapai

PENDAHULUAN

Jayapura. Cabang bagian baratnya, yaitu S. Tariku, mengalir bagian barat DAS yang lebih sempit dan alirannya bercabang menjadi aliran utama S. Tariku (di utara) dan S. Van Daalen (ke selatan) yang mengalir lereng bagian utara *cordillera*, sehingga aliran sungai ini lebih deras.

Sungai-sungai besar lainnya mengalir bagian terjal di selatan *cordillera* di Papua bagian timur, yaitu S. Digul (S. Catalina) yang mengalir Lembah Baliem yang merupakan lembah sungai terluas. Sejumlah sungai yang lebih kecil mengalir ke selatan menuju L. Arafura yang berlumpur. Sungai-sungai yang keruh dan tidak stabil ini mengalir dari pegunungan, berarus deras di ngarai-ngarai gunung, dengan saluran-salurnya yang sangat berbelit di bagian bawah pegunungan. Berangsur-angsur ke arah barat, sungai-sungainya menjadi semakin pendek, hingga mencapai *cordillera* dan memotong dataran aluvial di dasar Leher Burung.

Danau

Papua memiliki beberapa danau yang terkenal. D. Sentani, di dekat Jayapura, terbentuk oleh gerakan tektonik yang terkait dengan terangkatnya bagian pesisir Peg. Cyclop di sebelah utara. Di dataran rendah Mamberamo terdapat D. Rombebai (terbesar di Papua) dan juga D. Bira yang lebih kecil; ke duanya membendung air rawa. D. Paniai terletak di ujung barat *cordillera* di cekungan dataran tinggi di pedalaman. Danau Yamur di Leher Burung merupakan habitat ikan hiu air tawar. Selain itu ada danau dataran tinggi (Anggi Gigi dan Anggi Gita) di Peg. Arfak.

Rawa, Mangrove dan Padang Rumput

Dataran luas yang dialiri S. Mamberamo didominasi oleh berbagai macam rawa yang tergenang secara musiman. Rawa-rawa pesisir terdapat di sepanjang pantai selatan, mulai dari pantai Casuarina di bagian tenggara Timika sampai jauh ke barat. Ekosistem mangrove terbesar di Indonesia berada di Teluk Bintuni, yang memisahkan Sem. Kepala Burung (Vogelkop atau Doberai) dengan Sem. Bomberai di sebelah selatan. Di bagian lain di Papua, banyak rawa di daerah aluvial, di sekitar

EKOLOGI PAPUA

sungai-sungai dataran rendah dan di dalam dan sekitar P. Dolok (Yos Sudarso) jauh di bagian selatan. Di bagian tenggara, dekat perbatasan PNG, terdapat padang rumput (savana) yang membentang ke barat ke arah P. Dolok atau bagian dari padang rumput Trans-Fly yang terkenal, yang lebih menyerupai ekosistem Australia daripada Nugini. Savana ini bercurah hujan rendah dan sangat bervariasi secara musiman: dari tergenang air sampai sangat kering selama musim kemarau.

Pesisir

Garis pantai Papua yang panjang tidak seragam. Di timur laut, daerah berbukit mencapai pesisir, yang dicirikan oleh gabungan pantai berpasir putih dan pantai berbatu. Hamparan pantai yang panjang mendominasi pesisir utara, dengan pantai berbukit di belakangnya.

Pesisir timur Teluk Cenderawasih dicirikan oleh rawa dan bakau, sedangkan pesisir barat lebih terjal dan berbukit. Sisi utara Kepala Burung terjal, sedangkan sisi selatan rendah dan berawa. Sebagian besar garis pesisir selatan dan tenggara rendah dan berlumpur, pantainya berpasir gelap, yang ditumbuhi *Casuarina* di belakangnya; semakin ke pedalaman terdapat rawa-rawa. Garis pantai yang paling menakjubkan adalah di bagian selatan Kepala Burung, antara Teluk Arguni dan Teluk Etna. Di daerah ini terdapat ngarai karst tropis yang bercirikan pegunungan pesisir menjulang lebih dari 1.000 m, jurang yang terjal, teluk-teluk yang dalam dan pemandangan yang sangat indah.

Kepulauan

Papua memiliki lebih dari seribu pulau di sekelilingnya, ukurannya bervariasi dari kecil hingga besar. Kep. Raja Ampat mencakup pulau-pulau Waigeo (3.155 km²), Salawati (1.632 km²), Misool (2.041 km²), Batanta (453 km²) dan Kofiau (150 km²). Kepulauan yang luar biasa ini mendukung terumbu karang yang terkaya di dunia dan keanekaragaman burung hutan endemik yang sangat kaya (misalnya, Cenderawasih botak, Cenderawasih merah, Maleo waigeo).

PENDAHULUAN

Di Teluk Cenderawasih terdapat dua kepulauan samudra yang terisolasi, dengan fauna pulau yang berbeda (Biak/Supiori, 2.497 km² dan Numfor, 311 km²) dan P.Yapen yang menjembatani tanah pegunungan (2.227 km²). Selain itu, terdapat Kep. Padaido di tenggara Biak dan P. Num di barat P. Yapen, serta sejumlah pulau pesisir kecil di bagian selatan dan barat teluk. Pulau-pulau kecil juga terdapat di pesisir utara dan mengelilingi wilayah Fakfak dan Teluk Triton. Pulau Dolok adalah yang terbesar di Papua (11.192 km²). Pulau ini terbentuk dari endapan lumpur yang terangkut dari sungai-sungai berlumpur dari pantai tenggara. Pulau ini sering terlupakan karena alamnya yang tidak menarik dan terisolasi dan jaraknya yang sangat dekat dengan daratan utama.

Kondisi Lingkungan

Nugini merupakan kuadran bagian utara dari lempeng tektonik Australia sehingga secara geologis pulau ini bersatu dengan benua Australia. Namun, dari segi lingkungan ada perbedaan penting di antara ke dua wilayah ini: Australia beriklim kering dan sedang, sedangkan Nugini beriklim tropis dan selalu lembab. Perbedaan pokok ini menjelaskan perbedaan antara biota di ke dua wilayah ini.

Iklim di Papua luar biasa terutama karena awannya (daerah ini mungkin merupakan salah satu tempat yang memiliki awan terbanyak di dunia). Lokasinya yang membentang dari katulistiwa hingga 12 derajat Lintang Selatan menyebabkan iklim tropisnya didominasi secara musiman oleh angin Musim Baratlaut dan Angin Pasat Tenggara. Di sebagian besar wilayah Papua, pengaruh angin Musim Baratlaut berlangsung dari November hingga Maret yang menyebabkan hujan dan cuaca yang berubah-ubah. Angin Pasat Tenggara cenderung menghasilkan cuaca sejuk dan kering dan berlangsung mulai April hingga September. Papua juga memiliki berbagai iklim mikro. Curah hujan bervariasi dari rendah di bagian tenggara (kurang dari 2.000 mm/tahun) hingga sangat tinggi di sisi selatan *cordillera* (lebih dari 5.000 mm/tahun). Curah hujan tertinggi di Papua tercatat di kota Tembagapura, yaitu rata-rata 7.500 mm/tahun. Di daerah-daerah yang lebih basah,

EKOLOGI PAPUA

curah hujan terjadi kebalikannya yaitu tertinggi, mulai April hingga Oktober. Bahkan, lokasi-lokasi yang paling basah menerima hujan dari angin musim maupun angin pasat, yang cenderung terjadi di sepanjang sisi selatan *cordillera*. Akumulasi curah hujan tahunan di tempat-tempat yang terbasah cenderung menunjukkan keragaman yang tinggi. Keragaman ini dapat melebihi rata-rata akumulasi tahunan yang tercatat di lokasi-lokasi yang biasanya bercurah hujan sedang.

Suhu udara tidak banyak berbeda sepanjang tahun. Di zona katulistiwa, ketinggian suatu tempat merupakan faktor penentu suhu udara. Perbedaan ketinggian 1.000 m menyebabkan perbedaan suhu sebesar 5 °C. Dengan demikian, pada ketinggian permukaan laut, di hutan-hutan dekat Timika, terjadi kombinasi yang tidak menyenangkan, yaitu kelembaban tinggi dan suhu panas pada siang dan malam hari, kecuali pada hari-hari yang tersejuk ketika musim dingin di Australia. Sebaliknya, pada ketinggian 4.000 m di Peg. Sudirman embun es malam hari terjadi selama musim kering ketika langit cerah. Pada ketinggian lebih dari 4.500 m salju turun secara berkala. Lapisan es menutupi puncak-puncak tertinggi Peg. Jaya. Gletser ini meluas ke luar dan ke bawah selama periode pendinginan Pleistosen, yang kemudian meleleh seluruhnya sebelum 6.000 tahun lalu dan mulai menipis kembali selama abad yang lalu.

Ketinggian tempat dan suhu merupakan fenomena lingkungan yang menentukan di Papua, khususnya di daerah yang bergunung-gunung. Kondisi ini menentukan keberadaan biota yang berbeda di bidang-bidang lahan yang berdekatan, yang hanya terpisahkan oleh ketinggian. Karena itulah kekayaan jenis biota di Papua sangat tinggi.

Daerah bayang-bayang hujan terdapat di beberapa lembah di pedalaman (seperti Baliem), di Sem. Bomberai dan di Trans-Fly di sebelah tenggara. Curah hujan juga sedikit berkurang sepanjang pesisir utara, mulai dari muara S. Mamberamo sampai ke timur ke Jayapura. Sebagian besar pedalaman menerima curah hujan di atas 3.000 mm/tahun.

Papua merupakan daerah yang terus berubah. Gangguan kronis yang terpenting timbul akibat berlangsungnya proses pembentukan gunung yang beradu dengan proses erosi akibat hujan dan juga oleh aktivitas

PENDAHULUAN

gunung berapi berkala, kebakaran alami atau akibat ulah manusia, serta kekeringan El Niño. Selain itu, perladangan berpindah yang merupakan sistem pertanian tradisional telah mengubah banyak habitat alami yang luas, sebagian besar sekarang telah berubah menjadi hutan sekunder.

Semua gangguan di atas merupakan faktor yang menentukan persebaran dan pola vegetasi sekarang. Hutan-hutan yang tampaknya merupakan “hutan hujan perawan”, sesungguhnya merupakan hasil gangguan di masa lalu. Bukti mengenai hal ini terlihat jelas dalam survei tumbuhan di hutan. Karena itu setiap usaha klasifikasi tipe-tipe hutan sebenarnya adalah kasar saja dan tidak dapat dijadikan dasar prediksi skala taksonominya.

Tipe-tipe Hutan

Hutan lebat merupakan tipe vegetasi alami di hampir seluruh Papua, kecuali di bagian tenggara (meskipun kebakaran yang menumbuhkan padang rumput di tempat tersebut mungkin akibat ulah manusia). Hutan Papua memiliki keanekaragaman jenis yang sangat tinggi; tegakannya didominasi oleh jenis pohon tertentu dan akibat faktor sejarah geologinya, keanekaragamannya sangat bervariasi menurut lokasi, bahkan dalam satu daerah tangkapan air. Misalnya, di dalam hutan seluas 1 ha terdapat antara 70 dan 200 jenis pohon dengan diameter setinggi dada (dbh) lebih besar dari 10 cm. Karena itu, klasifikasi tipe-tipe hutan Papua menurut taksonominya sulit dilakukan dan tipe-tipe hutan ditentukan berdasarkan ketinggian, curah hujan dan struktur vegetasinya. Hutan-hutan Nugini umumnya dapat disebut “hutan lembab tropis”. Suku berikut ini merupakan komponen penting flora di Papua: Podocarpaceae, Fagaceae, Moraceae, Lauraceae, Meliaceae, Myristicaceae, Sapindaceae, Euphorbiaceae, Combretaceae, Sapotaceae, Annonaceae, Clusiaceae dan Rubiaceae (Oatham dan Beehler 1997).

Di dataran rendah, terutama di daerah tangkapan air yang mengalir baik tumbuh hutan-hutan aluvial yang tinggi. Sedangkan daerah yang alirannya kurang baik ditumbuhi hutan rawa yang tergenang secara berkala. Hutan-hutan aluvial yang terbaik sungguh menakjubkan, de-

EKOLOGI PAPUA

ngan jenis yang menjulang mencapai 60 m (misalnya, *Octomeles sumatrana*) dengan tinggi tajuknya mencapai 45 m. Tajuk hutan aluvial dataran rendah ini sering tidak beraturan, kecuali telah dilakukan regenerasi yang seragam setelah terjadi gangguan. Tajuk pohon marga rawa berkayu umumnya adalah *Barringtonia*, *Terminalia*, *Alstonia*, *Diospyros*, *Carallia*, *Syzygium* dan *Camposperma*. Palem rawa, yang didominasi oleh sagu, pandan, atau nipah umumnya tumbuh di delta sungai-sungai utama yang luas (misalnya, S. Digul). Ekosistem ini berangsur berubah menjadi rawa bersemak yang tanahnya tergenang. Di daerah pesisir terdapat petak-petak mangrove yang sempit atau luas yang ditumbuhi oleh *Sonneratia*, *Xylocarpus*, *Brugiera*, *Rhizophora* dan *Avicennia*.

Formasi mangrove paling dominan di bagian selatan dan tenggara, antara Kepala Burung bagian selatan dan Sem. Bomberai dan sepanjang P. Waropen (Teluk Cenderawasih). Jauh di tenggara terdapat hutan monsun yang lebat, yang semakin ke selatan berangsur berubah menjadi hutan *Melaleuca* dan savana *Eucalyptus*.

Sebagian besar wilayah Papua berbukit; hutan-hutan yang tumbuh di atas tanah berdrainase baik dan cenderung kurang menakjubkan, dengan pohon berbatang lebih kecil dan lebih pendek. Di bukit-bukit dataran rendah di sisi selatan *cordillera*, di dekat Timika, terdapat hutan kerangas di atas pasir putih yang sangat miskin dengan struktur yang aneh dan taksonominya berbeda. Di atas ketinggian 1.000 m terdapat hutan subpegunungan yang di berbagai tempat diwakili oleh tegakan pohon pasang dan sarangan (*Castanopsis acuminatissima*, *Lithocarpus* spp.) serta beberapa marga dari suku Lauraceae. Garis batas awan terdapat di pegunungan pada ketinggian yang berbeda, bergantung pada kondisi lokal. Kondisi ini menimbulkan hutan awan yang ditandai oleh banyaknya lumut pada batang pohon dan juga epifit yang mencolok. Garis batas awan ini biasanya berada pada ketinggian antara 1.500 m dan 2.500 m. Zona hutan pegunungan tengah memiliki keanekaragaman jenis yang lebih rendah dan didominasi oleh sejenis pohon *Nothofagus* dan juga beberapa marga gymnosperma dari suku Podocarpaceae (*Podocarpus*, *Dacrycarpus*, *Dacrydium*, *Phyllocladus*).

PENDAHULUAN

Di atas ketinggian 3.000 m, terdapat hutan elfin yang pendek (15 m), berbatang kecil (10-30 cm) dan rapat, dengan lumut yang lebat dan jalinan akar berlumut yang kusut di permukaan tanah. Semakin menanjak ke pegunungan, terdapat petak-petak hutan kerdil seperti semak yang rapat di antara padang rumput terbuka dan bergambut di daerah-daerah yang berdrainase lebih buruk dan mudah berembun es. Di daerah ini terdapat tegakan-tegakan *Dacrycarpus compactus* yang besar dan menonjol dan juga *Papuacedrus papuanus* yang lebih mirip pinus. Di daerah-daerah puncak di atas ketinggian 4.000 m terdapat campuran padang rumput, daerah berbatu, semak Ericaceae rendah dan beragam semak alpin tropis.

Dari segi botani, Papua sungguh luar biasa. Pulau ini diperkirakan memiliki lebih dari 15.000 jenis tumbuhan berpembuluh, khususnya sekitar 2.000 jenis anggrek, lebih dari 100 jenis *Rhododendron*, satu jenis *Araucaria* yang besar dan purba - pohon tertinggi di Papua dan juga damar (*Agathis labillardierei*) yang indah dan bernilai ekonomi tinggi. Pohon-pohon Dipterocarpaceae relatif sedikit, tetapi banyak tumbuh di petak-petak tertentu sebagai akibat gangguan alami. Pohon-pohon penting lainnya antara lain adalah *Intsia bijuga* (merbau), *Pometia pinnata* (matoa), *Pterocarpus indicus* (angsana) dan *Dracontomelon* (kenari hitam).

Fauna **Vertebrata**

Burung mendominasi vertebrata Papua, dengan lebih dari 600 jenis yang tercatat. Fauna burung yang istimewa mencakup 25 jenis burung cenderawasih, tiga jenis kasuari dan kira-kira dua lusin beo, merpati, burung pemangsa dan raja-udang. Jenis mamalia lebih sedikit, terutama akibat perburuan yang berlangsung terus-menerus dan sifat mereka yang aktif pada malam hari. Codot, kangguru pohon, possum dan tikus paling terwakili di antara 180 atau lebih jenis yang ada. Amfibi mencakup lebih dari 150 jenis katak, yang sebagian besar masih belum dikenal. Reptil terdiri dari dua jenis buaya, 61 jenis ular, 141 jenis kadal dan

EKOLOGI PAPUA

11 jenis biawak. Ikan mencakup sekitar 150 jenis air tawar dan lebih dari 2.250 jenis ikan laut (sekitar 1.500 di antaranya hidup di ekosistem terumbu karang). Di Papua terdapat 36 jenis ikan pelangi. Jelas bahwa daftar ini belum lengkap, karena beberapa taksa baru dideskripsikan tahun 1998.

Avertebrata Darat

Keanekaragaman avertebrata hutan tidak terbayangkan, menantang kemampuan kita untuk menyebutkannya. Jenis serangga saja mungkin ada lebih dari 100.000 dan baru sebagian kecil dideskripsikan. Kelompok yang paling terkenal adalah kupu-kupu sayap burung yang indah, serangga batang raksasa, beberapa keturunan kumbang raksasa dan ngengat terbesar di dunia. Ada juga kepiting air tawar, sejumlah udang air tawar dan udang karang, serta banyak lintah pengisap darah.

Biota Laut dan Terumbu Karang

Dalam hal keanekaragaman jenis, terumbu karang di Teluk Cenderawasih dan Kep. Raja Ampat termasuk yang terkaya di bumi. Ada sejumlah besar karang keras, moluska dan ikan karang. Lingkungan ini juga sangat produktif dan membentuk sumber daya berkelanjutan yang penting untuk masyarakat lokal. Kawasan ini juga menyangga perikanan dalam yang penting; seperti berbagai macam tuna yang bermigrasi ke perairan di daerah ini.

Budaya

Kondisi Budaya

Dari segi geologi pulau Nugini memang termasuk muda, tetapi masyarakatnya ternyata termasuk keturunan purba (yang terbukti telah menghuni pulau ini paling sedikit selama 40.000 tahun). Di seluruh pulau ini terdapat lebih dari 1.200 kelompok bahasa, membuat pulau ini sebagai daratan yang mendukung bahasa terbanyak di dunia. Papua memiliki sekitar 250 bahasa dan ada 800 bahasa di PNG. Belum ada

PENDAHULUAN

penjelasan pasti kenapa jumlah bahasa di bagian barat jauh lebih sedikit, tetapi keragaman fisiografi dan biogeografi mungkin menjelaskan perbedaan ini. Fakta ini dapat digunakan sebagai indikasi lamanya manusia telah menghuni Nugini.

Sejumlah besar kelompok bahasa di Papua kecil dan terisolasi, dengan jumlah penutur tidak lebih dari 1.000 orang. Beberapa bahasa lain (misalnya Dani Asmat) dipakai oleh lebih banyak orang. Bahasa-bahasa yang dominan ini tampaknya menandakan dominansi budaya juga. Seperti di PNG, keragaman bahasa sejajar dengan keragaman budaya lokal. Budaya Papua yang sangat beragam merupakan salah satu alasan pembangunan lokal Papua yang masih terbatas. Kelompok masyarakat yang jumlahnya kecil serta beragam tidak memiliki kemampuan dan struktur yang diperlukan untuk mengembangkan struktur sosial dan ekonomi yang kompleks, seperti yang dijelaskan secara mengesankan oleh Jared Diamond dalam bukunya *Guns, Germs, and Steel* (1999). Tidak adanya stratifikasi masyarakat serta kurangnya ternak peliharaan dan tanaman biji-bijian pokok tentunya ikut menyebabkan keterbatasan pembangunan ekonomi lokal secara umum di Papua. Sebagai perbandingan, budidaya ubi jalar telah diterapkan di lembah-lembah subur di daerah pegunungan tengah dan berkembang baik sejak kehadiran ubi jalar di pulau ini, mungkin sekitar 500 tahun lalu, dengan pusat-pusat penduduk tradisional di dataran tinggi di pedalaman (lembah Baliem dan Ilaga, D. Paniai dan Peg. Arfak). Sebagian besar masyarakat menetap di hutan atau pesisir, dengan mata pencaharian utama adalah bertani ubi jalar dan berburu babi (di pedalaman) atau menangkap ikan dan bertani ubi rambat (di pesisir). Tampaknya seluruh masyarakat Nugini adalah pekebun ulung dan juga prajurit ulung.

Sejarah Keterlibatan Bangsa-bangsa Eropa dan Politik

Kontak dengan Papua dilakukan oleh para pedagang Islam dari barat yang mencari rempah-rempah dan produk perdagangan eksotik lainnya. Kemungkinan kontak pertama antara pedagang dan penduduk pesisir Papua pertama terjadi lebih dari seribu tahun lalu. Namun kontak perdagangan mula-mula mungkin berlangsung lokal, yaitu antara orang

EKOLOGI PAPUA

Papua dan orang Maluku. Perdagangan utama kemungkinan belum berlangsung sampai 1000 lalu. Bangsa Eropa pertama yang berlayar ke pesisir Papua pada tahun 1500-an adalah bangsa Portugis, kemudian diikuti oleh bangsa-bangsa penjelajah lainnya (Spanyol, Belanda dan Inggris). Para penjelajah ini mencari jalur perdagangan dan juga produk untuk diperdagangkan. Era penjelajahan ini berlangsung dari tahun 1500-an hingga awal 1800-an. Era ini diikuti oleh perdagangan secara teratur (tripang, kulit burung cenderawasih, tempurung kura-kura, kulit massoi, dll.), yang kemudian diikuti oleh kolonisasi (dipicu oleh perdagangan), kemudian kegiatan misionaris. Penjelajah alam mula-mula dilakukan oleh Alfred Russel Wallace yang mengunjungi daerah Kepala Burung dan Kep. Raja Ampat pada tahun 1840-an dan Odoardi Beccari dan Luigi d'Albertis yang mengunjungi Peg. Arfak pada tahun 1870-an. Belanda mengklaim sebelah barat perbatasan yang sekarang dari garis 141 Bujur Timur pada tahun 1826, tetapi perbatasan ini belum dirumuskan dengan negara penjajah Inggris Raya hingga tahun 1895 (di selatan) dan dengan Jerman pada tahun 1910 (di utara). Belanda berusaha mendirikan pos-pos pemerintahan, mengeksplorasi daerah pedalaman (1900-1930) dan menaklukkan puncak-puncak gunung yang penuh tantangan di Papua.

Puncak tertinggi di Papua, G. Jaya baru berhasil didaki tahun 1962 oleh Heinrich Harrer dari Austria. Pada tahun 1930-an ekspedisi biologi dari Belanda, Inggris dan Amerika dilakukan ke pelosok pedalaman. Ekspedisi yang paling terkenal dipimpin oleh Richard Archbold, yang menemukan Lembah Baliem yang padat penduduknya pada tahun 1938 ketika melakukan penerbangan penyelidikan yang membuat ekspedisi tersebut berhasil mencapai puncak gunung yang tinggi di pedalaman.

Perang Dunia II mengakhiri era penjelajahan ini. Kemudian isu-isu kemerdekaan mendominasi Indonesia dan akhirnya membawa Papua bergabung dengan Republik Indonesia yang masih muda pada tahun 1962. Indonesia giat membangun Papua melalui program transmigrasi penduduk miskin tanpa lahan dari Indonesia bagian barat yang didukung oleh pemerintah dan militer (termasuk berbagai konflik, ketegangan dan pertumpahan darah antara masyarakat asli Papua dan pendatang)

PENDAHULUAN

dan melalui eksploitasi sumber daya alam (pertambangan, perikanan, pengusahaan hutan). Eksploitasi ini diperkirakan akan berkembang pesat dalam beberapa dekade mendatang. Pertanyaan yang muncul adalah apakah eksploitasi ini akan bersifat serakah, atau sesuai harapan, yaitu bersifat berkelanjutan dari segi lingkungan dan budaya. Tema ini mengalir dalam setiap bab buku ini.

Sasaran Buku Ini

Buku ini mengikuti gaya jilid seri buku *Ekologi Indonesia*. Tujuan penulisan buku ini adalah untuk memberi uraian yang jelas, menyeluruh, tetapi ringkas, tentang Papua. Sasaran utama buku ini adalah mahasiswa, tetapi kualitas informasi di dalamnya dapat diandalkan secara akademis, sehingga akan menarik minat peneliti akademis yang serius. Untuk setiap topik kami sajikan informasi terkini dan melalui proses penyuntingan yang kami memastikan bahwa materi yang dikupas secara rinci dan ringkas dapat dijangkau para pembaca.

Para penyunting berusaha menyajikan materi yang menyeluruh mengenai pengetahuan tentang alam Papua. Untuk menjelaskan arti istilah teknis khusus kami menyajikannya dalam daftar istilah.

*1.2. Sejarah Kegiatan Eksplorasi Alam**

Eksplorasi alam di Nugini dan pulau-pulau di sekitarnya sampai tahun 1760-an dilakukan ala kadarnya. Hasilnya juga terbatas dalam bentuk “koleksi benda-benda yang aneh dan langka” dengan deskripsi cerita latar belakangnya. Sampai akhir abad ke-18 Nugini merupakan wilayah yang masih “belum dijelajahi”; hanya bagian barat di dekat lokasi perniagaan saja yang bisa dijangkau Rumphius dari Ambon. Namun menjelang akhir abad ke-19 eksplorasi serius mulai dilakukan di lokasi-lokasi yang belum terjamah. Daerah pedalaman bagian pegunungan bahkan baru dikunjungi menjelang Perang Dunia II.

Burung cenderawasih yang mengagumkan, yang pusat keragamannya terdapat di Nugini, adalah salah satu obyek pertama dari pulau ini yang menarik perhatian bangsa Eropa. Selama bertahun-tahun burung ini hanya dikenal dari bulunya dan spesimen tanpa kaki yang dapat dibeli di pasar. Nugini dipandang sebagai tempat yang tidak ramah, bahkan oleh bangsa Portugis, Spanyol dan Belanda, sehingga tidak banyak survei yang dilakukan di sini.

“Pelayaran-pelayaran besar” selama tujuh dekade sebelum tahun 1840 menyinggahi beberapa bagian daratan Nugini dan pulau-pulau di sekitarnya. Para penjelajah alam dari satu pelayaran akhirnya dapat membuktikan bahwa burung cenderawasih memiliki kaki dan mereka juga mendeskripsi kondisi umum geografi wilayah ini. Namun kunjungan mereka hanya singkat dan ekspedisi mereka umumnya berskala kecil dan ke tempat-tempat tertentu saja. Selain kontribusi mereka tidak disebarluaskan, koleksi penting, sampai tahun 1870, kebanyakan berasal dari Sem. Kepala Burung yang dilakukan oleh Wallace (1858)

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “Biological Exploration of New Guinea”, David G. Frodin.

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

dan von Rosenberg (1860-an). Penguasaan Nugini secara resmi oleh Belanda pada tahun 1848 mendorong kegiatan yang penting.

Pembukaan Terusan Suez, pengembangan pemukiman di berbagai wilayah Australia, peningkatan perniagaan di pulau-pulau Pasifik, bertumbuhnya perdagangan bulu burung dan keingintahuan ilmiah tentang kondisi alam, khususnya setelah buku *Malay Archipelago* yang ditulis oleh Wallace diterbitkan, membuat dunia luar tertarik dengan *Papuasia* dan daerah pedalaman. Para penjelajah kemudian berdatangan, khususnya setelah Jerman menguasai kepulauan di bagian timur laut Nugini dan Inggris di bagian tenggaranya.

Sampai tahun 1914 Belanda dan Jerman mencapai kemajuan pesat. Setelah Perang Dunia I, Nugini merupakan “kawasan terbelakang” karena penjelajahan sejarah alam oleh kedua penguasa ini sangat terbatas. Namun eksplorasi terus berlanjut, mengungkapkan temuan-temuan besar, khususnya tahun 1930-an. Pada akhir dekade ini, garis besar biota umum wilayah ini telah diketahui, khususnya setelah Ekspedisi Archbold III dan periode eksplorasi primer berakhir.

Selama Perang Dunia II Nugini dan pulau-pulau di sekitarnya merupakan arena konflik utama berbagai negara, sehingga profil wilayah ini sangat meningkat. Panggung eksplorasi “sekunder” menjadi terbuka selama tiga dekade berikutnya, kebanyakan didukung oleh negara-negara yang menguasai wilayah itu dan pembangunan fasilitas koleksi serta penelitian lokal.

Selama tahun 1960-an, banyak sumber daya dialokasikan bagi penelitian-penelitian tanah, pertanian, kehutanan dan kelautan, baik di wilayah timur maupun barat. Misalnya, tahun 1959 Belanda menyiapkan ekspedisi “besar” yang terakhir untuk menjangkau wilayah terakhir yang masih kosong di peta, yaitu puncak G. Mandala. Banyak juga eksplorasi lain yang berlangsung, termasuk pendirian stasiun penelitian biologi, yang kini bernama Wau Ecology Institute (Institut Ekologi Wau), yang didirikan tahun 1961 oleh J.L. Gressitt.

Setelah wilayah barat Nugini beralih kepada Indonesia (1963/1969) dan kemerdekaan Papua Nugini (PNG) tahun 1975, upaya penelitian

EKOLOGI PAPUA

yang dilakukan pemerintah sangat menurun. Karena itu *Biogeografi dan Ekologi Nugini* (1982 oleh Gresitt) bisa dikatakan menandai berakhirnya era ini. Eksplorasi individu atau kelompok dan kegiatan penelitian (yang dilakukan dengan dukungan pemerintah atau swasta) terus berlanjut dan sekarang difokuskan pada ekologi, konservasi dan “kelestarian” alam. Dalam hal ini, peranan lembaga swadaya masyarakat (LSM), termasuk universitas-universitas di Papua dan PNG serta stasiun-stasiun penelitian, semakin meningkat. Meskipun kemajuannya tidak merata, banyak prestasi penting yang dicapai, seperti diuraikan secara singkat di bawah ini. Fokus upaya-upaya penelitian berikutnya adalah di wilayah-wilayah yang sama sekali belum diketahui, sekaligus juga melibatkan konsolidasi, peningkatan, pelestarian dan memudahkan penyebaran pengetahuan yang telah dimiliki sekarang. Dalam kondisi persaingan untuk mendapatkan sumber daya penelitian, minat yang berubah-ubah dan kondisi keamanan yang kurang kondusif menyebabkan tantangan ini tidak mudah dihadapi.

Sebelum Kedatangan Bangsa Eropa: 1500-1875

Ketika burung cenderawasih tak berkaki (1500-1815)

1500-1760

Pulau Nugini telah dihuni manusia sejak akhir Periode Kuartar, melalui kedatangan dua gelombang pedagang bangsa Melayu (dan mungkin juga orang China) yang datang dari Dobo (di Kep. Aru) dan sekitarnya. Namun catatan mengenai para penjelajah mencantumkan bahwa awal penjelajahan mungkin berlangsung selama masa setelah bangsa Eropa bermigrasi ke Amerika. Mereka berlayar dalam rangka mencari “tanah selatan yang luas”. Baru pada abad ke-17 massa daratan di sebelah selatan pulau-pulau kecil pesisir utara menjadi lebih dikenal.

Walaupun Ekspedisi Magellan, oleh bangsa Eropa, menggunakan kata “Papua” untuk pertama kalinya, serta mengetahui keberadaan burung cenderawasih di dekat Irlandia Baru pada tahun 1521, Jorge de Meneses (berkebangsaan Portugis) adalah orang pertama yang tiba di perairan di sekitar Papua pada tahun 1527. Namun, karena ia hanya

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

mencapai Biak dan pesisir utara Sem. Kepala Burung, ukuran daratan Papua tidak diketahuinya. Alvaro de Saavedra (tahun 1528) dan kemudian Hernando de Grijalva (tahun 1537) mengikuti jejaknya. Tidak satu pun di antara mereka berhasil mencapai daerah yang melampaui wilayah Yapen dan Biak. Tahun 1545 Ynigo Ortiz de Retes mencapai muara-muara S. Ramu dan S. Sepik, sebelum akhirnya berputar kembali menuju Tidore. Dalam pelayaran kembali ini ia singgah di suatu tempat yang sekarang disebut Sarmi. Ia menyebut daratan ini “Nueva Guinea” karena orang-orangnya terlihat mirip orang Afrika.

Bangsa Amerika baru terlibat ketika tahun 1606 Pedro Fernánde de Quiro memimpin ekspedisi Spanyol ke Pasifik Selatan dan menemukan Vanuatu. Rekannya, Luis Vae’s de Torres, terus berlayar ke barat menuju Nugini (didukung oleh angin pasat tenggara) mencapai pulau-pulau di Teluk Milna, dekat Samarai dan kemudian berlayar menyusuri pesisir selatan dan melintasi selat yang sekarang bernama Selat Torres.

Pelayaran Belanda ke Hindia Timur dilakukan Willem Schouten dan Jacob Le Maire pada tahun 1616, sebagian besar menyusuri pesisir utara, tetapi pelayaran ini mengalami pembantaian. Tahun 1623 Jan Carstenz berlayar di sepanjang pesisir tenggara; ia adalah orang pertama yang melihat puncak gunung tertinggi yang tertutup salju di pulau ini. Untuk waktu yang lama pegunungan ini menyandang namanya (G. Carstenz sekarang bernama Peg. Jaya). Tahun 1643, Abel Tasman berlayar di pesisir utara di wilayah yang sekarang dikenal sebagai Britania Baru, yang menurutnya bersambungan dengan Nugini. Upaya ini merupakan kontak awal dan hubungan dengan Nugini, yang kemudian terbatas di wilayah-wilayah barat saja, yaitu melalui perdagangan oleh G.E. Rumphius dari Ambon. Selama setengah abad, Rumphius mendapat banyak data yang sangat penting yang diterbitkannya dalam *Thesaurus amboinensis* yang terkenal (1705) dan *Herbarium amboinense* (1741-1750, 1755).

Tahun 1700 kunjungan William Dampier dari Inggris menghadirkan perubahan penting. Dengan kapal kunonya, *Roebuck*, ia mengunjungi pesisir utara dan menemukan Mussau serta Emira di bagian utara Irlandia Baru. Ia menemukan selat yang dalam (di antara pulau ini dengan Nugini)

EKOLOGI PAPUA

dan menamakan pulau baru ini sebagai “Nova Britannia” (Britania Baru). Sebagai seorang sejarawan alam dan seorang kolektor, Dampier membawa “koleksi-koleksi benda aneh dan langka” yang merupakan spesimen ilmiah paling awal dari wilayah ini untuk diteliti. *A Voyage to New-Holland* (1703) karya Dampier menggugah eksplorasi lebih lanjut di daerah pesisir selama tiga abad berikutnya, terutama di bagian barat. Pada tahun 1714 Sultan Tidore menyerahkan wilayah kekuasaannya di Nugini (dan Maluku selatan) kepada Belanda. Mengikuti teladan Dampier, kebanyakan pelayaran yang dilakukan Prancis dan Inggris sejak tahun 1750-an juga mencakup penelitian ilmiah serius, selain eksplorasi dan menjajaki kontak yang melibatkan para naturalis.

1760-1815

Ekspedisi “baru” pertama dilakukan oleh Philip Carteret dari Inggris. Ia mengunjungi berbagai bagian Pasifik barat daya, Solomon barat laut dan Britania Baru pada tahun 1767. Carteret menemukan beberapa tempat yang aman untuk berlabuh di ujung Pasifik barat daya di Bougainville yang disinggahi banyak ekspedisi selanjutnya. Jejak Carteret diikuti oleh Louis Antoine de Bougainville dari Prancis pada tahun 1768 yang bersama dengan Philibert Commerson mengunjungi bagian pesisir tenggara, Kep. Louisiade, wilayah utara Kep. Solomon dan wilayah barat daya Irlandia Baru sebelum melanjutkan ke arah barat ke Jawa.

Tahun 1770, James Cook bersama J. Banks dan D. Solander memastikan bahwa Nugini dan New Holland (yang sekarang dikenal sebagai Australia) sebagai wilayah berbeda, dengan berlayar melintasi Selat Torres. Setelah melewati lintasan yang berbahaya itu, Kapal *Endeavour* hanya singgah di pantai barat-daya selama sehari, ketika Banks mengumpulkan tiga puluh koleksi tanaman di bawah perlindungan senjata kapal dan angkatan laut. Prancis kemudian menggunakan pengetahuan baru mengenai wilayah ini (yang didapatkan oleh Bougainville dan Commerson) untuk memperoleh keuntungan ekonomi dengan mematahkan monopoli rempah-rempah yang saat itu dikuasai Belanda. Simon Provost (1769-1770) dan kemudian Pierre Sonnerat (1771-1772) melakukan misi yang meluas ke Maluku dan Filipina dan mencapai Gebe di

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

bagian terbarat Papuasias. Namun mereka tidak singgah di Nugini atau pulau-pulau di sekitarnya. Pelayaran bangsa Prancis ini sangat berhasil di bidang ekonomi dan mereka memulai usaha rempah-rempah yang penting di Kep. Marcarene, serta turut andil dalam mengakhiri kejayaan organisasi dagang Belanda *Dutch East India Company*. Koleksi-koleksi sejarah alam Sonnerat (Paris) umumnya berupa koleksi zoologi.

Tahun 1781, Francisco Antonio Maurelle dari Spanyol menemukan lebih banyak pulau di Bismarck. Kemudian, tahun 1792 dan 1793 pelayaran Prancis lainnya yang mengelilingi dunia berada di perairan Nugini dan untuk pertama kali bersandar di Teluk Huon (dari nama komandan kapal *L Espe'rance'*: Huon de Kermadec). Karya penting lainnya dihasilkan oleh ekspedisi d'Entrecasteaux di wilayah Teluk Milna, di sekitar Laut Bismarck dan di pulau kecil Rawak di dekat Waigeo. Banyak nama geografis yang dikenal sampai sekarang bermula dari jaman ini. Sayangnya, koleksi dari ekspedisi ini disita oleh Belanda dan dikirim ke Inggris. Beberapa tahun kemudian koleksi ini direstorasi oleh Banks dan sekarang disimpan di Florence.

Realita, Kekecewaan dan Pembaharuan (1815-1875)

1815-1850

Berbagai perang dan kekacauan di Prancis selama kekuasaan Napoleon menghalangi kegiatan eksplorasi sekitar 20 tahun berikutnya. Setelah tahun 1815, ekspedisi dimulai lagi, khususnya karena perkembangan perdagangan dan peta laut yang tersedia dalam skala besar oleh Flinders dalam ekspedisi *Investigator*.

Sejak tahun 1815 Nugini didominasi oleh beberapa pelayaran besar Prancis, yang secara keseluruhan meningkatkan pengetahuan sejarah alam dan mengumpulkan banyak koleksi (sekarang berada di Natural History Museum Paris). Pelayaran-pelayaran mereka adalah bagian dari kegiatan diplomatik dan perniagaan, yang bertujuan untuk menunjukkan bahwa Prancis masih merupakan negara yang penting meskipun telah mengalami kekalahan perang yang memalukan. Misalnya, tahun 1818-1819 kapal ekspedisi di bawah Komando Louis de Freycinet bersandar

EKOLOGI PAPUA

di Rawak (yang pernah dikunjungi oleh ekspedisi d'Entrecasteaux's) ketika menuju Guam. Saat kembali ke Prancis, kapal tersebut lenyap di Kep. Falklands, meskipun banyak koleksi bisa diselamatkan. Tahun 1822-1824 jejak Freycinet diikuti oleh ekspedisi *Coquille* di bawah pimpinan Louis Duperrey. Tim ini mengumpulkan serangga, burung dan tumbuhan di Kep. Solomon, Rawak dan Manokwari. Ekspedisi terakhir ini mencirikan perintisan penelitian baru bagi ilmu pengetahuan alam (sains), meskipun wilayah ini pertama kali disurvei tahun 1775 oleh Thomas Forrest. Mereka mengoleksi dan meneliti burung cenderawasih dan merupakan tim yang pertama mengenali (tiga abad kemudian sejak tahun 1522, ketika kulit cenderawasih *Paradisaea minor* sampai di Seville) bahwa burung ini ternyata memiliki kaki. Koleksi-koleksi ini (khususnya burung-burung yang masih hidup) selain membantu menciptakan mode pakaian yang menggunakan bulu burung yang bertahan lebih setengah abad di Eropa, juga memiliki andil dalam meningkatkan kesadaran tentang pelestarian alam. Selama tahun 1826-1829 Dumont d'Urville memimpin dua ekspedisi lagi di wilayah ini, ia singgah di Irlandia Baru, teluk dekat Madang, Teluk Cenderawasih dan Waigeo. Untuk pertama kalinya setelah Dampier, mereka berlayar menyusuri pantai selatan Britania Baru.

Tahun 1820, Belanda yang memperoleh kembali wilayah jajahannya (diakui secara internasional dari tahun 1824) dan membentuk "Natural Sciences Commission" (Komisi Ilmu Pengetahuan Alam) di bawah pimpinan Willem I. Selama tiga dekade berikutnya mereka melakukan ekspedisi secara ekstensif, baik ke pedalaman maupun ke wilayah pesisir di pulau-pulau yang masih sangat kurang dikenal. Salah satunya adalah kunjungan ke Nugini pada tahun 1828. Dalam kaitannya dengan rencana kolonisasinya, A.J. van Delden bersama dengan *Triton* dan *Iris* memimpin ekspedisi dan survei di sepanjang pantai barat daya. Salomon Müller adalah yang pertama mendokumentasikan perbedaan-perbedaan binatang antara bagian barat dan timur Hindia. Koleksi mereka, yaitu kumpulan penting pertama dari wilayah Nugini selama beberapa dekade berhasil sampai di Leiden dan ditulis oleh berbagai penulis yakni Temminck, Blume, Müller dan yang lainnya.

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

Mulai tahun 1840 Inggris kembali lagi. Eksplorasi mereka dikhususkan pada survei detail di sepanjang pesisir dan hidrografi. Mereka melanjutkan tradisi yang telah dimulai oleh ekspedisi *Investigator* di bawah pimpinan Flinders dan semakin berkembang di tahun 1850-an. Namun, survei-survei seperti ini, yang melelahkan namun esensial dalam jaman perniagaan dan kolonisasi, dan terus memberikan peluang bagi penelitian sejarah alam. Bahkan, dalam penjelajahan seperti inilah Charles Darwin yang masih muda berlayar dengan Robert Fitzroy pada tahun 1831-1836.

Kapal-kapal Angkatan Laut Kerajaan Inggris yang pertama berlayar melintasi perairan Nugini adalah *Sulphur* di bawah pimpinan Edward Belcher, dengan penjelajahan yang dilakukan oleh R. B. Hinds dan A. G. Barclay, mereka singgah di Kep. Solomon, Kairiru di pesisir utara dan Yapen. Mereka mengumpulkan beberapa binatang dan tumbuhan (sekarang di London: BMNH, Kew). Tak lama kemudian penjelajahan *Sulphur* diikuti oleh dua penjelajahan yang lebih terfokus ke selatan. Jalur ini mencerminkan kepentingan dan masa depan Australia serta jalur di antara Australia dan Nugini, yakni Selat Torres yang berbahaya, yang telah menjadi jalur utama antara India, Asia Tenggara dan New South Wales. Penjelajahan yang dilakukan tahun 1842-1846 oleh *Fly* dan *Bramble* di bawah pimpinan F. P. Blackwood, J. Beete Jukes dan John MacGillivray, selain dipusatkan di Selat Torres dan pantai utara Australia, juga meneliti bagian barat Teluk Papua dan menemukan S. Fly dan S. Turama. Ekspedisi *Rattlesnake* (1846-1850) berlangsung di Selat China dan pesisir selatan. Fokus ke dua penjelajahan ini adalah bidang geologi, zoologi dan biologi kelautan dan hanya mengoleksi beberapa tumbuhan daratan saja (semua di BMNH). Berbeda dengan hasil ekspedisi *Sulphur*, publikasi hasil-hasil ilmiah ekspedisi *Rattlesnake* hanya sedikit sekali. Namun, semua eksplorasi ini tidak langsung diikuti dengan kolonisasi. Upaya kolonisasi telah dilakukan oleh Inggris pada tahun 1795 di Teluk Cenderawasih, tetapi segera kandas karena serangan penyakit dan lingkungan yang sangat sulit.

EKOLOGI PAPUA

1850-1875

Berakhirnya ekspedisi *Rattlesnake* juga mengakhiri eksplorasi dan survei besar di Nugini. Namun jalur pelayaran perniagaan yang aman menjadi terbuka, termasuk bagi kapal-kapal baru yang menggunakan tenaga uap dan layar. Minat pemerintah untuk melakukan ekspedisi juga relatif rendah selama periode ini. Sebaliknya, pihak swasta sering mendukung para naturalis yang terkait dengan Australia, Asia dan Eropa, untuk mengeksplorasi sejarah alam selama periode ini. Jaringan misionaris juga memberikan peluang-peluang lain, terutama di Teluk Dore, Kep. Selat Torres (dari tahun 1871; lihat di bawah), Port Moresby (1874). Sebagian misionaris juga melakukan koleksi dan mengirimkannya ke negara mereka.

Ekspedisi pertama yang terkenal dilakukan oleh Alfred Russel Wallace. Selama tinggal di Malesia ia dua kali mengunjungi Nugini: di Kep. Aru (tahun 1857) dan selama beberapa minggu di Teluk Cenderawasih (tahun 1858, khususnya mengumpulkan serangga dan burung). Ia sendiri kerap menderita sakit dan aktivitasnya terbatas di pesisir saja. Dari situ para kolektornya menuju Peg. Arfak; mereka menghasilkan banyak temuan baru. Tahun 1860, ia mengoleksi (serta melakukan observasi) di P. Gam dan Waigeo, sementara asistennya Charles Allen ke Salawati, Misool dan Sorong di barat-laut Sem. Kepala Burung. Koleksi-koleksi mereka umumnya berada di London (BMNH). Jejak Wallace diikuti oleh para naturalis lainnya yang juga melakukan pencarian di wilayah barat laut semenanjung (Kepala Burung) dan Kep. Raja Ampat. Seorang baron dari Jerman, C.B.H. von Rosenberg, mengoleksi burung dalam beberapa kunjungannya selama tahun 1858-1870 (Leiden, BHMN). Ia bertemu Wallace di Teluk Cenderawasih dan melakukan hal yang hampir sama seperti Allen di Misool; sementara itu tahun 1864 Heinrich Bernstein mengoleksi binatang di Sorong, Waigeo dan Salawati.

Pembukaan Terusan Suez dan penerbitan *The Malay Archipelago* oleh Wallace (tahun 1869), serta penyebaran jaringan kapal uap dunia membuat hubungan dengan dunia luar meningkat pesat. Tahun 1871

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

datanglah orang Eropa pertama yang namanya menjadi legendaris sebagai naturalis-etnologis dari Rusia, N.N. de Miklucho-Maclay. Ia mengumpulkan beberapa satwa, tumbuhan dan banyak data etnografi. Selain itu ia mengenalkan beberapa jenis buah-buahan dan tumbuhan lainnya, salah satunya adalah papaya *Carica papaya*. Banyak spesimen dan data yang dikumpulkannya hilang, tetapi beberapa jenis serangga yang berhasil dikumpulkannya ditulis oleh Sir William J. Macleay di Sydney dalam buku *New Guinea Diaries* (1975, diterjemahkan dan diedit oleh C. L. Sentinella) dan *Travels to New Guinea: diaries, letters, documents* (1982, dikompilasi oleh D. Tumarkin) serta dua biografi: *Who travels alone* (1944) oleh F. S. Greenop dan *The Moon Man* (1984) oleh E. M. Webster. Kedua buku ini meliputi perjalanannya, khususnya menggambarkan pantai utara yang belum disentuh selama lebih dari satu seperempat abad. Pada tahun 1871, London Missionary Society juga melakukan pendaratan pertamanya di wilayah ini. Samuel Macfarlane dan A.W. Murray berhasil mencapai pulau-pulau di Selat Torres dan tempat-tempat lainnya di sepanjang pesisir selatan. Kehadiran mereka memberi banyak kesempatan untuk eksplorasi dan mengirim beberapa koleksi (tumbuhan, Melbourne).

Di bagian barat, munculnya kekuatan dari luar, terutama di perairan kepulauan ini, kemudian mendorong pemerintah Belanda beraksi di Nugini. Pada tahun 1871 P. van der Crab (yang bertindak atas nama pemerintahan Belanda) dan seorang botanis J. E. Teysmann (dari Bogor, yang menjabat sebagai direktur Kebun Raya yang baru), berlayar dari Ternate. Mereka mengoleksi banyak tumbuhan (Bogor, Melbourne, Leiden), yang ditulis oleh R. H. C. C. Scheffer pada tahun 1876 sebagai langkah awal Kebun Raya itu bertindak sebagai lembaga ilmiah yang mandiri.

Ketenaran Wallace dan bukunya, khususnya burung cenderawasih yang bulunya sangat populer untuk busana, mengundang banyak perhatian. Salah satunya adalah penjelajah alam, A.A. Bruijn (dari Ternate), yang melakukan koleksi tahun 1871-1879 khususnya untuk perdagangan bulu (Tring/AMNH dan BMNH). Tahun 1872-1873 Odoardo Beccari (seorang botanis yang kemudian menjadi spesialis palem yang terkenal) dan Luigi M. d'Albertis dari Italia, sampai ke Teluk Cenderawasih dan

kemudian mendaki Peg. Arfak. Di sini Beccari mendapatkan koleksi botani yang pertama dari berbagai tempat di pegunungan, juga berbagai serangga dan materi zoologi lainnya (Florence, Genoa). Beccari juga mengunjungi Ramoi (Sorong), G. Epa, Andai dan beberapa pulau di Kep. Raja Ampat. Tahun 1874 ekspedisi oseanografis besar dengan kapal *Challenger* (1872-1876) pertama berlayar ke perairan Nugini dan menjelajah ke arah barat melewati Selat Torres serta mengunjungi Kep. Aru dan Kai. Bersama H.N. Moseley mereka mengoleksi tumbuhan dan binatang (Kew, BMNH).

Tahun 1875-1876 Beccari kembali lagi ke Sem. Kepala Burung. Ia melakukan pendakian lagi ke Arfak, mengunjungi Yapen dan Biak, serta sebagian besar pulau di Kep. Raja Ampat. Namun sampai sekarang sejumlah besar koleksi tumbuhannya tidak pernah sepenuhnya dianalisis, meskipun namanya diabadikan dalam banyak nama ilmiah untuk tumbuhan dan satwa.

“Emas Nugini”: Perjuangan untuk Mendapatkan Spesimen dan Spesies (1875-1914)

Berbagai temuan dan hasil survei John Moresby muncul dalam tulisan populer di London pada tahun 1876 dan segera mendapat ulasan di media Australia. Sebelumnya, *Challenger* telah mengunjungi benua ini dan penjelajahannya difokuskan pada sejarah alam. Peristiwa ini bersamaan waktunya dengan gelombang nasionalisme yang pertama di Australia, yang waktu itu cukup makmur dari hasil wol dan tambang. Bahkan selama beberapa tahun pendapatan perkapita di Australia waktu itu termasuk yang tertinggi di dunia. Kehadiran Miklucho-Maclay di Sydney pada tahun 1870-an dan tulisan-tulisannya juga menarik perhatian ke Nugini.

Tingkat kemakmuran Australia tercermin dalam pelayaran Sir William Macleay, yang melakukan penjelajahan pribadi di bidang sejarah alam dan biologi kelautan pada tahun 1875, menggunakan kapal layar tua *Chevert*. Macleay bukan hanya seorang ilmuwan terkemuka, tetapi juga seorang anggota parlemen yang kaya dan tokoh terkemuka di

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

masyarakat. Sejumlah “ilmuwan” mendampingi dalam penjelajahan yang menghasilkan koleksi pertama *Eucalyptus* dari Nugini selatan. Sayangnya, karena konflik-konflik yang terjadi di kapal dan musim hujan dan beberapa faktor lainnya yang merugikan, temuan geografis yang dihasilkan hanya sedikit, meskipun koleksi-koleksi zoologi kelautan banyak diperoleh (Macleay Museum/AM). Ekspedisi ini kembali ke Cape York dan *Chevert* kemudian berlayar kembali ke Sydney. Publikasi tentang ekspedisi ini hanya sedikit dan beberapa ekspedisi berikutnya dari Australia umumnya lebih sederhana.

Sejak masa ini kondisi politik di bagian timur Nugini menjadi sasaran program internasional untuk mengurangi pengaruh bangsa penjajah di Afrika dan Melanesia barat. Sebagai bagian dari pengembangan kegiatan perniagaan, tahun 1884 Jerman mengibarkan bendera di Kep. Bismarck dan bagian barat Kep. Solomons. Tahun 1885 Inggris memproklamkan bagian timur Nugini sebagai wilayahnya. Ekspedisi besar pertama yang dilakukan oleh H. O. Forbes ke bagian timur laut Port Moresby tidak berhasil. Banyak tumbuhan yang dikumpulkan Forbes tidak diteliti sampai awal tahun 1920-an meskipun tulisan mengenai tumbuhan monokotil diterbitkan dengan H.N. Ridley pada tahun 1886.

Tahun 1880-an juga ditandai oleh pembentukan asosiasi geografis yang juga pendukung pengembangan kolonialisasi. Beberapa cabang dari *Geographical Society of Australasia* merupakan pendukung Forbes (bersama *Royal Geographical Society* di London). Pada tahun 1885 cabang di Sydney melakukan ekspedisinya sendiri ke S. Fly dan S. Sepik.

Tahun 1888 bagian timur Nugini menjadi koloni Inggris dan William MacGregor ditunjuk sebagai pemimpinnya. MacGregor giat meningkatkan karya sejarah alam, tetapi berbagai konflik dengan masyarakat lokal membuat eksplorasi geografis lebih dimonopoli pemerintah. Di bawah pimpinannya, sebagian besar pegunungan tinggi di wilayah tenggara semenanjung telah didaki dan juga dieksplorasi sampai ke pedalaman, ke hulu S. Fly dan di sepanjang Teluk Papua yang sampai saat itu tidak banyak diketahui. Koleksi binatang dan etnografi

EKOLOGI PAPUA

serta koleksi resmi lainnya dibawa ke Brisbane [Queensland Museum, tumbuhan dibawa ke Melbourne dan kemudian ke Kew (London)]. Melalui upaya-upaya ini flora dan fauna pegunungan menjadi lebih banyak diketahui. Di G. Victoria untuk pertama kalinya terbukti bahwa flora pegunungan “alpin” sejati memang ada. Dari upaya-upaya yang dilakukan sebelumnya di daerah Kepala Burung dan di wilayah tenggara yang kering memunculkan hipotesis mengenai kesamaan flora di Malesia (Beccari) dan Australia (von Mueller).

Penelitian mengenai flora dan fauna di bagian timur Nugini setelah masa MacGregor dilakukan oleh bangsa Italia, yang melanjutkan tradisi yang dimulai oleh d’Albertis dan Beccari. Tahun 1889 Lamberto Loria memulai bagian pertama dua ekspedisi ke Port Moresby dan wilayah Papua lainnya. Dari Australia, tiga pakar botani kemudian datang di akhir tahun masa kerja MacGregor. Tahun 1898, F.M. Bailey melakukan perjalanan dengan Lord Lamington yang juga mengoleksi dan kemudian menuliskan tumbuhan yang dikumpulkannya (Brisbane). Sampai tahun 1915 Bailey bekerja sebagai “konsultan botanis” di Nugini. Ia meletakkan dasar salah satu koleksi tumbuhan Nugini penting di Australia. Pendiri Gereja Anglikan di Nugini, Copland King, mengoleksi pohon-pohon pakis (Manila, Sydney).

Nugini Wilayah Inggris (1898-1906) dan Wilayah Belanda (1906-1914)

Dengan berakhirnya masa jabatan MacGregor, perhatian pemerintah mengenai sejarah alam sangat menurun, meskipun pengganti-penggantinya, G. R. Le Hunte dan F. R. Barton melakukan berbagai macam koleksi binatang dan tumbuhan (Brisbane, BMNH) di Nugini wilayah Inggris. Perhatian pemerintah pada biota sangat kecil, hanya pengoleksian burung (dan kupu-kupu) saja yang diutamakan sampai masa Perang Dunia I, terutama yang disponsori oleh Rothschild. Untuk periode waktu yang lama, kolektor utamanya adalah Albert S. Meek (1894-1916) dan George Eichborn (1923).

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

Selama tahun 1902-1903, A.E. Pratt dan anak laki-lakinya, Henry Pratt, mengoleksi burung-burung dan Lepidoptera secara ekstensif di daerah-daerah yang berketinggian rendah di bagian barat laut dan tenggara Port Moresby (Tring/BMNH dan AMNH). Tahun 1906 A.E. Pratt menerbitkan buku populer *Two Years Among Cannibals*. Koleksi botani pada masa ini hanya sedikit, sebagian karena hilang dalam transit dan dilakukan secara pribadi. Keluarga Pratt juga mengoleksi tumbuhan, tetapi hampir semuanya hilang. Mary Schlencker dari Queensland juga mengoleksi secara ekstensif (1905 sampai 1920-an) di distrik Rigo (Boku). Tahun 1910-1911 Miles Staniforth C. Smith mengoleksi pakis dan lumut dalam perjalanannya yang tragis menyusuri S. Kikori ke G. Murray. Malangnya, semua spesimen hilang dalam perjalanan di sungai. Mungkin karena kepahitan oleh pengalaman ini Smith berhenti mengoleksi biota, tetapi ia aktif dalam kegiatan geologi dan mendirikan museum kecil di Port Moresby (cikal bakal Museum Nasional sekarang).

Sampai masa tersebut (pemerintahan Ratu Victoria) sejarah alam yang sebelumnya sangat digandrungi berangsur-angsur meredup, karena keingintahuan terhadap alam telah terpuaskan. Namun akibat sampingannya adalah semakin meningkatnya gerakan-gerakan pelestarian lingkungan. Selain itu, ada juga perubahan-perubahan dalam teknik hortikultura, budi-daya tumbuhan tropis di rumah kaca. Sementara dalam bidang sains, lebih banyak penjelasan ilmiah yang mengandalkan analisis yang “lebih canggih” berdasarkan penelitian di laboratorium, spesialisasi keahlian yang semakin meningkat, yang menyebabkan biota Australia, apalagi Papua, terabaikan selama beberapa dekade. Selama paruh waktu pertama 1890-an, Australia mengalami masa depresi ekonomi yang hebat; resesi juga menimpa bagian-bagian dunia lainnya. Karena itu, dukungan pemerintah untuk kegiatan eksplorasi cenderung menghadapi kendala dana dan minat serta prioritas yang juga berubah. Hanya individu yang kaya saja (atau museum-museum atau herbaria yang mempunyai peralatan lengkap) yang mampu terus mendukung koleksi dan menyimpannya secara ekstensif. Perdagangan bulu burung, yang terus berlanjut sampai akhir Perang Dunia I, juga tetap menjadi sumber materi baru yang penting. Akibatnya, pada tahun 1914 berbagai burung dan serangga yang lebih besar di bagian tenggara

EKOLOGI PAPUA

Papua menjadi cukup dikenal. Namun karena keterbatasan akses, biota di pedalaman pulau ini masih tetap belum banyak diketahui, sementara pengetahuan botani sangat tidak lengkap serta tidak terdokumentasi baik dan tertinggal jauh dengan wilayah Nugini yang dikuasai Jerman. Bahkan sampai kini, biota yang berhasil diteliti dan dicatat di sebagian besar wilayah lereng bagian selatan jajaran pegunungan yang sangat tinggi masih tetap sedikit, karena pengambilan sampel yang lebih lengkap dan terinci masih terbatas dari lokasi tertentu saja.

Eksplorasi skala besar di daratan Nugini bagian timur laut (dari tahun 1884-1914) dikembangkan lebih belakangan daripada di Nugini wilayah Inggris atau di Sem. Kepala Burung. Namun selama tahun 1875 sampai 1885 ada lebih banyak kegiatan di pulau-pulau di bagian timur laut. Selain Miklucho-Maclay, sebelum tahun 1885 “pelopor” satu-satunya di daratan Papua adalah F. H. Otto Finsch. Naturalis dan pakar geologi berkebangsaan Jerman ini meneliti seluruh pesisir timur Nugini sebagai bagian dari pelayarannya ke seluruh dunia (1880-1885) yang didanai oleh German Humboldt Foundation. Finsch melakukan banyak pengoleksian di Teluk Astrolabe, yang sudah dikenal melalui karya Maclay dan di wilayah Teluk Milna. Banyak koleksinya (Bremen, Brunswick, Leiden) sebagian hancur dalam Perang Dunia II. Rumpun pohon Finschia, yang termasuk keluarga macadamia, diberi nama ilmiah menurut namanya. Wilayah timur laut pulau ini dikunjungi oleh dua ekspedisi besar pada tahun 1875: *Challenger* dan ekspedisi Jerman *Gazelle*. Hasil ekspedisi *Gazelle* ini diterbitkan dalam lima jilid (1889-1890), sementara seri *Challenger* merupakan tulisan yang paling ekstensif. Kedua karya ini berisi laporan utama yang penting bagi biota di wilayah ini. Koleksi para misionaris, pedagang dan penjelajah juga berlangsung setelah ekspedisi *Gazelle* sampai tahun 1878 ketika G. Turner dari Royal Botanic Gardens, Sydney menemukan pohon *Eucalyptus deglupta* di hutan Britania Baru. Selama seperempat abad selanjutnya R. Parkinson melakukan koleksi tumbuhan secara ekstensif. Bukunya *Dreissig Jahre in der Sudsee* (1907), yang berisi hasil survei di kepulauan kawasan ini diterjemahkan dalam bahasa Inggris tahun 1999. Buku ini berisi komentar tentang binatang dan tumbuhan yang dimanfaatkan oleh

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

manusia. Sampai tahun 1899 kegiatan perdagangan dan penjelajahan di bagian timur laut sebagian besar dilakukan oleh bangsa Jerman, melalui perusahaan negara *Neu-Guinea-Compagnie*.

Wilayah Belanda di Nugini

Dibandingkan dengan wilayah timur, minat pemerintah Belanda di Nugini bagian barat, khususnya wilayah pedalaman, relatif terbatas. Tekanan dari luar akhirnya memaksa penguasa untuk melakukan tindakan yang lebih baik. Akhir abad ke-19 didominasi oleh kegiatan swasta, khususnya perdagangan. Setelah tahun 1898, berbagai kegiatan sebagian besar didominasi oleh sektor pemerintah dan semipemerintah; para penguasa juga berhati-hati untuk menghindari “berbagai insiden”. Namun dukungan pemerintah sampai tingkat tertentu tetap menjamin pengoleksian biota tertentu yang lebih baik, meskipun tahun 1915 koleksinya masih lebih sedikit daripada yang dilakukan oleh wilayah timur ketika itu.

Abad Sembilan Belas (sampai tahun 1898)

Keberhasilan berbagai eksplorasi oleh Beccari di Sem. Kepala Burung, termasuk terobosannya ke Peg. Arfak dan pertumbuhan perdagangan bulu burung menyebabkan peningkatan jumlah kolektor di wilayah barat mulai pertengahan tahun 1870-an. Namun para kolektor ini berusaha sendiri atau mendapat sponsor dari luar, seperti Rothschild (Tring) atau mereka menjual hasil koleksinya ke perusahaan A.A. Bruijn dan C.W.R. van Renesse van Duivenbode di Ternate. Mengikuti tradisi Wallace, koleksi difokuskan pada burung, kupu-kupu, kumbang dan mungkin juga binatang bercangkang serta anggrek yang menarik. Fokus eksplorasi ini kemudian segera diterapkan di Nugini, disertai etnografi. Kebanyakan tumbuhan dan binatang lainnya tidak lagi menjadi fokus utama. Banyak temuan yang dihasilkan karena keberanian kolektor ini, termasuk temuan landak *Zaglossus bruijnii*, bermacam jenis burung cenderawasih, namdur dan anggrek, serta beberapa tumbuhan hortikultura lainnya yang berguna. Kekayaan anggrek di Nugini bagian barat,

seperti halnya di timur, juga mulai terungkap, khususnya setelah tahun 1898. Namun, data lapangan dari para kolektor ini tidak lengkap atau tidak bisa diketahui keberadaannya; dan kendala ini selama bertahun-tahun menjadi pendorong untuk melakukan pencarian lebih lanjut. Sem. Kepala Burung dan Bomberai, Teluk Cenderawasih serta pulau-pulau di sekitarnya, Kep. Raja Ampat dan Gebe (secara administratif termasuk wilayah provinsi di Maluku) merupakan tujuan pengoleksian, termasuk kunjungan-kunjungan ke Teluk Humboldt. Sebagian kolektor berhasil mencapai Peg. Van Rees dan (Foja) di bagian utara dataran Papua, tetapi sesudah tahun 1898 jajaran pegunungan di wilayah tengah masih sangat jarang bahkan hampir belum dijelajahi sama sekali.

Di antara para kolektor zoologi (terutama burung) masa itu adalah L. Laglaize (khususnya burung cenderawasih dan kupu-kupu) pada tahun 1876-1884 di Nugini barat dan di pulau-pulau sekitarnya dan R. Powell di Waigeo, Salawati serta di Sem. Kepala Burung; F. H. H. Guillemard tahun 1883-1884 di Waigeo, Batanta, Misool, Yapen dan Sem. Kepala Burung; H. Kuhn tahun 1884 di Sem. Onin termasuk Sekar (dekat Kokas) di Teluk McCluer (Sekarang bernama Teluk Bintuni; H. Fruhstorfer tahun 1891 melakukannya di Sem. Kepala Burung; dan W. Doherty pada tahun 1892-1893 di sekitar Teluk Cenderawasih (termasuk P. Yapen) dan di Teluk Humboldt. Tahun 1899 J. M. Dumas mengoleksi burung-burung di G. Moari di Sem. Kepala Burung dan terus terlibat dengan Nugini sampai tahun 1911. Pada akhir tahun itu, Kep. Raja Ampat dan beberapa tempat lainnya di daratan Papua (salah satunya dekat Fakfak) dikunjungi oleh ekspedisi oseanografi *Siboga* (akan dibahas lebih lanjut di bawah). Pada awal abad ini (1902-1903) J. Waterstradt mengunjungi Waigeo, sementara keluarga Pratt berada di Merauke (1902) untuk mengumpulkan Lepidoptera. Namun karena perasaan tidak senang di kalangan warga setempat, mereka berlayar ke Selat Torres dan Port Moresby. Para kolektor tumbuhan darat relatif tidak banyak, baik di daratan Papua maupun di wilayah lepas pantai dari pulau-pulau besar. Koleksi di wilayah lepas pantai banyak diabaikan sampai beberapa puluh tahun kemudian. Setelah kunjungan Moseley dan Beccari (tahun 1876) Teysmann kembali lagi mengunjungi Kep.

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

Raja Ampat, pada tahun 1888 Warburg mengunjungi Sekar selama perjalanan melalui Papuasia dan Australia timur. Tahun 1893 direktur Kebun Raya Bogor, M. Treub (dengan seorang asistennya, Jaheri), berkunjung singkat ke Sem. Onin (dan Kep. Aru), dan tahun 1900 tempat-tempat tertentu ini juga dikunjungi oleh penjelajah pencari tumbuhan yang berkebangsaan Amerika, D. Fairchild. Dari antara para pemburu tanaman yang diperdagangkan, W. Micholitz, sekitar tahun 1890 mengoleksi anggrek dan tumbuhan lainnya di bagian utara Peg. Arfak.

Selain dua ekspedisi oseanografi utama di wilayah Nugini (*Challenger* dan *Gazelle*), seperempat abad kemudian berlangsung ekspedisi *Siboga*. Moseley mengoleksi obyek-obyek yang mengapung di dekat muara S. Mamberamo. Selama bulan Juni *Gazelle* mengunjungi Teluk Bintuni, Naumann mengoleksi di Sekar, di utara Fakfak. Pelayaran *Siboga* ke Malesia selama setahun, dipimpin oleh G. F. Tydemann bersama sekelompok ilmuwan yang dipimpin oleh pakar zoologi M. Weber, pada akhir tahun 1899 singgah ke beberapa pulau di Kep. Raja Ampat dan beberapa lokasi lainnya di daratan Papua. Berbagai macam organisme laut (dan sebagian darat), tumbuhan (termasuk berbagai jenis ganggang laut) berhasil dikumpulkan oleh A. Weber-van Bosse, istri M. Weber. Hasil lengkap ekspedisi ini diterbitkan selama beberapa dekade; karya Weber-van Bosse adalah *Liste des Algues du Siboga*, yang ditulis dalam empat bagian (1913-1928).

Perintisan Terakhir I: Berbagai Ekspedisi dan Survei Utama (1898-1914)

Kedatangan *Siboga* di perairan Nugini bagian barat disusul oleh perubahan kebijakan pemerintah Belanda mengenai daerah-daerah jajahan mereka di bagian paling timur yang sebagian besar masih belum dijelajahi. Kebijakan ini dipicu oleh meningkatnya minat orang luar dan pengembangan yang berlangsung di wilayah-wilayah tetangga yang dikuasai oleh Inggris dan Jerman. Tahun 1898, unit administrasi yang sebelumnya hanya satu kemudian dibagi dua, dengan pos-pos resmi di Manokwari untuk wilayah utara, dan Fakfak untuk wilayah

EKOLOGI PAPUA

barat dan selatan. Di awal tahun 1902 pos yang ke tiga didirikan di Merauke, untuk mengendalikan para penjarah dan pengayau Marind-Anim (Tugeri) yang bersenjata dan mendatangkan kekacauan di wilayah timur pulau. Kerusakan ini melibatkan pembunuhan terhadap Chalmers tahun 1901. Beberapa tahun kemudian pos-pos lain juga dibentuk, di antaranya Serui (di P. Yapen) dan Hollandia (kini Jayapura). Belanda juga menyadari pentingnya perhatian serius di bidang sains, khususnya di pedalaman di timur daerah Leher Burung.

Serangkaian ekspedisi berskala besar yang disponsori sepenuhnya atau sebagian oleh pemerintah Belanda kemudian dilakukan, yang mendominasi eksplorasi sampai tahun 1939 (dengan ekspedisi “babak terakhir” dilakukan tahun 1959, mengisi “titik putih terakhir di peta”). Berbagai hasil ekspedisi ini sebagian besar diterbitkan dalam seri khusus *Nova Guinea* (Leiden, 1909-1966), yang disponsori oleh *Indies Committee for Scientific Research* dan beberapa lembaga lainnya. Pelaksana pertama dari rangkaian ekspedisi ini adalah *North New Guinea Expedition* (Ekspedisi Nugini Utara) yang dilakukan tahun 1903, dipimpin oleh C.F.A. Wichmann. Sebagian besar materi zoologi dikoleksi oleh H.A. Lorentz dan L.F. de Beaufort dan Dumas. Tak ada pakar botani yang ikut dalam ekspedisi ini, tetapi koleksi spesimen tumbuhan kebanyakan dikumpulkan oleh petugas-petugas Indonesia (*mantri*) Atasrip dan Jaheri dari Bogor serta oleh Dumas. Wilayah yang dieksplorasi mencakup pesisir Teluk Triton di sepanjang pesisir Bomberai sampai ke Fakfak, pulau-pulau di sekitar Teluk Cenderawasih, sampai ke sepanjang pesisir utara Jayapura-Sentani. Kemudian para *mantri* kembali ke Jawa dan ekspedisi berlanjut sampai ke Tanah Merah sebelum kembali lagi ke Teluk Cenderawasih. Laporan lengkapnya diterbitkan dalam *Nova Guinea* (1917).

Upaya Wichmann kemudian dilanjutkan dengan *Southwestern New Guinea Expedition* (Ekspedisi Nugini Barat Daya) tahun 1904-1905, yang didukung oleh *Royal Dutch Geographical Society* dan dipimpin oleh R. Posthumus Meijes serta E.J. de Rochemont. Koleksi satwa dan tumbuhan dilakukan oleh Dr J.W.R. Koch dengan bantuan *mantri* dari Bogor; khususnya mengenai etnografi. Laporan ekspedisi utama

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

diterbitkan tahun 1908. Selama pelayaran ini G. Wilhelmina (sekarang bernama G. Trikora) terlihat untuk pertama kalinya. Valetton menerbitkan hasil ekspedisi ini dalam *Plantae Papuanae* (1907). Koleksi-koleksi Koch yang kebanyakan berasal dari Merauke menyajikan tambahan yang bermanfaat pada tulisan-tulisan von Mueller sebelumnya. Hasil koleksi botani dari ke dua ekspedisi ini hanya sedikit.

Sampai tahun 1905, Belanda telah menjelajahi sebagian besar kawasan pesisir dan memasuki daerah sekitar muara beberapa sungai. Eksplorasi selanjutnya ke wilayah pedalaman berlangsung tahun 1907 sampai 1915, yang merupakan salah satu upaya Ekspedisi Militer terbesar selama delapan tahun. Dari ekspedisi ini mereka memperoleh pengetahuan yang luas mengenai pedalaman di dataran rendah dan perbukitan di sekitarnya walaupun secara garis besar saja. Tumbuhan dan satwa terutama dikoleksi oleh Dr. K. Gjellerup (1909-1912), yang dibantu oleh dua *mantri* dari Bogor, Ajoeb dan Sadeli. Selama perjalanan ke daerah-daerah perbatasan pada tahun 1910 dan 1911 ia tiga kali mendatangi lembah S. Tami. Karena musibah kapal mereka terbalik, banyak koleksi dari perjalanan terakhir hilang. Setelah lembah S. Tami, tahun 1911 Gjellerup mengunjungi D. Sentani dan di Peg. Cyclops sampai mencapai ketinggian 2.000 m. Ia memperoleh panen tumbuhan pertama yang penting (termasuk *Schefflera leiophylla* yang endemik) dari lokasi yang kondisi geologinya menarik tetapi sulit dijangkau. Kegiatan ini dilanjutkan dengan kunjungan lapangan ke S. Maffin (Tor) di sebelah tenggara Sarmi, sampai ke Peg. Foja. Awal tahun 1912, setelah bekerja di sekitar Jayapura, ia dipindahkan ke Manokwari. Bersama seorang surveyor geologi dan tambang, P.F. Hubrecht, melalui Siari (di pesisir pantai) mereka mendaki dan mengoleksi di D. Anggi (1912). Di sini pun ia mengalami kehilangan koleksi-koleksinya. Pada tahun 1912 dan 1913 Janowsky, salah seorang perwira dalam Ekspedisi Militer, menjelajah sampai jauh ke Peg. Weyland di bagian ujung barat jajaran pegunungan tengah dan tahun 1913 berhasil mencapai puncak gunung dengan ketinggian 3.720 m dan melakukan patroli di bagian timur Teluk Cenderawasih (S. Moesoiro, S. Legare dan S. Sawa). Ekspedisi ini berhasil mendapatkan koleksi satwa dan tumbuhan

(Bogor) meskipun sebagian besar yang diperoleh tahun 1913 ini harus ditinggalkan di lapangan.

Tahun 1914, Feuilletau de Bruijn mengoleksi di lembah Mamberamo dan D. Plain (tumbuhan, Bogor). Selama ekspedisi Ekspedisi Militer ke tiga di bawah pimpinan Kapt. J.V.L. Opperman, Letnan Doorman mencapai hulu S. Mamberamo (mengunjungi lokasi perbekalan pendakian dan lokasi awal ekspedisi pendakian - Pionierbivak) dan menyeberangi D. Plain. Akhirnya, melalui S. Taritatu (Idenburg), mereka berhasil mencapai puncak G. Kembu (3.550 m) (yang kemudian dinamakan Puncak Doorman), yang berada di sebelah timur dari jalur Moszkowski. Koleksi Doorman hanya sedikit (anggrek, Bogor). Selain melakukan survei pertambangan, Gelder juga mengoleksi satwa dari Mamberamo. Tahun 1910-1911 Kampen mengoleksi satwa di Jayapura, D. Sentani, Zoutbron dan Bronbeck (1910) serta di S. Arwo (1911). Akhirnya, tahun 1910-1911 de Kock melakukan upaya dramatis di bagian timur pegunungan tengah. Ia mengambil jalur di sepanjang S. Eilanden ke arah hulu dan mendaki G. Goliath (3.500 m) dan beberapa waktu lamanya tinggal di sana (tumbuhan, Bogor). Sejak itu wilayah pegunungan yang terpencil ini hampir tidak pernah didatangi kolektor. J.M. Dumas khususnya mengoleksi burung dan serangga (Bogor) dan juga bergabung dengan ekspedisi pertama yang dipimpin oleh Lorentz. Hasil beberapa ekspedisi ini antara lain muncul di *Nova Guinea*. Meskipun kontribusinya cukup besar, penelitian biologi yang terinci *bukan* merupakan tujuan utama ekspedisi militer ini. Tidak ada pakar botani profesional yang ikut dan hanya satu pakar zoologi saja yang terlibat langsung; sebagian koleksi diperoleh dari tim dokter. Ekspedisi utama lain yang penting bagi sains dan untuk kejayaan Belanda sendiri adalah menjelajahi “gunung-gunung salju” yang merupakan “impian” orang Belanda sejak pegunungan itu pertama terlihat oleh Carstenz berabad-abad sebelumnya. Dalam penjelajahan ini ekspedisi Belanda yang umumnya didanai pemerintah “ditantang” oleh ekspedisi Inggris yang sebagian besar didanai swasta. Namun berdasarkan kesepakatan, Inggris mengarahkan perhatian mereka ke G. Carstenz (G. Jaya) yang merupakan puncak tertinggi di kawasan tropis. Puncak gunung ini baru

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

berhasil didaki tahun 1962. Pada waktu yang sama bangsa Jerman juga berusaha mendaki dari arah utara yang lebih sulit dan ekspedisi lainnya bergerak dari arah selatan jajaran pegunungan tengah. Dari antara tiga Ekspedisi Nugini Selatan yang dilakukan Belanda, hanya ekspedisi ke tiga yang akhirnya berhasil mencapai puncak G. Wilhelmina (sekarang G. Trikora), meskipun ekspedisi ke dua mencapai ketinggian lebih dari 4.000 m; hanya 170 m di bawah puncaknya. Ekspedisi pertama dipimpin oleh H.A. Lorentz dan yang ke tiga oleh Kapt. Franssen Herderschee. Semua bertolak dari tempat yang disebut Pantai Asmat (atau Casuarina), mendaki di sepanjang S. Lorentz, dengan *base camp* di “Alkmaar” (100 m) di kaki gunung. Ekspedisi Nugini Selatan pertama (1907-1908) berlangsung di sekitar Merauke dan di lembah-lembah S. Digul dan S. Lorentz; titik terjauh yang dicapai adalah Peg. Hellwig (2.320 m) dengan titik perantara (Peg. Resi) pada ketinggian 900 m. Banyak koleksi dilakukan pada ketinggian yang lebih rendah, seperti di Sabang dan perkemahan van Weelsdi S. Lorentz. Lorentz dan de Beaufort mengoleksi satwa, sementara Dr. B. Branderhorst, Dr. G. M. Versteeg dan dua *mantri*, Djibdja dan Atmodjo (satwa, Leiden; tumbuhan, Bogor dan Utrecht) mengoleksi tumbuhan. Ekspedisi Nugini Selatan yang ke dua (1909-1910) dan yang ke tiga (1912-1913) dimulai seluruhnya dari muara S. Lorentz menuju ke puncak G. Trikora. Danau Habbema terlihat untuk pertama kalinya dan merupakan lokasi yang sangat penting seperempat abad kemudian bagi Ekspedisi Archbold III (lihat bagian Antara Perang Dunia I dan Perang Dunia II, di bawah). Beberapa pengoleksian juga dilakukan di Fakfak dan Kaimana. Sebagian besar satwa dikoleksi oleh Lorentz (ekspedisi ke dua) dan G. M. Versteeg (ekspedisi ke tiga). Sejumlah besar koleksi tumbuhan dilakukan oleh E.S.A.M. Römer, J. Wl. van Nouhuys dan Habbema dalam ekspedisi pimpinan Lorentz, sedangkan dalam ekspedisi pimpinan Herderschee dikoleksi oleh A. Pulle (Bogor, Leiden). Kekayaan flora dari jajaran pegunungan tengah kini mulai terungkap, termasuk koleksi pertama marga *Nothofagus* dari Nugini. Berbagai hasil koleksi muncul dalam *Nova Guinea*, termasuk sejumlah besar anggrek temuan terbaru.

EKOLOGI PAPUA

Para penjelajah Inggris melakukan dua ekspedisi, yaitu Ekspedisi Uni Ornitologis Inggris (1909-1910) dan Ekspedisi Wollaston (1912-1913). Ekspedisi pertama dipimpin oleh W. Goodfellow: koleksi satwa (hanya sedikit tumbuhan) oleh A.F.R. Wollaston, G.C. Shortridge dan W. Stalker, kebanyakan di sepanjang S. Mimika, S. Utakwa (juga dikenal sebagai Waitakwa) dan S. Setakwa. Ekspedisi ini mengalami banyak kesulitan dan kehilangan beberapa nyawa serta tidak berhasil mencapai tempat yang lebih tinggi di jajaran pegunungan tengah. Dibantu oleh C. Boden Kloss dari Federated Malay States Museums (Kuala Lumpur), Wollaston mengoleksi satwa dan tumbuhan (BMNH; tumbuhan juga ada di Kew) serta melakukan banyak observasi geografi dan topografi. Namun sebagian besar catatannya hilang ketika melakukan perjalanan menuruni gunung. Tim ini sampai di daerah-daerah gletser G. Jaya, tetapi akhirnya menghentikan ekspedisinya di akhir Januari 1913 karena tebing-tebing yang sangat curam dan dinding es; karena cuaca buruk mereka tidak menyadari mereka masih berada 550 m di bawah puncak gunung. Satwa yang dikoleksi (oleh beberapa pakar zoologi) dan tumbuhan (oleh H. N. Ridley) dipublikasikan khususnya di *Transactions of the Linnean Society* dalam dua jilid. Ekspedisi Wollaston juga diterbitkan dalam bentuk biografi *My Father, Sandy* (2003) yang ditulis oleh Nicholas Wollaston, anaknya. “Pegunungan bersalju” juga menarik minat seorang penjelajah Jerman, Max Moszkowski dari Universitas Breslau (Wroclaw). Tahun 1910-1911 ia berupaya mencapai puncak gunung salju lewat S. Mamberamo. Setelah mengeksplorasi sungai-sungai yang berada di dataran rendah (termasuk Teba, Sauwi, Samberi, Asewari, Tama dan di daerah-daerah laguna serta teluk-teluk di sebelah timur Mamberamo), ia mulai mendaki di sebelah selatan dari S. Naumoni, tepat sebelum di bukit di kaki gunung. Namun, ketika berada di Air Terjun Edi, sebelum kamp Pionierbivak, Moszkowski kehilangan semua peralatannya dan harus kembali ke Manokwari. Setelah kembali ke Naumoni, Moszkowski melewati air terjun Edi dan melewati Peg. Van Rees, kemudian masuk ke wilayah D. Plain. Di akhir tahun 1910, ia harus kembali karena kekurangan makanan dan ketika dalam perjalanan kembali ia kehilangan banyak koleksinya. Meski demikian, sejumlah

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

tumbuhan berhasil dibawa pulang (Berlin, Leiden), demikian juga koleksi zoologi dan entomologi (Berlin) serta etnografi. Selain laporan-laporan ekspedisinya, kontribusi utama Moszkowski adalah di bidang etnografi dan antropologi.

Selain ekspedisi-ekspedisi besar tersebut, ada sejumlah ekspedisi individu sebelum tahun 1914, baik oleh pemerintah maupun para penjelajah yang bekerja independen, atau yang didanai dari sponsor luar. Banyak di antara mereka juga merupakan fotografer andal. Kemajuan di bidang peralatan atau perlengkapan serta teknik menghasilkan dokumentasi foto memperkaya kegiatan eksplorasi ini. Selain itu, peningkatan jaringan perhubungan juga membuat wilayah-wilayah di bagian barat dan pulau-pulau sekitarnya terus menarik perhatian. Penemuan danau kembar (D. Anggi) di bagian selatan Peg. Arfak merupakan prestasi terbaru setelah tahun 1900. Pada bulan April 1904, A. van Oosterzee, seorang pejabat pemerintah di Manokwari dan penjelajah yang penuh semangat mengirim tumbuhan hidup (Bogor) yang berasal dari danau-danau ini. Ia adalah orang Eropa pertama yang mengoleksi di sana, walaupun, pada kunjungan pertamanya kentang yang diperkenalkan kepada masyarakat melalui kegiatan misionaris telah ada di kebun-kebun setempat. Tahun 1906-1907 seorang pakar zoologi dari Amerika, Thomas Barbour, mengoleksi amfibi dan reptil di sekitar D. Anggi dan di P. Waigeo (MCZ). Keluarga Pratt (1907-1908) juga mengoleksi di sekitar Jayapura, termasuk mendatangi Peg. Cyclops dan D. Sentani (serangga, Tring/BMNH; tumbuhan, Bogor, Kew). Peneliti independen terpenting pada masa ini dilakukan oleh L.S. Gibbs, penjelajah dan ilmuwan wanita pertama yang tertarik dengan ekologi dan vegetasi pegunungan tropis di Nugini. Pada bulan Desember 1913 ia memperoleh lebih dari 330 jenis tumbuhan di D. Anggi (BMNH, dengan beberapa duplikat di beberapa tempat); sekitar 150 koleksi tambahan ia dapatkan selama sisa perjalanannya di Teluk Dore, P. Roon, P. Biak, P. Wakde dan sekitar Jayapura (1914). Koleksi dan hasil ekspedisinya, termasuk penjelasan mengenai inovasi-inovasi yang baru, muncul sebagai *Dutch N.W. New Guinea* (1917). Karya ini merupakan tonggak sejarah di bidang botani, yang kemudian digunakan oleh P. W. Richards untuk

EKOLOGI PAPUA

tulisan klasiknya *Tropical Rain Forest* (1952). Gibbs sebelumnya telah mengunjungi Borneo (G. Kinabalu) sebagai bagian dari ekspedisi untuk mendeskripsikan struktur dan asal-usul flora pegunungan Malaya-Pasifik yang kebanyakan menampilkan sifat-sifat seperti yang ditunjukkan sebelumnya oleh Beccari dan von Mueller.

Di bagian utara pulau ini, Walter Goodfellow mengunjungi pesisir pantai, mengoleksi burung selama tahun 1904-1906 (BMNH). Tahun 1915 C.L.J. Palmer van den Broek mengoleksi di Peg. Cyclops di sekitar Jayapura. Di selatan, Merauke dan wilayah yang secara biota berbeda kini telah semakin bisa diakses. Hassan mengoleksi berbagai satwa yang terdapat di S. Utumbui dan S. Gelib serta Okaba (di sebelah barat Merauke) selama tahun 1909-1910 (Leiden; tumbuhan, Bogor). Tahun 1910 A.S. Meek mengoleksi burung dan serangga di Merauke, di sepanjang S. Digul dan S. Eilanden, kemudian mendaki ke arah G. Goliath, mencapai ketinggian 2.800 m (burung, Tring/AMNH; serangga, BMNH). H. Elgner mengoleksi serangga pada tahun 1912 di Fakfak. Beberapa kolektor, Roux (dari Swiss, 1907-1908) dan H. Merton, (dari Jerman) kemudian mengunjungi dan mengoleksi berbagai satwa di pulau-pulau Aru dan Kai. Tahun 1911 P. Misool dikunjungi oleh O.D. Tauern yang mengoleksi satwa (Leiden). Kondisi biota pulau-pulau ini sebagian besar terabaikan sampai tahun 1930-an.

Pecahnya Perang Dunia I tahun 1914 membuat kegiatan lapangan terhenti. Perjalanan ekspedisi menjadi sangat terbatas dan perang menghambat pengiriman barang di dunia. Meskipun Belanda tetap netral, setelah tahun 1915 penjelajahan untuk penelitian di lapangan tidak mungkin dilakukan. Laporan terakhir dari tiga ekspedisi militer Belanda muncul tahun 1920 meringkas tentang hal-hal yang telah dicapai, meskipun data biologinya tidak banyak. Salah satu dari peta yang dihasilkan adalah empat lembar peta untuk seluruh wilayah Nugini, yang merupakan peta terbaik yang tersedia pada waktu itu. Kegiatan eksplorasi selama era ini semakin berkurang karena selain biaya eksplorasi semakin mahal, rasa keingintahuan telah terpuaskan. Eksplorasi biologis lebih sedikit dilakukan di Nugini bagian barat daripada wilayah timur yang ditangani Australia. Beberapa publikasi “seri besar”

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

diterbitkan dan beberapa yang pernah diterbitkan sebelumnya, seperti *Nova Guinea* dan seri ekspedisi *Siboga*, terus berlanjut. Publikasi hasil eksplorasi umumnya menjadi makin beragam tapi sederhana, muncul dalam jurnal-jurnal profesional khusus.

Antara Perang Dunia I dan Perang Dunia II (1918-1942)

Meskipun wilayah Nugini yang dikuasai Jerman telah berada di bawah kekuasaan militer Australia di awal Perang Dunia I, Papuasia bukanlah arena peperangan. Kebanyakan kegiatan pemerintahan lokal berlangsung tanpa gangguan, dibantu dengan peningkatan pendapatan dari berbagai komoditas. Karena itu, beberapa pengoleksian dapat diselesaikan di akhir tahun 1910-an, misalnya oleh C.T. White di Papua tengah pada pertengahan tahun 1918 (lihat bagian tumbuhan di bawah).

Setelah November 1918, eksplorasi biologi dapat dilaksanakan kembali dan meningkat di akhir tahun 1920-an dan meningkat lagi dengan iklim ekonomi yang lebih menunjang pada tahun 1930-an. Namun, infrastruktur dan sumber daya secara keseluruhan masih terlalu sederhana bagi pengembangan lembaga sejarah alam. Minat pemerintah tentang penelitian satwa dan tumbuhan hidup juga masih rendah, kecuali yang terkait dengan sumber daya kehutanan, pertanian, kelautan dan satwa liar (khususnya setelah berakhirnya perdagangan bulu burung yang mengakibatkan kerugian pendapatan daerah). Berbagai publikasi yang dikeluarkan pemerintah pada masa itu juga mencerminkan situasi jaman itu. Misalnya, dalam *Handbook of the Netherlands East Indies* (1924, Buitenzorg), hampir tidak ada pemberitaan mengenai Nugini Belanda. Pada akhir tahun 1930-an, terbit dua karya penting mengenai sejarah alam, sumber daya alam dan eksplorasi, yaitu *Official Handbook of the Territory of New Guinea* (1937, Canberra; diterbitkan kembali tahun 1943) dan *Nieuw-Guine'e* (oleh W.C. Klein, dalam tiga jilid 1934-1938). Selama 25 tahun di antara dua perang dunia ekspedisi-ekspedisi besar sangat jarang. Berbagai inovasi seperti radio dan pesawat terbang, juga foto udara (diliput dengan baik, contohnya, oleh Klein, 1934-1938), merupakan temuan penting. Jumlah pos-pos administrasi dan misi juga

EKOLOGI PAPUA

meningkat, meskipun sebagian besar berada di wilayah perairan atau di sekitarnya. Jalan-jalan yang bisa dilalui kendaraan masih tetap sedikit, tetapi landasan-landasan terbang kecil mulai dibangun akhir tahun 1920-an, diimbangi oleh meningkatnya penerbangan komersial, terutama di wilayah mandat Liga Bangsa-Bangsa. Pada tahun 1930-an hubungan melalui udara dengan bagian-bagian di Hindia yang berdekatan dan dengan Australia juga berkembang.

Para kolektor dan spesialis kebanyakan masih berasal dari Eropa, tetapi sekarang juga diikuti oleh berbagai negara, khususnya Jepang, Australia dan Amerika Serikat. Selain itu, juga ada peningkatan kolaborasi dibandingkan dekade sebelumnya, walaupun gaya pelaporannya masih serupa dengan ekspedisi sebelumnya (misalnya, *Nova Guinea*).

Ekspedisi Umum

Ekspedisi utama antara dua Perang Dunia adalah dua yang dilakukan tahun 1920-1922 di Nugini wilayah Belanda yang bertujuan untuk mencapai G. Trikora (lihat di atas ekspedisi Herderschee tahun 1912-1913). Ekspedisi ini dipimpin oleh Kapten A.J.A. van Overeem (1920-1921) dan J.H.G. Kremer (1921-1922). Jalur yang digunakan keduanya adalah menelusuri S. Mamberamo melalui Peg. Van Rees. Kremer (bersama 800 orang laki-laki!) kembali lagi ke lapangan dan meniti kembali sebagian besar jalur yang pernah dilalui sebelumnya ke Lembah Swart; dari sana sebagian orang menyeberangi lembah Baliem di sebelah barat dan akhirnya sampai di D. Habbema (pertama terlihat tahun 1909) dan daerah dekat G. Trikora. Cara ekspedisi seperti ini berakhir di kedua ekspedisi ini. Ekspedisi besar selanjutnya lebih mengandalkan radio (yang diuji untuk pertama kalinya oleh van Overeem), pesawat dan helikopter serta kendaraan bermotor. Ukuran ekspedisi ini memang tidak sebanding dengan hasil-hasil ilmiahnya. Selain itu, permulaan resesi ekonomi di Hindia Belanda juga menghalangi rencana ekspedisi baru. Koleksi tahap pertama dari dua ekspedisi ini dilakukan oleh W. C. van Heurn (satwa) dan H.J. Lam (tumbuhan, Bogor, Leiden, Utrecht), koleksi tumbuhan dilaporkan antara lain dalam *Nova Guinea*. Dalam

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

Fragmenta Papuana (versi bahasa Inggris, 1945) Lam juga menyajikan penjelasan dalam bentuk tulisan berseri dari karyanya yang melaporkan ekspedisi van Overeem. Satu-satunya kontribusi penting lainnya adalah karya pakar etnografi-antropologi Paul Wirz, yang pada tahun 1922 juga mengoleksi satwa (Leiden, Amsterdam) di Lembah Swart. Ekspedisi van Overeem dan Kremer diikuti di Nugini bagian barat oleh “Ekspedisi Belanda-Amerika” yang dilakukan tahun 1926 di bawah pimpinan M. Stirling, dengan mantan perwira Belanda C.C.F.M. le Roux sebagai ahli topografi-etnografi dan W.M. Docters van Leeuwen dari Bogor sebagai botanis (Bogor, Leiden). Selain sebagai penjelajah dan antropolog, Stirling (dengan pilotnya R. K. Peck) juga merintis penggunaan pesawat terbang di Nugini sebagai sarana pendukung transportasi. Jalur yang mereka tempuh ke D. Plain sama dengan jalur van Overeem dan Kremer. Di sepanjang jalur inilah pesawat amfibi mereka sangat berguna. Jalur ke arah hulu mengikuti S. Rouffaer dan kemudian ke jajaran Peg. Nassau (2.600 m) membuat kondisi pesawat merosot dan memaksa ekspedisi ini dihentikan lebih dini. Hanya sedikit hasil ekspedisi ini yang diterbitkan, sementara catatan penting serta daftar-daftar yang berkaitan dengan koleksi botani hilang. Sedikit demi sedikit koleksi-koleksi ini direvisi, khususnya suku tumbuhan tertentu. Kontribusi utama ekspedisi ini adalah monograf yang terdiri dari tiga jilid yang disusun oleh le Roux mengenai masyarakat yang tinggal di pegunungan Papua, *De Bergpapoea's van Nieuw Guinea en hun Woongebied* (1938).

Kemudian, tiga “pelayaran” eksplorasi biologi tiba di perairan Nugini: dua dari Amerika dan satu dari Belgia. Eksplorasi pertama, yaitu *Whitney South Seas Expedition* (1928-1929), mengoleksi burung di Papua bagian timur dan di Kep. Teluk Milna (AMNH); ekspedisi ini juga menjelajahi tempat-tempat lain di Pasifik. Ekspedisi ke dua, oleh Pangeran Mahkota Leopold dari Belgia (yang kemudian menjadi Leopold III) dan isterinya Putri Astrid (1929) bersama ilmuwan utama mereka, Victor E. van Straelen. Selama pelayaran yang menjangkau Hindia Belanda secara luas, mereka mengunjungi beberapa tempat di bagian barat Nugini (termasuk Kep. Raja Ampat, Sorong, Manokwari,

EKOLOGI PAPUA

Peg. Arfak dan D. Anggi, P. Yapen), dan di selatan, Teluk Triton. Koleksi-koleksi Van Straelen, yaitu serangga dan satwa lain, tumbuhan dan jamur ada di Belgia (Brussels dan Meise (BR)), tetapi di antara tumbuhan dan jamur hanya ada ganggang, lumut dan liken. Seri khusus dari Museum Sejarah Alam di Belgia yang serupa dengan *Nova Guinea, Re'sultats scientifiques du Voyage aux Indes Orientales Ne'erlandaises* meliputi alga (1932) dan hasil-hasil zoologi yang ekstensif. Van Straelen juga menulis buku yang lebih populer, *De Reis door den Indischen Archipel van Prins Leopold van Belgie*. Pelayaran yang terakhir juga berlangsung di pertengahan tahun 1929, dipimpin oleh Cornelius Crane dan S.N. Schurcliff, dengan dukungan dari Field Museum di Chicago. Ilmuwan utama dalam pelayaran ini adalah A.W.C.T. Herre. Selain mendatangi Kep. Solomon, Teluk Huon dan S. Sepik, mereka juga mengunjungi Manokwari dan Waigeo. Koleksi spesimennya mencakup ikan air tawar, satwa lain dan 400 lebih tumbuhan (FMNH; tumbuhan juga di NY). Hasil ekspedisi yang dilakukan oleh Belgia termasuk buku populer *Jungle Islands* (1930) dan laporan-laporan ilmiah oleh Herre (terutama seri zoologi di Field Museum).

Tahun 1930 ditandai oleh lima ekspedisi besar, tiga dari Amerika Serikat dan dua dari Belanda. Dari Amerika, ekspedisi Archbold dikelola oleh American Museum of Natural History, New York dan dibiayai dan dipimpin oleh pewaris Standard Oil, Richard Archbold. Sebagai mitra dalam bidang mamalia di museum dan pilot amatir, Archbold disertai beberapa pakar inti yang terdiri dari para kolektor-ilmuwan yang berpengalaman, khususnya pakar-pakar zoologi Austin L. Rand dan botani L.J. Brass. Ekspedisi-ekspedisi ini bertujuan untuk meliputi transek berdasarkan ketinggian di berbagai wilayah berbeda, yang belum diketahui namun cukup mudah dicapai. Berbagai lokasi yang dikunjungi dijelaskan dengan baik (dan dipetakan) dalam *Bulletin of the American Museum of Natural History*. Ekspedisi ke dua juga diterbitkan dalam buku populer, *New Guinea Expedition* (1940). Pengambilan foto udara yang berani dan prestasi mereka dipaparkan dengan baik dalam Souter (1963). Berbagai artikel zoologi sebagian besar dipublikasikan

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

di *Bulletin of the American Museum of Natural History*, sementara mengenai botani muncul dalam *Journal of the Arnold Arboretum*.

Ekspedisi Archbold I (Maret 1933-Maret 1934) dan Ekspedisi Archbold II (Februari 1936-Maret 1937) dipusatkan di PNG. Ekspedisi Archbold III (April 1938-Mei 1939) dilaksanakan bersama Belanda. Tim yang bekerja dengan Archbold, Rand dan Brass adalah pakar entomologi L.J. Toxopeus dan J. Olthof, pakar zoologi, W.B. Richardson dan pakar botani kehutanan E. Meijer Drees serta C. Versteegh. Ekspedisi ini sebagian besar melintasi jajaran Peg. Nassau mulai dari G. Trikora sampai ke D. Plain, yang dilakukan melalui perahu dan jalan darat, tetapi sebagian besar dilakukan dengan pesawat amfibi baru. Setelah penelitian lapangan di sekitar Jayapura dan Peg. Cyclops, kamp pertama di pegunungan dibangun di D. Habbema (3.225 m) dengan pesawat amfibi yang berhasil mendarat dan mengudara dari air (merupakan rekor elevasi terbaru untuk sebuah pesawat amfibi pada waktu itu). Kamp lain juga dibangun di Letterbox (3.560 m) dan Lembah Scree (3.800 m), di dekat puncak G. Trikora. Ekspedisi itu kemudian menuju arah utara, dengan stasiun-stasiun pengumpulan di lereng Lembah Bele (2.800 m), Bele (2.200 m) dan Baliem (1.600 m). Stasiun di Baliem merupakan “temuan” terbaru, yang sebagian wilayahnya dijelajahi oleh tim ini. Mereka kemudian melakukan penelitian rinci di bagian tengah sampai timur Peg. Nassau pada berbagai ketinggian. Koleksi-koleksi yang sangat ekstensif digabungkan, termasuk lebih dari 5.500 tumbuhan (vertebrata di AMNH; serangga di Leiden setelah diproses di Bogor; tumbuhan di Harvard University Herbaria, duplikatnya banyak disimpan di Bogor). Selain menghasilkan temuan geografi yang hebat, ekspedisi ini yang pertama mengidentifikasi *Nothofagus* di Nugini. Spesimen tumbuhan yang dikoleksi sebelumnya tidak bisa diidentifikasi dengan tepat.

Ekspedisi ini mencerminkan kebanggaan Belanda dan juga kondisi ekonomi yang membaik di Hindia Belanda. Belanda kembali lagi melakukan sendiri eksplorasinya (dan penelitian terhadap sumber daya alam), dengan tujuan untuk menjelajahi “daerah kosong” yang masih tersisa di peta. Penggunaan radio dan pesawat menjadi hal yang

EKOLOGI PAPUA

standar seperti di tempat-tempat lain dan foto udara juga benar-benar ditingkatkan.

Tahun 1936 A.H. Colijn, bersama J.J. Dozy dan pilot F.J. Wissel berhasil melakukan survei umum di Peg. Jaya. Mereka mencapai puncak Ngga Pulu (kabut yang tebal menutupi Carstensz), meskipun Harrer dan Temple yang pertama sampai ke puncak itu pada tahun 1961-1962. Koleksi tumbuhan kecil yang berharga berhasil didapatkan oleh Wissel (Leiden, Bogor). Tahun 1938 Wissel mendapatkan temuan lainnya: tiga danau Wissel. Tahun berikutnya stasiun milik pemerintah dibuka. Stasiun Enarotali yang disuplai dari udara ini mendorong dua ekspedisi besar lagi pada saat ekspedisi Archbold III masih berada di lapangan. Ekspedisi “Le Roux” yang didukung *Royal Netherlands Geographical Society* (1939), mengoleksi serangga dan satwa lainnya di Peg. Nassau, D. Paniai dan Teluk Etna (Leiden). Untuk beberapa waktu lamanya mereka didampingi oleh pakar botani P.J. Eyma dan asistennya, E. Loupattij, yang mengoleksi tumbuhan secara ekstensif di seluruh wilayah ini selama hampir setahun (Bogor, Leiden; namun sebagian data lapangan hilang). Sesudah itu, penjelajah J.P.K. van Eechoud, salah satu dari dua “Bapa Papua” (papa Papua), mengoleksi burung, serangga dan satwa lainnya selama tahun 1939-1940 di D. Wissel (sekarang Paniai) dan juga di DAS Mamberamo dan Peg. Van Rees (Leiden).

Zoologi dan Entomologi

Berbagai ekspedisi besar yang diuraikan di atas menghasilkan koleksi zoologi yang cukup ekstensif. Dari Inggris, Walter Rothschild dan Albert Meek terus mendanai individu-individu dengan target koleksi lebih spesifik untuk koleksi museumnya di Tring. Para mitra Meek dan penerus-penerusnya, yakni keluarga Eichhorn, terus melakukan aktivitasnya di Papua sampai tahun 1923. Sayangnya, karena situasi pribadi Rothschild terpaksa menjual hampir seluruh koleksi burungnya kepada AMNH di New York lima tahun sebelum ia meninggal. Namun sebelum itu, ia masih mampu mendukung sebagian ekspedisi Ernst Mayr. Tahun 1928 ia

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

juga mendukung penelitian Fred Shaw Mayer. Sampai saat ini, beberapa burung Cenderawasih dan Namdur yang dikoleksi dari waktu ke waktu oleh para pemburu bulu burung sebelum tahun 1920 masih menjadi “misteri”. Hal ini membuat Amerika, Inggris dan Jerman bersama-sama mendanai seorang mahasiswa fakultas kedokteran yang kemudian menjadi pakar zoologi, evolusi dan penulis yang banyak karyanya dan berumur lebih dari 100 tahun, yakni Ernst Mayr (1904-2005). Mayr melakukan perjalanan ke bagian barat dan timur Nugini (1928-1929) dan mengoleksi banyak burung (Tring dan AMNH), mamalia dan serangga (Berlin) serta tumbuhan (sebagian hilang, duplikatnya ada di Bogor). Perjalanannya menjangkau Sem. Kepala Burung sampai ke Peg. Cyclops (ke puncaknya) dan Sem. Huon. Lokasi lain yang didatanginya juga meliputi Peg. Weyland (1930), Sem. Huon (1931) dan Kep. Teluk Milna (1935). Selanjutnya ia mengumpulkan koleksi penting di Pegunungan Tengah yang menjadi lebih mudah diakses setelah Perang Dunia II.

Sejumlah kolektor zoologi lainnya juga aktif meneliti pada tahun 1920-an dan 1930-an, yang disponsori Amerika. Sampai tahun 1928, Goodfellow meneliti vertebrata di bagian selatan Papua; T. Jackson aktif di sekitar Merauke (1920-1924; burung, MCZ); sementara Wirz mendatangi sebagian wilayah pesisir pantai pada awal tahun 1920-an, termasuk Kep. Yos Sudarso yang berawa dan Merauke (satwa, Leiden). Wirz, yang kemudian berkedudukan di Universitas Basel, melakukan perjalanan-perjalanan berikutnya, kebanyakan untuk penelitian antropologi selama tiga dekade berikutnya. Tahun 1927 P.T. Putnam mengoleksi amfibi dan reptil di Merauke (MCZ), sedangkan tahun 1928 L.S. Crandall dan H. Hamlin mengoleksi burung di pegunungan bagian tenggara (AMNH).

Selain Mayr, mulai tahun 1928 sampai 1933 kolektor-kolektor zoologi meliputi MacNamara (1928-1930) di G. Lamington (yang meletus tahun 1951, menewaskan 3.000 orang dan menghancurkan vegetasi di wilayah yang luas) dan L.Wagner (1929) mengoleksi kumbang di stasiun-stasiun Lutheran di Finschhafen, Wareo dan Komba. Pada tahun yang sama W.G.N. van der Steen mengoleksi di hulu S. Digul

EKOLOGI PAPUA

(serangga, Amsterdam). Selama tahun 1929-1931 J.T. Zimmer (lihat di atas), mengoleksi burung-burung di S. Fly (AMNH). Tahun 1930 W. J. C. Frost mengoleksi burung di Sem. Kepala Burung dan beberapa pulau (Batanta, Waigeo dan Salawati); Dr. G. Stein dan isterinya tahun 1931 mengoleksi di Sem. Kepala Burung, Peg. Weyland dan Yapen (burung dan tumbuhan, Berlin dan Bogor); S.L. Brug di pantai barat daya dan Kep. Aru pada tahun 1932 (nyamuk, Amsterdam, BMNH); dan Herbert Stevens tahun 1932-1933, memperoleh burung, serangga, herpetofauna (amfibi dan reptil), serta beberapa mamalia (MCZ) di hulu lembah S. Watut.

Di bidang kelautan, W.J. Eyerdam mengoleksi kerang dan karang (AMNH). E. Jacobson aktif pada tahun 1936 di Waigeo (kira-kira pada waktu yang sama dengan Cheeseman), mengoleksi burung dan serangga (Bogor); dan bersama ekspedisi Denison-Crockett dengan menggunakan kapal *Chiva* ke Sem. Kepala Burung dan Kep. Raja Ampat pada tahun 1937-1938, S. Dillon Ripley mengoleksi burung-burung di Peg. Tamrau dan di P. Salawati, P. Batanta, serta P. Misool (Philadelphia). Ripley kemudian menuliskan kisah perjalanannya yang terkenal (*Trail of the Money Bird*, 1942). Tahun 1930-an juga merupakan pembaharuan pengoleksian entomologi yang independen di Nugini. Kegiatan ini dimulai tahun 1933 oleh seorang wanita Inggris yang berani, Evelyn Lucy Cheeseman. Beberapa perjalanannya disponsori oleh British Museum. Cheeseman adalah orang pertama yang mengambil sampel ekstensif serangga di berbagai lokasi. Petualangannya serta perjalanan panjangnya di pesisir pantai dengan berjalan kaki diceritakan dalam sejumlah bukunya: *The Two Roads of Papua* (perjalanan tahun 1933-1934), *Six-legged Snakes* (perjalanan tahun 1936, sebagian dengan W. Stüber dan *Land of the Red Bird* (perjalanan tahun 1938-1939). Tahun 1933-1934 ia mengoleksi serangga di sebelah utara Peg. Owen Stanley ketika bekerja dengan Ekspedisi Archbold pertama. Tahun 1936 ia mengoleksi spesimen dalam jumlah besar di sekitar Hollandia (kini Jayapura) pada kunjungan-kunjungannya ke deretan pegunungan Bougainville (di perbatasan) dan khususnya di Peg. Cyclops. Tahun 1938-1939 ia bekerja di P. Waigeo dan di Yapen, dari sana ia melanjutkan

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

perjalanan ke Hollandia dan Teluk Humboldt. Banyak jenis serangga yang dideskripsi berdasarkan koleksinya (serangga BMNH; 1939; tumbuhan BMNH, Kew). Para kolektor entomologi lainnya bekerja di Kep. Raja Ampat, pulau-pulau di Teluk Cenderawasih dan di tempat-tempat lainnya yang berada di bawah kekuasaan Belanda dalam dekade ini. Para kolektor ini termasuk Jacobson J. M. van Ravenswaay Claasen (Sem. Berau, Vogelkop, tahun 1937; dan Mappia, S. Digul, Merauke, serta Ayamaru (serangga; Leiden) tahun 1938); R. G. Wind (kupu-kupu dan serangga lainnya tahun 1939 di sepanjang pantai selatan termasuk Fakfak dan Merauke); dan dari tahun 1930, W. Stüber (tahun 1936 dengan Cheeseman di Jayapura) di Sawia dan perbukitan, termasuk Sentani, Peg. Cyclops dan S. Pim (serangga, Bogor, Leiden, khususnya Odonata); ia juga mengoleksi anggrek.

Pada bulan September 1939, Perang Dunia II meletus dan bulan Mei 1940, Belanda diserbu Jerman. Dua tahun sebelum perang mencapai wilayah Pasifik, ada berbagai kegiatan terakhir Belanda, khususnya yang meningkatkan pengetahuan mengenai Sem. Bomberai yang hampir tidak diketahui. Dalam ekspedisi Negumy (1941) pakar kehutanan E. Lundquist mengoleksi serangga (Bogor, Leiden) di semenanjung ini, Teluk Bintuni, Agonda, Sem. Bomberai, Teluk Etna, Octa (atau Uta) dan Najeju (pantai selatan). Tahun 1941 *mantri* Anta dari Bogor mengoleksi di Digul ketika ia bekerja bersama Wentholt. J.J. van der Starre mengoleksi serangga di Kaimana (Leiden).

Tumbuhan

Di Nugini wilayah Belanda, tahun 1920-1921 H. J. Lam (dilanjutkan kembali tahun 1926 oleh W. M. Docters van Leeuwen) mengoleksi tumbuhan selama ekspedisi mereka masing-masing. Koleksi botani yang baru di distrik-distrik Belanda umumnya terbatas, meskipun tulisan mengenai koleksi sebelumnya terus berlanjut. Sebagian dari antara beberapa kontributor lainnya terutama terlibat dalam pekerjaan zoologi, khususnya Mayr di bagian selatan Peg. Arfak dan Peg. Cyclops pada tahun 1928-1929 (Berlin, Bogor, Harvard), serta keluarga Stein

EKOLOGI PAPUA

tahun 1931 (Berlin, Bogor). Pada awal tahun 1930-an Cheeseman mengumpulkan lumut, pakis dan rumput-rumputan (BMNH, Kew) sementara Stüber memfokuskan pada jenis-jenis anggrek komersil, antara lain anggrek “Sepik Blue,” *Dendrobium lasianthera*.

Pakar botani dari Jepang, R. Kanehira dan S. Hatusima (tahun 1940) mengoleksi di Sem. Kepala Burung dan di pedalaman Nabire sampai ke Dalman, yang merupakan lokasi pengusahaan getah damar (*Agathis labillardieri*; koleksi di FU, BO dan Harvard). Kolektor Jepang ini menghasilkan lebih dari 2.800 tumbuhan dari koleksi yang ekstensif dari D. Anggi. Penunjukkan Takenoshin Nakai (direktur tahun 1943-1945, selama Perang Dunia II) sebagai pimpinan Kebun Raya Bogor jelas memfasilitasi penelitian mereka. Tiga kolektor tumbuhan utama lainnya adalah C.E. Carr dan pasangan misionaris Amerika Joseph dan Mary Clemens. Ketiga kolektor ini menghasilkan informasi penting tentang 15.000 tumbuhan dari Peg. Owen Stanley yang belum diketahui sebelumnya dan merupakan sampel penelitian yang paling ekstensif. Koleksi ini dikirim ke Berlin (sebagian hancur, tetapi duplikatnya ada di tempat-tempat lain) sampai tahun 1939 dan setelahnya (sampai tahun 1941) ke Universitas Michigan Herbarium (MICH). Serbuan Jepang menyebabkan pengangkutan terhenti dan sebagian koleksi harus dibuang. Namun, tahun 1960-an banyak koleksi spesimen berada di dua herbarium besar di Tokyo (Tokyo University (TI) dan National Science Museum (TNS)).

Eksplorasi “Ekonomi”

Sejumlah ekspedisi dan survei “ekonomi” juga dilakukan antara tahun 1918 dan 1942. Ekspedisi ekonomi ini tidak selalu disertai pengoleksian botani atau zoologi. Kebanyakan survei ini dilakukan karena keharusan melakukan penelitian atau karena dipengaruhi oleh kondisi bisnis yang lebih menjanjikan. Salah satu eksplorasi “ekonomi” ini adalah penelitian baru tentang plasma nutfah gula tebu (*Saccharum*) oleh E. W. Brandes pada tahun 1928 yang dikerjakan untuk Departemen Pertanian Amerika Serikat. Kolega-koleganya termasuk botanis dari Belanda J. Jeswiet,

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

seorang pakar gula yang juga melakukan koleksi tumbuhan secara umum (WAG); C.E. Pemberton (dari HSPA, Hawai'i), mengoleksi serangga penyebab hama tebu (Bishop Museum).

Pada tahun 1930-an, perkembangan politik baru serta kondisi bisnis dan ekonomi yang semakin meningkat mendorong eksplorasi biota "ekonomis", termasuk eksplorasi sumber daya alam dan kehutanan. Di bagian barat, survei-survei penting yang mula-mula dilaksanakan pada masa itu dilakukan terutama di daerah yang mudah diakses lewat laut. Misalnya, Z. Salverda (1936-1937) di Teluk Bintuni, Bomberai dan di sepanjang pesisir tenggara. Tahun 1939 Salverda, yang diikuti oleh L.J. van Dijk (dibantu pegawai mantri dari Bogor, Aët dan Idjan), bermarkas selama lima bulan di Manokwari. Mereka kemudian melakukan perjalanan ke Yapen, Biak dan Mios Num (lebih dekat ke Manokwari). Sekitar 1.600 pohon, khususnya koleksi pohon-pohon di hutan, dihasilkan dari dua ekspedisi ini (Bogor). Tahun 1939-1940 van Eechoud mengoleksi beberapa pohon hutan dari dekat Mamberamo (Bogor) sementara E. Lundquist meneliti lebih dekat beberapa lokasi yang telah dijelajahi Salverda (disertai oleh Aët, Bogor).

Pengkajian mengenai tanah juga dilakukan oleh F.A. Wentholt, yang melakukan koleksi pada tiga kesempatan dalam kaitannya dengan survei pertanian sebagai bagian dari proyek transmigrasi yang diusulkan. Di akhir perjalanan kerjanya (1940-1941), Wentholt dan Anta mencapai wilayah Merauke dan S. Digul (Bogor). Sedangkan untuk tumbuhan lainnya, salah satu penelitian yang penting adalah koleksi plasma nuftah untuk jeruk *Clymenia polyandra* yang sebelumnya ditemukan di Irlandia Baru, tetapi ketika itu belum dapat dipastikan keberadaannya di Nugini. Plasma nuftah ini telah digunakan untuk peningkatan perkebunan jeruk di AS dan negara-negara lainnya.

Pecahnya Perang Dunia II di Asia dan Pasifik pada bulan Desember 1941 mengakhiri semua upaya pemerintah dan berbagai kegiatan di sektor swasta. Walaupun demikian, di negara-negara asal para penjajah sudah ada banyak koleksi dari sebagian besar wilayah Papuasiala untuk melengkapi pengetahuan tentang garis besar biotanya, khususnya

tumbuhan, mamalia, burung dan kupu-kupu. Namun, minat terhadap biologi pada dasarnya masih statis sampai biota tersebut bisa mulai mengungkapkan lebih banyak rahasia yang terkait dengan konsep-konsep biologi, ekologi dan biogeografi yang dinamis. Tugas-tugas ini dilakukan penuh semangat setelah tahun 1945, karena membutuhkan lebih banyak waktu untuk mendapatkan sampel dari lapangan.

Perang Dunia II di Pasifik membawa Nugini di bawah kekuasaan Jepang pada tahun 1942. Banyak informasi telah dikumpulkan sebelumnya, termasuk dari para penjelajah Jepang yang telah melakukan kunjungan ke pulau ini selama dekade sebelumnya. Kebanyakan koleksi hasil kunjungan tersebut, yang telah disimpan di Nugini, kemudian ditinggalkan dan dihancurkan atau diungsikan ke Jepang. Namun pengoleksian tidak berhenti dengan pendudukan Jepang atau terjadinya operasi-operasi militer yang dilakukan kedua belah pihak. Kebutuhan pengetahuan biologi mendorong banyak kolektor individu melakukan koleksi dengan upaya mereka sendiri. Wilayah yang dijangkau sangat luas, demikian pula sampel biotanya. Namun sebagian koleksi tidak bisa bertahan karena perang, atau hilang dan beberapa koleksi yang penting telah dilestarikan.

Kontributor Jepang dan Sekutu Barat

Beberapa koleksi serangga dan tumbuhan yang dilakukan oleh para naturalis Jepang sebelum perang, atau yang dipindahkan ke Jepang menyusul pendudukan mereka, telah disebutkan dalam bagian sebelumnya. Kebanyakan koleksi berasal dari Nugini bagian barat, yang selama tahun 1942 sampai 1944 tidak mengalami banyak aksi militer. Situasi ini memfokuskan penelitian di Kepala Burung dan daerah sekitarnya (termasuk Sem. Doberai/Kepala Burung, Bomberai dan Wandamen). Misalnya, M. Satake meneliti sejarah alam secara umum pada tahun 1942 dan 1943, khususnya di Sem. Wandamen dan Leher Burung yang berdekatan. Ia menerbitkan hasilnya dalam sebuah buku dalam bahasa Jepang (1963, Tokyo). Issiki mengoleksi serangga di Kepala Burung (Taipei; sebagian dilaporkan oleh Gressitt). Profesor Toyohi Okada

berada di Aitape sebagai seorang tentara dan ia mengoleksi serangga. Yoko-oji mengoleksi burung di Manokwari dari tahun 1942 sampai 1944 (Tokyo; hampir semua punah).

Kontribusi terpenting dalam bidang botani diberikan oleh Takasi Tuyama (1943, Kepala Burung dan Yapen; bryofit dan tumbuhan lainnya, Tokyo) tetapi yang nilainya abadi adalah makalah-makalah berseri tahun 1940 mengenai koleksi-koleksi yang sudah disebutkan, yang ditulis oleh R. Kanehira dan S. Hatusima. Mundurnya kedua orang ini dari Bogor pada tahun 1945, di mana keduanya pernah aktif selama kira-kira tiga tahun, juga penyerahan Formosa (di mana Kanehira dulunya seorang profesor di bidang botani kehutanan) dan kondisi-kondisi yang tidak menguntungkan di Jepang, akhirnya mempercepat penghentian proyek ini. Namun, beberapa temuan baru berikutnya yang didasarkan pada koleksi ini diterbitkan setelah Perang Dunia II dan satu seri indeks yang ditulis oleh P. van Royen diterbitkan tahun 1983.

Kontribusi tentara di bidang zoologi vertebrata hanya sedikit karena banyak tantangan alam yang berat. Kegiatan koleksi zoologi, khususnya semut, katak, serangga, dilakukan di pesisir utara PNG. Demikian juga dengan koleksi botani, namun mengalami kendala karena ukuran koleksi tumbuhan yang sangat besar.

Setelah Perang Dunia II

Berbagai Ekspedisi dan Survei Terpadu (sejak tahun 1945)

Berbagai kekacauan yang dihadapi negara-negara maju akibat Perang Dunia II begitu besar sehingga ekspedisi penting baru dilakukan lagi beberapa tahun kemudian. Selain itu, kondisi di lapangan di hampir semua wilayah Nugini juga sulit karena kerusakan infrastruktur dan pemukiman di pesisir akibat perang. Papua juga terpengaruh oleh perubahan-perubahan politik di Hindia Belanda, termasuk munculnya Indonesia sebagai negara merdeka. Dalam persetujuan tahun 1949 Belanda berhasil memertahankan kekuasaannya atas Papua, sementara PNG berada di bawah Australia. Perkembangan sains juga cenderung lebih banyak mengarah pada spesialisasi, yang mendapat perhatian

EKOLOGI PAPUA

politik dan dukungan dana besar dari pemerintah. Kondisi ini tidak berlangsung lama; dalam dekade ini dana semakin sulit diperoleh dan lebih banyak difokuskan pada pekerjaan yang sudah ditargetkan dan jangka waktunya pendek. Perkembangan di bidang politik, ekonomi dan sosial juga merupakan faktor-faktor penting yang memengaruhi perekrutan sumber daya manusia dalam bidang sains, termasuk memer-tahankan pakar di bidang taksonomi.

Irian Barat, Irian Jaya, Papua

Sebelum Irian Barat menjadi wilayah tersendiri, ada satu ekspedisi yang dilakukan di Kep. Raja Ampat dan Sem. Kepala Burung. Tahun 1948-1949 “Ekspedisi Swedia-Belanda” yang menyeluruh yang dipimpin oleh Sten Bergman, seorang pakar ornitologi dan sejarah alam, didampingi oleh M.A. Lieftinck, D.R. Pleyte, Sjöqvist dan E. Lundquist bersama *mantri* Main dan Djahhari dari Bogor. Mereka mengunjungi P. Misool, P. Salawati, P. Batanta dan P. Waigeo, serta bagian-bagian pesisir barat daya. Selain koleksi botani oleh Pleyte, koleksi zoologi (burung, Stockholm; serangga, Bogor, Leiden) dilakukan oleh Bergman yang juga mengoleksi tumbuhan di sekitar D. Anggi. Setelah pemerintahan Belanda terpisah tahun 1949, kebanyakan upaya eksplorasi biota sampai tahun 1963 dilakukan oleh individu dalam tim spesialis kecil atau melalui lembaga-lembaga pemerintah seperti Dinas Kehutanan (*Boswezen*). Hanya ada satu ekspedisi “besar” dari berbagai disiplin ilmu yang dilakukan dalam gaya lama. Mereka melintasi wilayah Peg. Star yang luas pada tahun 1959. Pemimpin ekspedisi ini adalah pakar zoologi L.D. Brongersma dan G. F. Venema, dengan pakar botani C. Kalkman, B. O. van Zanten dan J. J. F. E. de Wilde, sementara W. Vervoort mengoleksi binatang dan tumbuhan. M.O. Tissing ikut ambil bagian dalam pendakian menuju sasaran utama, yaitu ke puncak G. Mandala (4.640 m) yang tertutup es. Hasil-hasilnya muncul di *Nova Guinea* dan *To the Mountains of the Stars* (1963). Ekspedisi ini merupakan yang terakhir oleh Belanda dalam menjelajahi “tempat bersalju” di wilayah ini. Peristiwa yang mendebarakan hati ini diperkaya oleh perjalanan

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

seorang kru film dari Prancis di bawah pimpinan J.-Y. Gaisseau yang berjalan melintasi pulau hampir pada waktu yang bersamaan. Perjalanan ini menghasilkan buku berjudul *The Sky Above, The Mud Below*, suatu pengalaman umum bagi setiap orang yang melakukan perjalanan di Papuasia.

Politik, kesadaran internasional dan tekanan Amerika mengakhiri kekuasaan Belanda di Hindia timur yang telah berlangsung selama tiga setengah abad. Di akhir tahun 1962 Papua ditangani oleh United Nations Temporary Executive Administration (UNTEA) dan tanggal 1 Mei 1963 Indonesia mengambil alih wilayah ini yang diberi status provinsi, dengan nama Irian Barat; kemudian menjadi Irian Jaya dan tahun 1999 berubah lagi menjadi Papua. Pusat pemerintahan Belanda berlokasi di Hollandia (kemudian diganti namanya menjadi Sukarnopura dan kemudian Jayapura). Kedaulatan Indonesia ditentukan berdasarkan Pepera (*Penentuan Pendapat Rakyat*) tahun 1969. Pendidikan tinggi mendapat prioritas dan Universitas Cenderawasih didirikan pada tahun yang sama, dengan kampus utama di Abepura, sementara fakultas pertanian dan kehutanan berada di Manokwari. Selama beberapa tahun berikutnya tidak ada kontak efektif dengan dunia luar. Setelah Pepera, kunjungan ilmuwan, terutama dari Eropa, Amerika utara dan Australasia hanya sedikit sekali.

Selama tahun 1971-1973 ekspedisi dari berbagai universitas Australia (terutama Universitas Melbourne) melakukan dua penelitian tentang gletser dan biologi di sekitar G. Jaya. Geoffrey S. Hope dan Judy A. Peterson (Canberra) adalah pakar biologi dalam tim ini. Hasil ekspedisi-ekspedisi ini diterbitkan dalam *The Equatorial Glaciers of New Guinea* (1976) yang disunting oleh Hope, Peterson, L. Allison dan U. Radok. Tahun 1972 mantan Raja Leopold III melakukan ekspedisi ke dua ke Papua (pertama tahun 1929). Bersama J. Raynal (Paris) ia mengoleksi sampai tahun 1973 di dekat G. Jaya, Lembah Baliem dan tempat-tempat lainnya.

Tahun 1980-an digambarkan sebagai periode tanpa ekspedisi. Kontribusi penelitian lintas disiplin ilmu lebih banyak berupa makalah-

EKOLOGI PAPUA

makalah yang hanya sedikit menyoroti biologi dan bukan laporan-laporan ekspedisi. Fokus utamanya adalah program penelitian Sem. Kepala Burung sampai Irian Jaya di Belanda. Buku utama yang diterbitkan antara lain *Perspectives on the Bird's Head of Irian Jaya, Indonesia* (1997, Rodopi) dan *Bird's Head Approaches* (1998, Balkema, sebagai nomor 15 dalam seri *Modern Quaternary Research in Southeast Asia*). Selama tahun 1990-an, terutama setelah munculnya Konvensi Keanekaragaman Hayati (1992), menggugah kembali perhatian terhadap biota Papua yang masih sangat kurang dikenal. Kondisi inilah yang mendorong lokakarya di Biak pada tahun 1997, yang disponsori oleh *Conservation International* (CI). Laporan Akhir lokakarya ini dikeluarkan tahun 1999, dengan dilengkapi sejumlah peta (dan CD-ROM dengan beberapa database file) yang menjelaskan wilayah-wilayah dan kelompok taksa yang merupakan prioritas. Kemudian, penilaian cepat (*Rapid Assessment Program - RAP*) digalakkan oleh CI. Tahun 1998 penelitian lapangan dilakukan di wilayah S. Wapoga di Yapen-Waropen, di lokasi pada ketinggian 1.100 m atau lebih rendah, yang sebagian bisa diakses karena telah dilakukan penjelajahan sebelumnya oleh perusahaan pertambangan Amerika Serikat, Freeport McMoRan. Hasil-hasilnya dilaporkan dalam Laporan RAP 14. RAP Kelautan kemudian dilakukan di Kep. Raja Ampat (Laporan No. 22).

Kepulauan Raja Ampat menarik perhatian organisasi Amerika lainnya, yaitu The Nature Conservancy (TNC). Tahun 2002 tim dari TNC melakukan survei tumbuhan yang berlangsung selama beberapa minggu. Sebanyak 550 tumbuhan dikoleksi (Bogor). Ekspedisi ini dipimpin oleh R. Salm (TNC); para pakar zoologinya adalah G. Allen (ikan), D. Ivereigh (burung), A. Sumule dan E. Turak. Pakar botaninya termasuk J. P. Mogege dan W. Takeuchi, dengan dukungan dari F. Liuw dan D. Neville. Pulau-pulau yang dikunjungi mencakup Misool, Kofiau, Batanta dan Salawati serta Kawe dan Waigeo. Laporan botani yang pertama diterbitkan tahun 2003 (Takeuchi dalam *Sida* 20: 1093-1116). Sebagai hasil dari survei ini, keragaman biota laut yang sangat tinggi di Kep. Raja Ampat (sebagian sudah diketahui dari ekspedisi *Siboga* dan ekspedisi oseanografi lain yang disebutkan sebelumnya) semakin diketahui dengan baik, demikian juga

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

sejarah geologinya yang khas (Bab 4.2). Pada saat yang sama, kondisi tumbuhan dan tutupan hutan juga diketahui, serta potensi kelangsungan hidupnya di pulau-pulau yang lebih tandus. Namun terbaikannya kondisi biologi yang berlangsung lama memiliki pengaruh serius, yang tercermin dalam jumlah laporan-laporan baru beberapa taksa yang cukup umum. Misalnya, Takeuchi menyatakan bahwa kondisi ini merupakan “indikasi kegiatan koleksi yang sangat rendah di habitat batu kapur dan menunjukkan betapa terbatasnya dokumentasi floranya, bahkan setelah lebih dari satu abad dieksplorasi (atau lebih dari dua abad karena banyak koleksi yang sebagian tidak dipublikasikan). Kondisi botani bagian-bagian Papua lainnya dianggap lebih dikenal, paling sedikit selama beberapa tahun belakangan ini”.

Pelaksanaan ekspedisi yang bersifat lintas disiplin ilmu tersebut umumnya berlangsung lebih singkat dan mencakup wilayah yang lebih kecil. Sasaran utamanya adalah eksplorasi sejarah alam di Papua. Ada beberapa kunjungan jangka waktu lama yang dilakukan oleh para peneliti yang bekerja sendiri atau tim-tim spesialis kecil, tetapi logistik dan keamanan nasional tetap merupakan hal-hal yang memprihatinkan. Selama puluhan tahun, hampir seluruh wilayah Papua merupakan zona militer dan para peneliti yang dipekerjakan mengalami kendala yang lebih sulit daripada masa-masa sebelumnya.

Flora Papua dan Pulau-pulau di Sekitarnya (sejak tahun 1945)

Kegiatan penelitian botani di Papua setelah tahun 1945 sebagian besar merupakan pekerjaan yang dilakukan oleh pemerintah Belanda. Tidak mengherankan jika fokusnya pada flora kayu dan tumbuhan lainnya yang bernilai ekonomi. Namun, ekspedisi tertentu, khususnya dari Rijks-herbarium (sekarang cabang Leiden), memiliki koleksi yang cukup baik, karena didukung oleh dua pakar botani, H.J. Lam dan kemudian C.G.G.J. van Steenis, yang keahliannya adalah flora Malesia, khususnya flora pegunungan.

Tahun-tahun sebelumnya teritori Belanda merupakan wilayah terpisah dan kegiatan eksplorasinya hanya terbatas. Misalnya, tahun 1948

EKOLOGI PAPUA

A.J.G.H. Kostermans bersama Weygers melanjutkan penelitian hutan di Sem. Bomberai dan Kepala Burung yang dimulai sebelum Perang Dunia II. Mereka mengunjungi daerah yang berbatasan dengan pantai timur Kepala Burung dan sekitar D. Anggi. Ketika Papua yang masih terpisah dari Indonesia, dua lembaga khusus, yaitu Jawatan Kehutanan (*Boswezen*) dan Jawatan Pertanian (*Landbouw*) dibentuk. Stasiun pertanian awalnya dibangun di Kota Nica dekat D. Sentani, di lokasi yang semula merupakan rencana transmigrasi. Biro-biro penelitian (termasuk kehutanan) kemudian dipindahkan dari Jayapura ke Amban di dekat Manokwari (1953 sampai 1962).

Dari tahun 1953 pengoleksian spesimen pohon yang mewakili flora dataran rendah telah dilakukan selama survei pengkajian hutan. Namun karena alasan-alasan aksesibilitas ekonomis, tumbuhan dari lokasi yang lebih dari 1.000 m tidak banyak diperoleh. Materi yang berkaitan termasuk sampel-sampel kayu juga dikumpulkan. Dalam dua tahun terakhir masa pemerintahan Belanda di sana, para pakar botani kehutanan memperluas pengoleksian mereka yang jumlahnya mencapai sekitar 16.000 (Manokwari, Leiden, Bogor, Kew dan tempat-tempat lainnya). Hanya sebagian saja yang bisa dipublikasikan dan direvisi, sedangkan duplikatnya yang terdapat di Manokwari dan kemudian sebagian dimasukkan dalam database.

Di Sem. Kepala Burung, survei-survei oleh Jawatan Kehutanan terutama dilakukan di Lembah Warsamson (sebelah timur Sorong), Sausapor (pesisir utara), Lembah Kebar (terdapat *Araucaria cunninghamii* dan *Agathis labillardieri*), dataran rendah Arfak dan delta di sebelah barat Manokwari, Oransbari, Momu, serta Ransiki (yang telah dikunjungi oleh Kostermans dan Weygers), Tisi dan Muturi dekat Bintuni, D. Ayamaru dan Beriat yang berpasir putih (ditumbuhi Myrtaceae dan Dipterocarpaceae). Tahun 1954 Zieck dan Versteegh sampai di D. Anggi. Salah satu tujuan mereka adalah untuk meneliti *Agathis* yang getahnya disadap dan diperdagangkan. Kep. Raja Ampat dan P. Salawati juga disurvei, tetapi kondisi botani pulau-pulau lainnya tetap belum diperhatikan.

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

Pakar botani yang pertama adalah P. van Royen dari Leiden dengan ekspedisi Rijksherbarium pertama (1954-1955). Bersama Versteegh (dan Lam pada tahun 1954), ia menjelajahi Sem. Kepala Burung dan P. Batanta; di selatan ia mengoleksi di sekitar Merauke; kemudian ia mengunjungi Peg. Cyclops di utara. Tahun 1955 ia bekerja di Waigeo, memperoleh materi untuk laporan dasarnya yang sangat berguna (1960). Tahun 1957 C.O. Grassl, dalam ekspedisi plasma nutfah gula tebu, mengoleksi rerumputan di dataran rendah dan di D. Anggi serta D. Paniai (Leiden).

Tahun 1961, P. van Royen bersama dengan H. O. Sleumer menjalankan ekspedisi Rijksherbarium ke dua di Sem. Kepala Burung, mengunjungi Lembah Kebar, Peg. Tamrau dan Peg. Arfak, serta mendaki Peg. Cyclops (Leiden). Sebagian hasil dua ekspedisi ini diterbitkan dalam *Nova Guinea*, tetapi tidak ada laporan lengkap mengenai hasil koleksi tumbuhan. Tak banyak pengoleksian di jajaran pegunungan tengah selama tahun-tahun terakhir pemerintahan Belanda, kecuali oleh Bergman (tahun 1958) yang mengoleksi tumbuhan di Lembah Swart. Beberapa tumbuhan dikoleksi dalam ekspedisi Selandia Baru tahun 1961 di Peg. Carstenz (sekarang Peg. Jaya) oleh D. E. Cooper dan Philip Temple dan kemudian pada tahun 1962 oleh Temple dan Heinrich Harrer (Auckland). Penjelajah dari Selandia Baru ini adalah yang pertama berhasil mencapai puncak es G. Jaya, yang sekarang dikenal sebagai titik tertinggi di Nugini dan menjadi tujuan utama berbagai ekspedisi selama lebih setengah abad. Namun koleksi di kawasan ini tidak dilakukan sampai tahun 1970, yang didukung oleh peningkatan akses karena adanya kegiatan penelitian dan pembangunan tambang tembaga di Ertsberg dan Grasberg oleh Freeport.

Fauna Papua dan Pulau-pulau di sekitarnya (sejak tahun 1945)

Seperti dalam hal botani, beberapa pakar zoologi kembali meneliti di lapangan di bagian barat Papua sebelum pemisahannya dari Indonesia. Koleksi utama dilakukan oleh S. Bergman dan M.A. Lieftinck. Selama tahun 1948-1949, mereka aktif di Kep. Raja Ampat, Sorong dan sebelah

EKOLOGI PAPUA

timur Sem. Kelapa Burung. Selama tahun 1950-an, ketika kondisi ekonomi membaik dan politik relatif stabil, situasi ini lebih mendukung aktivitas lapangan. Dengan perkembangan ekonomi dan manusia, entomologi mendapat perhatian daripada masa-masa sebelumnya dan meluas dari sasaran utama yaitu Coleoptera (kumbang) dan Lepidoptera (kupu-kupu).

Tahun 1952, L.D. Brongersma (bersama W. J. Roosdorp) mengoleksi satwa di utara, di Sem. Kepala Burung dan di D. Paniai serta Merauke (Leiden). Bergman kembali lagi ke lokasi ini pada tahun 1958 (koleksi di Stockholm); ia juga menerbitkan karya terkenal yang meliputi penjelajahan-penjelajahan ini serta yang dilakukan pada tahun 1948-1949. Tahun 1954 L. van der Hammen mengoleksi *Acarina* (laba-laba dan tengu) di Sem. Kepala Burung, di Teluk Cenderawasih, D. Wissel dan di sekitar Jayapura; termasuk D. Sentani.

Tahun 1954-1955 Brongersma (bersama M. Boeseman dan L.B. Holthuis) sekali lagi mengoleksi binatang (Leiden), yang diambil di banyak tempat di Sem. Kepala Burung, di pulau-pulau di Teluk Cenderawasih (Yapen, Biak), di sepanjang S. Digul dan Biak, Yapen, serta tempat-tempat lainnya. Tahun 1959 Brongersma kembali memimpin tim ilmuwan di bawah ekspedisi Peg. Star (lihat bagian Ekspedisi-ekspedisi Terpadu, di atas). Tahun 1960-1961 S. Dillon Ripley mengunjungi lagi bagian barat Nugini, mengoleksi burung di lereng utara Peg. Snow (Yale). Tahun 1950-an juga merupakan awal tahun-tahun survei entomologi oleh Bishop Museum (Honolulu, Hawai'i, Amerika Serikat) di bawah pimpinan J.L. Gressitt. Tahun 1955 Gressitt mengoleksi serangga terutama di daerah D. Paniai (termasuk Lembah Kamo) dan juga di Jayapura, Sentani, Peg. Cyclops dan P. Biak. Tahun 1957 Gressitt kembali mengunjungi Peg. Cyclops dan Biak. Tahun 1959 ia mengoleksi bersama dengan T.C. Maa di Peg. Cyclops, di P. Biak dan di Fakfak (termasuk di gua-gua) serta di pedalaman Sem. Bomberai. Tahun 1962 ia mengoleksi di Peg. Cyclops, Biak, Nabire dan D. Wissel (sebagian didampingi oleh J. Sedlacek, N. Wilson dan H. C. Clissold). Setelah itu Gressitt semakin aktif di PNG (tahun 1961 ia mendirikan Museum stasiun penelitian di Wau, yang

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

sekarang adalah Wau Ecology Institute). Dua perjalanan terakhir Gressitt ke Papua (1977 dan 1979) terutama bertujuan untuk membangun kontak di kampus-kampus Abepura dan Manokwari. Selain itu, ia mengunjungi Biak, Sorong dan Peg. Arfak. Sebagai kolega dalam program Gressitt, D. E. Hardy pada tahun 1957 mengoleksi di Manokwari, D. Anggi dan di Sentani serta Jayapura. Tahun 1959 Maa mengoleksi di Waris, Sarmi, Holmafin, Lembah Baliem dan di Merauke. Tahun 1962 dan awal 1963, Simon Thomas melanjutkannya sebagai entomologi pertanian (koleksi, Manokwari) dan Rudolph Sloof, Dirk Metzelaar, Johannes van den Assem, serta Willem J.O.M. van Dijk adalah pakar entomologi medis; fokus utama mereka malaria dan nyamuk (koleksi di Amsterdam).

Irian Jaya (sejak tahun 1963)

Setelah Irian Barat berada di bawah Indonesia dan Universitas Cenderawasih berdiri, sekolah kehutanan dan pertanian didirikan tahun 1964 di Amban, Manokwari, di mana dua stasiun penelitian telah didirikan sebelumnya. Hal ini membuka lebih banyak kesempatan bagi pendidikan di bidang biologi terapan dan bidang terkait lainnya. Akhirnya herbarium dipindahkan ke kampus Manokwari dari kampus Cenderawasih. Herbarium hutan ini terbengkalai sampai sekitar dekade terakhir. Mulai tahun 1990-an, telah banyak penambahan dan rehabilitasi dan museum di Manokwari kini berfungsi sebagai koleksi botani yang terkemuka di Papua.

Tahun 1966, koleksi tumbuhan dilakukan oleh W. Soengeng Rekso-dihardjo (di Bogor) dengan Kostermans di Jayapura dan sekitar D. Sentani, di bukit-bukit yang terletak di kaki Peg. Cyclops (termasuk *Deplanchea glabra*) dan di Lembah Baliem (termasuk Wamena dan Wellesey, sampai ketinggian 2.500 m); kunjungan ke P. Biak juga dilakukan sebelum kembali ke Jawa. Tahun 1968-1970 sebuah ekspedisi Jepang di bawah pimpinan Y. Kobayashi meneliti tumbuhan di dataran rendah Wamena di Lembah Baliem dan tempat lain (Tokyo). Vink (lihat di atas) kembali melakukan kunjungan singkat tahun 1968, menambah beberapa koleksi jawatan kehutanan dari Lembah Warsamson.

EKOLOGI PAPUA

Setelah Pepera tahun 1969, para ilmuwan dari Eropa, Amerika dan Australasia berkunjung lagi; tetapi selama tahun 1970-an penelitian botani umumnya dilakukan lintas disiplin (lihat bagian Ekspedisi Terpadu, di atas). Ekspedisi universitas Australia tahun 1971-1973 mendapatkan koleksi tumbuhan, kebanyakan dari G.S. Hope dan J.A. Patterson (CANB). Tim ini diikuti oleh J. Raynal, seorang anggota ekspedisi Leopold III dari Belgia. Raynal mengoleksi selama tahun 1972-1973 di Lembah Baliem dan dekat G. Jaya (Bogor, Brussels, Paris, Leiden). Tahun 1976, P. Hiepkco, W. Schultze-Motel dan W. Schiefenhovel berada di Lembah Eipomek mengoleksi tanaman obat.

Tahun 1980-an E. Widjaja mengunjungi Tembagapura dan sekitarnya (di bawah G. Jaya). Kemudian ia mengoleksi di Sem. Kepala Burung. Dalam dekade ini penelitian flora dan vegetasi dilakukan oleh J. M. Mangen di Peg. Jayawijaya dan di dekat G. Trikora. Ia melakukan penelitian topografi, flora dan vegetasi secara ekstensif (laporan ditulis dalam bahasa Prancis pada tahun 1986 dan bahasa Inggris tahun 1993; koleksi di Luxembourg). Karya ini merupakan kelanjutan publikasi Brass yang dilakukan tahun 1938-1939 tetapi lebih detail. Ekspedisi ini berbeda dengan yang dilakukan oleh William Milliken tahun 1992 di Yali (timur laut Lembah Baliem dan sebelah barat Lembah Eipomek). Tujuannya adalah mendokumentasikan etnobotani yang diperoleh dari koleksi besar dalam ekspedisi ini (Kew). Ekspedisi ini merupakan bagian dari “Expedisi ke Papua Barat 1992” yang didukung oleh *International Scientific Support Trust*.

Dua ekspedisi berlangsung setelah tahun 1990-an, pertama (1994-1995) di beberapa lokasi di Sem. Kepala Burung, didanai oleh John D. and Catherine T. MacArthur Foundation di AS; yang ke dua (1998-2000) didanai oleh Freeport McMoran, di sepanjang akses jalan ke Tembagapura dan di beberapa tempat di luar itu, termasuk di lokasi yang sangat tinggi di pegunungan. Lembaga dari luar yang ambil bagian dalam kedua ekspedisi ini adalah Royal Botanic Gardens, Kew; ilmuwan-ilmuwan dari Bogor, Manokwari dan Tembagapura. Dari penjelajahan yang dilakukan tahun 1994-1995, dihasilkan sekitar 2.000

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

koleksi dan dilaporkan dalam *Checklist of the Flowering Plants of N.E. Vogelkop, Irian Jaya* (1997) yang bersifat sementara untuk semenanjung ini. Serangkaian penelitian lapangan yang dilakukan tahun 1998-2000 menghasilkan koleksi baru yang terbesar dari G. Jaya. Porsi yang besar dari koleksi-koleksi yang baru ini merupakan basis utama *The Alpine and Subalpine Flora of Mount Jaya* yang mencakup ketinggian di atas 3.000 m dan sebagian dari dekat Tembagapura yang mencirikan tumbuhan subalpin. Baru-baru ini, pakar botani di Kew telah berkolaborasi dengan MAN dan Lae untuk menerbitkan laporan mengenai palem Nugini. Untuk keperluan ini, W. R. Baker mengunjungi beberapa lokasi di Sem. Kepala Burung dan Wandamen. D. Hicks bekerja di MAN sebagai bagian dari program bantuan U.K. Darwin Initiative. Karena alasan logistik, keamanan dan alasan lainnya, pekerjaan lainnya banyak terkait dengan berbagai survei terpadu di wilayah ini.

Pengoleksian binatang kecil dilakukan selama kira-kira dua dekade sejak tahun 1963. Kegiatan selama ini kebanyakan berpusat di sekitar tiga survei: “Ekspedisi Cenderawasih” (1963-1964) yang dilakukan oleh S. Soemadikarta (dari Bogor) dan Boeady di timur D. Paniai (Bogor). Kemudian ekspedisi ilmiah Universitas Kyoto bekerja di D. Paniai; kepala pakar biologinya adalah Y. Yasue. Tahun 1964 muncul kerjasama antara Universitas Cenderawasih dengan Klub Penjelajah Universitas Nanzan (Jepang) yang melakukan pendakian ke Ngga Pulu (bagian utama G. Jaya); salah satu pesertanya, Yosii (Nanzan), mengoleksi Collembola. Tahun 1977 dan 1979 Gressitt melakukan kunjungan cukup singkat, sementara tahun 1979 Profesor Jared Diamond meneliti burung-burung di sepanjang S. Mamberamo dan Peg. Foja. Meskipun jumlah survei dan koleksinya tidak banyak, pengakuan resmi akan perlunya penelitian zoologi yang berkelanjutan di Irian Jaya terjadi pada tahun 1971, melalui pendirian museum di Universitas Cenderawasih di Abepura, yang sekarang menyimpan koleksi dari berbagai survei terpadu yang dilakukan dalam beberapa dekade terakhir.

Koleksi Utama Biota Nugini

Koleksi-koleksi di Papua atau PNG diberi garis bawah. Untuk singkatan tumbuhan dalam tanda kurung mengikuti penggunaan dalam *Index Herbariorum I: Herbaria of the World* (edisi 8, 1990, New York). Tanda bintang (*) mengindikasikan lembaga yang menyimpan materi tumbuhan yang penting sebelum tahun 1942. Kebanyakan koleksi herbarium Berlin hilang atau rusak selama Perang Dunia II, tetapi pteridofit, beberapa suku tumbuhan bunga dan berbagai jenis lainnya masih utuh, demikian pula duplikat-duplikatnya, misalnya Clemens, yang belum didistribusikan sebelum perang tersebut. Tumbuhan juga hilang dari British Museum (Natural History) pada tahun 1940 kemungkinan besar karena terjadi pengeboman).

Semua kelompok (khususnya koleksi-koleksi bersejarah): MNHN, Paris.

Tumbuhan berpembuluh: Arnold (A),* BMNH (BM),* Berlin (B), Bishop (BISH), Bogor (BO),* Queensland Herbarium, Brisbane (BRI),* CSIRO, Canberra (CANB), Edinburgh (E), Firenze (FI),* Fort Worth, Texas (BRIT), Gray Herbarium (GH),* Kew (K), Lae, PNG (LAE),* Leiden (L),* Manokwari, Papua (MAN), Melbourne (MEL),* New York Botanical Garden (NY),* Sydney (NSW),* USNM (US),* Waigani (Port Moresby), PNG (UPNG), Utrecht (U),* Wroclaw, Poland (WRSL).*

Tumbuhan tak berpembuluh dan jamur (selain lembaga-lembaga yang telah disebutkan di atas): Farlow (FH),* Geneva (G),* Tokyo (TNS) dan Nichinan, Japan (NICH), umum; Bulolo (sekarang Lae) dan Konebobu (Port Moresby), PNG, jamur; Budapest (BP) dan Uppsala, lichenized fungi (lichens); Helsinki (H) dan Jena (JE) bryophyta; Berkeley, California (UC), alga.

Vertebrata: Abepura (Papua), Berlin, Bogor, Genoa, Waigani (umum); AMNH, BMNH, Bishop (mamalia); AMNH, BMNH, Bishop, CSIRO, Genoa (burung); AM, AMNH, Bishop, Leiden, MCZ (reptil); AM, AMNH, Adelaide, Bishop, Leiden (amfibi); AM,

SEJARAH KEGIATAN EKSPLORASI ALAM

Leiden, BMNH, Copenhagen, Leiden, USNM (ikan air tawar);
Kanudi (Port Moresby), PNG (ikan laut dan vertebrata lainnya).

Serangga dan arthropoda lainnya: AM, AMNH, BMNH, Berlin, Bishop, Bogor, Bulolo (sebagian sekarang Lae), CAS, CSIRO, Genoa, Copenhagen, Kanudi, Konedobu, Leiden, Lyon, Manokwari, UPNG, WEI (umum); BMNH, Bishop, Leiden (Odonata); BMNH, Bishop, CNC, CSIRO, Leiden (Lepidoptera); AM, BMNH, Bishop, Dresden, Leiden (Coleoptera, Diptera, dll.); TMDU (Diptera); Adelaide, Bishop, BMNH, Leiden, USNM, Budapest, Amsterdam (arachnidae dan parasit); Budapest, Bishop (arthropoda tanah); Budapest (Krustacea air tawar).

Molluska (darat): AM, BMNH, Leiden.

Avertebrata Laut: BMNH, Leiden, Brussels.

BAGIAN II
LINGKUNGAN FISIK DAN
BIOGEOGRAFI

2.1. Geologi Tektonik*

Dalam proses geologi yang paling sederhana, pulau Nugini bisa digambarkan sebagai pulau yang bergunung-gunung, yang secara tektonik merupakan pecahan dari lempeng Australia bagian utara. Secara geografis, pulau ini memang terpisah dari Australia, namun sebenarnya L. Arafura yang memisahkannya tidak terlalu dalam (kurang dari 15 m) dan tidak ada selama 20.000 tahun lalu. Dengan kata lain, keberadaan pulau ini merupakan hasil dari masa interglasial yang lebih hangat. Dalam perspektif gerakan tektonis global, Nugini terbentuk dari tumbukan lempeng Indo-Australia yang bergerak ke utara dengan lempeng Pasifik yang lebih besar lagi yang bergerak ke arah barat. Di antara dua lempeng besar ini terdapat serangkaian lempeng yang lebih kecil yang terletak di antara kawasan Filipina dan Kep. Solomon. Lempeng-lempeng ini semuanya dibatasi oleh palung zona subduksi, dengan berbagai pecahan busur pulau yang terdorong karena gerakan bagian utara lempeng Australia selama periode Kreta (sekitar 145 juta tahun lalu). Akibat benturan-benturan ini, setengah dari bagian utara Nugini sekarang mengandung komposit busur pulau-pulau yang tertimbun di atas lempeng Australia selama kira-kira 75 juta tahun terakhir. Kepastian susunan pecahan tumbukan-tumbukan ini masih belum bisa ditentukan, tetapi ada beberapa skenario yang diusulkan, misalnya oleh Hamilton (1979), Kroenke (1984), dan Hill dan Hall (2003). Umumnya, beberapa hipotesis mereka ini mengakui dua episode akresi (pembentukan): Pertama terjadi antara akhir periode Kreta dan Kala Oligosen, yang meliputi busur pulau yang membentang ke barat ke arah Dangkan Sunda dan ke dua terjadi selama Kala Miosen ke Pliosen, meliputi busur yang membentang lebih ke arah timur dan mungkin utara (lihat Tabel 2.1). Karena sebagian besar daratan Nugini tertutup hutan lebat, masih banyak sekali yang belum diketahui tentang

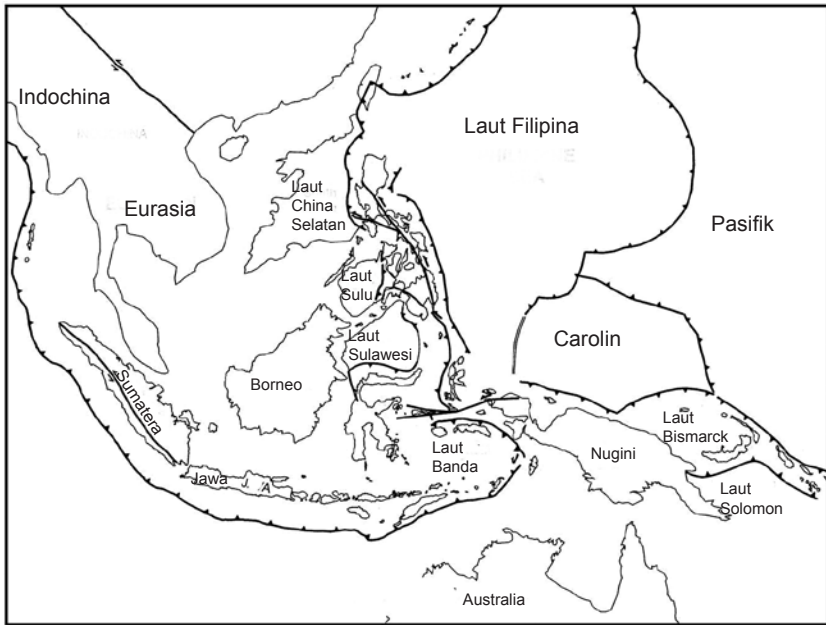
* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Tectonic Geology of Papua", Dan A. Polhemus.

kanan tumbukan-tumbukan tersebut terjadi dan bagian mana dari Nugini yang merupakan hasil dari proses tumbukan yang mana.

Berbagai Dinamika Geologis Busur Kepulauan

Karena busur kepulauan merupakan dasar pembentukan Nugini, maka proses formasi, migrasi dan akresinya penting sekali untuk dipahami. Busur kepulauan adalah rangkaian menyamping dari gunung-gunung api yang terbentuk di pertengahan samudra yang berada di atas zona-zona subduksi, yang menandai perbatasan lempeng-lempeng. Secara umum, busur memperlihatkan pola ciri-ciri yang dapat diprediksi berasal dari sumber yang sama, yaitu berawal dari sebuah palung di sepanjang sisi suatu lempeng yang menyelip di bawah lempeng lainnya. Proses ini selanjutnya diikuti pegunungan busur bagian depan, yang menjadi puncak selipan akresi reruntuhan tektonik yang terdorong ke atas oleh, atau terisi di bawahnya oleh, lempeng yang saling bertumbukan ini. Di belakang pegunungan busur bagian depan adalah cekungan dangkal, yang memisahkan pegunungan dari busur vulkanik yang berada di atas bagian lempeng subduksi curam yang tenggelam; bagian terbawahnya membentuk magma yang terus bergerak ke atas (Gambar 2.1.2). Akhirnya, di belakang busur vulkanik adalah cekungan busur bagian belakang, yang sering menunjukkan perluasan bagian yang tertarik dan terpisah mirip dengan yang terlihat di pegunungan di tengah lautan. Ciri-ciri ini dikaji secara rinci oleh Hamilton (1988) dan khususnya terlihat jelas dalam Busur Sunda dan Tonga sekarang, yang merupakan batas barat dan batas timur Nugini. Contoh modern pulau-pulau busur bagian depan dalam sistem ini meliputi Kep. Mentawai dan Timor di Busur Sunda, yang pulau-pulaunya terbentuk dari sedimen laut yang tercampur-baur tak beraturan dan sering mengandung batuan kapur Periode Kuartar yang terangkat, kadang berbatuan dasar *blueschists* dan batuan metamorfik lain. Pulau-pulau busur vulkanik di belakang busur bagian depan ini, seperti Sumatera, Jawa dan Nusa Tenggara memiliki komposisi batuan yang sangat berbeda, bervariasi dari basal tolitik pada busur-busur muda sampai basal kapur, andesit dan dasitis di busur-busur dewasa (Hamilton 1988).

GEOLOGI TEKTONIK



Gambar 2.1.1. Lempeng tektonik utama di wilayah Indo-Australia. Garis berduri di sepanjang batas lempeng yang saling berlawanan menggambarkan arah subduksi di bawah lempeng.

Busur-busur pulau merupakan ciri dinamis yang semakin meninggi seiring waktu di atas lempeng kerak lautan yang turun ke dalam zona subduksi. Gerakan ini disebabkan oleh keruntuhan bagian belakang kerak pada lempeng tersubduksi (menurun) yang berjalan lambat. Proses ini paling jelas di pusat sebuah busur; sehingga busur-busur pulau yang bergeser semakin maju semakin meningkatkan kelengkungannya. Pada saat yang sama, busur-busur yang maju tersebut menghasilkan kerak lautan yang baru di belakang pulaunya yang maju karena terjadi penambahan kerak di busur bagian belakang cekungan, yang berada di depan busur vulkanik. Pergeseran ke depan ini umumnya berlanjut seiring waktu, meskipun lajunya bervariasi di sepanjang busur atau di berbagai sektornya dan berlangsung sampai subduksi berhenti, atau sampai tumbukan terjadi dengan busur lain atau dengan pinggiran lempeng benua yang tidak aktif. Proses yang terakhir ini penting dalam

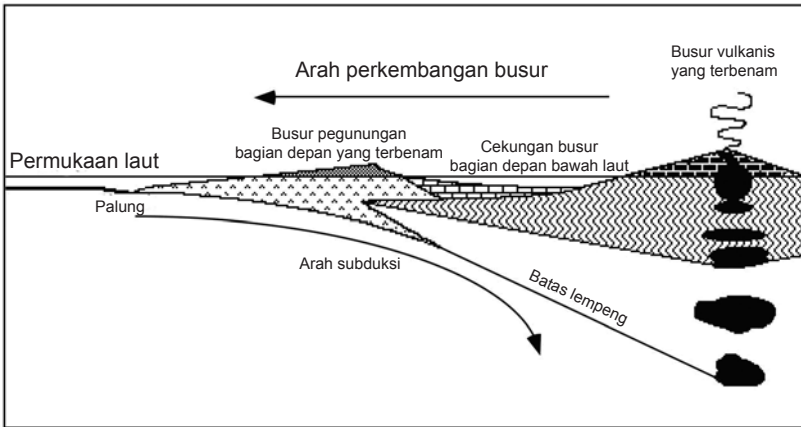
EKOLOGI PAPUA

pembentukan Pulau Nugini. Dalam proses pergeseran ke depan sebuah busur dapat juga terbagi di seluruh panjangnya, dengan bagian depan paling dekat palung bergeser menjauh dari busur secara keseluruhan.

Tabel 2.1. Ringkasan skala waktu geologis.

ERA	PERIODE		KALA	BATAS-BATAS PERKIRAAN WAKTU DALAM JUTA TAHUN
Cenozoikum	Kuarter		Holosen	0.010
			Pleistosen	1.7
	Tersier	Neogen	Pliosen	5.0
			Miosen	24
		Paleogen	Oligosen	38
			Eosen	55
			Paleosen	66
Mesozoikum	Kreta		Akhir Awal	138
	Jura		Akhir Pertengahan Awal	205
	Trias		Akhir Pertengahan Awal	240
Paleozoikum	Permian		Akhir Pertengahan Awal	290
	Karbon	Pennsylvani	Akhir Pertengahan Awal	330
		Mississippi	Akhir Pertengahan Awal	360
	Devon		Akhir Pertengahan Awal	410
	Siluria		Akhir Pertengahan Awal	435
	Ordovicia		Akhir Pertengahan Awal	500
	Devonia		Akhir Pertengahan Awal	

GEOLOGI TEKTONIK



Gambar 2.1.2. Gambar lintas bagian sistem busur pulau. Lempeng yang mengalami subduksi adalah di bagian kiri gambar dan lempeng yang nempel dan berada di atasnya di sebelah kanan. Seiring dengan menurunnya lempeng subduksi ke bawah lempeng yang ada di atasnya, sedimen terbongkar ke luar dari permukaan bagian atas dan berakumulasi membentuk busur pegunungan bagian depan. Semakin ke dalam lempeng yang mengalami subduksi, sedimen melarut di kedalaman membentuk magma, yang naik ke atas dan meletus melalui lempeng yang di bagian atasnya dan membentuk busur vulkanik. Cekungan di bawah laut berada di antara busur pegunungan bagian depan dan busur vulkanik.

Busur biasanya membentuk kepulauan berbentuk sabit, contohnya terdapat di sepanjang tepi bagian barat Pasifik. Sebaliknya, busur-busur yang telah mengalami tumbukan dengan masa daratan lain muncul karena akresi unit-unit tektonik berulang-ulang di laut, seperti Filipina dan Nugini bagian utara. Tipe busur di utara Nugini sering mengandung batuan opiolit, yaitu bagian dari kerak bumi di laut yang terangkat dan terpental selama tumbukan busur. Setelah tumbukan terjadi, terbentuk zona subduksi baru dari bagian belakang cekungan. Potongan kerak busur bagian belakang di antara busur tua dan palung baru dapat menjadi bagian dasar busur bagian depan dari sistem busur yang baru, yang bergeser menjauh dari zona tumbukan. Tipe rangkaian pembentukan pulau seperti ini di bagian utara PNG telah dirumuskan oleh banyak peneliti (Dewey dan Bird 1970, Hamilton 1979), yang menginterpretasikan tumbukan Kala Miosen dari busur yang bergeser

ke arah selatan dengan tepi benua Australia telah diikuti dengan formasi sebuah busur baru, Kep. Schouten, yang sekarang mulai bergerak menjauh ke arah utara dari Nugini. Studi berikutnya mengindikasikan bahwa proses ini memang terjadi (Cooper dan Taylor 1987).

Tumbukan busur dengan lempeng benua atau busur-busur lain biasanya ditandai oleh lapisan-lapisan sedimen batuan yang berbeda, yang sering mengandung batuan opiolit. Keutuhan sedimen batuan dari kompleks busur yang tumbuh bersama sering menunjukkan bentang yang terdiri dari melange tektonik (berasal dari busur bagian depan), batuan kapur (berasal dari lantai cekungan busur bagian depan), basal dan batuan vulkanis lain (berasal dari busur vulkanik), serta batuan opiolit (berasal dari cekungan busur bagian belakang). Penting dicatat bahwa bagian batuan opiolit dapat berasal dari busur bagian depan atau busur bagian belakang, sehingga dapat berupa unit sedimen batu pertama atau terakhir yang menempati posisi di tumbukan busur. Ke dua skenario ini telah diusulkan untuk menjelaskan keberadaan batuan opiolit yang ada di pegunungan tengah. Tanah yang berasal dari batuan opiolit sering memiliki kadar nikel tinggi dan miskin hara dan umumnya disebut batuan “ultramafik” atau “ultrabasa” sesuai dengan komunitas tumbuhan yang tumbuh di atasnya.

Evolusi Model Tektonik Regional untuk Kawasan Nugini

Menjelaskan formasi Nugini sangat problematik sampai teori tektonik lempeng dan pengertian tentang dinamika busur pulau diterima pada paruh ke dua abad ke-20 (Dewey dan Bird 1970). Hamilton (1979) adalah satu dari geologiwan modern pertama yang mencoba sintesis tektonik regional yang menginterpretasikan dengan benar bahwa pulau ini merupakan hasil tumbukan antara tepi lempeng benua yang pasif dan busur pulau yang bergeser. Ia melihat formasi pulau ini sebagai hasil tumbukan dengan sistem busur tunggal yang terbentuk di atas zona subduksi yang tenggelam ke arah utara, yaitu di bagian utara Nugini selama Periode Kreta dan Tersier Awal. Hipotesisnya adalah sistem busur ini telah bertumbukan dengan Nugini pada Kala Miosen,

GEOLOGI TEKTONIK

membentuk pegunungan tengah dan Sem. Papua dan bentang batuan opiolit yang berasosiasi dengannya. Setelah tumbukan ini, Hamilton mengusulkan bahwa arah subduksi telah berbalik, sehingga subduksi ke arah selatan sekarang terjadi di bawah pulau yang berdekatan dengan Kep. Schouten bagian utara PNG. Ia juga mencatat bahwa Busur Banda berada dalam tahapan pertama tumbukan dengan tepi bagian barat daya Nugini di Sem. Bomberai.

Dalam sebuah sintesis yang meliputi setengah bagian timur Nugini dan wilayah ke arah timur Kep. Solomon, Vanuatu dan Fiji, Kroenke (1984) mengakui adanya empat sistem busur yang terlibat dalam formasi pulau berikut: busur-busur Papua, Trobriand dan Solomon, yang telah bertumbukan dengan Nugini dan Busur Bismarck, yang masih dalam proses tumbukan. Ia melihat busur-busur ini telah terbentuk selama episode subduksi yang bergantian di sepanjang dua zona utama, satu di lepas pantai bagian utara Nugini, yang lain di Kep. Solomon.

Menurut model Kroenke (1984), kedua zona ini menggambarkan garis-garis kelemahan dalam kerak, jadi setiap terjadi subduksi di salah satu bagiannya, bagian lainnya menjadi aktif. Dalam hal ini, model Kroenke merupakan versi yang lebih terinci dari yang diusulkan oleh Hamilton (1979).

Model terbaru yang dikembangkan oleh Hall (2002) dan Hill dan Hall (2003), menggunakan kekayaan data baru, mengembangkan hipotesis sebelumnya dalam konteks model tektonik regional dengan skala lebih luas. Model ini menekankan pentingnya peranan “Garis Tasman” yang membagi litosfer Australia yang tebal, kuat dan tua di barat, yang mendasari bagian selatan Papua, dari litosfer yang tipis dan lemah di timur, mendasari hampir seluruh PNG. Mereka menganggap kelemahan litosfer yang ke dua berasal dari episode akresi yang sangat tua di sepanjang bagian timur tepi benua Australia dari Masa Proterozoikum sampai Trias (600-250 juta tahun lalu), diikuti dengan episode perpanjangan yang terjadi di sepanjang tepi yang sama pada Periode Kreta (130-75 juta tahun lalu). Peristiwa yang terakhir adalah episode perenggangan yang sama yang didalilkan oleh Kroenke (1984), yang memengaruhi, misalnya

EKOLOGI PAPUA

terjadinya pembukaan L. Tasman, Kaledonia Baru dan cekungan L. Coral serta terisolasinya dataran tinggi Papua, yang terletak di sebelah timur dan utara Australia seperti yang kita ketahui sekarang.

Lalu pada awal tahun 2000-an, model tektonik semakin berkembang dan disempurnakan sampai ada kesepakatan tentang kerangka umum tektonik tentang terbentuknya pulau Nugini, paling sedikit untuk bagian utama pulau ini. Sebagian dari kajian ini dipusatkan di PNG karena dukungan penelitian lapang dan universitas yang meneliti jauh lebih baik di negara tersebut ketika berada di bawah administrasi Australia. Namun dengan pembangunan tambang Grasberg di Papua, pemetaan lapang terinci juga semakin tersedia di Papua. Informasi mengenai Papua pada dasarnya mendukung kesimpulan dari data yang diperoleh di PNG, tetapi juga menegaskan fakta bahwa bagian Kepala Burung mengalami sejarah yang berbeda.

Geologiwan tektonik umumnya sepakat bahwa pusat Sem. Kepala Burung adalah bagian dari lempeng Australia yang terlepas dari masa benua utama pada suatu waktu di Era Mesozoikum (Hamilton 1979). Contohnya, Australia maupun Kepala Burung memiliki fosil flora *Glossopteris* yang ada selama Akhir Paleozoikum sampai Awal Mesozoikum.

Kepala Burung memiliki sejarah yang berbeda dari bagian Nugini lainnya, dalam banyak hal sangat mirip dengan sejarah pulau utama, yaitu inti pecahan benua merupakan pembentuk utama di sepanjang tepi busur bagian utaranya. Selain itu, ketika Kepala Burung bergabung dengan bagian tengah pulau, keduanya mengalami geseran ke samping kiri yang luas karena adanya patahan yang berkembang pada Akhir Tersier karena tumbukan dengan Lempeng Pasifik melibatkan geseran menyamping ini daripada disebabkan oleh tumbukan langsung.

Wilayah Tektonik di Nugini

Semua geologiwan yang modelnya dibahas di atas mengenali bahwa akibat sejarah tumbukan dan akresi, Nugini terdiri dari beberapa bagian tektonik berbeda yang berjalan paralel satu sama lain kira-kira ke arah

GEOLOGI TEKTONIK

timur-barat. Wilayah tektonik ini terdiri dari Dataran Stabil di selatan, terdiri dari lempeng benua Australia tua yang tidak berubah bentuk; Sabuk Lipatan di bagian tengah, yang terdiri dari tepi lempeng ini yang tidak berubah bentuk; dan Jalur Aktif yang bergerak di utara, terdiri dari campuran akresi busur dan pecahan tektonik yang sekarang bergeser ke arah barat mengikuti pola menyamping kiri di sepanjang berbagai zona patahan (Hamilton 1979, Pigram dan Davies 1987, Charlton 1996, Hill dan Hall 2003). Ciri masing-masing wilayah tektonis ini sangat bermanfaat untuk memahami geomorfologi Papua modern, seperti diuraikan berikut ini.

Lempeng Australia

Lempeng benua Australia, yang oleh Hill dan Hall (2003) disebut sebagai “lempeng stabil”, terdiri dari hampir setengah bagian selatan Nugini. Batuan pembentuknya adalah sedimen yang tidak berubah bentuk dari Periode Trias yang menumpang di atas batuan dasar dari Masa Precambria (Hamilton 1979). Di tepi utara Lempeng Australia ini, di lokasi yang kemudian menjadi Nugini, mewakili tepi yang pasif hampir di seluruh Era Mesozoikum, saat pemisahan baru mulai di sepanjang tepi bagian timur, kemudian diikuti dengan tumbukan busur pulau dari utara. Walaupun garis pesisir selama Periode Kreta dari bakal pulau Nugini terletak sekitar arah timur-barat, di bagian yang sekarang merupakan perbatasan PNG-Indonesia, terungkit ke arah utara sampai sejauh Pegunungan Perbatasan di sebelah barat Lembah Sungai Sepik (Hamilton 1979, Davies 1990). Bagian yang terungkit ini tetap berada di atas air selama Era Mesozoikum saat sebagian besar daratan lainnya terendam (Davies 1990) dan karang yang terbentuk di sepanjang bagian timurnya sekarang tersingkap sebagai batuan kapur Dataran Tinggi Darai di bagian selatan PNG. Bukti jajaran bukit purba ini masih bisa dilihat pada pola aliran sungai di Papua modern (S. Mamberamo dan S. Digul). Struktur ini juga berpengaruh penting pada zoogeografi pulau ini, karena mewakili permukaan Australia yang dulu tergenang dan

EKOLOGI PAPUA

bergerak ke arah daerah tropis dan subtropis, sementara bagian lain benua ini dulu masih dalam zona iklim yang lebih dingin.

Seperti dijelaskan sebelumnya, Sem. Kepala Burung sejak dulu merupakan bagian terpisah dari Lempeng Australia, yang terpisah dari daratan utama pada Era Mesozoikum. Namun semenanjung ini tidak pernah jauh dari tepi bagian barat daya benua Australia, sehingga sejarah tektoniknya setelah periode pascaKreta pada dasarnya sama dengan daratan utama Nugini.

Selain Kepala Burung yang terpisah di barat, ada beberapa bagian Lempeng Australia menjadi terpisah di sepanjang tepi bagian timur pada Akhir Mesozoikum. Pemisahan ini tampaknya merupakan hasil proses perpanjangan, yaitu pecahan lempeng benua tertarik menjauh ke arah utara atau arah timur. Walaupun sebagian besar peristiwa ini terjadi terlalu jauh ke timur untuk memengaruhi langsung evolusi geologi Papua, pengaruhnya tetap ada yaitu memicu serangkaian tumbukan busur dan subduksi ke arah berlawanan yang berpengaruh penting pada pola-pola akresi di Nugini bagian barat.

Tidak seperti situasi di barat, yang proses geologinya masih banyak yang perlu terus diteliti, banyak penelitian terakhir difokuskan pada Lempeng Australia bagian timur selama Periode Kreta. Walaupun kalangan geologian sepakat urutan peristiwa yang memengaruhi perenggangan tepi lempeng ini, masalah kisaran waktu dan mekanisme proses yang menghasilkannya masih kurang dipahami (Gaina dkk. 2003).

Jalur Lipatan

Proses yang menyebabkan terbentuknya jajaran pegunungan tengah yang tinggi di Nugini dan kisaran waktu terjadinya masih menjadi bahan perdebatan. Prosesnya di Papua mungkin melibatkan tumbukan busur pulau dan seperti dibahas di atas, berlangsung antara Kala Paleosen dan Akhir Kala Oligosen (Hamilton 1979, Hill dan Hall 2003). Tumbukan ini berlangsung menyamping dari arah barat ke timur selama 5-10 juta tahun. Hall (2002) menjelaskan bahwa busur yang terlibat terbentuk

GEOLOGI TEKTONIK

di sekitar sistem subduksi dari utara yang meluas dari Jawa sampai Kaledonia Baru pada 55 juta tahun lalu; tumbukan sepenuhnya terjadi di Nugini bagian tengah pada 45 juta tahun lalu (jtl); hipotesis yang sama ini kemudian ditegaskan oleh Hill dan Hall (2003).

Menurut Davies dkk. (1996), tumbukan busur khususnya terjadi jutaan sampai puluhan juta tahun setelah tumbukan itu sendiri terjadi, karena penyesuaian awal di mana kerak bagian depan menjadi pendek. Karena itu perkiraan waktu pengungkitan jajaran pegunungan tengah bervariasi dari Kala Eosen (Davies dkk. 1996) setelah tumbukan selama Kala Paleosen, sampai Akhir Kala Miosen (Hill dan Hall 2003) setelah tumbukan selama Kala Oligosen. Dalam salah satu proses ini, episode awal akresi busur ini diyakini telah membuat opiolit dan sabuk batuan metamorfik menimpali bagian Papua Tengah bersamaan dengan terjadinya proses yang sama di daerah Ultramafik April, Kompleks Marum dan Sabuk Batuan Opiolit Papua yang berlangsung di PNG (Pigram dan Davies 1987) dan mungkin juga Peg. Tamrau di daerah Kepala Burung. Seiring dengan formasi pegunungan tengah itu sendiri, umur dan waktu batuan opiolit menimpali Nugini tidak bisa dipastikan. Semuanya terlihat sebagai hasil sebuah busur atau busur-busur pulau yang awalnya terbentuk di suatu tempat di utara Nugini pada Akhir Mesozoikum sebelum bertumbukan dengan tepi Australia di Awal Tersier (Davies dan Jaques 1984, Davies dkk. 1997, Hall 2002). Sebaliknya, batuan opiolit Peg. Cyclops, di pesisir utara dekat Jayapura, proses akresinya merupakan satu-satunya yang terjadi selama Kala Oligosen (Monnier dkk. 1999), mungkin oleh peristiwa tumbukan busur yang benar-benar berbeda. Proses formasi batuan opiolit Papua Tengah juga merupakan bahan perdebatan. Monnier dkk. (1999) menganggapnya terbentuk dalam susunan busur bagian belakang, sementara Hill dan Hall (2003) menafsirkannya berasal dari bagian busur bagian depan.

Bukti lebih lanjut tentang waktu tumbukan busur di pegunungan tengah bersumber dari pemetaan lapang yang dilakukan di Papua selama dekade terakhir oleh PT Freeport Indonesia. Hasilnya mengindikasikan adanya batuan beku gunung berapi yang tersingkap selama Kala Eosen sampai Oligosen di sepanjang tepi bagian utara sabuk batuan opiolit

EKOLOGI PAPUA

(geologiwan Freeport, komunikasi pribadi). Lokasinya jauh lebih banyak daripada yang ditunjukkan pada peta geologi Dow dkk. (1986). Di bagian tengah sistem S. Wapoga, formasi gunung berapi membentuk kaki-kaki bukit (Gambar 2.1.3) dan terdiri dari endapan batuan yang umurnya tak diketahui, seperti andesit dan piroklastik (seperti tufa) dengan campuran diorit, yang terakhir diapit oleh lapisan hitam gelap yang menyebabkan perubahan hidrotermal formasi batuan di sekitarnya. Kehadiran formasi vulkanik ini di utara batuan opiolit kelihatannya mendukung hipotesis Hill dan Hall (2003) bahwa batuan opiolit Papua terbentuk dalam susunan busur bagian depan. Di Papua tengah, berbagai penulis menduga bahwa episode tumbukan busur berikutnya selama Kala Miosen di sepanjang pesisir utara menyebabkan perubahan dramatis pada Lempeng Australia di sebelah selatan akresi batuan opiolit dan pecahan lempeng batuan metamorfik Jalur Aktif (*Mobile Belt*) di Papua yang akresinya terjadi selama Akhir Kala Eosen atau Awal Kala Oligosen. Proses ini mendorong batuan kapur perairan dangkal Kala Miosen yang terbentuk pada bagian selatan Sabuk Lipatan sampai ketinggian lebih dari 5.000 m (Nash dkk. 1993, Hill dan Raza 1999, Hill dan Hall 2003).

Jalur Aktif

Jalur Aktif (*Mobile Belt*) terdiri dari campuran busur yang menempel di bagian utara New Guinea akibat serangkaian tumbukan busur antara Kala Oligosen dan Pliosen. Wilayah ini tidak berkaitan dengan peristiwa formasi jajaran pegunungan tengah; proses pembentukannya terjadi di sepanjang tepi lempeng-lempeng L. Caroline dan L. Solomon. Jalur ini meliputi, dari barat ke timur, pegunungan Arfak, Biak, Yapen, Van Rees, Foja, Cyclops, Torricelli, Prince Alexander, Adelbert, Finisterre dan Saruwaged (Pigram dan Davies 1987). Sebagaimana busur pegunungan tengah yang mendahuluinya, wilayah ini menyatu secara menyamping dari barat ke timur, dengan tumbukan mulai dari Akhir Kala Miosen di Papua, tetapi berlanjut sampai Kala Pliosen di PNG (Cooper dan Taylor 1987).



Gambar 2.1.3. Wajah bagian utara jajaran pegunungan tengah di lembah S. Wapoga, menghadap ke barat daya. Aliran ke arah utara S. Tirawiwa di bagian depan meninggalkan kaki-kaki bukit yang mengandung batuan vulkanik Periode Tersier; jajaran tertinggi di kejauhan terdiri dari batuan opiolit yang akresinya terjadi selama Kala Eosen-Oligosen sebagai hasil tumbukan busur pulau. Perhatikan jalinan S. Tirawiwa yang berkelok-kelok, sarat dengan limpasan aluvial dari pegunungan muda ini. Ciri ini khas untuk sungai-sungai di Nugini yang terjal akibat tumbukan-tumbukan tektonik (Foto: D. A. Polhemus).

Sejarah tumbukan yang menimbulkan akresi awal di Papua masih kurang dimengerti. Terjadinya akresi busur di tepi Nugini bagian utara mungkin memengaruhi seluruh pulau ini. Di Papua, tumbukan busur Kala Miosen ini diduga telah menyebabkan perubahan drastis pecahan lempeng benua Australia di selatan wilayah akresi batuan opiolit dan Jalur Aktif metamorfik. Sejarah tektonik akresi pesisir bagian utara dan formasi Peg. Weyland di kawasan Leher Burung (Milsom 1991) juga tidak pasti. Misalnya, suatu blok batuan vulkanik Kala Miosen terdapat di sepanjang bagian selatan pesisir Teluk Cenderawasih dari Nabire ke arah barat (Dow dkk. 1986) dan mungkin mewakili fragmen busur bagian paling barat yang telah berakresi ke daratan utama Nugini pada episode ke dua akresi busur ini dan sebelum Kepala Burung bersatu kembali.



Gambar 2.1.4. Pemandangan kawasan puncak Gunung Jaya, menghadap ke timur laut. Perhatikan akresi lapisan batuan kapur yang tertutup oleh kawasan es glasial di sepanjang puncak pegunungan dan lereng terbuka strata batuan kapur, yang menurun ke utara (sampai ke bagian kiri gambar) sampai cekungan S. Mamberamo dan memecah secara tajam menjauh ke selatan (sampai ke bagian kanan gambar) berupa tebing curam yang menakjubkan, puncak-puncaknya berada pada ketinggian lebih dari 4.500 m (Foto: D. A. Polhemus).

Perlu ditekankan sekali lagi bahwa tumbukan berskala luas antara Lempeng Australia dan Lempeng Pasifik di Nugini bukan beradu muka tetapi menyamping, terjadi secara berentetan dari barat ke timur. Karena itu, episode tumbukan busur di Papua umumnya terjadi puluhan juta tahun lebih awal daripada yang terjadi di PNG. Lebih lanjut, saat penyatuan kedua lempeng telah terakomodasikan oleh tumbukan dan pemendekan awal, penyatuan lempeng lanjutan diakomodasi oleh sesaran samping kiri di sepanjang patahan (McCaffrey 1996), sejak 25 juta tahun lalu (Hall dan Spakman 2003). Proses ini berlanjut sampai sekarang seiring dengan gerakan Lempeng Pasifik ke arah barat dengan laju sekitar 7 cm per tahun (McCaffrey 1996). Seperti tumbukan busur yang mendahuluinya, zona sesaran bukan hanya terdiri dari satu jalur patahan sempit, tetapi menempati zona patahan yang luas di sepanjang Jalur Aktif. Akibat gerakan sesar ini, fragmen berbagai busur yang

GEOLOGI TEKTONIK

telah terakresi ke dalam pulau melalui tumbukan busur yang lebih awal sekarang telah terpecah dan terhanyut ke barat bahkan sampai jarak yang sangat jauh. Misalnya, P. Yapen yang sempit dan memanjang tampaknya merupakan bagian yang terpecah yang terhanyut ke arah barat dari Peg. Van Rees melintasi bagian atas Teluk Cenderawasih.



Gambar 2.1.5. Pemandangan wajah bagian selatan jajaran pegunungan tengah di dekat tambang Grasberg, menghadap barat sepanjang sumbu pengungkitan. Lempeng Australia yang batuannya tersingkap telah berubah bentuk secara drastis akibat beberapa episode tumbukan busur pulau selama Periode Tersier (Foto: D. A. Polhemus).

Beberapa jejak patahan di dalam jalur yang aktif bergerak memanjang ke arah barat dari Nugini dan mungkin terlibat dalam pergeseran fragmen-fragmen tektonik Papua ke arah barat sampai ke Sulawesi. Misalnya, elemen paling menonjol dari sistem pergerakan menyamping kiri ini, yaitu zona Patahan Sorong, memanjang dari dekat muara S. Mamberamo, melintasi Teluk Cenderawasih dan bagian atas Kepala Burung, lalu antara Halmahera dan Obi di Maluku sebelum berakhir di Kep. Sulu di bagian timur Sulawesi, yang berjarak lebih dari 1.500

km (Hamilton 1979, McCaffrey 1996). Sem. Kepala Burung telah mengalami gerakan sesaran ini secara ekstensif. Misalnya, Pigram dan Davies (1987) menduga bahwa Peg. Arfak, Yapen dan bagian dari Biak/Supiori semuanya mewakili bagian lempeng asli tunggal yang sekarang terangkai di sepanjang jalur patahan ini. Sementara Hamilton (1979) menganggap Batanta sebagai fragmen dari patahan Peg. Tamrau di bagian utara Kepala Burung, yang sekarang bergeser ke arah barat ke posisi di utara Salawati dan dipisahkan dari pulau ini oleh Selat Sagewin yang dalam dan sempit. Selat ini menandai sumbu patahan itu sendiri. Hasil akhir sesaran selama Periode Tersier ini berupa berbagai fragmen tektonik yang campur aduk melintasi sepertiga bagian utara Nugini.

Pergerakan Busur Pulau Sekarang

Selain berbagai proses dan sistem yang dibahas di atas, ada dua busur lain, yaitu Busur Britania Baru dan Busur Banda yang bergerak maju mendekati Nugini dan akan bertumbukan dengannya sekitar sepuluh juta tahun kemudian jika gerakan lempeng yang berlangsung sekarang terus berlanjut. Sistem Busur Sunda (dikenal sebagai Busur Banda di bagian paling timurnya), terletak sangat dekat bagian barat Nugini, busur pulau yang terbentuk di perbatasan lempeng Australia dan Eurasia di atas zona subduksi Sunda yang batasnya diketahui dengan baik. Busur ini masih bertumbukan langsung dengan Nugini, tetapi arah lipatannya berbalik ke utara dan barat menjadi bentuk kail ikan oleh gerakan arah utara Lempeng Australia. Busur Britania Baru adalah sistem sangat muda yang terbentuk melewati palung di tepi bagian utara L. Solomon, yang secara bertahap mendekat dari barat ke timur seiring dengan gerakan menyatu Britania Baru dan Sem. Papua seperti sepasang bilah gunting. Walaupun tumbukan-tumbukan ini belum menimpali daratan utama Nugini, proses ini menyediakan koridor persebaran biota dan mengikat batuan kapur landas benua di bagian barat (Polhemus 1996), menciptakan ungkitan muda seperti Sem. Fakfak.

Teka-teki Berlanjut

Mengingat proses tektonik yang sangat rumit dan masih banyaknya pengamatan lapang yang perlu terus dilakukan di kawasan berhutan lebat yang dan terjal, tidak mengherankan bahwa masih banyak sekali bagian evolusi geologi Nugini yang belum diketahui. Misalnya, pengetahuan kita tentang geologi permukaan lokal di banyak area di Papua masih bersumber dari survei lapangan dari jaman Belanda (Visser dan Hermes 1962), sementara banyak survei terbaru dilakukan oleh perusahaan minyak atau tambang, sehingga informasinya tidak tersedia bagi para peneliti. Akibatnya, walaupun model tektonik yang dibahas di atas memberikan gambaran umum tentang formasi dan evolusi Nugini, banyak kawasan di Papua yang masih merupakan teka-teki geologis.

Pulau Waigeo, misalnya, dari segi komposisi dan waktu terbentuknya adalah bagian dari busur pulau Kala Eosen-Oligosen yang membentuk jajaran pegunungan tengah (Charlton dkk. 1991, Ling dkk. 1991) dan memiliki hubungan sejarah dengan Nugini berdasarkan biotanya (Polhemus dan Polhemus 1998, 2002). Namun, tingkat keendemikan jenis yang tinggi juga menyiratkan isolasi pulau ini yang berlangsung lama karena terpisah oleh perairan. Batuan opiolit di bagian utara Waigeo tampaknya terkait dengan Halmahera bagian timur, tetapi keberadaan strata batuan kapur tebal dan luas juga mengindikasikan bahwa sebagian pulau ini terendam selama Kala Miosen (Charlton dkk. 1991). Rekonstruksi Hall (2002) serta Hill dan Hall (2003) menunjukkan Waigeo dan Halmahera terbentuk selama Kala Eosen bersamaan dengan tepi tenggara yang kemudian menjadi Lempeng Caroline dan kemudian bergerak ke arah barat di dekat Nugini Utara dan Kepala Burung sampai posisinya sekarang. Hipotesis alternatifnya, Waigeo merupakan bagian dari busur Awal Tersier yang membentuk Jajaran Pegunungan Tengah dan berakresi ke bagian utara Kepala Burung di kawasan barat Peg. Tamrau selama Kala Oligosen, tetapi kemudian bergeser menyamping dan terbawa terus ke arah barat di sepanjang zona Patahan Sorong sampai posisinya sekarang selama Kala Pliosen.

Banyak pertanyaan geologis dan tektonik yang masih belum terjawab mengenai Peg. Foja-Van Rees. Misalnya, mengapa pengungkitan ini

menuju ke arah utara? Selain itu, jika kawasan ini mewakili sisa dari sistem busur yang terakresi, seperti yang banyak terjadi di jajaran pesisir utara di Nugini, mengapa sejauh ini tidak terdapat batuan opiolit? Walaupun ada beberapa indikasi blok batuan beku Akhir Tersier di dalam pengungkitan ini (Dow dkk. 1986), geologi permukaan utamanya adalah batuan serpih Kala Pliosen dan bercampur sedimen lainnya, yang bukan mencirikan fragmen busur yang terakresi. Jelas bahwa survei geologi mendalam belum dilakukan di kawasan ini, tetapi tampaknya berbagai proses yang berlangsung di sini berbeda dengan proses yang menghasilkan jajaran pegunungan di Nugini bagian utara.

Pegunungan Kowbore, di ujung barat jajaran pegunungan tengah, juga merupakan kawasan yang mempunyai problematik. Walaupun inti pegunungan ini terdiri dari granodiorit dan vulkanik Kala Miosen, daerah ini pasti telah terbentuk selama Kala Oligosen, karena peta geologis Dow dkk. (1986) menunjukkan bahwa sabuk batuan opiolit pegunungan tengah terakresi sampai tepi bagian utara daerah ini (dan memanjang bahkan terus ke arah barat, melalui lengkungan Leher Burung sampai ke bagian bawah Sem. Wandamen). Sabuk akresi batuan metamorfik ke selatan dari Peg. Kowbore juga mirip dan tampaknya terkait dengan daerah lain dari Jajaran Pegunungan Tengah. Jadi, Weyland terjebak di antara batuan opiolit dan batuan metamorfik dan mungkin mewakili wilayah yang terdorong ke arah utara dan kemudian terdorong ke arah selatan ketika Kepala Burung bergabung dengan daratan utama selama Kala Miosen (Hill dan Hall 2003).

Kawasan terakhir yang sangat kurang dimengerti dan juga menjalani proses tektonik yang penting selama Kala Miosen adalah Sem. Wandamen. Semenanjung ini mengandung fragmen kecil dari lempeng benua tua (Hamilton 1979, Pigram dan Davies 1987) dalam patahan yang melintasi batuan metamorfik yang jauh lebih muda dari Akhir Kala Miosen sampai Akhir Kala Pliosen. Batuan metamorfik tampaknya terungkit cepat selama 3-4 juta tahun terakhir dan dalam hal ini Sem. Wandamen menyerupai Kep. D'Entrecasteaux di sebelah daratan utama PNG. Kedua kawasan terlihat mewakili kompleks batuan metamorfik inti dan keduanya terlihat telah terbentuk oleh patahan dan renggangan

GEOLOGI TEKTONIK

baru-baru ini. Sebaliknya, batuan benua Australia yang bersatu dengan kompleks inti ini menandakan sisa-sisa pulau yang sebelumnya terpisah dari bagian barat laut Lempeng Australia pada suatu waktu Akhir Kreta atau Awal Tersier dan kemudian bersatu kembali ketika Kepala Burung menyatu. Pendapat ini dapat juga didukung oleh keendemikan biota yang sangat tinggi, khususnya dalam kelompok tonggeret (Boer dan Duffels 1996).

Nugini dan busur-busur sekitarnya serta cekungan lautan tetap merupakan kawasan yang secara tektonik paling rumit dan dinamis di bumi. Memerkirakan masa depannya sama sulitnya dengan menafsirkan masa lalunya, seperti dinyatakan oleh Hall (2002), “Sangat sulit untuk meramalkan kemungkinan bentuk kawasan ini dalam beberapa juta tahun nanti. Logika sederhana mengindikasikan bahwa Lempeng Australia akan terus bergerak ke arah utara dan Lempeng Pasifik akan terus bergerak ke arah barat ke arah Lempeng Eurasia. Karena itu, di kawasan tepi Asia dari Jepang ke arah selatan melalui Filipina ke bagian timur Indonesia dan bagian utara Nugini kita dapat berharap untuk melihat terbentuknya sistem sabuk pegunungan yang relatif sederhana akibat interaksi ke tiga lempeng ini. Namun, bukan pola ini yang memengaruhi perkembangan kawasan ini selama beberapa juta tahun terakhir dan mungkin lebih lama dari itu. Penambahan busur kerak dan fragmentasi pinggirannya Eurasia, Australia dan Pasifik bukanlah proses sederhana dan mengarah secara seragam. Subduksi telah membuat hampir semua evolusi yang sangat kompleks ini.”

Jelas sekali bahwa Nugini dan busur-busur di sekitarnya menyajikan segudang masalah yang menarik untuk studi geologi di masa depan. Karena itu penelitian sejarah tektonik yang terus berlanjut tidak hanya akan meningkatkan pengertian kita tentang salah satu kawasan pulau-pulau yang secara geologis paling rumit dan dinamis di dunia, tetapi juga untuk memberikan pandangan tentang dinamika busur pulau dan tepi lempeng benua di kepulauan di Asia Tenggara dan kawasan lainnya di dunia.

2.2 Tanah*

Tanah adalah media pertemuan antara biosfer, atmosfer (udara), hidrosfer (air) dan litosfer (batuan) yang saling memengaruhi. Sebagai media yang kompleks, tanah memiliki sifat-sifat biologi, kimia dan fisika. Tanah mendukung pertumbuhan tanaman melalui penyediaan berbagai unsur hara, air dan sebagai penyangga yang kokoh. Tanah juga merupakan ekosistem yang sangat beragam. Keberadaan biota tanah, seperti jamur, bakteri, avertebrata (misalnya, binatang beruas-ruas seperti kelabang, lipan dan cacing) yang hidup di bawah permukaan tanah memiliki biomassa yang lebih tinggi daripada organisme tanah yang berada di atas permukaan. Namun, kerumitan biota ini masih belum dipahami dengan baik. Tanah juga menyimpan dan mengatur daur karbon dalam jumlah besar dan berperan penting sebagai sumber dan penampung gas rumah kaca.

Ada lima faktor utama yang memengaruhi pembentukan tanah: iklim, vegetasi, topografi, bahan induk dan waktu. Perbedaan kombinasi kelima faktor ini menghasilkan tipe tanah yang beragam di tempat-tempat yang relatif berdekatan. Umumnya tanah terbentuk melalui proses pelapukan batuan bahan induk. Laju pelapukan ini berlangsung paling cepat di kawasan tropis yang lembab dan dapat membentuk tanah dengan ketebalan mencapai 10 m. Namun, banyak sifat tanah yang juga dipengaruhi oleh keberadaan materi seperti aluvial (endapan berupa pasir, lumpur yang terhanyut dan diendapkan di sungai), timbunan debu yang terbawa angin, bahan organik (tanah gambut) dan hasil letusan gunung berapi. Karena itu bahan induk pembentuk tanah bisa berasal dari berbagai sumber. Tanah selalu berubah dan sering tidak mencapai titik keseimbangan atau kematangan. Karena itu profil tanah (urutan

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Soils of Papua", Geoffrey S. Hope & A.E. Hartemink.

TANAH

pelapisan atau perkembangan horison) memperlihatkan perbedaan antara tanah muda dan tanah tua. Proses pembentukan tanah juga sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia, misalnya, melalui pengolahan tanah, pengairan, pemupukan, penggalian batuan atau erosi tanah.

Tanah adalah media yang sangat dinamis dan sering mengalami perubahan karena beberapa hal: proses pengendapan, perubahan batuan, pemindahan materi tanah melalui pencucian dan erosi, serta perubahan iklim. Karena itu lapisan salah satu jenis tanah pada tanah yang lebih tua (palaeosol) merupakan hal yang biasa. Perbedaan jenis batuan, iklim dan topografi di Papua sangat memengaruhi pembentukan tanahnya. Bab ini mengulas secara singkat tentang tipe tanah utama di pulau ini, yang didasarkan pada hasil survei dan beberapa rujukan, seperti peta tanah Nugini oleh Haantjens dkk. (1967) yang disesuaikan dengan jenis tanah pertanian di PNG (Wood 1982; Bleekers 1983; Hanson dkk. 2001). Sistem lahan dan pemetaan tanah yang terinci telah diterbitkan berkaitan dengan pembangunan daerah transmigrasi di Papua tetapi datanya tidak tersedia untuk umum.

Klasifikasi Tanah

Memahami persebaran tanah dan sifat-sifatnya sangat penting untuk pengelolaan produksi pertanian dan kegunaan tanah lainnya. Di Papua, masyarakat umumnya memberi nama tersendiri untuk tanah yang mereka olah dan mereka mengetahui sifat-sifat tanahnya. Publikasi tentang tanah di PNG merujuk kepada taksonomi tanah yang umum digunakan yaitu sistem tata nama berdasarkan The United States Department of Agriculture (USDA) (Hanson dkk. 2001). Klasifikasi tanah didasarkan atas sifat-sifat tanah yang dapat diukur, antara lain: kedalaman, warna, tekstur (pasir, lempung berpasir, lempung liat), struktur (gumpal bersudut, kersai (butiran), remah, pilar); konsistensi (lengket, porus), sistem tanah-air, serta sifat-sifat kimia tanah seperti pH (tingkat kemasaman tanah) dan kemampuan tanah untuk menahan unsur hara. Sifat-sifat ini digunakan untuk menggolongkan tanah

EKOLOGI PAPUA

menurut kelasnya dan klasifikasi taksonomi tanah secara lengkap yang membutuhkan berbagai macam analisis kimia dan fisika tanah.

Taksonomi tanah dikenal luas secara internasional dan dapat diterapkan untuk Papua karena memudahkan pertukaran informasi. Namun ada beberapa masalah yang muncul ketika menentukan klasifikasi tanah di Papua, karena penentuan taksonomi tanah sangat bergantung pada analisis laboratorium yang sangat mahal. Banyak deskripsi dan analisis tanah di Papua tidak dapat digunakan untuk klasifikasi tanah karena data analisis laboratoriumnya tidak memadai. Selain itu, informasi kelembaban tanah dan suhu tanah juga diperlukan untuk menentukan taksonomi tanah, tetapi data yang tersedia untuk tanah di Papua masih sangat terbatas.

Tingkatan tertinggi dalam taksonomi tanah adalah ordo, yang dibentuk oleh kelompok tanah utama berdasarkan kemiripan proses pembentukan tanah tetapi regim hidrologis atau bahan induknya berbeda. Ordo tanah biasanya ditentukan mulai dari tanah yang baru terbentuk (muda) sampai yang telah terbentuk lama (tua), seperti tampak dalam horison tanah, proses terbentuknya warna tanah melalui proses oksidasi dan proses pencucian. Meskipun ada kaitan antara proses pelapukan tanah dengan waktu, bahan induk dan kondisi topografi sering mempercepat proses pelapukan, sementara kondisi yang lebih dingin dan kering dapat menghambatnya. Misalnya, pada batuan yang mengandung unsur besi (Fe) tinggi, seperti batuan basal yang berada di pertengahan lereng, limpahan air yang mengalir melalui profil tanah dan memiliki tingkat aerasi yang baik akan melapuk dan berubah warna menjadi merah cerah. Proses pelapukan tanah ini mungkin akan berlangsung lebih cepat daripada batuan lainnya.

Ordo tanah yang terdapat di Papua dan kelompok tanah yang penting ditulis dalam huruf miring. Deskripsinya dirujuk dari Bleekers (1983). Istilah tanah yang umum diterapkan di Asia Tenggara dirujuk dari Food and Agricultural Organization (FAO). Dalam buku ini istilah dari FAO ini ditulis dalam tanda kurung mengikuti nama tanah yang ditentukan menurut USDA.

TANAH

Entisol adalah tanah muda, profilnya hanya sedikit atau tidak ada, kecuali untuk tanah humus di horison permukaan. Tanah ini subur karena materi aluvial atau lereng curam yang tererosi atau daerah endapan pesisir. Misalnya, tanah liat masam di daerah bakau, *sulfaquents* adalah tanah liat yang terus-menerus tergenang air, lempung berliat yang tergenang (*aquents*), aluvial lempung berliat (*fluvent*) dan tanah pasir di tepi sungai atau pantai (*psamment*).

Histosol adalah tanah yang mengandung bahan organik sangat tinggi (tanah gambut). Tanah ini umumnya berwarna hitam kecoklatan sampai hitam dan terdapat di daerah berawa. Tanah ini tergenang air hampir sepanjang tahun. Histosol dikelompokkan menurut tingkat pelapukan bahan tanaman yaitu *fibrist*, *hemist* dan *saprist* pada lingkungan yang tergenang dan *folist* pada lereng yang airnya mengalir. Di banyak tempat, materi pembentuk tanah ini telah terakumulasi selama ribuan tahun dan dikenal sebagai bahan endapan organik (FAO; Histosol, gambut).

Inceptisol adalah tanah yang tergolong muda, memiliki horison yang terbentuk agak cepat oleh proses pelapukan bahan induk. *Tropaquepts* terbentuk dari batuan dan materi aluvial pada puncak bukit, cekungan di padang rumput dan bersifat masam. *Humitropepts* adalah tanah yang mengandung liat dengan ketebalan yang cukup dalam, terbentuk di daerah lembab dengan kandungan bahan organik yang cukup tinggi di permukaannya. *Eutropepts* dan *dystropepts* memiliki horison humus kemerahan atau berbintik di lapisan bawah yang mengandung batuan dan terdapat di lereng atau daerah yang mengandung materi aluvial sampai ketinggian 1.500 m. Pada ketinggian di atas 3.500 m, *cryochrepts* memiliki lapisan humus yang dangkal atau tanah yang tipis dengan lapisan gambut hitam dan lapisan liat di atasnya. (FAO: cambisol, cryosol). Inceptisol juga mencakup subordo andosol yang merupakan tanah produktif akibat pengaruh abu vulkanik. Tanah jenis ini tidak terdapat di Papua, tetapi umum dijumpai di PNG dan di beberapa Kep. Maluku, seperti Halmahera dan Ternate.

Vertisol adalah tanah yang dicirikan oleh kandungan liat tipe *monmorilonit* yang tinggi. Tanah liat ini sangat lekat ketika basah dan sangat keras ketika kering. Tanah ini dapat mengembang ketika basah

EKOLOGI PAPUA

dan retak ketika kering, tetapi umumnya sangat subur. Tipe ini terdapat di daerah basah musiman di wilayah yang kering, seperti di sekitar Merauke. (FAO: vertisol).

Mollisol adalah tanah yang terbentuk akibat akumulasi dan pembusukan bahan organik. Tingkat aktivitas biologis (keberadaan cacing tanah, semut, rayap, akar tanaman) sangat tinggi dan berperan dalam pembalikan tanah dan proses terbentuknya horison tanah meskipun lemah. Umumnya tanah ini memiliki kandungan basa tinggi (kalsium dan magnesium). Rendoll adalah tanah organik yang ketebalannya dangkal dan umumnya terdapat pada tanah kapur. Ustoll terdapat pada batuan granit di daerah savana yang memiliki musim kering yang mencolok, sementara udoll terdapat di daerah beriklim basah dengan ketinggian mencapai 1.500 m. Tanah ini memiliki horison atas berwarna abu-abu atau kecoklatan yang cukup tebal dan berangsur-angsur berwarna liat kecoklatan di horison bawahnya, dengan daya rembes terbatas. (FAO: phaeozem).

Alfisol terbentuk akibat proses pelapukan yang cukup tinggi, memiliki horison argilik (lapisan antara profil tanah dengan kandungan liat yang cukup tinggi akibat perpindahan liat dari lapisan atas ke lapisan bawah). Tanah ini kadang-kadang subur. Variasi tanah ini (*aqualf*, *ustalf*, *udalf*) menunjukkan kisaran tingkat kejenuhan air dalam tanah, mulai dari tergenang musiman sampai tergenang terus-menerus, sehingga bahan induk memiliki waktu yang cukup panjang untuk membentuk horison. Alfisol tertentu mengandung plinthis yaitu tanah yang mengandung unsur besi (Fe) tinggi, yang menandakan drainase yang buruk dan menjadi mudah mengeras jika kering. Rhodudalf termasuk dalam kelompok ini, yaitu tanah liat kemerahan yang terbentuk pada batu kapur, khususnya terumbu karang yang terungkit di dataran rendah. Tanah yang paling umum adalah tropudalf, yang berwarna kecoklatan di lereng-lereng batuan sedimen (FAO; luvisol)

Ultisol adalah tanah yang terbentuk karena proses pelapukan yang tinggi dan tergolong dalam tanah masam, mengandung argilik horison dan terdapat di daerah beriklim basah dengan ketinggian sampai 3.000 m. Tanah ini memiliki tingkat kejenuhan basa yang rendah. *Plinthaquults* terdapat di dataran rendah sekitar Merauke dan horison atasnya memiliki

TANAH

jenis tanah liat berpasir di atas lapisan liat berwarna abu-abu atau berbintik kecoklatan. Tanah ini tidak subur dan ketika kering mengeras (Schroo 1964). *Trophohumults* mengandung bahan organik yang cukup tinggi di seluruh profilnya, ditunjukkan oleh perubahan warna tanah dari kuning sampai kecoklatan pada kondisi basa dan masam. Tipe tanah ini terdapat di dataran bergelombang pada batuan sedimen dan batuan beku. Tropudults terdapat di daerah yang landai di bawah ketinggian 1.000 m; horisonnya berbintik merah atau kuning yang berangsur menjadi liat. Tanah ini bersifat masam dan tingkat kesuburannya rendah. (FAO: acrisol, alisol, lixisol, plinthosol, podzol).

Oxisol terbentuk karena tingkat pelapukan yang sangat tinggi dan tingkat kesuburannya rendah. Jenis tanah ini tidak umum di Papua. Tanah ini mencerminkan proses pelapukan yang umumnya berlangsung lama di daerah tropis. Tanah ini terbentuk pada permukaan tanah tua dengan kedalaman profil tanah mencapai beberapa meter. Lapisan atas telah kehilangan kandungan liat dan mineral silikat melalui proses pencucian, namun menahan limonit dan terkadang bauksit atau kaolinit. Batuan ultramafik sering diperkaya oleh oksida nikel, besi atau kobal. (FAO: ferrasol)

Persebaran Tanah

Jenis tanah yang paling umum di Papua adalah tanah muda entisol, yang mencakup hampir 25% tanah di seluruh pulau ini. Fakta ini mencerminkan tingginya aktivitas geologi dan erosi di sini. Entisol umum dijumpai di dataran tinggi, seperti Lembah Baliem dan di kaki perbukitan, di mana endapan aluvial berlangsung. Entisol juga ditemukan pada batuan pasir (batu sedimen yang mengandung pasir, umumnya kuarsa, diikat oleh silika, kalsium karbonat, oksida besi maupun liat), seperti yang terdapat di G. Trikora bagian utara. Di Papua, inceptisol terdapat di daerah pegunungan dan sering memiliki lapisan organik yang cukup tebal dan tanah liat pada lapisan bawah atau tanah humus dangkal pada batu kapur Mollisol yang terbentuk pada batu kapur dan tersebar di daerah batu kapur di jajaran pegunungan tengah,

EKOLOGI PAPUA

Weyland dan Arfak, juga terdapat di Biak dan Kep. Numfor. Di daerah ini sering terjadi erosi, dengan tingkat kehilangan tanah dapat mencapai 1 meter atau lebih. Erosi ini dapat dilihat pada lereng batu kapur karena batuan muncul di lapisan yang sebelumnya tertutup tanah sebelum ada pembukaan tanah. Proses ini menunjukkan erosi yang mungkin telah berlangsung selama ribuan tahun sebelumnya.

Alfisol umum terdapat di lereng bagian utara jajaran pegunungan tengah (Gambar 2.2.1). Ultisol (tanah yang tingkat telah melapuk berat) mencakup 25% luas lahan di Papua dan lebih dominan di kabupaten Merauke (50% dari dataran rendahnya adalah jenis tanah ini). Ultisol juga terdapat pada batuan beku, seperti di Peg. Cyclops. Histosol paling umum ditemukan di Taritatu (Idenberg) - lembah Mamberano (Gambar 2.2.2), di sekitar Teluk McCluer dan dataran rendah di selatan. Proporsi histosol di daerah-daerah ini mencapai sepertiga luas lahannya. Histosol juga terdapat di daerah pegunungan di atas ketinggian 3.000 m.



Gambar 2.2.1. Tanah alfisol di Kwiyawagi, Lembah Baliem Timur yang telah berumur lebih dari 100.000 tahun.

TANAH



Gambar 2.2.2. Daerah aliran Sungai Mamberamo, cekungan tektonik yang dilintasi oleh Sungai Tariku dan Sungai Taritatu, yang merupakan tanah aluvial entisol dan histosol yang tersebar luas di sekitar hutan rawa dan padang rumput dataran banjir.

Sebagian besar tanah di Papua merupakan mosaik berbagai tipe tanah yang mencerminkan sejarah erosi dan tingkat kemiringan lereng, yang sering mendorong terjadinya suksesi tanah baru. Paleosol juga umum terdapat di Papua (Gambar 2.2.3). Karena itu, pemetaan tanah di Papua perlu dilakukan lebih terinci. Tabel 2.2.1 menyajikan ikhtisar Kelompok Tipe Tanah Utama di Papua dan membandingkan persentase luas lahan dengan yang diperoleh dari sistem pemetaan tanah di PNG. Berbeda dengan histosol dan oxisol, persentase luas tanah inceptisol di Papua kecil, namun tersebar lebih luas. Hal ini mencerminkan bentang lahan yang lebih tua dan cekungan tektonik di provinsi ini.

Kelembaban Tanah

Kelembaban tanah adalah selisih antara jumlah curah hujan yang diserap oleh tanah dan jumlah air yang menguap ke udara melalui proses evapotranspirasi. Di Papua, kecuali di daerah Merauke, kelembaban tanah umumnya positif sehingga tidak membatasi pertumbuhan tanaman. Bahkan di lokasi yang paling kering tingkat kelembabannya tidak

EKOLOGI PAPUA

lebih rendah dari 75 mm (50% dari kemampuan tanah menyimpan air), sebagaimana perkiraan McAlpine dan Keig (1983) dari data provinsi di bagian barat. Di dataran tinggi dengan tingkat tutupan awan yang lebih tinggi, proses evaporasi rendah dan tanah masih tetap dalam kondisi jenuh air hampir sepanjang tahun. Tingkat keseimbangan air yang positif ini memperlambat proses pembusukan (dan akumulasi bahan organik) dan mungkin proses pencucian unsur hara. Kondisi ini juga memengaruhi terjadinya tanah longsor, terbentuknya terowongan dan saluran pada lokasi-lokasi yang curam dan tipe-tipe tanah yang rentan erosi. Namun, kekeringan juga terjadi di dataran tinggi maupun dataran rendah karena kemarau panjang, seperti yang terjadi selama periode El Nino tahun 1997-1998 (Ballard 2000).

Tabel 2.2.1. Persebaran ordo tanah utama di Papua.

Wilayah	Entisol	Histosol	Inceptisol	Vertisol	Mollisol	Alfisol	Ultisol	Oxisol
Merauke	A	D	B	D	D	X	A	X
Dataran rendah selatan	A	B	B	D	C	B	A	X
Lereng selatan	A	D	B	X	B	B	B	X
Lembah dataran tinggi	B	B	B	X	B	B	B	D
Alpin dan subalpin	C	A	D	X	X	D	X	X
Lembah-lembah di utara	A	B	C	X	C	B	B	X
Pegunungan di utara	B	D	C	X	C	C	A	D
Pesisir	A	C	A	X	C	D	C	C
Kepala Burung	A	C	A	C	C	X	B	C

Catatan: A: >25%; B: 10-25%; C: 2-10%; D: <2%; X: tidak ada.

TANAH



Gambar 2.2.3. Profil lereng tanah inceptisol di atas palaeosol di Bukit Supulah, sebelah barat Wamena. Lapisan humus berkembang di atas pasir yang tererosi dan tertutup oleh lapisan yang berkembang selama 30.000 tahun lalu.

Kesuburan Tanah

Di Papua, kepadatan penduduk yang tertinggi terdapat di dataran tinggi, karena tanahnya didominasi entisol yang berasal dari tanah aluvial dan juga alfisol dan mollisol yang umumnya cukup subur. Untuk meningkatkan kesuburan tanah, masyarakat Papua di dataran tinggi telah mengembangkan sistem pengembalian bahan organik ke dalam tanah, dengan cara menambah atau menggantikan kandungan unsur hara dalam tanah dan memelihara sifat fisik tanah (Ploeg 2005; Bagian 6). Sekitar 30% penduduk Merauke yang mengalami kekeringan secara musiman mengolah tanah ultisol. Upaya untuk mengembangkan persawahan di lahan seperti ini mengalami banyak kesulitan karena kebutuhan pupuknya tinggi dan juga kebutuhan mesin pertanian untuk mengolah tanahnya.

Ketersediaan hara untuk mendukung tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor. Tingkat hara yang rendah di dalam tanah mungkin merupakan hal alami, karena: rendahnya jumlah hara dalam bahan induk asal tanah tersebut; penyerapan dan pelepasan unsur hara dalam tanah; atau karena hara yang hilang akibat pencucian oleh curah hujan. Selain

EKOLOGI PAPUA

itu, ketidak-seimbangan unsur hara dalam tanah (seperti tingginya unsur kalsium dan rendahnya unsur kalium) dapat menyebabkan beberapa unsur hara tertentu dalam tanah dalam keadaan terbatas. Kondisi seperti ini juga disebabkan oleh faktor pengelolaan tanah, karena penanaman tanaman pertanian dan pembakaran berulang menghilangkan hara yang tidak digantikan oleh pupuk kandang atau pupuk buatan (Yaku dan Widyastuti 2005).

Kekurangan unsur hara juga memengaruhi produksi tanaman di Papua. Masalah ini tampaknya akan meningkat di masa depan, karena penambahan penduduk akan mendorong pertanian menjadi semakin intensif dan periode tanah tidak ditanami (bera) dalam sistem perladangan berpindah menjadi semakin pendek (Hartemink dan Bourke 2000).

Ketersediaan unsur nitrogen dalam tanah ditentukan oleh beberapa hal, yaitu: jangka waktu masa bera, jumlah tambahan bahan organik ke dalam tanah dan iklim (suhu dan curah hujan). Di Papua, sebagian besar unsur nitrogen dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman yang berasal dari bahan organik. Nitrogen dalam tanah ini umumnya tersedia lebih banyak di daerah dataran tinggi, yang suhu udaranya lebih rendah dan proses pelapukan bahan organik berjalan lebih lambat.

Ketersediaan unsur pospor (P) dalam tanah umumnya terkait dengan kandungan bahan organik. Sebagian kecil dari unsur P berasal dari proses pelapukan bahan induk atau bahan mineral sekunder. Pada umumnya P terdapat dalam bentuk kombinasi dengan kalsium (Ca), magnesium (Mg), besi (Fe) dan aluminium (Al). Meskipun P dalam tanah terdapat dalam jumlah besar, unsur yang siap diserap tanaman mungkin sangat kecil karena P terikat kuat dalam partikel tanah organik-liat. Pengikatan P akan semakin erat pada tanah ultisol dan oxisol yang bersumber dari semburan gunung berapi.

Ketersediaan unsur kalium (K) dalam tanah berkaitan erat dengan jenis batuan dan kandungan mineral batuan pada saat terjadinya proses pelapukan. Kekurangan unsur kalium biasanya disebabkan oleh tingginya proses pelapukan dan pencucian, dan semakin diperkuat jika ketersediaan kalium dalam tanah rendah. Tanah yang berkembang

TANAH

dari batuan kapur dan memiliki unsur kalium dan magnesium sangat tinggi mungkin memicu terjadinya kekurangan unsur kalium (akibat ketidakseimbangan unsur hara dalam tanah). Hal ini umum terjadi pada tanah-tanah tua yang terbentuk dari terumbu karang di Kep. Biak.

Penelitian tentang kekurangan unsur hara pada tanaman pertanian telah dimulai sejak tahun 1950, tetapi sekarang penelitian seperti ini dan strategi pengelolaan kesuburan tanah di Papua hanya terbatas sekali (Yaku dan Widyastuti 2005). Masalah kesuburan tanah terjadi di beberapa bagian pulau. Intensifikasi penggunaan lahan memengaruhi kesuburan tanah dan masalah kekurangan unsur hara akan meningkat pula, terutama untuk tanaman pangan yang tidak menggunakan pupuk buatan. Karena itu, dibutuhkan pemantauan perkembangan kekurangan unsur hara yang diimbangi dengan identifikasi kekurangan unsur hara melalui uji di lapangan dan analisis jaringan tanaman. Dibandingkan dengan kondisi tanah di wilayah Indonesia lainnya, tingkat kesuburan tanah di Papua lebih rendah. Hal ini mungkin menjelaskan tingginya keragaman ekosistem hutan (memiliki tingkat keragaman jenis yang lebih tinggi untuk luas lahan yang sama) dibandingkan pulau-pulau lainnya di Indonesia bagian barat. Akibatnya, tanah hutan menjadi lebih rapuh dan semakin sulit untuk pulih menjadi hutan kembali setelah hutan ditebang. Karena itu, penelitian tentang struktur dan hara tanah di provinsi ini sangat penting, demikian juga usaha untuk memertahankan kondisi tanah yang ada sekarang.

2.3. *Iklm**

Seperti telah dibahas dalam Bab 2.1 Papua merupakan perpanjangan dari Lempeng Benua Australia, yang membentuk penghambat arus air permukaan dari bagian barat Pasifik ke Samudra Hindia. Karena itu, air laut di permukaan dipindahkan melintasi Samudra Pasifik sehingga bagian yang terhangat di planet bumi menumpuk di bagian barat Pasifik di sebelah utara Papua, yang dikenal sebagai WPWP (*Western Pasific Warm Pool* atau daerah hangat di bagian barat Pasifik). WPWP ini adalah sumber energi panas terbesar bagi sirkulasi global atmosfer. Di bagian selatan Papua terdapat pecahan benua, yaitu L. Arafura yang dangkal, yang hanya memungkinkan sedikit perpindahan air antarlautan dan suhu permukaan lautnya tinggi. Meskipun tidak ada tempat di Papua yang berjarak 250 km dari laut, pulau ini terbagi dua oleh rangkaian pegunungan yang membentang dari timur ke barat dengan ketinggian melebihi 3.500 m dpl dan mencapai titik tertingginya di G. Jaya. Pola ini berulang di bagian barat yaitu di rangkaian pegunungan yang lebih rendah di Sem. Kepala Burung.

Dinamika Atmosfer dan Perubahan Musim

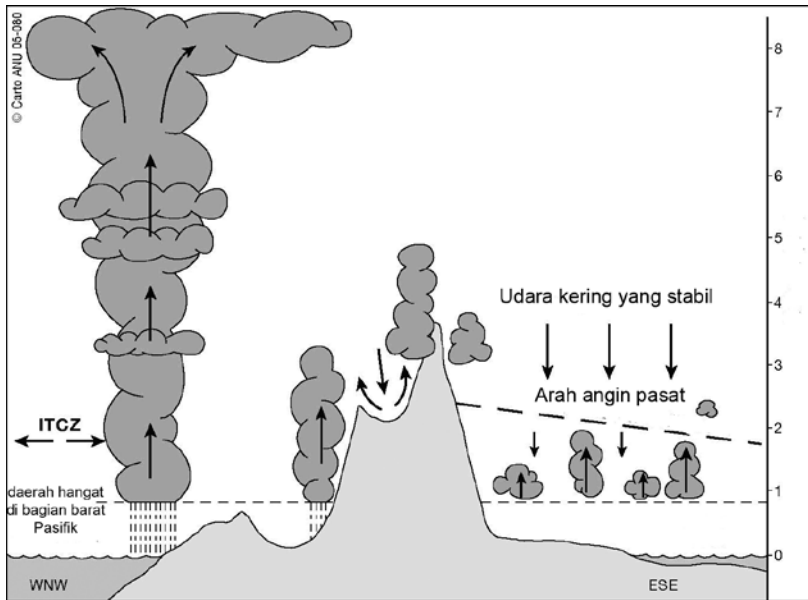
Pengaruh atmosfer dan laut dalam skala besar pada iklim di Papua dibahas MacAlpine dkk. (1983) dan Hastenrath (1991). Ada tiga sirkulasi utama yang mengatur iklim di Papua. Pertama adalah siklus Hadley, yang terdiri dari aliran udara permukaan yang bergerak ke arah ekuator, pengangkatan udara di atas muka laut dengan suhu tinggi, aliran udara ke arah kutub pada lapisan troposfer bebas dan kemudian udara yang mengalir turun pada pusat tekanan tinggi subtropis. Ke dua adalah sirkulasi Walker yang juga digerakkan oleh energi termal, tetapi berbeda dalam hal suhu muka

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Climate of Papua", Michael L. Prentice & Geoffrey S. Hope.

laut, yang melintasi wilayah tropis Pasifik. Di belahan Pasifik barat, sirkulasi ini menjadi kabur, karena kenaikan udara yang berkaitan dengan siklus Hadley dan sirkulasi Walker yang tidak dapat dibedakan. Sistem sirkulasi skala besar ke tiga yang agak tersamar berkaitan dengan alur semipermanen di lapisan tengah barat disebut alur kutub. Di bagian barat alur ini, udara di permukaan dibelokkan ke arah ekuator, sementara di bagian timur, udara ekuator dibelokkan ke arah kutub.

Tiga sistem sirkulasi ini menciptakan dua wilayah pertemuan udara permukaan yang penting. Di belahan bumi utara dan selatan, udara dari siklus Hadley bertemu di wilayah yang disebut *Intertropical Convergence Zone* (ITCZ), di mana kenaikan massa udara yang kuat diperkuat oleh pertemuan massa udara lembab di lapisan bawah. Meskipun lebih lebar di bagian timur Pasifik, ITCZ atau alur ekuator mencapai lebar 1.200 km di Nugini. ITCZ bergerak ke arah 15° di Lintang Utara dan Lintang Selatan di atas Nugini secara tahunan mengikuti permukaan laut yang terpanas. Palung di lapisan tengah di bagian timur yang paling memengaruhi Papua adalah pertemuan udara di Pasifik Selatan atau *South Pacific Convergence Zone* (SPCZ).

Angin permukaan yang memengaruhi Papua adalah angin Pasat Tenggara dan timur laut dan angin Musim Barat dengan ketinggian yang bervariasi. Sepanjang musim dingin di belahan bumi selatan, garis pertemuan angin Musim Selatan bergerak ke utara dan bertemu dengan angin utara Nugini (di ekuator), sehingga garis pertemuan utama ITCZ berada di utara sepanjang garis pertemuan Musim Utara. Akibatnya, Nugini sepenuhnya didominasi angin Pasat Tenggara. Selama musim panas di belahan bumi selatan, garis pertemuan Musim Utara bergerak ke selatan ke bagian utara Nugini dan ITCZ terjadi di garis Musim Selatan. Dalam hal ini, angin Pasat Timur Laut berbelok di ekuator dan menjadi Musim Barat di atas Nugini. Pada musim transisi, bergantung pada arah dan kekuatan gradien tekanan permukaan di palung ekuator, angin yang mendominasi umumnya berbeda antara dataran rendah utara dan selatan, dengan batas antara dua massa udara tersebut yang berada di wilayah pegunungan.



Gambar 2.3.1. Diagram faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan iklim.

Sumber: MacAlpine dkk. (1986).

Osilasi Selatan – El Niño

Sirkulasi Walker memiliki kekuatan yang berfluktuasi dalam skala 3-7 tahun dan menghasilkan osilasi (pola naik turun secara bergantian) pada tekanan udara permukaan di atas wilayah hangat di Pasifik bagian barat yang seirama tetapi berbeda fase dengan tekanan udara permukaan di atas wilayah tropis Pasifik tenggara. Osilasi ini dikenal sebagai Osilasi Selatan. Ketika sirkulasi melemah, tekanan permukaan di bagian Pasifik Timur menurun, sebaliknya di bagian Pasifik Barat meningkat. Daerah kenaikan massa udara yang luas di atas wilayah hangat Pasifik Barat bergerak ke arah timur sehingga mengurangi kenaikan udara di bagian Pasifik Barat. Karena itu, tekanan permukaan meningkat. Fluktuasi dari sirkulasi Walker meningkat karena perubahan yang saling berkaitan antara perubahan di air permukaan dan air di dekat permukaan di wilayah tropis Pasifik.

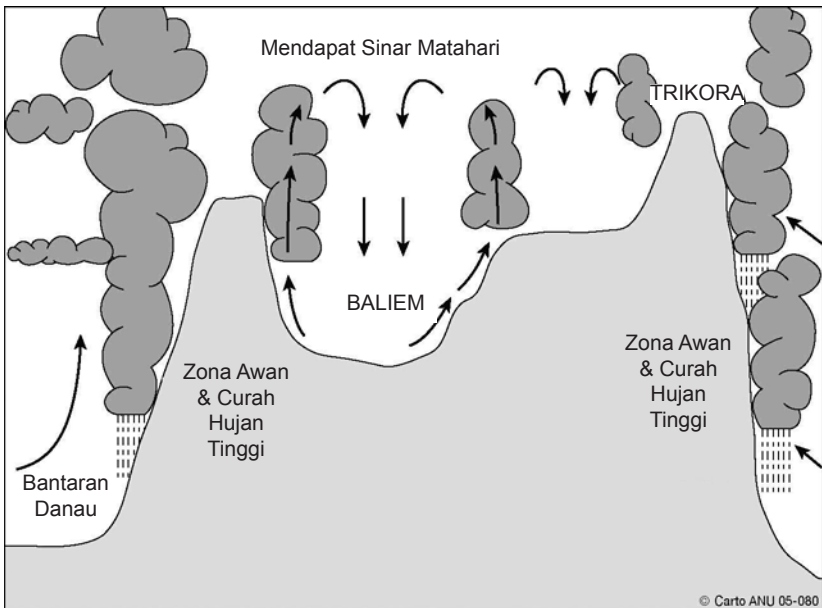
Daerah yang relatif dingin di wilayah tropis Pasifik Timur menghangat secara tidak tetap dan menyebabkan terjadinya angin pasat dan bahkan seluruh sirkulasi Walker menjadi lemah. Kondisi ini membuat WPWP mengalir ke arah timur, memperluas daerah pemanasan di wilayah tropis Samudra Pasifik bagian timur dan melemahkan sirkulasi Walker. Proses ini menyebabkan kondisi hangat yang disebut El Niño. Ketika arus lemah di kedalaman di mana terjadi perubahan suhu mulai bergerak ke arah barat balik kembali, yaitu waktu suhu permukaan laut Pasifik bagian timur mulai mendingin, suhu permukaan laut bagian timur kembali mendingin yang menyebabkan angin pasat menguat. Hal ini menyebabkan WPWP mundur ke arah barat, menaikkan kedalaman termoklin (lapisan di laut di mana suhu berubah sangat cepat seiring dengan kedalaman) di bagian barat. Keadaan yang relatif dingin di wilayah tropis Pasifik ini dikenal sebagai La Nina. Fluktuasi antartahun pada pasangan laut dan atmosfer Pasifik dikenal sebagai El Niño-Osilasi Selatan atau ENSO.

Radiasi dan Keawanan

Radiasi surya di puncak atmosfer selalu tinggi setiap tahun, tetapi tingkat tutupan awan yang tinggi mengurangi radiasi langsung di permukaan. Daerah yang memiliki siklus harian pembentukan hujan menerima radiasi di pagi hari. Akibatnya, ada perbedaan penerimaan radiasi pada sisi hadap yang berbeda. Hal ini mungkin tidak diharapkan karena sudut jatuh sinar matahari yang tinggi berlangsung sepanjang tahun. Lereng yang menghadap ke barat menerima radiasi yang jauh lebih sedikit daripada yang menghadap ke timur, sehingga memengaruhi hasil panen dan tanaman hanya bisa ditanam pada ketinggian yang terbatas. Brookfield (1964) mengatakan bahwa sirkulasi harian lokal adalah salah satu penyebab keberhasilan pertanian di lembah pegunungan. Tingkat keawanan yang tinggi dan curah hujan membuat kegiatan pertanian kurang tepat dilakukan di batas luar pegunungan, tetapi lembah yang terletak di antara gunung lebih kering dan lebih mendapat sinar matahari sehingga mendukung penanaman dengan jarak tanam yang rapat.

EKOLOGI PAPUA

Pemanasan di pagi hari menyebabkan udara naik di sepanjang lereng dan menciptakan awan di lereng-lereng gunung. Jika lembah gunung cukup luas, udara akan menurun ke bagian tengah lembah, menciptakan langit yang cerah dan sinar matahari yang melimpah (Gambar 2.3.2). Pada sore hari proses sebaliknya terjadi, ketika angin yang dingin menuruni lereng dan udara naik yang menyebabkan hujan pada sore hari pada bagian tengah lembah.



Gambar 2.3.2. Skema sirkulasi harian di lembah dataran tinggi. Arah sirkulasi kebalikannya terjadi pada malam hari.

Radiasi di puncak atmosfer beragam antara 5%-10% antara bulan November, waktu matahari tegak di atas kepala dan bulan Juli, waktu matahari berada pada jarak terjauh. Namun kondisi berawan paling rendah adalah selama musim dingin dan meningkat selama musim panas di belahan bumi selatan, sehingga radiasi yang diterima permukaan bumi kurang bervariasi dibandingkan di puncak atmosfer. Di Sentani, yang mendapatkan sinar matahari relatif tinggi, kerapatan energi matahari

IKLIM

berkisar antara 460-550 miliwatt/jam/cm² sepanjang tahun (McAlpine dkk. 1983). Nilai maksimum untuk Marauke mungkin mencapai 625 miliwatt/jam/cm².

Suhu

Di Nugini, stasiun pengamat cuaca sangat jarang, khususnya di daerah pegunungan. Karena itu, data meteorologis yang dikumpulkan pada transek dari ketinggian di atas permukaan laut (dpl) sampai ketinggian 4.400 m dpl di lereng yang menghadap selatan pada lokasi 137° BT dan 4° LS dianggap data yang mewakili Papua bagian selatan. Transek ini berdekatan dengan G. Jaya yang bersalju tebal dan karena itu disebut transek G. Jaya. Stasiun ini menunjukkan perbedaan suhu harian yang tinggi di ketinggian kurang dari 1.500 m dibandingkan di ketinggian di atas 1.500 m, khususnya pada bulan Januari. Contohnya, perbedaan rata-rata suhu maksimum dan minimum di bulan Januari adalah 8-10°C pada ketinggian di bawah 700 m dpl, tetapi di atas 2.500 m dpl, perbedaan suhu rata-rata harian bulan Januari dan Juli adalah 5°C. Data ini juga menunjukkan perbedaan musiman yang lebih besar di bawah ketinggian 2.000 m dpl daripada di atasnya. Contohnya, pada ketinggian 600 m dpl perbedaan suhu rata-rata bulan Januari dan Juli adalah 5°C, di atas 2.500 m dpl perbedaannya hanya 1°C. Suhu atmosfer di atas Marauke yang tercatat pada radiosonde juga menunjukkan peningkatan secara musiman pada ketinggian kurang dari 2.000 m dpl.

Menurunnya suhu dengan bertambahnya ketinggian di atas ketinggian 2.500 m dpl di transek G. Jaya rata-rata adalah 5,3°C/km. Angka ini hampir sama dengan penurunan suhu atmosfer di Marauke. Tingkat penurunan suhu untuk ketinggian di bawah 2.500 m dpl lebih tinggi, yaitu 7°C/km, untuk suhu maksimum bulanan yang menggambarkan pemanasan yang relatif kuat di udara dekat permukaan tanah selama siang hari. Laju penurunan suhu untuk suhu minimum lebih rendah daripada rata-rata tahunan karena pendinginan radiatif pada malam hari. Radiosonde di Marauke menunjukkan kecenderungan yang sama. Antara ketinggian 2.000-2.500 m dpl penurunan suhu untuk suhu

EKOLOGI PAPUA

maksimum bulanan relatif tinggi, yang kemungkinan mencerminkan posisi rata-rata bagian puncak dari lapisan perbatasan.

Ada keterkaitan yang kuat antara ketinggian dan batas-batas biofisik yang penting. Lingkungan di dataran rendah yang panas (megathermal) suhunya 25-35⁰ C sepanjang tahun dengan sedikit perubahan harian karena tingginya kapasitas panas dari udara yang jenuh. Pada ketinggian sekitar 1.200-1.400 m zona mesothermal (sedang) ukuran daun pohon mengecil dan evapotranspirasi menurun. Di atas zona ini, iklim dataran tinggi di pusat di lembah antargunung sekitar 18⁰ C tetapi selang hariannya lebih besar dari 10-25⁰ C; kebekuan sangat jarang terjadi sesudah periode cuaca kering. Di atas 2.800 m dpl pembekuan menjadi semakin sering sehingga terbentuk iklim mikrotermal (dingin) dan berubah menjadi hutan subalpin dengan daun bertipe mikrofil dan nanofil (daun-daun berukuran sangat kecil).

Garis batas tipe pohon pada ketinggian sekitar 3.900-4.200 m dpl menandai rata-rata isothermal tahunan sekitar 6⁰ C dan zona alpin tropis (Barry 1978b, Hnatiuk dkk. 1976). Suhu di siang hari dapat mencapai 20⁰ C tetapi pada malam hari kondisi beku pada -2⁰ C sampai -5⁰ C cukup umum. Karena kelembaban tetap tinggi, suhu malam yang lebih dingin di gunung tropis lainnya (-20⁰ C) tidak terjadi di sini (Hastenrath 1991). Karena salju yang tinggi, garis batas salju terjadi pada suhu rata-rata tahunan sekitar 1⁰ C yaitu pada ketinggian 4.650 m dpl (tahun 1972-1973). Puncak di atas ketinggian ini hanya ditumbuhi ganggang salju (Kol dan Peterson 1976, lihat Bagian 5). Salju yang turun pada ketinggian 3.800 m cukup umum pada tahun 1971-1973 tetapi cepat mencair dan biasanya hanya beberapa jam.

Kelembaban dan Curah Hujan

Rasio percampuran uap air (*mixing ratio* = MR) menurun dengan bertambahnya ketinggian. Misalnya, pada transek G. Jaya, rasio ini adalah 17-20 g/kg di permukaan laut sedangkan di ketinggian 4.400 m dpl sekitar 6-10 g/kg. Penurunan nilai MR ini konsisten dengan kandungan uap air pada atmosfer di atas Merauke yang menunjukkan

kenaikan yang mirip pada kelerengan antara 1.500-3.000 m dpl. Rata-rata hanya ada sedikit perubahan musiman pada kandungan uap air di transek G. Jaya, tetapi konsisten dengan perubahan ketinggian. Maksimum uap air terjadi di bulan Januari di semua ketinggian. Pola uap air musiman yang jelas terjadi di atas lapisan perbatasan di G. Jaya. Bagian atas lapisan perbatasan dan bagian bawah troposfer yang bebas di Merauke menjadi sangat kering selama bulan Juli daripada yang terjadi di transek G. Jaya.

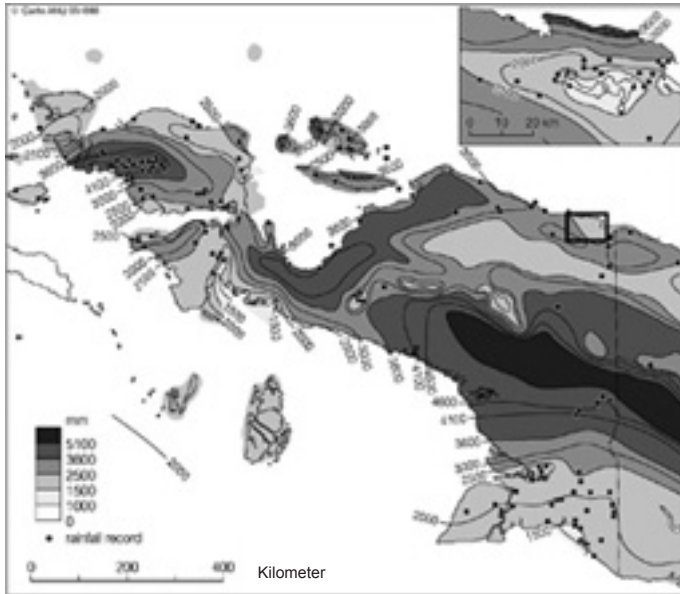
Curah Hujan Tahunan

Papua merupakan salah satu daerah terbasah di dunia. Sebagian besar wilayahnya menerima curah hujan 2.500-4.500 mm/tahun dan beberapa tempat menerima hujan lebih dari 7.000 mm/tahun. Peta pola hujan tahunan provinsi ini menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi terjadi di sepanjang bagian utara dan selatan rangkaian pegunungan utama dan di bagian timur Teluk Cenderawasih. Bagian barat Kepala Burung juga menerima curah hujan yang tinggi. Wilayah yang bercurah hujan sangat tinggi (lebih dari 7.000 mm/tahun) adalah di arah barat di bagian selatan pegunungan Merauke, melewati Lembah Baliem sampai ke Timika. Tidak ada catatan tentang curah hujan tertinggi di Papua, tetapi diperkirakan terjadi di G. Mandala dengan total curah hujan 12.000 mm/tahun. Tembapapura (ketinggian 1.950 m) menerima curah hujan 7.000 mm/tahun.

Di beberapa daerah tertentu, seperti di bagian selatan rangkaian pegunungan sepanjang transek G. Jaya, curah hujan meningkat dengan penambahan ketinggian. Namun di pulau secara keseluruhan curah hujan tahunan umumnya tidak berkaitan dengan ketinggian. Daerah yang curah hujannya di bawah 2.000 mm terjadi di Sentani karena merupakan daerah bayang hujan Peg. Cyclops seperti wilayah selatan Merauke yang mengalami musim kering terpanjang. Daerah-daerah yang bercurah hujan rendah lainnya (<2.500 mm/tahun) adalah di dataran rendah bagian utara jajaran pegunungan tengah, seperti Ok Sibil, Baliem, Hitalipa dan D. Wissel. Tempat terkering di Papua ialah Barari

EKOLOGI PAPUA

di Teluk Arguni dengan curah hujan 1.020 mm (Brookfield dan Hart 1966), yang merupakan daerah bayang hujan rangkaian gunung di selatan Teluk Cenderawasih dan Sem. Bomberai.



Gambar 2.3.3. Curah hujan tahunan di Papua. Inset menunjukkan daerah bayang-bayang hujan di sekitar Danau Sentani di sebelah selatan Pegunungan Cyclops.

Sumber: Brookfield dan Hart (1966).

Perubahan Musiman Curah Hujan

Perubahan musiman tidak terlihat di Papua, PNG dan Maluku karena posisinya yang dekat dengan ekuator dan berada di wilayah hangat Pasifik Barat. Di banyak bagian Papua, sebagian besar hujan terjadi antara Januari dan April pada musim barat laut dan yang paling lambat jatuh antara Mei, Agustus, pada musim Tenggara, yaitu pada saat angin pasat tenggara lebih kuat. Misalnya, sepanjang transek G. Jaya curah hujan musiman maksimum berubah pada 2.000 m dpl yang merupakan rata-rata ketinggian pada puncak lapisan pembatas dan batas atas untuk angin

tenggara. Di bawah 2.000 m dpl curah hujan maksimum terjadi selama musim tenggara, sementara di atas 2.000 m curah hujan maksimum berlangsung selama musim barat daya. Curah hujan musiman sangat berkurang pada ketinggian di atas 2.000 m dpl.

Daerah yang memiliki perbedaan nyata antara musim hujan dan musim kemarau adalah di sebagian besar wilayah selatan Marauke, yaitu dengan curah hujan 1.513 mm/tahun. Namun tidak ada bulan yang benar-benar kering, curah hujan umumnya lebih dari 100 mm/bulan, kecuali Agustus. Di banyak tempat, hujan turun sepanjang tahun dan tidak ada pola curah hujan musiman. Hal ini menggambarkan tingginya keragaman sumber dan intensitas hujan. Badai hujan harian lokal dapat berlangsung pada siang dan sore hari selama musim dingin. Sistem konvektif pada skala meso menyebabkan periode hujan dan gerimis selama sehari-hari di siang hari ketika ITCZ bergerak di atas pulau ini selama musim panas di belahan bumi selatan (Tokay dan Short 1999).

Keragaman Curah Hujan Antartahun

Keragaman curah hujan antartahun yang terkait dengan ENSO rendah di sebagian besar wilayah Papua, terutama dataran tinggi. Daerah yang keragamannya tinggi termasuk bagian selatan Marauke (MacAlpine dkk. 1983) yang curah hujan musimannya berubah nyata karena pengaruh ENSO. Misalnya, Papua mengalami periode kering yang luar biasa dengan curah hujan rendah selama El Niño seperti tahun 1997-1998 yang sangat mengganggu produksi pangan (Ballard 2000). Kekeringan ini berkaitan dengan pembekuan hebat pada ketinggian rendah, sesuatu yang tidak umum dan menghancurkan tanaman ubi dan tanaman pertanian lain. Kebakaran hutan terjadi di banyak bagian pulau, bahkan di hutan-hutan yang biasanya lembab.

Surplus dan Defisit Air Tanah

Jumlah air di dalam tanah yang tersedia bagi tanaman sangat penting dalam pertanian. Kandungan air tanah diukur melalui neraca air, yaitu perbedaan antara air yang masuk ke dalam tanah dan yang hilang dari

EKOLOGI PAPUA

permukaan karena evaporasi atau transpirasi tanaman atau mengalir ke dalam lapisan tanah yang tidak terjangkau akar tanaman. Jenis tanah yang berbeda memiliki kemampuan menahan air yang berbeda. Waktu tanah sanggup menyerap air lebih banyak tetapi air tidak tersedia (melalui hujan atau irigasi), maka neraca air tanah disebut defisit. Waktu air mulai mengalir meninggalkan permukaan tanah atau masuk sampai melebihi zona perakaran, tanah tidak lagi sanggup menyerap air. Kondisi air tanah ini disebut jenuh dan neraca air dalam kondisi surplus.

Ada lima pola neraca air tanah di Papua:

- Defisit air tanah yang parah di bagian selatan wilayah Merauke
- Defisit air tanah yang sedang di bagian tengah wilayah Merauke, yaitu daerah Sentani-Genyem dan P. Misool
- Defisit air tanah yang ringan di sebagian besar dataran rendah (di bawah 1.200 m dpl)
- Daerah yang jarang mengalami defisit dan air tanah surplus di dataran utama Nugini pada ketinggian sedang (1.200-1.500 m dpl)
- Daerah yang jarang mengalami defisit dan banyak surplus di dataran tinggi

Pola neraca air ini sangat memengaruhi sistem pertanian. Di daerah yang mengalami surplus air, air dialirkan melalui selokan atau tanaman ditanam di atas guludan. Di daerah yang mengalami defisit air, biasanya tanaman pertanian tertentu saja yang dapat dibudidayakan. Irigasi tidak umum di Papua, meskipun pengaturan air seperti pembagian aliran sungai banyak dilakukan. Taro adalah tanaman yang sangat membutuhkan irigasi dan sistem irigasi tradisional masih dilakukan di beberapa tempat seperti di Lembah Baliem.

Angin

Angin umumnya lemah dan Papua terletak di zona utara badai tropis yang menghancurkan, meskipun hujan deras akibat dari siklon yang

menuju pantai selatan juga mencapai daratan. Angin pasat tenggara menghasilkan angin lemah dengan kecepatan 10-20 km/jam di pesisir selatan. Angin barat yang lemah terjadi selama musim hujan, sedangkan angin yang kuat berkaitan dengan angin lokal yang mencapai puncak gunung ketika massa udara naik mengalir cepat. Badai hujan yang disertai hujan lebat umum terjadi di Papua karena ketinggian dan sistem tertentu yang lebarnya melebihi 20 km dan berdiameter 50 km. Angin vertikal ekstrem terjadi di badai ini dan membahayakan penerbangan sementara badai yang terkait dengan angin yang merusak menyebabkan kehancuran lokal.

Klim dan Perubahan Gletser

Berbagai model iklim menunjukkan kenaikan suhu di darat maupun di laut di daerah tropis yang dapat menyebabkan keragaman cuaca di masa depan. Pengaruh kenaikan suhu belum banyak diteliti di Papua, tetapi pengaruhnya terhadap luas gletser sudah diketahui. Gletser di Papua sangat penting karena fungsinya sebagai pencatat iklim yang telah terbukti di wilayah tekanan udara rendah Indonesia yang sangat luas.

Gletser di G. Jaya atau di tempat lain di Papua (Hope dkk. 1973) telah berkurang sejak pertama kali difoto tahun 1907 (Ballard dkk. 2001) dan 1936 (Colijn 1937). Gletser di Papua secara keseluruhan dikenal sebagai Gletser Carstenz. Bagian es utama G. Jaya pada tahun 1990-an terdiri dari dua lembah yaitu Meren dan Carstenz di lembah Kuning dan juga dua gletser dataran tinggi yaitu sebelah timur dan barat dari dinding utara batuan es (Gambar 2.3.4). Pada survei pertama gletser tahun 1936, bagian barat dan timur dari dinding utara batuan es sambung menyambung dan bagian yang timur menyediakan aliran es ke gletser di Meren bagian barat sehingga menjadi bagian dari gletser Meren Barat. Bagian timur dinding utara batuan es juga mengalir ke arah timur dari Meren sehingga dikenal sebagai gletser Meren Timur atau gletser Harrer. Menurut catatan geologis gletser Meren Timur pada tahun 1930 sangat luas. Pada tahun 1950 dan 1960 dinding utara

EKOLOGI PAPUA

batuan es ini terpisah menjadi bagian barat dan timur; pada tahun 1987, bagian timur dinding utara batuan es ini telah jelas terpisah dari gletser Meren.

Catatan yang lebih panjang dengan rincian waktu yang lebih detail adalah data penyusutan Carstenz dan pada tahun 1942 untuk Meren Timur. Antara tahun 1936 dan 2000, daerah pertemuan gletser Carstenz berkurang sebanyak 1,2 km, panjangnya menyusut sekitar 46%. Dalam selang waktu yang sama, Meren Barat menunjukkan penyusutan 2,6 km atau panjangnya berkurang 100%. Namun karena ada pemisahan Meren dari dinding utara batuan es, lebih beralasan membandingkan panjangnya gletser bagian barat pada tahun 1942 dengan bagian timur pada tahun 2000. Perbandingan ini menunjukkan penurunan panjang dinding utara batuan es ini sebesar 62%.

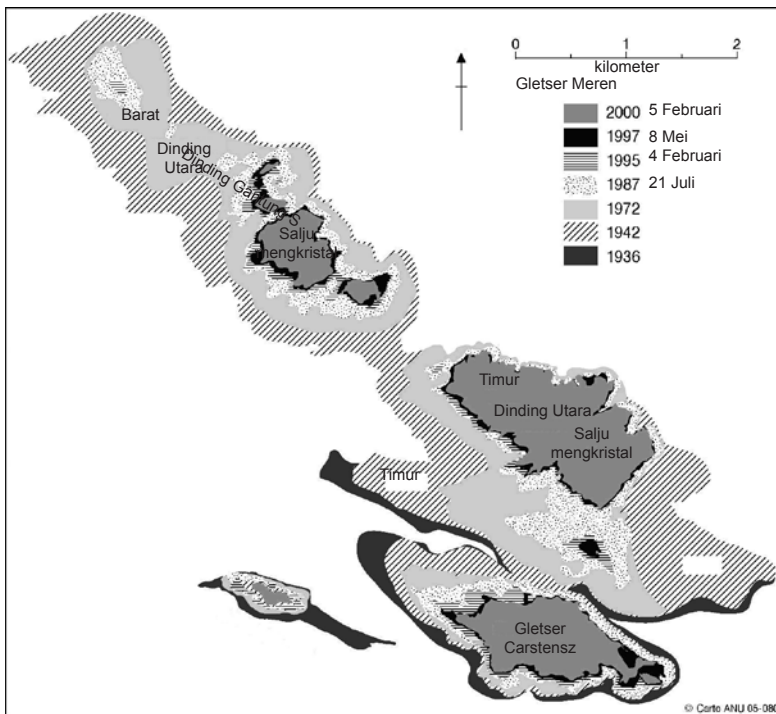
Penyebab penyusutan gletser Carstenz dan pengaruhnya secara lokal dan regional hanya diketahui secara kualitatif (Prentice dan Maryuani 2002). Puncak gunung lain terdapat di G. Idenberg, 15 km sebelah timur G. Jaya di G. Trikora dan G. Mandala dan G. Trikora sudah kehilangan esnya pada tahun 1960-an (Hope dkk. 1973) dan dari G. Idenberg pada tahun 1978 yang hanya menyisakan kubah es kecil di G. Mandala. Fluktuasi ini mungkin memang wajar dan gunung-gunung itu pernah mengalami bebas es pada Awal Holosen karena tidak ada bukti pembentukan gletser pada periode itu (Prentice dkk. 2005).

Penyusutan gletser Carstenz dari 11 km² menjadi 2,4 km² pada tahun 2000 menunjukkan penyusutan sebesar 80% luas es semula. Gletser Carstenz sendiri menyusut sekitar 70% selama selang waktu itu. Bagian barat dan timur mencair semuanya antara Juli 1997 dan Februari 1999. Perbandingan antara luas gletser di bagian timur dinding batuan es pada tahun 1942 dan pada tahun 2000 menunjukkan penyusutan 80% luas kawasan yang tertutup es.

Laju penyusutan sangat berguna untuk memahami penyebabnya. Untuk mengisolasi pengaruh tekanan iklim, tanda yang umum digunakan adalah sejarah laju penyusutan dan mencoba menghilangkan pengaruh topografi yang rumit. Pola yang dominan dari sejarah laju penyusutan

IKLIM

sutan bagian depan gletser Carstenz dan Meren Barat tampaknya menunjukkan peningkatan laju penyusutan dari tahun 1940-an dan mencapai puncaknya selama tahun 1995-1996 dan kemudian menurun sedikit. Sementara itu, laju penyusutan luas es menunjukkan ketidakkonsistenan yang nyata sehingga tidak mendukung hipotesis tentang adanya tekanan iklim. Laju perubahan luas gletser Carstenz menunjukkan peningkatan tekanan iklim yang mencapai puncaknya pada tahun 1995-1996. Akan tetapi laju penyusutan kawasan es yang lain sangat berbeda dibandingkan dengan pola di Carstenz.



Gambar 2.3.4. Gletser Cartenz dan perubahan luasnya sejak tahun 1936. Batas luas di Gletser Meren Timur pada tahun 1972, 1942 dan 1936 hanya merupakan skema.

EKOLOGI PAPUA

Kesimpulan

Papua memiliki iklim basah yang tidak umum baik dalam konteks Indonesia maupun global. Daerah pegunungannya yang luas terlalu basah dan berawan sehingga tidak mendukung kehidupan tanaman. Kelembaban ini melindungi Papua dari kekeringan dan memertahankan keseimbangan panas. Jajaran gunung yang terbentuk selama Periode Tersier menentukan parameter iklim dan biota Papua sudah beradaptasi dengan kisaran panas yang luas tetapi keragaman lokalnya rendah. Bahkan pergerakan es yang menurunkan garis batas salju tidak banyak memengaruhi surplus kelembaban secara umum, kecuali di bagian selatan. Dampak pemanasan global mungkin juga akan terbatas, karena curah hujannya mungkin akan meningkat dan variasinya mungkin juga meningkat karena pengaruh El Niño dan La Nina yang lebih sering dan lebih parah. Pembekuan yang parah dari El Niño di masa depan akan memusnahkan jenis hidupan yang sensitif terhadap pembekuan di bagian atas hutan pegunungan dan membatasi kegiatan pertanian.

2.4. *Biogeografi Daratan**

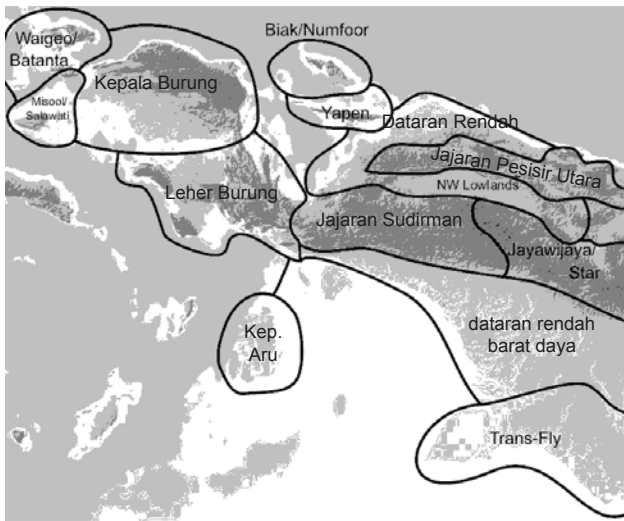
Biogeografi adalah studi tentang pola persebaran alami binatang dan tumbuhan di bumi. Pola persebaran biota di Papua di masa lalu dan sekarang masih sangat kurang dipahami (Gressitt 1982, Beehler 1993, Supriatna 1999). Bab ini menyajikan ikhtisar pola persebaran tumbuhan dan binatang, dimulai dengan evolusi geologi yang mendasarinya. Namun karena ikhtisar secara menyeluruh sulit dilakukan dalam ruangan yang terbatas, pembahasan akan difokuskan pada pola persebaran burung (Beehler dan Finch 1985, Beehler dkk. 1986) dan taksa lain di perairan akan dibahas dalam Bab 2.5.

Seperti dibahas dalam Bab 2.1 Papua mencakup sejumlah bentuk lahan utama yang dapat berperan sebagai subunit untuk menggambarkan pola persebaran biota saat ini. Bentuk lahan sekarang adalah hasil dari pergerakan Lempeng Australia ke arah utara yang bertumbukan dengan Lempeng Pasifik yang bergerak ke barat. Bagian ini mengalami tekanan di bagian utara dan juga akresi serangkaian busur dan fragmen kerak bumi di sepanjang tepiannya. Di daerah Leher Kepala Burung dan Kepala Burung, kontak dengan Busur Banda menghasilkan sesar atau geseran dan pergerakan utara-selatan di Leher Burung dan Sem. Wandamen dan juga Sem. Onin serta Bomberai di bagian barat daya. Untuk daratan utama Papua sebagian besar formasi cenderung mengarah ke barat laut-tenggara, bertentangan dengan lengkungan tajam Leher Burung yang merupakan jembatan antara Kepala Burung yang terisolasi dan Kep. Raja Ampat di bagian barat dan barat laut (Gambar 2.4.1). Celah lautan yang lebar berupa Teluk Cenderawasih mengisyaratkan pemisahan antara elemen bagian barat dari elemen (utama) bagian timur geografi Papua.

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Papuan Terrestrial Biogeography, with special reference to Birds", Bruce M. Beehler.

Kepala Burung merupakan bagian fragmen Lempeng Australia yang terpisah dari lempeng utamanya dan juga akresi fragmen kerak bumi (Utara Tamrau, Arfak). Kep. Raja Ampat yang berdekatan mencakup unit di bagian utara dan unit bagian selatan, yang terpisah oleh Selat Sagewin. Berbagai kejadian penimpalan fragmen kerak bumi menghasilkan pengungkitan dan pembentukan gunung yang berlangsung cepat, dengan menggabungkan tajam kerak bumi yang menekuk bagian palung pegunungan dan patahan (Palung Tariku-Taritatu dan Patahan Sorong-Tamrau). Bagian utara jajaran pegunungan tengah sangat mengesankan; puncak-puncaknya mencapai 3.700 m saat ini. Lebih ke barat, Peg. Tamrau dan Arfak mencapai ketinggian lebih dari 2.800 m.

Formasi tektonik terbesar di Papua adalah jajaran pegunungan yang sangat luas sebagai hasil proses pembentukan gunung melalui pemampatan yang menghasilkan puncak tertinggi di Pasifik (misalnya, Puncak Jaya, 4.884 m). Ke arah selatan, menurun sampai ke bagian Lempeng Australia yang stabil dilindungi oleh desakan sedimen materi es yang hanyut tererosi ke lereng terjal bagian selatan dari pegunungan utama.



Gambar 2.4.1. Daerah Kepala Burung Papua.

BIOGEOGRAFI DARATAN

Geografi Alami

Gerakan lempeng selama 25 juta tahun telah membentuk Papua yang sekarang dapat dibagi menjadi tiga belas subunit biogeografi. Masing-masing unit diuraikan secara singkat sebagai berikut:

WAIGEO/BATANTA. Kedua kepulauan utama di Kep. Raja Ampat ini, ditambah dengan kepulauan di sekitarnya, merupakan wilayah ber-gunung-gunung yang terjal dan tertutup oleh batuan kapur yang masih muda, masing-masing terpisah oleh selat-selat yang agak dangkal. Kofiau dapat digabungkan dengan unit ini untuk memudahkan, walaupun secara tektonik bukan bagian dari fragmen kerak bumi ini. Waigeo dan Batanta sama-sama memiliki dua spesies endemik *Paradisaea*, yaitu Cenderawasih merah (*Paradisaea rubra*) dan Cenderawasih botak (*Cicinnurus respublica*), Maleo waigeo (*Aepyodius bruijnii*) dikenal hanya dari perbukitan Waigeo, tetapi ada beberapa petunjuk bahwa spesies ini juga mendiami dataran tinggi Batanta.

MISOOL/SALAWATI. Kep. Salawati dan Misool terletak di dasar dangkal yang tampaknya menempel penuh ke tepi bagian barat Lempeng Australia. Misool termasuk rendah, tetapi terjal dan tertutup batuan kapur karst. Jalinan pulau kecil dengan batuan karst tinggi yang sempit paralel membentang ke arah timur dari pesisir timur Misool. Berdasarkan biotanya, unit ini kelihatannya yang terkait paling dekat dengan dataran rendah bagian selatan Kepala Burung (misalnya, Cenderawasih belah-rota *Cicinnurus magnificus* terdapat juga di Kepala Burung tetapi tidak ada di Waigeo/Batanta). Selat Sagewin yang memisahkan Salawati dari pegunungan Batanta merupakan pemutusan biogeografi lokal yang penting yang terkait dengan sejarah tektoniknya (perluasan Patahan Sorong). Selat ini merupakan pembatas geografis utama untuk jenis *Paradisaea (rubra vs. minor)* dan *Cicinnurus (respublica vs. magnificus)*. Analisis biogeografis yang seksama di seluruh selat ini akan menghasilkan daftar panjang tumbuhan dan binatang yang telah berevolusi di batas pola persebaran di kawasan ini.

KEPALA BURUNG. Selain dikenal sebagai Kepala Burung, Vogelkop atau Sem. Doberai, Kepala Burung merupakan formasi fisik terpen-

EKOLOGI PAPUA

ting ke dua di daerah Papua setelah pegunungan tengah. Kepala Burung merupakan subunit biologi Papua yang sangat istimewa, dengan beragam jenis burung endemik di sana, walaupun banyak di antaranya menyebar ke puncak-puncak tertinggi di pegunungan di daerah Leher Burung di dekatnya. Dua sebaran geografis jenis telah terbentuk di kedua sisi Leher Burung: di Kepala Burung ke arah barat laut dan bentuk pegunungan tengah ke arah tenggara. Jenis endemik di Kepala Burung mencakup *Astrapia arfak* (*Astrapia nigra*) dan Bondol arfak (*Lonchura vana*).

LEHER BURUNG. Leher Burung adalah subunit fisiografis yang paling kompleks di Papua dan merupakan satu-satunya tempat di Papua yang merupakan teluk dalam yang sempit (Teluk Triton, Etna dan Arguni). Biota daerah ini berkaitan erat dengan Kepala Burung dan banyak dari jenis endemik regional mendiami pasangan subunit ini (Kepala Burung dan Leher Kepala Burung), misalnya, Mandar-gunung garis-putih (*Rallidula leucospila*) dan Namdur polos (*Amblyornis inornatus*).

BIAK/NUMFOR. Kepulauan laut ini merupakan unit paling istimewa di seluruh daerah. Banyak endemik burung pulau dianggap sebagai ras dari berbagai jenis yang lebih tersebar luas oleh Mayr (1941), sehingga keunikan unit ini menjadi terselubung. Contoh jenis endemik adalah Nuri sayap-hitam (*Eos cyanogenia*), Gosong geelvink (*Megapodius geelvinckianus*) dan Nuri kate-geelvink (*Micropsitta geelvinckiana*).

PULAU YAPEN. Pulau ini adalah bagian dari *Sabuk Mobile* dan berkaitan dengan Patahan Sorong yang membelah Peg. Tamrau ke arah barat. Yapen kelihatannya telah terhanyut ke arah barat sampai ke Teluk Cenderawasih dari jajaran Peg. Van Rees. Yapen menunjukkan keterkaitan dengan dataran rendah bagian barat laut dan jajaran pesisir utara dan tidak memiliki jenis burung endemik.

DATARAN RENDAH BAGIAN BARAT DAYA. Dataran rendah barat daya merupakan hasil subduksi tepi bagian utara Lempeng Australia di bawah Lempeng Pasifik. Jenis endemiknya ada dua: Nuri-ara salvadori (*Psittaculirostris salvadorii*) dan Cikukua mamberano (*Philemon brassii*).

BIOGEOGRAFI DARATAN

JAJARAN PESISIR UTARA. Jajaran pesisir utara adalah hasil dari tumbukan busur pulau dengan Nugini selama Kala Oligosen sampai Kala Pliosen. Kontak tertua dan pembentukan gunung terjadi di barat dan yang termuda di timur. Tiga jenis endemik berkaitan dengan unit ini, semuanya terbatas di Peg. Foja: (Namdur dahi-emas *Melipotus* yang belum dideskripsi dan *Parotia berlepschi*).

JAJARAN PEGUNUNGAN SUDIRMAN. Jajaran pegunungan tengah dibagi dalam dua unit, yang dipisahkan oleh Lembah Baliem dari barat laut-tenggara dan membentuk pembatas fisik antara puncak-puncak tertinggi di bagian barat dengan yang ada di timur. Unit bagian barat mendukung gunung-gunung tertinggi di seluruh Pasifik tropis (Peg. Sudirman). Pegunungan Sudirman mendukung sejumlah jenis endemik yang terbatas, yaitu Puyuh Jayawijaya (*Anurophasis monorthonyx*), Robin salju (*Petroica archboldi*) dan Bondol dada-hitam (*Lonchura teerinki*). Saat ini masih belum ada bukti yang mendukung adanya jenis endemik yang dapat dibandingkan di Weyland.

PEGUNUNGAN JAYAWIJAYA/STAR. Daerah ini meliputi jajaran pegunungan tinggi yang mengesankan dan hanya sedikit lebih kecil daripada yang ada di bagian barat, tetapi lebih sedikit diteliti dan ciri-ciri biotanya kurang diketahui. Di daerah ini tidak ada jenis burung endemik.

KEPULAUAN ARU. Kepulauan ini merupakan jembatan daratan yang berkaitan erat dengan dataran rendah dan Trans-Fly di bagian selatan Papua. Kepulauan ini juga merupakan satu-satunya tempat Mandar bakau (*Eulabeornis castaneiventris*) berkembang biak. Aru dan di Trans-Fly sama-sama memiliki Cekakak-pita kecil (*Tanysiptera hydrocharis*), sementara Aru dan dataran rendah bagian selatan sama-sama memiliki Walik wallacea (*Ptilinopus wallacii*). Di daerah ini tidak ada jenis burung endemik.

DATARAN RENDAH BAGIAN BARAT DAYA. Dataran rendah barat daya merupakan bentuk baji pecahan Lempeng Australia yang semakin melebar dari barat ke timur. Daerah ini merupakan hutan basah dataran rendah terluas di Papua dan merupakan habitat alami jenis hampir endemik Cenderawasih besar (*Paradisaea apoda*). Ting-

kat endemismenya sangat rendah di daerah ini, terutama karena zona dataran rendah memiliki jenis yang tersebar luas. Selain itu hanya sedikit sekali penghalang alami yang membatasi daerah dataran rendah di barat daya dan daerah Fly-Purari di bagian timur.

TRANS-FLY. Secara geologis daerah ini berkaitan dengan dataran rendah bagian barat daya, tetapi menjadi istimewa karena berada di padang savana yang sangat musiman, yang terus berlanjut ke arah timur sampai PNG. Trans-Fly memiliki hubungan sangat penting di seluruh perbatasan dan juga Australia bagian utara, tetapi juga merupakan habitat alami bagi beberapa jenis hampir endemik seperti Cica-koreng mahkota-polos (*Megalurus albolimbatus*) dan Bondol topi-putih (*Lonchura nevermanni*).

Pola Persebaran Burung

Ada beberapa pola umum persebaran burung di Papua. Hutan dataran rendah cenderung tersebar meluas tetapi terbatas di tiga zona dataran rendah: daerah aliran sungai di bagian utara atau bagian selatan, atau dataran rendah di bagian barat (Kepala Burung dan Leher Burung). Jenis yang berkerabat di dataran rendah sering bertemu dan mengalami persilangan di pinggir bagian timur Leher Burung di akhir Pegunungan Tengah. Pola tiga bagian ini terdapat pada marga *Talegalla*, *Goura*, *Paradisaea*, *Psittaculirostris* dan *Chalcopsitta*. Karena itu, spesies seperti Mambruk ubiaat (*Goura cristata*) mendiami dataran rendah Kepala Burung dan Leher Burung; Mambruk victoria (*Goura victoria*) mendiami dataran rendah bagian utara daratan utama Nugini (tersebar sampai PNG); Mambruk selatan (*Goura scheepmakeri*) mendiami dataran rendah bagian selatan (tersebar sampai PNG).

Pola persebaran di pegunungan cenderung berkisar dari barat laut ke tenggara, mengikuti kecenderungan pegunungan utama dan dataran tinggi di Kepala Burung. Kelompok jenis pegunungan tersebar sangat beragam. Paradigalla ibinimi (*Paradigalla brevicauda*) tersebar ke arah barat sepanjang Pegunungan Tengah dari PNG sampai paling ujung barat pegunungan bagian barat. Di dataran tinggi Leher Burung dan Kepala

BIOGEOGRAFI DARATAN

Burung jenis ini digantikan oleh Paradigalla ekor-panjang (*Paradigalla carunculata*). Astrapia cemerlang (*Astrapia splendidissima*) yang tersebar sepanjang pegunungan tengah sampai batas baratnya, yang digantikan oleh Astrapia arfak (*Astrapia nigra*) di dataran tinggi Kepala Burung. Dengan pola yang sedikit lebih kompleks, marga Namdur (*Amblyornis*) mencakup bentuk pegunungan utama (*macgregoriae*), bentuk Kepala Burung/Leher Burung (*inornatus*) dan bentuk Jajaran Pesisir Utara (*flavifrons*).

Selain pola-pola utama tersebut, ada juga pola persebaran yang dipengaruhi oleh ketinggian, seperti marga burung *Epimachus*. *Epimachus meyeri* mendiami ketinggian lebih atas di seluruh jajaran pegunungan Nugini, sedangkan *fastuosus* mendiami ketinggian yang sedikit lebih rendah dan lebih ke arah barat (dari Kepala Burung ke arah timur ke bagian tengah PNG). Ada juga beberapa contoh spesiasi pegunungan, yaitu di pesisir utara jajaran pegunungan tengah dan mencakup marga *Amblyornis*, *Melipotés* dan *Parotia*.

Kebanyakan pola persebaran merupakan hasil spesiasi *allopatric* (pembagian wilayah). Artinya, populasi yang berkerabat tetapi terisolasi secara geografis oleh beberapa penghalang fisik atau lingkungan yang akan terdorong mengalami spesiasi karena isolasi geografis ini, yang memutuskan aliran gen. Diamond (1972, 1973) menjelaskan fenomena “drop-out” untuk menjelaskan perbedaan jenis di pegunungan timur-barat di sepanjang pegunungan tengah. Jenis induk yang semula tersebar luas kemudian terpecah. Kondisi ini memungkinkan perbedaan jenis yang terisolasi di bagian timur dan bagian barat. Dalam kaitannya dengan perbedaan di dataran rendah, pegunungan tengah dan Leher Burung tampaknya berperan sebagai penghalang yang mendukung spesiasi berlangsung. Perlu dicatat juga adanya bukti yang jelas tentang persebaran melalui air yang menyebabkan evolusi beberapa endemik pulau. Proses yang sama mungkin dapat menjelaskan persebaran jenis endemik burung yang terdapat di P. Biak.

Perlu diperhatikan bahwa berbagai proses yang dijelaskan di atas tidak memerlukan pergerakan lempeng atau fragmen kerak bumi. Untuk

burung, perbedaan pada tingkat jenis ini berlangsung selama kerangka waktu yang melibatkan penghalang ekologis untuk mendorong terjadinya spesiasi. Pada tingkat yang lebih tinggi (subsuku atau suku) pola-pola persebaran sekarang telah dikaji oleh Heads (2001a,b, 2002), yang menghasilkan bukti (di antara tumbuhan dan beberapa kelompok binatang) adanya perbedaan yang terkait dengan skenario lempeng tektonik yang diuraikan dalam Bab 2.1.

Peristiwa spesiasi modern pada burung tentu saja ada anomali yang bertentangan dengan penjelasan biogeografi sederhana. Misalnya, Cenderawasih jambul (*Cnemophilus macgregorii*) mendiami pegunungan tinggi di pegunungan tengah PNG dan meluas ke barat hanya ke sebagian kecil pegunungan di bagian Papua. Mengapa jenis ini tidak tersebar ke arah barat sampai ke Peg. Weyland masih merupakan misteri sampai sekarang, sementara banyak jenis pegunungan lain seperti Cenderawasih loria (*Cnemophilus loriae*) tersebar dari ujung di barat sampai ke ujung timur). Anomali lainnya adalah kehadiran *Otus beccarii* di P. Biak, yang merupakan satu-satunya keberadaan *Otus* di Papua. Mengapa *Otus* tidak ada di Kepala Burung atau P. Waigeo? Contoh-contoh ini hanyalah sebagian dari anomali yang mungkin akan jadi lebih beragam jika data persebaran untuk tumbuhan dan kelompok binatang lain tersedia. Penelitian mendatang untuk tumbuhan dan binatang Papua akan menghasilkan informasi anomali biogeografis dan pola-pola yang jelas dan berulang untuk beberapa dekade mendatang.

Studi molekul filogeografi seperti diuraikan oleh Mack dan Dumbacher (Bab 4.6) akan menjelaskan lebih lanjut tentang persebaran spesifik dan juga silsilah utama biota darat dari taksa yang lebih dikenal. Dalam kasus taksa yang belum banyak disurvei, survei lapangan jangka panjang dan mendalam mengenai marga penting akan sangat bermanfaat untuk menjelaskan pola-pola spesiasi atau diversifikasi (Heads 2001a,b, 2002, Welzen dkk. 2001). Informasi seperti ini juga akan menghasilkan klarifikasi sistematika molekular yang akan memungkinkan untuk melihat pola-pola persebaran berbagai taksa biota utama secara keseluruhan di Nugini.

2.5. *Biogeografi Perairan Tawar**

Biota air tawar di kawasan Melanesia dicirikan oleh tingkat keendemikan tinggi di sekitar wilayah tektonik, yaitu di dalam pulau-pulau besar (seperti Nugini) atau di antara kelompok pulau yang lebih kecil yang berkerabat geologis (seperti Kep. Louisiade dan Kep. Solomon) dengan pulau utama di dekatnya. Di sungai-sungai besar dan kecil, keendemikan ini sering memperlihatkan pergantian elemen-elemen jenis di sepanjang aliran sungai: individu jenis terpisah menurut ketinggian, suhu air, substrat, profil dasar dan berbagai tingkat salinitas (D. Polhemus dkk. 1992, J. Polhemus dan D. Polhemus 1996, D. Polhemus dan J. Polhemus 2000, Bab 5.5). Sebaliknya, kompleks danau dan lahan basah sering memiliki serangkaian jenis endemik lokal di masing-masing lokasi (Allen 1991).

Dalam analisis yang disiapkan untuk Penilaian Kebutuhan Konservasi Papua Nugini (*Papua New Guinea Conservation Needs Assessment*), Polhemus (1993), menetapkan 29 bagian keendemikan biota perairan tawar di Nugini dan pulau-pulau di dekatnya. Pembagian ini berdasarkan persebaran kelompok serangga air tertentu, utamanya kutu air (Heteroptera), capung jarum (Zygoptera) dan kumbang air (Gyrinidae). Hipotesis keendemikan regional untuk Papua ini kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh D.A. Polhemus, G.A. Allen dan D. Wowor sebagai bagian dari Lokakarya Penentuan Prioritas Konservasi Keragaman Hayati Irian Jaya (*Irian Jaya Biodiversity Conservation Priority-setting Workshop*) di Biak pada bulan Januari 1997. Dengan memanfaatkan peta vegetasi terinci yang secara akurat

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Freshwater Biogeography of Papua", Dan A. Polhemus & Gerald R. Allen.

menggambarkan luas hutan mangrove dan hutan rawa dataran rendah dan menggabungkan data tambahan dari ikan air tawar dan udang karang, kelompok ini dapat menghasilkan peta terinci keendemikan biota perairan tawar di Papua, dengan penetapan batas-batas unit yang lebih tepat. Peta ini diterbitkan pada tahun 1998 sebagai lampiran peta perencanaan konservasi yang lebih besar yang dihasilkan dari lokakarya tersebut. Hasil analisis ulang ini mengindikasikan bahwa analisis tahun 1993 oleh Polhemus sebagian besar akurat, kecuali untuk unit tertentu di Nugini, khususnya di sepanjang jajaran pegunungan tengah, yang cakupannya terlalu luas dan seharusnya lebih terpilah lagi. Selain itu, seperti disebutkan di atas, batas-batas yang tepat dari unit-unit tertentu juga dimodifikasi berdasarkan data fauna dan vegetasi tambahan.

Analisis yang dijelaskan dalam bab ini mengenali 40 wilayah keendemikan biota perairan tawar di Nugini dan pulau-pulau di dekatnya. Wilayah ini dikelompokkan ke dalam 6 wilayah keendemikan utama, yang terdiri dari satu pulau atau kelompok pulau. Selain itu, terdapat 12 subunit danau yang terdiri dari satu danau atau kompleks danau dengan biota endemik khas (lihat Tabel 2.5.1). Wilayah keendemikan mengacu pada daerah yang mengandung kumpulan jenis endemik yang muncul sebagai dasar pengetahuan saat ini untuk menunjukkan persebaran terbatas yang mirip. Wilayah keendemikan dianggap setara untuk sekelompok wilayah karena wilayah yang lebih luas sering mengandung subdivisi khas yang lebih sedikit di dalamnya (Tabel 2.5.1, Gambar 2.5.1 dan 2.5.2). Perlu ditekankan bahwa wilayah keendemikan yang diuraikan di sini hanya berlaku untuk organisme perairan air tawar dan tidak terkait dengan kelompok tumbuhan dan binatang lain.

Pendekatan wilayah keendemikan juga digunakan dalam beberapa laporan sebelumnya mengenai Sulawesi (J. Polhemus dan D. Polhemus 1988, 1990) yang dapat dipandang sebagai paling sedikit lima wilayah terpisah dalam hal persebaran biota air tawar. Situasi di Nugini hampir sama tetapi lebih rumit lagi karena ukuran pularnya lebih besar dan sejarah geologinya lebih rumit serta ketiadaan data survei fauna yang berlanjut mengenai banyak wilayah yang penting. Karena itu, pemba-

gian wilayah keendemikan yang digambarkan dalam Gambar 2.5.1 harus dianggap sementara dan akan terus disempurnakan sesuai dengan data persebaran yang tersedia.

Kelompok Biota untuk Menentukan Wilayah Keendemikan Biota Perairan Tawar

Tiga kelompok organisme yang sangat membantu untuk menentukan wilayah keendemikan biota perairan tawar di seluruh pulau adalah: ikan air tawar, udang karang dan serangga perairan. Semua kelompok ini memiliki sebaran jenis yang beragam dan khas secara regional di Nugini. Karena kelompok ini memiliki semua sejarah biogeografi individu di wilayah ini dan telah menerima tingkat perhatian yang berbeda dari para kolektor, persebaran jenis penyusun dan wilayah keendemikan yang mereka diami tidak sepenuhnya sama persis. Tidak ada dari kelompok yang digunakan dalam analisis ini merupakan jenis yang mewakili seluruh wilayah keendemikan yang digambarkan, sementara pada kasus-kasus lain satu jenis endemik regional mungkin terdapat di beberapa wilayah keendemikan. Pola-pola persebaran yang diamati dapat juga menunjukkan kesamaan di antara kelompok yang diamati dan menunjukkan bahwa wilayah endemik yang mereka huni mungkin juga berlaku untuk elemen-elemen biota perairan pulau tersebut.

Ikan

Data untuk ikan air tawar bersumber dari Allen (1991, 1996, 2003a,b), Allen dkk. (2000) dan dari catatan koleksi tambahan yang tidak diterbitkan yang dikumpulkan oleh Allen. Empat genus terbukti memiliki banyak jenis yang persebarannya terbatas sehingga berguna untuk menentukan wilayah keendemikan: *Melanotaenia*, *Mogurnda*, *Allomogurnda* dan *Hephaestus*. Marga ini menjadi penting, khususnya karena memiliki jenis endemik di satu danau lembah sungai, sehingga menentukan wilayah keendemikan danau yang tidak terwakili oleh udang karang atau serangga perairan (Tabel 2.5.1).

Udang Karang

Data untuk udang karang bersumber dari publikasi Holthuis (1939, 1950, 1956, 1958, 1982, 1986). Satu kelompok yang paling menarik perhatian adalah genus *Charax*, yang terdiri dari 14 jenis yang jelas sekali menentukan wilayah keendemikan di bagian selatan pegunungan tengah yang memisahkan wilayah keendemikan pulau. Wilayah ini memiliki jenis endemik danau, khususnya di D. Paniai dan D. Kutubu (lihat Tabel 2.5.1). Bott (1974) juga melaporkan tiga marga kepiting air tawar yang terdiri dari 13 jenis dari Nugini. Namun karena lokasi pengumpulannya relatif terbatas, sulit untuk menyimpulkan wilayah keendemikannya.

Tabel 2.5.1. Bagian-bagian wilayah keendemikan biota perairan tawar yang ditunjukkan oleh kelompok ikan, udang karang dan beberapa serangga perairan air tawar.

Wilayah 1: Kep. Raja Ampat
Bagian 1. Waigeo
Bagian 2. Batanta
Bagian 3. Misool

Wilayah 2: Sem. Kepala Burung dan Bomberai
Bagian 4. Dataran Rendah Kepala Burung
Bagian 5. Dataran Tinggi Kepala Burung
Bagian 6. Antiklin Kepala Burung
Bagian 7. Pegunungan Fakfak dan Kumawa

Wilayah 3: Jajaran Pegunungan dan Lembah di pesisir utara dan pulau-pulau lepas pantai di sekitarnya
Bagian 8. Biak-Supiori
Bagian 9. Yapen
Bagian 10. Dataran Rendah Pesisir Baratlaut Papua
Bagian 11. Pegunungan Van Rees dan Foja
Bagian 12. Pegunungan Cyclops
Bagian 13. Pegunungan Bewani, Torricelli dan Prince Alexander
Bagian 14. Pegunungan Adelbert, Finisterre dan Saruwaged
Bagian 15. Daerah Aliran Sungai Mamberamo
Bagian 16. Daerah Aliran Sungai Sepik-Ramu-Markham

Wilayah 4: Jajaran Pegunungan Tengah
Bagian 17. Tanjung Mamberamo
Bagian 18. Tanjung Sepik-Ramu
Bagian 19. Pegunungan Weyland
Bagian 20. Dataran Tinggi Tengah Papua Barat
Bagian 21. Dataran Tinggi Tengah Papua Timur
Bagian 22. Dataran Tinggi Morobe
Bagian 23. Tanjung Arafura
Bagian 24. Tanjung Trans-Fly
Bagian 25. Tanjung di Teluk Papua

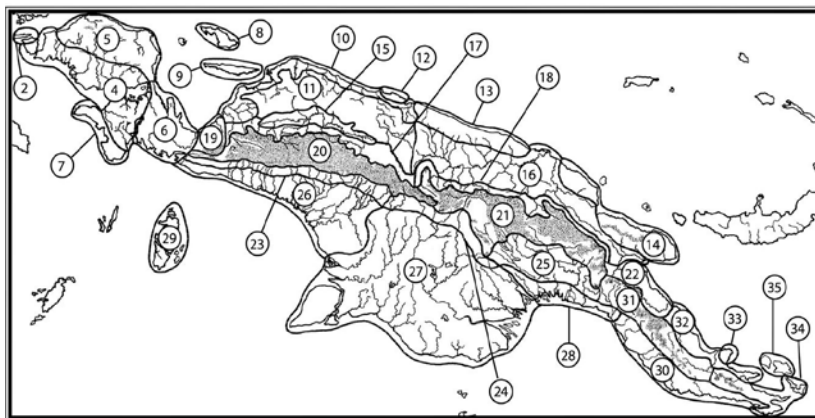
BIOGEOGRAFI PERAIRAN TAWAR

Wilayah 5: Dataran Rendah Pesisir Bagian Selatan dan pulau-pulau di sekitarnya

- Bagian 26. Dataran Rendah Pesisir Arafura
- Bagian 27. Dataran Rendah Pesisir Trans-Fly
- Bagian 28. Dataran Rendah Pesisir Teluk Papua
- Bagian 29. Aru

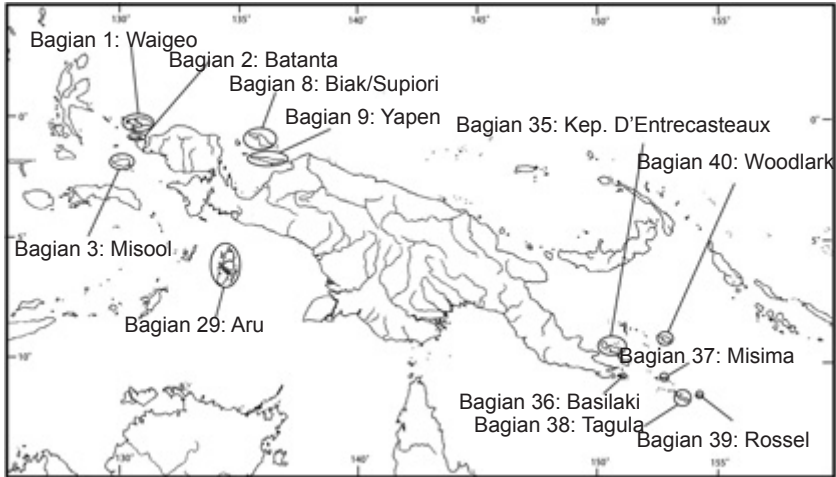
Wilayah 7: Sem. Papua dan pulau-pulau lepas pantai di sekitarnya

- Bagian 30. Sem. Papua Selatan
 - Bagian 31. Pegunungan Owen Stanley
 - Bagian 32. Tanjung Popondetta
 - Bagian 33. Sem. Cape Nelson
 - Bagian 34. Pegunungan Cloudy
 - Bagian 35. Kep. D'Entrecasteaux
 - Bagian 36. Pulau Basilaki
 - Bagian 37. Pulau Misima
 - Bagian 38. Pulau Tagula
 - Bagian 39. Pulau Rossel
 - Bagian 40. Pulau Woodlark
-



Gambar 2.5.1. Bagian-bagian wilayah keendemikan biota perairan tawar di Nugini dan kelompok pulau di dekatnya. Angka di gambar menunjukkan: 2. Batanta; 3. Misool; 4. Dataran Rendah Kepala Burung; 5. Dataran Tinggi Kepala Burung; 6. Antiklin Kepala Burung; 7. Pegunungan Fakfak dan Kumawa; 8. Biak-Supiori; 9. Yapen; 10. Dataran Rendah Pesisir barat laut Papua; 11. Pegunungan Van Rees dan Foja; 12. Pegunungan Cyclops; 13. Pegunungan Bewani, Torricelli dan Prince Alexander; 14. Pegunungan Adelbert, Finisterre dan Saruwaged; 15. Lembah Sungai Mamberamo; 16. Lembah Sungai Sepik-Ramu-Markham; 17. Tanjung Mamberamo; 18. Tanjung Sepik-Ramu; 19. Pegunungan Weyland; 20. Dataran Tinggi Tengah Papua Barat; 21. Dataran Tinggi Tengah Papua Timur; 22. Dataran Tinggi Morobe; 23. Tanjung Arafura; 24. Tanjung Trans-Fly; 25. Tanjung Teluk Papua; 26. Dataran Rendah Pesisir Arafura; 27. Dataran Rendah Pesisir Trans-Fly; 28. Dataran Rendah Pesisir Teluk Papua; 29. Aru; 30. Tanjung Sem. Papua Selatan; 31. Pegunungan Owen Stanley; 32. Tanjung Popondetta; 33. Sem. Cape Nelson; 34. Pegunungan Cloudy; 35. Kep. D'Entrecasteaux.

EKOLOGI PAPUA



Gambar 2.5.2. Bagian-bagian wilayah keendemikan biota perairan tawar di wilayah lepas pantai Nugini. Untuk penjelasan definisi dan penomoran wilayah lihat teks.

Serangga Perairan

Data persebaran yang dapat dipercaya mulai tersedia untuk kelompok serangga perairan tertentu di Nugini, termasuk capung dan capung jarum (ordo Odonata, masing-masing subordo Anisoptera dan Zygoptera), kumbang (ordo Coleoptera, famili Gyrinidae) dan kumbang air (ordo Heteroptera). Informasi untuk Zygoptera dikutip dari publikasi Lieftinck (1932, 1933, 1935, 1937, 1938, 1949a,b, 1955a,b, 1956a,b, 1957, 1958, 1959a,b, 1960, 1963), Gyrinidae dari Brinck (1976, 1981, 1983, 1984); dan untuk Heteroptera utamanya dari Andersen (1975, 1989a,b), Lansbury (1966, 1968, 1972, 1973, 1993, 1996), D. Polhemus dan J. Polhemus (1985, 1986a,b, 1989, 1997, 2000a,b,c, 2001, 2004), J. Polhemus dan D. Polhemus (1987, 1991, 1993, 1994a,b, 1995, 1996, 2000, 2001, 2002) dan Todd (1955, 1959). Kisaran persebaran jenis ditempatkan pada taksa di banyak marga di dalam kelompok di atas, untuk mencari keterkaitan pola-pola persebaran. Jenis yang terdapat di dalam setiap wilayah keendemikan tercantum dalam Lampiran 2.5.1.

Wilayah Keendemikan Biota Perairan Tawar di Nugini dan Pulau-pulau Sekitarnya

Berdasarkan biogeografi organisme perairannya, di Nugini ada empat wilayah endemik besar: Kepala Burung, jajaran pegunungan di pesisir utara, dataran tinggi tengah dan dataran rendah bagian selatan (Lieftinck 1938, 1949a,b, Allen 1991). Keempat wilayah ini umumnya berkaitan dengan wilayah fisiografis umum di Nugini secara keseluruhan. Studi saat ini menunjukkan bahwa keempat wilayah ini memang valid, tetapi di dalamnya terdapat banyak wilayah keendemikan lain yang lebih kecil (Gambar 2.5.1 dan 2.5.2, Tabel 2.5.1). Di bagian pusat Nugini terdapat pemisahan biota yang jelas menurut ketinggian. Pemisahan ini dinyatakan dengan menggambarkan unit fauna dataran rendah, tanjung dan gunung yang luas. Kisaran ketinggian umum untuk unit-unit ini adalah: dataran rendah 0-50 m; tanjung 50-1.200 m; dataran tinggi di atas 1.200 m.

Wilayah 1: Kep. Raja Ampat

Bagian 1. Waigeo. Pulau terbesar di wilayah 1 ini mewakili batuan opiolit dan mendukung taksa endemik untuk hampir seluruh kelompok yang diamati.

Bagian 2. Batanta. Sebuah pulau kecil, sempit, tetapi terpisah dari Salawati di sepanjang selat sempit yang terbentuk oleh bekas dasar laut patahan Sorong. Pulau ini mendukung taksa endemik dari beberapa marga Heteroptera perairan. Pegunungan di bagian utara P. Salawati mungkin juga termasuk dalam unit ini.

Bagian 3. Misool. Pulau ini berada di atas lempeng Papua dan terutama terbentuk dari batuan kapur seperti di Fakfak dan Kumawa. Taksa endemik terdapat di sini pada kelompok tertentu, sementara pada kasus lain jenisnya juga terdapat di dataran rendah Kepala Burung sampai ke timur dan di Maluku Tengah (Ambon, Seram, Buru) sampai ke barat.

Wilayah 2: Sem. Kepala Burung dan Bomberai

Bagian 4. Dataran Rendah Kepala Burung. Bagian ini mencakup dataran rendah pesisir bagian selatan P. Salawati sampai Teluk Etna, termasuk bagian pusat Sem. Bomberai yang rendah. Bagian keendemikan ini mencakup Zygoptera dan Heteroptera tertentu. Pegunungan Wagon di bagian paling utara Salawati di ujung selatan bagian ini tampaknya berkerabat dengan Batanta (Bagian 2), tetapi masih belum terklasifikasi dalam analisis saat ini.

Bagian 5. Dataran Tinggi Kepala Burung. Bagian ini mencakup Peg. Arfak dan Tamrau. Dasar Peg. Tamrau terbentuk dari Era Paleozoikum dan mewakili sebuah pecahan Lempeng Australia. Taksa endemik terdapat pada banyak kelompok di daerah dataran tinggi ini. Unit ini juga mencakup D. Ayamaru, yang mendukung paling sedikit empat ikan endemik.

Bagian 6. Antiklin Kepala Burung. Unit ini terdiri dari antiklin batuan kapur Sabuk Lipatan Lengguru di kawasan Leher Burung, dari S. Jakati ke arah tenggara sampai Teluk Etna. Beberapa danau yang ukurannya berubah-ubah terdapat di belakang Kaimana. Dataran tinggi unit ini membentuk koridor transisi antara dataran tinggi Kepala Burung dan pegunungan di daratan utama Nugini dan danau-danaunya yang mendukung sejumlah jenis ikan endemik dan satu genus endemik (*Pelangia*). Sem. Wandamen juga telah dimasukkan dalam unit ini untuk saat ini, tetapi pecahan Lempeng Australia di bagian yang bergunung ini mungkin akan terbukti sebagai wilayah keendemikan perairan tersendiri ketika survei fauna yang memadai telah dilakukan.

Bagian 7. Pegunungan Fakfak dan Kumawa. Jajaran pegunungan kapur yang luas ini terdapat di sepanjang tepi barat Sem. Bomberai. Kedua jajaran pegunungan tidak lebih tua dari Kala Pliosen dan mewakili pulau-pulau pegunungan yang terangkat dan telah memungkinkan kelompok jenis serangga endemik perairan dalam jumlah terbatas.

Wilayah 3: Jajaran Pegunungan dan Lembah di Pesisir Utara dan Pulau-pulau Lepas Pantai di Sekitarnya

Bagian 8. Biak-Supiori. Pasangan pulau yang hampir bersambungan ini terletak di luar Lempeng Papua dan tidak terhubung dengan pulau utama selama Kala Pleistosen. Biak sebagian besar berupa batuan kapur karang Periode Kuartar, tetapi Supiori mengandung singkapan batuan andesit busur vulkanik. Pengambilan sampel serangga perairan di sini relatif sangat kurang, tetapi kehadiran jenis endemik pada Heteroptera perairan telah diketahui, yaitu dari Gerridae dan Notonectidae.

Bagian 9. Yapen. Pulau ini adalah pecahan dari Peg. Van Rees. Fauna yang ada berkerabat dengan yang ada di jajaran pesisir utara Papua, tetapi mendukung jenis endemik Zygoptera dan tiga jenis ikan endemik.

Bagian 10. Dataran Rendah Papua barat laut. Lembah Sungai Kori-me dan Tami pada ketinggian di bawah 400 m kelihatannya merupakan wilayah keendemikan fauna. Survei di masa depan mungkin akan mengungkap ciri-ciri fauna kawasan ini kenyataannya lebih tersebar di seluruh utara dataran rendah pesisir utara Papua.

Bagian 11. Pegunungan Van Rees dan Foja. Daerah pesisir di utara lembah S. Mamberamo masih belum banyak dieksplorasi dan sangat sedikit koleksi ikan atau serangga perairan yang telah dilakukan. Namun dari sedikit sampel yang ada mengindikasikan bahwa wilayah ini mendukung jenis endemik dari beberapa kelompok dan berkerabat dengan yang ada di Peg. Bewani, Torricelli dan Prince Alexander di bagian timur. Unit ini terbagi dua oleh jurang dalam dari utara ke selatan S. Mamberamo, yang mungkin dapat dijadikan dasar pembagian unit ini menjadi dua unit terpisah. Unit yang digambarkan di sini meliputi daerah perbukitan selatan D. Sentani, yang telah disurvei sampai beberapa tahap. Jenis endemik regional tertentu di wilayah ini juga terdapat di Tanjung Mamberamo (Bagian 17).

Bagian 12. Pegunungan Cyclops. Pegunungan terjal ini mewakili akresi fragmen batuan opiolit. Jenis endemik dikenal dari banyak kelompok, termasuk Heteroptera (Gerridae, Naucoridae) dan Zygoptera.

EKOLOGI PAPUA

Bagian ini merupakan satu-satunya lokasi di Nugini tempat koleksi Plecoptera telah dilakukan.

Bagian 13. Pegunungan Bewani, Torricelli dan Prince Alexander. Daerah ini berada di wilayah pegunungan yang membatasi PNG dan muara S. Sepik. Bagian ini merupakan busur pulau yang telah terakresi dan memiliki jenis endemik Heteroptera dari famili Naucoridae dan Gerridae.

Bagian 14. Pegunungan Adelbert, Finisterre dan Saruwaged (Sem. Huon). Kompleks pegunungan di pesisir utara ini memanjang dari timur delta S. Sepik sampai ujung Sem. Huon. Bagian ini dianggap sebagai sebuah pulau yang sebelumnya terpisah tetapi kemudian terakresi. Karena itu jajaran pegunungan ini memiliki banyak jenis endemik Odonata dan Heteroptera.

Bagian 15. DAS Mamberamo. Daerah aliran S. Taritatu dan S. Tariku adalah bagian hilir S. Mamberamo. Bagian ini belum banyak disurvei untuk biota perairan, tetapi dikenal mendukung ikan dan capung jarum endemik tertentu.

Bagian 16. DAS Sepik-Ramu-Markham. Daerah yang luas ini dialiri oleh S. Sepik, S. Ramu dan S. Markham. Fauna dataran rendah yang ada yaitu Gerridae dan paling sedikit 11 ikan endemik.

Wilayah 4: Jajaran Pegunungan Tengah

Bagian 17. Tanjung Mamberamo. Kaki perbukitan bagian utara Pegunungan Tengah pada ketinggian antara 50 dan 1.200 m, dari S. Wamma di bagian barat sampai ke Sepik-Mamberamo di bagian timur. Banyak Zygoptera yang rupanya endemik dikenal dari bagian ini karena koleksi yang dilakukan oleh Ekspedisi Archbold III tahun 1939.

Bagian 18. Tanjung Sepik-Ramu. Kaki perbukitan di bagian utara Pegunungan Tengah pada ketinggian antara 50 dan 1.200 m, dari Sepik-Mamberamo di bagian barat sampai lembah S. Bulolo di bagian timur. Daerah ini sangat kurang disurvei untuk biota perairan, tetapi dikenal memiliki satu jenis ikan endemik.

BIOGEOGRAFI PERAIRAN TAWAR

Bagian 19. Pegunungan Weyland. Jajaran pegunungan kecil yang terjal ini terletak di Papua Timur Laut dan memiliki sejarah geologis yang terpisah. Survei yang terbatas menggambarkan bahwa biota serangga perairan dari jajaran ini berbeda dari yang ada di jajaran pegunungan tengah yang secara geografis berdekatan.

Bagian 20. Dataran Tinggi Bagian Barat. Daerah ini mencakup DAS Wapoga di barat sampai ke daerah hulu S. Fly di timur, pada ketinggian di atas 1.200 m. Batas antara unit ini dan antiklin Kepala Burung telah ditentukan ke arah barat sepanjang S. Wamma dan melintasi Teluk Etna. Di batas barat laut antara unit ini dan Peg. Foja dan Van Rees telah ditentukan di sepanjang bagian hulu S. Owa, tetapi masih belum dipastikan, karena wilayah ini pada dasarnya masih kurang dieksplorasi. Unit ini meliputi pegunungan tertinggi di Nugini dan memiliki singkapan batuan karst yang luas. Bagian ini mungkin mewakili wilayah keendemikan air tawar lainnya, tetapi survei saat ini tidak mencukupi untuk membuktikan hal ini. Sejumlah ekspedisi ilmiah telah dilakukan di berbagai bagian unit ini, membuktikan adanya perbedaan keendemikan pada Zygoptera dan Heteroptera perairan. Unit ini meliputi D. Paniai, yang memiliki satu jenis kepiting dan ikan endemik dan juga udang karang terdiri dari delapan jenis.

Bagian 21. Dataran Tinggi Bagian Timur. Daerah ini meliputi pegunungan tengah antara hulu S. Sepik dan S. Fly di bagian barat dan S. Bulolo di bagian timur. Dataran tinggi ini terdiri dari puncak-puncak gunung yang sangat tinggi seperti G. Wilhelm dan G. Giluwe. Hasil survei serangga perairan mengindikasikan bahwa daerah ini membentuk wilayah keendemikan fauna tersendiri, yang meliputi Naucoridae dan Veliidae. Karena itu unit ini diperlakukan sebagai suatu unit tersendiri dalam laporan sekarang.

Bagian 22. Dataran Tinggi Morobe. Daerah ini meliputi pegunungan di sebelah timur S. Bulolo di mana jajaran pegunungan tengah menyentuh batas barat pegunungan Owen Stanley, termasuk hulu S. Wampit dan S. Watut. Unit ini juga telah disurvei secara luas karena terdapat lembaga penelitian Institut Ekologi Wau. Fauna serangga perairan menunjukkan

perbedaan yang sangat jelas dari Bagian 21, khususnya Gerridae dan Naucoridae endemik.

Bagian 23. Tanjung Arafura. Daerah ini merupakan kaki perbukitan bagian selatan pegunungan tengah pada ketinggian antara 50 m dan 1.200 m, antara S. Uta di bagian barat dan S. Lorentz di bagian timur. Unit ini menyediakan dasar untuk data ikan air tawar maupun serangga perairan, termasuk daerah pertengahan S. Ajkwa dan S. Lorentz, yang telah dilakukan survei terinci secara biologis.

Bagian 24. Tanjung Trans-Fly. Bagian ini meliputi S. Digul, S. Fly, S. Aramia dan S. Turama, pada ketinggian antara 50 m dan 1.200 m. Kebanyakan survei mengungkap biota perairan yang beragam dengan komposisi jenis yang berbeda dari yang ada di lembah S. Kikori dan S. Purari di bagian timur atau di Tanjung Arafura di bagian barat.

Bagian 25. Tanjung di Teluk Papua. Daerah ini meliputi lembah S. Kikori, S. Purari, S. Vailala dan S. Lakekamu pada ketinggian antara 50 m dan 1.200 m. Unit ini meliputi dataran batuan karst yang terungkit di dataran tinggi Papua, di bagian barat S. Kikori. Survei intensif baru-baru ini di daerah terpencil ini mengungkapkan fauna yang kaya dan khas, dengan banyak jenis endemik Heteroptera dari famili Gerridae dan Veliidae. Unit ini juga mencakup D. Kutubu, dengan beragam ikan endemik.

Wilayah 5: Dataran Rendah Pesisir Bagian Selatan dan Pulau-pulau Lempeng Benua di Sekitarnya

Bagian 26. Dataran Rendah Pesisir Arafura. Daerah ini mencakup dataran rendah pesisir bagian selatan antara Uta dan muara S. Mappi pada ketinggian di bawah 50 m, yang hampir berhubungan dengan hulu arus pasang surut yang memengaruhi sistem ini. Wilayah ini memiliki lebih banyak rawa daripada dataran rendah Trans-Fly yang sedikit lebih tinggi di bagian timur. Berdasarkan survei terbatas serangga perairan, daerah ini tampaknya mendukung fauna yang agak berbeda.

Bagian 27. Dataran Rendah Pesisir Trans-Fly. Daerah ini mencakup dataran rendah yang luas yang dialiri S. Digul, S. Fly, S. Aramia dan S.

BIOGEOGRAFI PERAIRAN TAWAR

Turama yang berada pada ketinggian permukaan laut dan 50 m. Bagian timur dari unit ini dibatasi oleh lereng curam dari dataran tinggi batuan kapur Darai yang terletak antara S. Turama dan S. Kikori. Kawasan sungai-sungai dan anak sungai besar yang landai ini mendukung biota perairan khas dan beragam, termasuk ikan endemik, udang karang dan serangga perairan. Kawasan ini memiliki elemen fauna yang sama dengan yang ada di Australia bagian utara, menunjukkan adanya hubungan daratan di masa lalu.

Bagian 28. Dataran Rendah Pesisir Teluk Papua. Dataran rendah pesisir selatan dari delta S. Kikori ke arah timur sampai S. Kerema mendukung jenis endemik Zygoptera dan Heteroptera endemik dari famili Veliidae, Hydrometridae dan Gerridae (Trepobatinae).

Bagian 29. Aru. Kepulauan kapur ini berada di atas Lempeng Papua dan memiliki sedikit jenis endemik, tetapi juga menunjukkan hubungan yang kuat dengan dataran rendah pesisir Arafura dan dataran rendah Kepala Burung. Koleksi lebih lanjut di seluruh kawasan mungkin menunjukkan bahwa biota Aru hanyalah bagian dataran rendah pesisir Arafura yang terisolasi (Bagian 26).

Wilayah 6: Sem. Papua dan Pulau-pulau Lepas Pantai

Bagian 30. Tanjung di Semenanjung Papua Selatan. Dataran sedang antara Kerema dan Teluk Milne mendukung Zygoptera dan Naucoridae endemik dan beberapa ikan endemik.

Bagian 31. Jajaran Owen Stanley. Pegunungan ini kaya akan serangga perairan endemik, dengan banyak jenis endemik pada semua kelompok.

Bagian 32. Tanjung Popondetta. Dataran tengah di bagian utara Peg. Owen Stanley ini mendukung sepuluh ikan endemik dan koleksi terbatas entomologis juga menunjukkan kehadiran Zygoptera dan Heteroptera (Naucoridae) endemik.

EKOLOGI PAPUA

Bagian 33. Semenanjung Nelson. Puncak-puncak vulkanik yang terpisah dari bagian utama Peg. Owen Stanley oleh dataran rendah yang luas dicirikan oleh berbagai Heteroptera perairan endemik yang khas.

Bagian 34. Pegunungan Cloudy. Unit ini, perpanjangan bagian paling timur Peg. Owen Stanley yang membentuk Sem. Timur dan Pulau Normanby dalam kelompok D'Entrecasteaux. Daerah ini memiliki banyak Heteroptera perairan dan Odonata endemik.

Bagian 35. Kep. D'Entrecasteaux. Daerah ini merupakan rangkaian pulau-pulau tinggi yang sebagian besar berupa batuan metamorfik, di Sem. Papua bagian utara. Koleksi terakhir menunjukkan kehadiran tiga ikan endemik dan juga Heteroptera dan Zygoptera endemik, tetapi juga menunjukkan bahwa keendemikan ini terbatas di Kep. Goodenough dan Fergusson.

Bagian 36. Pulau Basilaki. Pulau kecil berbukit dan berhutan lebat ini terletak pada bagian timur bagian akhir rangkaian pulau-pulau, membentang ke arah timur dari Selat China. Di pulau ini menunjukkan kehadiran jenis endemik Heteroptera perairan.

Bagian 37. Pulau Misima. Misima adalah pulau sempit yang terbentuk dari batuan kapur. Bagian timurnya berupa dataran tinggi dan setengah bagian baratnya berupa pegunungan yang sangat terjal, terbentuk dari batuan metamorfik. Pulau ini mempunyai jenis endemik Heteroptera perairan dan Odonata.

Bagian 38. Pulau Tagula. Pulau terbesar di Kep. Louisiade ini berbukit-bukit di seluruh bagian dengan lereng landai yang didasari oleh batuan metamorfik. Pulau ini mendukung banyak jenis endemik Heteroptera perairan dan Odonata.

Bagian 39. Pulau Rossel. Pulau yang terjal dan berhutan lebat ini terdiri dari batuan metamorfik, mirip dengan yang ada di Peg. Owen Stanley. Pulau ini mendukung kumpulan jenis endemik Heteroptera perairan yang beragam. Jenis endemik regional di sini juga terdapat di Tagula.

Bagian 40. Pulau Woodlark. Pulau terisolasi ini terbentuk dari batuan kapur yang meninggi dengan jajaran bukit-bukit tersebar yang

lebih tinggi terbentuk dari batuan metamorfik yang terangkat. Tidak ada ikan endemik dikenal di pulau ini, tetapi mendukung jenis endemik perairan Heteroptera dan Odonata.

Pengaruh Faktor Tektonik

Wilayah biota keendemikan yang dikenal di Nugini sebagian besar disebabkan karena fragmen-fragmen busur pulau Periode Tersier telah menyatu dengan setengah bagian utara pulau ini. Fragmen-fragmen busur ini diwakili oleh batuan vulkanik Kala Paleosen saat ini dan batuan opiolit Era Mesozoikum sampai Kala Paleosen dan kerak dan mantel lautan yang mendasarinya. Berbagai batuan tersebut ini terlihat jelas pada peta geologi Irian Jaya skala 1:1.000.000 (Dow dkk. 1986) dan Papua New Guinea (Bain dkk. 1972) dan peta tektonik Hamilton (1978) skala 1:5.000.000.

Umur fragmen-fragmen busur pulau menjadi semakin lebih muda dari barat ke timur, yaitu dari Kala Paleosen yang seragam di Papua dan menjadi semula Kala Miosen di bagian utara Sem. Papua. Hal ini sesuai dengan interpretasi Hamilton (1979) bahwa tumbukan depan antara tepi benua Australia (sekarang terkubur di bawah jajaran pegunungan tengah) dan busur vulkanik Periode Tersier berlangsung menyamping, mulai dari barat dan kemudian berlanjut ke arah timur (Bab 2.1). Sekarang secara umum diterima bahwa tumbukan-tumbukan ini melibatkan lebih dari satu busur (Hall 2002, Hill dan Hall 2003).

Akhirnya, suatu ciri geologis yang lebih tua yang memengaruhi keberadaan elemen biota Nugini yang berasal dari Gondwana adalah batuan granit Era Paleozoikum yang bergerak ke arah utara dari Sem. York sampai ke PNG tengah (Davies 1990, D. Polhemus dan J. Polhemus 1998). Gerakan ini menggambarkan perpanjangan jajaran pegunungan besar, yang selama Era Mesozoikum membentuk semenanjung panjang atau rangkaian pulau-pulau memanjang ke arah utara dari Australia. Bekas-bekas dari batuan dasar yang tersingkat di Nugini modern hanya terdapat di beberapa lokasi yang sangat tersebar di sepanjang wilayah perbatasan Indonesia-PNG. Namun sisa dari batuan dasar Era

Paleozoikum ini tertimpa oleh sabuk Jajaran Pemisah Tengah, sehingga bukti keendemikan fauna yang terkait telah lama hilang.

Daerah lain berupa singkapan batuan dasar Era Paleozoikum yang luas terdapat di bagian barat Papua, di Sem. Wondiwoi yang mirip jari dan di tengah Sem. Kepala Burung. Daerah ini menggambarkan fragmen-fragmen tua pecahan Lempeng Australia yang telah terangkat. Pada kasus Kepala Burung fragmen ini terpecah, terpisah dan berputar di dekat Lempeng Australia. Dalam suatu periode sejarahnya, Kepala Burung telah menjadi pulau terpisah dan ini dicerminkan oleh tingginya tingkat keendemikan jenis pada biotanya (D. Polhemus dan J. Polhemus 1998).

Pengaruh Faktor Geologis

Sabuk batuan metamorfik dan opiolit di Nugini Tengah yang dihasilkan oleh tumbukan busur pulau awal Periode Tersier yang dibahas di atas merupakan unit geologi yang besar, relatif terpadu, seperti tercermin dalam biota perairannya. Di Papua, misalnya, Heteroptera perairan pada zona pegunungan tengah memang khas tetapi tersebar luas di seluruh hulu S. Mamberamo. Persebaran lokal biota ini tidak diragukan telah didukung oleh lembah-lembah sungai panjang yang mengalir dari timur ke barat di sepanjang Zona Patahan Derewo.

Namun, biota serangga perairan di sepanjang sabuk batuan opiolit dan metamorfik yang menimpali pada Kala Oligosen terlihat jauh lebih kaya daripada yang ada di sabuk batuan kapur dataran tinggi di dekat sebelah selatannya, yang kemudian meninggi di Akhir Kala Miosen dan Pliosen. Perbedaan ini sebagian disebabkan oleh ketinggian; batuan kapur sering terletak pada ketinggian antara 3.000 m dan 4.800 m dan puncak-puncaknya yang terjal berfungsi sebagai batas air dingin yang tak dapat dilampaui oleh banyak taksa perairan, yang dipisahkan oleh Lembah Baliem di bagian timur dan lembah S. Paniai di bagian barat. Kedua pemisah di puncak tinggi ini mengalir ke selatan. Seperti terlihat dari persebaran udang karang (Holthuis 1982) jelas bagian selatan memperoleh biota perairannya dari arah tersebut. Karena itu kesempatan pertukaran fauna dari utara ke selatan hanya sedikit sekali.

BIOGEOGRAFI PERAIRAN TAWAR

Selain itu, batuan kapur menghasilkan ciri-ciri aliran sungai yang tidak cocok bagi banyak jenis serangga perairan, karena kimia dasar air, air terjun dan jarangny saluran air yang terhubung. Dalam banyak contoh aliran sungai ini hilang ke dalam gua-gua batuan karst, lalu muncul kembali setelah sangat jauh dalam bentuk mata air, yang sering ke luar secara tiba-tiba sebagai air terjun pada jurang yang terjal.

Sebaliknya, aliran sungai di dataran batuan opiolit dan metamorfik menunjukkan ciri-ciri yang sangat berbeda. Aliran ini cenderung memiliki air dengan pH relatif netral dengan substrat yang sangat heterogen dan mantap dan menempati daerah tangkapan yang sangat terpadu dengan lereng landai. Kondisi ini memungkinkan perkembangan biota perairan yang jauh lebih kaya daripada aliran di batuan kapur pada ketinggian yang sama. Perbedaan ini terlihat jelas dalam transek di bagian barat G. Jaya. Di Tembapapura, di lereng selatan pada ketinggian 2.000 m, aliran sungainya sangat curam, berasal dari daerah batuan kapur dan tidak mendukung Heteroptera perairan. Di Bilogai, di bagian utara lereng 2.000 m, aliran sungainya tidak terlalu curam, berasal dari daerah batuan metamorfik dan mengandung biota Heteroptera perairan yang beragam. Perbedaan ini menunjukkan kemungkinan bahwa ciri daerah aliran sungai dapat dijadikan dasar persebaran biota, bahkan ketika informasi geologinya tidak diketahui secara lengkap. Biota serangga perairan di dataran batuan opiolit dan metamorfik ini tidak hanya lebih kaya daripada di wilayah lain, tetapi secara regional juga berbeda. Selain menyediakan habitat fisik yang sesuai, batuan opiolit di banyak tempat merupakan penanda fragmen yang terakresi yang telah berpindah sangat jauh dari titik formasi aslinya, sehingga memungkinkan jenis perairan yang terisolasi untuk berkembang (Polhemus 1996, D. Polhemus dan J. Polhemus 1998).

2.6. *Kehidupan dan Lingkungan Purba**

Kehidupan Purba

Fosil menyimpan informasi binatang dan tumbuhan yang pernah hidup di laut dan di daratan Papua. Kondisi lingkungan Papua telah berubah seiring dengan perubahan dari laut dangkal beriklim sedang di Australia bagian utara menjadi laut dan pulau-pulau tropis dangkal dan akhirnya bergabung menjadi barisan pegunungan dan akresi daratan yang terisolasi seperti daerah Sem. Kepala Burung (Metcalf 2001, Hall 2001, Pigram dan Davies 1987, Quarles van Ufford dan Cloos 2005, Bab 2.1). Kumpulan fosil daun tumbuhan telah ditemukan di awal pembentukan Periode Permia Aiduna, di punggung bagian selatan jajaran Pegunungan Tengah di selatan G. Jaya, Waghete dan Peg. Weyland (Jongmans 1940, Rigby 1997). Pakis (Osmundaceae), *Glossopteris* dan biji pakis serta gymnosperma (*Gigantonoclea*) lain merupakan flora yang memiliki elemen Gondwana dan Cathaysia, yang menunjukkan hubungan sejarah dengan bagian utara maupun selatan. Kumpulan fosil ini menjadi petunjuk paling awal habitat darat di Nugini.

Fosil laut dikenal baik dari akhir batuan Palaeozoikum, Mesozoikum dan Tersier di Papua. Kerang brachiopoda terdapat di batuan Periode Permia (Archbold 1991a, b, Tabel 2.6.1) dan menunjukkan persamaan dengan taksa bagian utara dan bagian selatan. Bukti ini juga sesuai dengan fosil tumbuhan. Pada awal Periode Permia, Kutub Selatan berada di lokasi Australia Selatan sedangkan lokasi purba L. Papua kemungkinan berada pada 50-60 (derajat) Lintang Selatan. Selama

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Paleontology of Papua", Geoffrey S. Hope & Ken P. Aplin dan "Paleoecology and Palaeoenvironments of Papua", Geoffrey S. Hope.

KEHIDUPAN DAN LINGKUNGAN PURBA

Periode Permian pertukaran tempat dan fluktuasi cukup banyak terjadi dari beriklim sedang menjadi tropis.

Pada pertengahan Periode Jura, yaitu sekitar 160 juta tahun yang lalu (jtl.), beberapa pulau muncul di utara Gondwana, yaitu di bagian tengah PNG dan Sem. Kepala Burung. Selama periode ini, moluska (termasuk ammonit, yaitu kelompok yang sudah punah dari cephalopoda yang mirip *Nautilus*), umum terdapat di batuan kapur dan batuan sedimen dari karang-karang tua yang sekarang membentuk jajaran utara dari dataran tinggi tengah (Westermann 1995). Jajaran pegunungan utamanya, yang terbentuk dari batuan kapur Kala Miosen dan kala yang lebih muda, telah terkikis sehingga menyingkapkan Era Mesozoikum yang jauh lebih tua. Misalnya, ammonit terdapat di dekat Wamena, Tiom dan Homejo dan di banyak lokasi lain pada punggung-punggung pegungannya (Gerth 1965).

Sedimen karbon tersebar pada Periode Tersier dan terdiri dari kompleks karang dan kapur hitam dari laut dalam. Batuan kapur yang tersebar luas ini sekarang membentuk puncak-puncak tertinggi di sepanjang jajaran pegunungan utama. Kawasan ini mengandung fosil moluska, crinoida (kelas lilin laut), bryozoa dan karang yang melimpah. Sebagian dari daratan Nugini saat ini muncul pada Kala Oligosen (sekitar 35 jtl.) tetapi kemudian tenggelam kembali oleh laut dangkal pada awal Kala Miosen (20 juta tahun lalu), mungkin meninggalkan beberapa pulau kecil di atas permukaan air (Hall 2001).

Tabel 2.6.1. Marga dari suku Brachiopoda Awal Periode Permian di Papua.

<i>Aktastinian</i>	<i>Echinalosia</i>	<i>Stenoscisma</i>
<i>Artinskian</i>	<i>Heteralosia</i>	<i>Stereochia</i>
<i>Aulosteges</i>	<i>Hustedia</i>	<i>Stictozoster</i>
<i>Baigendzhinian</i>	<i>Linoproductus</i>	<i>Stictozoster</i>
<i>Callispirina</i>	<i>Neochonetes</i>	<i>Streptorhynchus</i>
<i>Cancrinella</i>	<i>Neospirifer</i>	<i>Sulcataria</i>
<i>Chonetinella</i>	<i>Rhipidomella</i>	<i>Syringothyris</i>
<i>Cleiothyridina</i>	<i>Sommeriella</i>	<i>Taeniothaerus</i>
<i>Cruricella</i>	<i>Spiriferellina</i>	

Sumber: Archbold (1991a).

Vegetasi

Fosil tumbuhan, utamanya serbuk sari dan spora, telah diteliti dari sampel inti yang diambil dari lubang eksplorasi minyak untuk menunjukkan umurnya berdasarkan kisaran umur taksa yang dikenal. Namun, informasi yang telah diterbitkan tidak banyak. Morley (2000) mendeskripsikan serbuk sari Kala Eosen dari Formasi Waripi di Sem. Kepala Burung. Serbuk sari ini mengandung taksa Australia seperti *Casuarina* (termasuk fosil marga *Triorites harrisii*), Myrtaceae dan Euphorbiaceae dan tidak ada taksa khas Asia. Hal ini menunjukkan bahwa Nugini dan Asia terpisah oleh laut yang sangat luas pada waktu itu. Kondisi vegetasi juga menunjukkan iklim musiman semi kering di Australia bagian utara pada zona subtropis. Pada waktu itu, lokasi ini terletak 20 derajat lebih ke selatan daripada posisinya saat ini (Frakes 1997).

Sementara itu biji *Nothofagus* yang terdapat pada Formasi Waripi Kala Eosen menjadi umum pada pertengahan Kala Miosen, sesuai dengan kemunculannya di PNG (Khan 1976). *Nothofagus* berasal dari Australia bagian selatan dan Antartika dan satu submarga *brassospora*, dominan di seluruh Australia pada Kala Eosen. Perkembangannya sampai ke Nugini pada Kala Miosen mencerminkan kondisi iklim yang lebih sejuk daripada sekarang, yang memungkinkannya tumbuh di dataran rendah (Truswell 1993). Submarga *brassospora* menjadi punah di Australia pada akhir Kala Pleistosen kecuali delapan jenis yang ada di Papua. Marga ini menunjukkan iklim sejuk dan lembab di wilayah ini sejak akhir Era Cenozoikum. *Nothofagus* tidak dapat menyebar lebih ke barat walaupun gymnosperma seperti *Agathis*, *Phyllocladus* dan *Dacrycarpus* dapat mencapai Maluku.

Fosil Vertebrata

Pada akhir Era Zenozoikum Nugini merupakan rangkaian kepulauan tropis rendah yang dapat sewaktu-waktu terhubung satu sama lain dengan Australia. Kawasan ini juga menjadi tujuan migrasi tumbuhan dan binatang Asia yang dapat menyeberang penghalang perairan yang semakin sempit. Walaupun fauna hutan basah yang sangat beragam terdapat di Australia

KEHIDUPAN DAN LINGKUNGAN PURBA

bagian utara selama Kala Miosen (Archer dkk. 1999), hanya beberapa marsupial (binatang berkantung) yang bertahan hidup di Nugini. Sampai sekarang di Papua tidak ditemukan fosil mamalia Periode Tersier dan pengetahuan kita tentang periode awal ini bergantung pada koleksi kecil fosil dari Formasi Otibanda dekat Wau, PNG. Fosil Otibanda umurnya berkisar dari akhir Kala Pliosen, sekitar 2,5-3,1 jtl. (Flannery 1994) dan lingkungan purbanya diperkirakan sebagai hutan basah di dekat permukaan laut. Hampir seluruh fosilnya adalah dari marsupial ukuran besar, walaupun ada beberapa tulang termasuk mamalia kecil dan satu gigi pengerat (Muridae). Empat suku marsupial yang ada termasuk: seekor Thylacinae (serigala berkantung) yang sangat mirip dengan jenis modern *Thylacinus cynocephalus*; seekor Dasyuridae yang termasuk marga *Myoictis* Nugini; tiga jenis dari kanguru penjelajah (suku Macropodidae); dan tiga jenis dari suku Diprotodontidae yang sudah punah. Di antara kanguru, dua jenis dari *Protemnodon* berkerabat dengan jenis dari Kala Pliosen Australia, tetapi jenis ke tiga, yaitu *Watutia novaeguineae* paling mirip kanguru Miocene dari Australia bagian utara.

Naik turunnya permukaan laut selama Kala Pleistosen memberikan banyak kesempatan bagi berbagai elemen fauna modern Australia untuk menyeberang jembatan daratan Arafura. Sayangnya, catatan fosil yang dikenal dari kala ini masih sangat kurang dan hanya ada sedikit bukti langsung tentang pencampuran fauna. Sementara itu endapan Kala Pleistosen Australia menghasilkan tulang-tulang berbagai marsupial ukuran raksasa (tergolong dalam empat suku) dan juga burung-burung raksasa (suku Dromornithidae yang sudah punah), hanya satu darinya yang tercatat di Nugini, yaitu Diprotodontidae subfamili Zygomaturinae. Satu fosil pecahan bagian gigi, yang dideskripsi sebagai *Zygomaturus nimborensia*, dikenal dari dataran rendah Nugini (Hardjasmita 1985). Lokasi penemuan tulang ini, yang dibawa dari Nimboran di sebelah barat Sentani, belum ditemukan sehingga umurnya belum dapat diketahui. Binatang tersebut berukuran seperti sapi dan hidupnya mungkin di hutan atau yang sedikit lebih terbuka. Mengingat keberadaan lahan berbatu yang luas di daerah ini kemungkinan akan lebih banyak material yang dapat ditemukan.

EKOLOGI PAPUA

Tulang-tulang kanguru diserahkan oleh Yot Murip kepada seorang misionaris di Kwiyawagi, di S. Baliem Barat mengarahkan investigasi pada sebuah gua pada ketinggian sekitar 2.900 m di Kelangur. Gua ini berisi sisa-sisa fosil yang melimpah dari berbagai mamalia kecil di sepanjang sisinya, seekor Diprotodontidae kecil, *Maokopia ronaldii* (Gambar 2.6.1) dan seekor kanguru besar, *Protemnodon hopeii* (Flannery 1992, Hope dkk. 1993). Gerahamnya yang relatif bermahkota tinggi pada kedua jenis Kelangur menunjukkan adaptasi untuk merumput di padang rumput subalpin. Kondisi glasial pada waktu itu telah memperluas padang rumput subalpin sampai di bagian bawah gua, memungkinkan fauna hidup di padang rumput yang bersemak. Kerikil di tepian sungai ini juga mengandung tulang *Maokopia*. Lapisan gambut dalam kerikil menunjukkan bahwa fauna ini melimpah sekitar 40.000 tahun lalu.

Fosil mamalia kecil dari Kala Pleistosen akhir biasanya diasumsikan sebagai bagian dari jenis yang masih ada. Namun, satu koleksi dari situs arkeologi di dataran tinggi Ayamaru (Semenenanjung Kepala Burung) mengandung tulang-tulang dan gigi dari beberapa mamalia kecil yang dulu tidak dikenal, termasuk *possum* ekor-cincin (*Petauroides ayamaruensis*) dan *possum* lurik (*Dactylopsila kambuayai*, Aplin dkk. 1999).



Gambar 2.6.1. Tengkorak marsupial Diprotodontidae kecil *Maokopia ronaldii* dari Sungai Baliem Barat, Kwiyawagi.

KEHIDUPAN DAN LINGKUNGAN PURBA

Sejumlah catatan Kala Holosen tentang perubahan fauna telah diperoleh dari situs bukit batu dan gua yang diteliti di PNG tetapi sejauh ini catatan semacam ini sangat jarang di Papua. Bukit batu yang membatasi pertumbuhan pohon pada ketinggian sekitar 4.000 m di G. Jaya dan selatan Kwiyawagi menyimpan tulang-tulang wallabi kecil, *Thylogale christensenii*, yang kemungkinan telah menghuni semak belukar dan padang rumput (Hope 1981). Penentuan umur dengan radiokarbon di bekas perapian di kedua situs menunjukkan bahwa binatang ini punah sekitar 3.000 tahun lalu (Hope dkk. 1993). Fosil fauna dari gua-gua di Sem. Kepala Burung dan di Kep. Aru juga memberikan petunjuk tentang lingkungan purba. Bukti ini menunjukkan penurunan ketinggian yang jelas untuk jenis fauna pegunungan selama akhir masa glasial di Kepala Burung dan keberadaan savana terbuka di Kep. Aru ketika masih terhubung dengan daratan Papua. Kep. Aru saat ini mendukung hutan basah dataran rendah. Di kedua wilayah, peralihan dari kondisi lingkungan glasial menjadi pascaglasial diiringi oleh pergantian fauna melibatkan berbagai kepunahan lokal, yang kemungkinan juga telah diperburuk oleh kegiatan perburuan.



Gambar 2.6.2. Gua Kelangur, 8 km di sebelah barat Kwiyawagi, ditemukan tengkorak dan gigi dari akhir Kala Pleistosen pada bekas saluran sungai.



Gambar 2.6.3. Bukit batu Mapala, pada ketinggian 4.150 m di sisi bagian utara G. Jaya, merupakan lokasi khusus bagi wallabi Kala Holosen, *Thylogale christensenii* yang telah punah.

Arah Evolusi

Pegunungan tinggi di Nugini memperlihatkan pengaruh yang menarik terhadap fauna penghuninya. Sementara sebagian besar wilayah Australia yang bergerak ke utara mengalami kekeringan yang memuncak pada masa kering Kala Pleistosen, pegunungan yang tinggi dan sirkulasi lautan di katulistiwa melindungi pulau ini dari proses pengeringan. Kedua faktor ini berperan sebagai tempat perlindungan jenis Gondwana, pada ketinggian tertentu, yang menyukai lingkungan sejuk, subtropis basah dan beriklim sedang. Karena itu Nugini yang secara geologi masih relatif muda mampu menciptakan kembali relung Gondwana yang menyimpan taksa tumbuhan Gondwana seperti *Dacrydium*, *Dacrycarpus* dan *Nothofagus*.

Kecuali fauna laut dan kelelawar, Nugini jelas mendapatkan nenek moyang biotanya sekarang dengan beberapa kesulitan, yaitu adanya penghalang dan penyaring yang hampir selalu ada. Karena itu, fauna marsupial Nugini, yang jelas berasal dan berkerabat dengan yang ada di Australia, kurang berkembang karena banyak famili marsupial gagal mencapai Nugini atau tidak berhasil bertahan (Bab 4.10). Di sisi lain, rendahnya keragaman nenek moyang biota memberi peluang berlangsungnya formasi evolusi yang cepat dan adaptasi bagi marsupial

dan pengerat yang merupakan pendatang baru dari Asia. Keragaman jenis dan marga pada dua kelompok utama mamalia darat diperkirakan setara di Nugini, dibandingkan dengan Australia yang didominasi oleh marsupial. Kontras ini menunjukkan bahwa marsupial memasuki relung yang kosong di Nugini.

Lingkungan Purba

Saat melihat bentang lahan Papua kita mungkin bertanya bagaimana dan berapa lama terbentuknya lahan yang ada sekarang. Secara geologis lanskap alam di Nugini relatif muda, karena baru terangkat dari laut dalam beberapa juta tahun lalu. Sampai sekarang aktivitas tektonis, erosi dan akresi tanah masih terus memengaruhinya. Namun, permukaan daratan tertentu telah ada selama 100.000 tahun bahkan lebih dan di dalamnya terkandung bukti perubahan lingkungan yang terlihat dari hamparan batuan dari proses glasiasi (peleburan es), endapan gambut dan gua, kerak aluvial dan endapan dari lingkungan laut. Informasi tentang perubahan yang dialami oleh biomassa bersumber dari catatan penelitian biologi dan geomorfologi yang didukung oleh perkiraan umur. Bab ini menguraikan perubahan yang diketahui selama kurang lebih 60.000 tahun terakhir, berdasarkan studi tentang serbuk sari dan sedimen dalam rawa-rawa dan danau kecil di Papua, dari zona pegunungan rendah sampai pegunungan sangat tinggi. Ada juga catatan tentang serbuk sari daratan di sedimen dari L. Banda di Papua bagian tenggara. Sementara studi lingkungan purba secara tidak langsung belum banyak dilakukan di Papua, ada kemungkinan untuk meneliti fauna purba melalui metoda *diatom* dan cincin lingkaran pohon.

Saat ini sudah ada cukup banyak pengetahuan tentang Periode Kuarter (2 juta tahun terakhir) ketika massa daratan Nugini yang ada sekarang telah terbentuk. Periode ini menandai waktu lapisan es global secara berkala meluas dan massa lautan dalam mendingin sampai 4⁰C, yang dikenal sebagai masa glasial, ketika iklim relatif sensitif terhadap variasi musiman sinar matahari, yang menyebabkan kenaikan massa es (disebut periode glasial) dan periode ketika massa es berkurang (disebut

EKOLOGI PAPUA

periode interglasial). Secara umum, periode glasial berlangsung sekitar 100.000 tahun dan interglasial sekitar 10.000 tahun selama jutaan tahun lalu. Pada saat ini kita berada hampir di akhir interglasial yang dikenal sebagai Kala Holosen (Hope 2005). Pertumbuhan lapisan es selama glasial maksimal mencapai dua kali massa di daratan di belahan bumi utara, hampir sebanyak yang ada di Antartika sekarang. Proses ini menyebabkan permukaan laut menurun dan menyingkap daratan kering yang sangat luas. Misalnya, permukaan laut 22.000 tahun yang lalu terletak sekitar 110 m lebih rendah, tetapi selama 100.000 tahun terakhir permukaan laut 20-60 m lebih rendah dari sekarang.

Garis pesisir purba selama 22.000 tahun terakhir di bagian tenggara Papua telah dibuat modelnya oleh Yokoyama dkk. (2001), menunjukkan penurunan tektonik yang bersamaan dengan penutupan daratan dengan air. Dangkan Selat Arafura memanjang ke barat ke Kep. Aru, yang semula merupakan dataran luas yang menghubungkan Papua ke Kep. Aru dan Australia selama sekitar 85% Periode Kuartar. Namun, sebagian besar wilayah Papua tidak banyak berubah, karena pesisirnya sangat curam. Teluk Bintuni dulunya juga berupa daratan kering, sedangkan P. Misool dan P. Salawati bersambung dengan Kepala Burung. Dari 100.000 tahun sampai sekitar 11.000 tahun lalu, dari P. Kawe di katulistiwa sampai perbukitan Maatsuyker dan semenanjung berbatu bagian paling selatan Tasmania pada 44 LS (yang berjarak sekitar 5.000 km) kemungkinan bisa diseberangi. Pulau Biak telah meluas tetapi tetap terpisah dari P. Yapen dan daratan utama Papua.

Unit lanskap utama Papua adalah daratan bagian selatan, pegunungan tengah, lembah-lembah di antara pegunungan dan jajaran pegunungan utara. Struktur dasar yang sama juga terdapat dalam skala yang lebih kecil di Sem. Kepala Burung. Karena iklim dan geomorfologi di setiap zonanya berbeda, kita dapat mengkaji perubahan lingkungan masing-masing.

Glasiasi dan Deglasiasi di Pegunungan

Glasiasi hanya memengaruhi sebagian kecil wilayah tropis Papua, tetapi merupakan bukti terjelas tentang perubahan iklim dan berbagai efek

KEHIDUPAN DAN LINGKUNGAN PURBA

perubahan suhu juga terlihat pada perubahan batas-batas vegetasi. Es glasial seluas 3 km² yang berada di Puncak Jaya di atas ketinggian 4.650 m saat ini merupakan sisa gletser luas yang pernah menutupi kawasan seluas sekitar 2.200 km² di atas ketinggian 3.400 m di pegunungan di seluruh pulau ini. Dengan kawasan es seluas 1.400 km², jajaran Peg. Merauke merupakan dinding es yang paling bersinambungan, terputus di bagian timur di G. Mandala dan di Lembah Baliem dan di beberapa jalur kecil di selatan Iraga. Es juga terdapat di puncak-puncak Peg. Weyland dan Nggumbulu dekat Nabire (Peterson dkk. 2001) tetapi tidak ada di Peg. Arfak. Perubahan ketinggian formasi es ini adalah bukti terjelas bahwa perubahan iklim global memengaruhi Papua dan kita dapat berasumsi bahwa berbagai kondisi yang mengurangi garis salju juga memengaruhi terjadinya perubahan pada ketinggian yang lebih rendah. Untuk meneliti hal ini, sejarah glasial dapat dihitung waktunya dengan menggunakan penanggalan kosmogenik ciri-ciri glasial yang dihasilkan dari bongkaran bebatuan di gunung maupun endapannya di tempat tertentu seperti deposit yang hanyut. Metode lainnya adalah menggunakan *radiocarbon* dari zat organik yang diambil dari berbagai lembah sungai/danau yang terbentuk oleh sungai es. Perhitungan umur ini menunjukkan umur minimum saat es berkurang dari lembah sungai.

Metode kosmogenik masih merupakan teknik baru yang pernah diterapkan untuk ciri-ciri glasial di G. Trikora. Dinding bagian selatan pegunungan ini adalah setinggi 4.400-4.750 m dan penutup es kecil terdapat di puncaknya sampai tahun 1960-an (Hope dkk. 1973). Pegunungan ini terletak di selatan dataran tinggi yang luas, di mana massa es tersebut mengalir, meninggalkan batuan es ber dinding curam sejauh beberapa kilometer. Kondisi yang sangat terlindung baik ini menyediakan bukti terbaik untuk paling sedikit dua proses glasial, karena lembah-lembah batuan es dibanjiri es lain yang pasti lebih muda (Gambar 2.6.4).

EKOLOGI PAPUA



Gambar 2.6.4. Rangkaian batuan es di utara Gunung Trikora.

Hasil analisis batuan bekas glasiasi menunjukkan bahwa penyusutan es berlangsung sekitar 20.000 tahun lalu sampai saat es terakhir berumur 12.000-14.000 tahun. Umur tersebut sesuai dengan glasial utama meluas terakhir di tempat lain di dunia. Sebatang kayu memberikan umur *radio-carbon* 34.000 tahun lalu, mencerminkan suatu waktu saat iklim relatif hangat sebelum glasial meluas (Hope dkk. 1993). Penelitian pada serbuk sari dari dua sampel dari D. Habbema (3.200 m di luar batas es) menunjukkan bahwa hutan-hutan yang mirip dengan hutan sekarang terdapat di dataran tinggi sekitar 10.000 tahun lalu.

Perkiraan umur lembah-lembah sungai rawa dan danau di utara G. Jaya menunjukkan bahwa es telah berkurang dari batuan es yang terbandung di D. Hogayaku pada 15.100 tahun yang lalu dan pada 16.500 tahun lalu di Ijomba Mire di mana es banyak di atas lembah tetapi terus-menerus menghasilkan runtunan glasial di sungai-sungai sampai sekitar 12.600 tahun lalu. Danau Hogayaku memiliki beberapa bukti bekas perluasan es, yaitu dari serbuk batu di dalam sampel inti danau yang meluas jauh mundur sekitar 34.000 tahun lalu (Prentice dkk. 2005). Sampel ini luar biasa karena menunjukkan semak belukar

terbuka yang menjadi semakin terbuka, mungkin sebelum es meluas. Serbuk batu dalam sampel inti menunjukkan bahwa es telah menimpali sampel inti. Penyusutan es yang berlangsung setelah 17.700 tahun lalu terkait dengan invasi semak belukar dan pakis *Cyathea* pada tanah yang baru tersingkap, yang masih bertahan sampai sekitar 12.400 tahun lalu. Setelah itu hutan yang lebih kaya jenis menginvasi secara lambat, menunjukkan bahwa suhu akhirnya telah memungkinkan elemen-elemen hutan subalpin seperti pohon berdaun jarum (misalnya, *Dacrycarpus compactus*) untuk menginvasi. Hutan subalpin Kala Holosen cukup stabil sampai manusia mulai membukanya (Bab 6.1).

Walaupun perkiraan umur masih sangat kurang untuk memastikan penambahan es maksimum bertepatan dengan puncak penambahan es di belahan bumi utara, secara umum saat es maksimum dan berkurang terkait erat dengan tempat-tempat lain di Nugini (Peterson dkk. 2001) tetapi garis salju menjadi lebih tinggi di G. Jaya, yaitu sekitar 3.900-4.000 m, dibandingkan dengan Peg. Star 3.450 m jauh di bagian timur (Prentice dkk. 2005). Kenaikan garis salju ke arah barat ini mungkin dipengaruhi gradien curah hujan yang tidak semencolok sekarang, karena Dangkan Arafura yang kering di bagian selatan kelembabannya lebih rendah yang dibawa oleh angin Pasat Tenggara. Hal ini mungkin juga menjelaskan mengapa bukti pengembangan dan penyusutan es kelihatannya lebih umum di dataran tinggi Baliem Timur dan Kemabu sebelah utara pegunungan dibandingkan dengan di bagian yang lebih timur. Prentice dkk. (2005) berpendapat garis salju maksimum di G. Jaya pada sekitar 15.000 tahun yang lalu adalah 650-850 m lebih rendah daripada yang ada sekarang, menunjukkan perubahan suhu rata-rata sekitar 5°C.

Lembah-lembah Sungai Pegunungan Tengah

Dari catatan 30.000 tahun dari Sirunki, di PNG, batas tumbuh pohon ketinggian glasiasi kelihatannya berada pada ketinggian 2.200 m. Di bawahnya, hutan umumnya didominasi oleh *Nothofagus* (Hope 1996a, b). Sejumlah tempat yang ideal untuk penelitian berada di lembah sungai

dan jajaran Pegunungan Tengah dan Sem. Kepala Burung, contohnya lahan rawa yang sangat luas di timur D. Paniai dan kedua danau Anggi-Gigi di utara Manokwari. Namun sampai sekarang hanya ada bukti yang tidak bersinambungan dari Lembah Baliem, suatu lembah sungai aluvial yang luas berjarak 1.550 m di sebelah timur Wamena. Di Bukit Supulah, bukit batu pasir yang rendah di tengah lembah, sebuah lubang kecil menyimpan rangkaian gambut 3 m yang berumur 38-34.000 tahun (Hope 1998). Serbuk sari menunjukkan bahwa hutan didominasi oleh sejenis pohon *Nothofagus* yang menempati lantai hutan, mirip dengan hutan pada lereng 400 m di atasnya saat ini. Hal ini menunjukkan kondisi berawan dengan curah hujan yang tetap. Lokasi ini kemudian tererosi dan terbakar dan kebakaran hutan 29.300 tahun lalu tercatat dalam arang yang ditemukan dalam pasir bekas erosi di bukit itu.

Bukti ini terlihat lagi di Rawa Kelela, di mana kelokan bekas sungai kecil terisi gambut sedalam 5 m (Haberle dkk. 2001). Sampel dari dasarnya diperkirakan berumur sekitar 7.400 tahun, menunjukkan bahwa rawa itu merupakan bekas hutan rawa dan hutan pegunungan campuran dengan *Castanopsis* (pohon pasang) menempati lereng di dekatnya. Tipe hutan ini memerlukan kondisi yang lebih hangat, lebih banyak sinar matahari daripada hutan *Nothofagus*. Walau periode transisi dari satu tipe hutan ke tipe hutan lain tidak ditemukan di Baliem, catatan Tari dan Sirunki di PNG menunjukkan perubahan yang mirip yang terjadi sekitar 14.000 tahun lalu (Haberle 1998). Dari perhitungan semua situs pegunungan perbatasan campuran hutan pohon ek dan hutan pantai muncul tampaknya sekitar 700 m pada permulaan Kala Holosen, yang mencerminkan peningkatan suhu 5-6^o C.

Jajaran Pegunungan Utara dan Cekungan Dataran Rendah

Di sebelah utara Jajaran Pegunungan Tengah terletak dataran danau (Mamberamo), suatu cekungan yang dialiri S. Tariku dan S. Taritatu. Hutan rawa di sini mungkin beberapa ratus meter dalamnya dan sudah ada beberapa ribu tahun sebelumnya, karena lembah sungai ini terkurung oleh pegunungan seperti Foja di sebelah utaranya. Sayangnya, hasil di

KEHIDUPAN DAN LINGKUNGAN PURBA

pengeboran minyak di Mamberamo bagian barat tidak tersedia. Sebuah sampel inti 33,5 m mengandung lumpur yang kaya bahan organik diperoleh di Nabire di Teluk Cenderawasih, tetapi ini hanya mencakup jangka waktu sekitar 16.000 tahun dan memiliki serbuk sari yang sangat tipis, khususnya spora pakis (Prentice dkk., tidak dipublikasikan). Suhu air, ditunjukkan oleh isotop stabil dari foraminifera, menunjukkan bahwa 16.000 tahun lalu suhunya 3-4^oC lebih dingin daripada sekarang. Selama Kala Holosen terjadi fluktuasi suhu yang setara, menunjukkan pendinginan cepat di Teluk Cenderawasih.

Catatan terlengkap dari Papua berasal dari D. Hordorli, lembah sungai rawa yang terbentuk (780 m) di Peg. Cyclops, 8 km dari arah Sentani. Pegunungan Cyclops adalah jajaran yang terisolasi yang memisahkan kawasan Sentani dari laut, mengakibatkan curah hujan yang rendah di sekitar D. Sentani. Sebuah sampel inti 10 m lumpur danau menunjukkan umurnya sekitar 70.000 tahun dan mencatat perubahan-perubahan di hutan pegunungan bawah yang mencerminkan perubahan suhu (Hope dan Tulip 1994). Walaupun perkiraan umur hanya mencakup sampel 4 m, waktu perubahan kelihatan sesuai sekali dengan tahapan-tahapan isotop kelautan yang mencerminkan pendinginan global dan turunnya permukaan laut. Misalnya, sekitar 14.750 tahun lalu *Nothofagus* lebih dominan dan danau ini mungkin lebih dalam, menunjukkan bahwa puncak hutan ini dulu lebih rendah dan lereng-lereng gunungnya lebih lembab.

Kemudian 11.600 tahun lalu tingkatan jumlah *Nothofagus* turun sampai ke tingkat masa sekarang tetapi meningkat sangat tajam antara 9-7.000 tahun lalu. Namun jenis ini kemudian menurun lagi, digantikan oleh *Araucaria*, *Castanopsis* dan pohon-pohon pegunungan lainnya. Hal ini juga menunjukkan peningkatan suhu sekitar 4^o C sejak masa glasial. Data menunjukkan bahwa Peg. Cyclops berkondisi lembab selama periode glasial terakhir dan selalu berhutan lebat. Sayangnya lokasi ini sedikit sekali mengungkap kondisi di sekitar D. Sentani, yang selama waktu glasiasi mungkin jauh lebih kering daripada sekarang.



Gambar 2.6.5. Pengambilan sampel inti di Danau Hordorli.

Penyebab utama perubahan yang lebih kini di seluruh pesisir Papua adalah peningkatan permukaan laut setelah glasial maksimum, yang mencapai tingkat permukaan sekarang sekitar 6.000 tahun lalu. Garis pesisir modern menggambarkan penyesuaian yang berlangsung 6.000 tahun, dengan perkembangan pantai, erosi tebing-tebing karang dan pengisian laguna akibat banjir dari lembah-lembah. Satu contoh mengejutkan dapat dilihat di Teluk Jayapura, di mana tanah terus-menerus meningkat dan bekas pantai dan terumbu karang telah terangkat dari laut membentuk batuan kapur di sekitar Jayapura. Danau Sentani merupakan bekas teluk yang terputus oleh pengungkitan tektonik. Di pesisir lain garis pantai awal yang terbuka secara berangsur terputus dengan pertumbuhan karang yang membentuk terumbu karang yang memperlambat energi gelombang, menciptakan banyak laguna.

Dataran Rendah di Selatan

Dataran rendah bagian selatan Papua memiliki pola curah hujan musiman yang jauh lebih kuat dan dikelilingi laut dangkal yang surut pada waktu permukaan laut lebih rendah. Kita mungkin mengira bahwa

KEHIDUPAN DAN LINGKUNGAN PURBA

kawasan ini lebih kering selama masa glasial, saat dataran kering meluas ke arah selatan dan angin musim masih relatif lemah. Hipotesis ini dikemukakan oleh Nix dan Kalma (1972) dan van der Kaars (1991), yang memetakan perluasan batas hutan dan savana di bagian utara. Belum ada catatan dataran rendah Kala Pleistosen dari bagian selatan Papua. Namun perubahan batas hutan hujan pascaglasial ke arah selatan telah teridentifikasi di Kep. Aru yang dulu merupakan bagian dari Papua (Hope dan Aplin 2005). Catatan tentang fauna menunjukkan sekitar 20.000 tahun lalu, yaitu dari fauna savana seperti wallabi, tetapi fauna hutan basah seperti *possum* (sejenis kuskus) hanya sedikit. Sekitar 14.000 tahun lalu wallabi menjadi lebih langka dan taksa hutan basah meningkat, menunjukkan bahwa batas antara hutan tertutup dan savana telah mencapai situs ini. Hal ini mencerminkan iklim yang lebih hangat karena Dangkalan Selat Arafura telah terendam.



Gambar 2.6.6. Kompleks tumpahan pasir dan punggung bukit di pantai yang memotong Teluk Jayapura yang telah terbentuk beberapa ribu tahun yang lalu.

Dari gua-gua dataran rendah di dekat D. Ayamaru Aplin dkk. (1999) mencatat fauna akhir Kala Pleistosen yang mencakup berbagai binatang dari ketinggian yang lebih tinggi, menunjukkan iklim yang lebih sejuk dan vegetasi yang lebih bervariasi di kawasan perburuan di dekat gua-gua tersebut.

Ellison (2005) mengambil lima sampel inti pesisir selatan yang diambil dari muara sungai di sebelah timur Timika di muara S. Ajkwa

dan S. Tipoeaka. Sampel ini menunjukkan perkembangan mangrove 9.000 tahun lalu karena laut membanjiri tanah pedalaman. Bukti perluasan daratan ke arah laut karena banyaknya muatan sedimen dari pegunungan menambah dan mendorong garis pantai ke arah selatan diimbangi dengan bukti penyurutan daratan. Rangkaian bukti ini mencatat adanya banjir yang disebabkan air laut sekitar 6.500-5.500 tahun lalu dan sedimentasi cepat oleh mangrove. Namun pada lokasi penelitian ke arah darat komunitas *Ceriops/Brugiera* digantikan oleh *Rhizophora*, menunjukkan banjir dari gelombang laut meskipun terjadi kenaikan gundukan sedimen. Buangan tambang dari S. Otomona telah membalikkan kecenderungan ini secara lokal dengan mengubur hutan seluas lebih dari beberapa kilometer persegi (Paull dkk. 2006). Di wilayah lain hubungan laut dan darat kurang diketahui. Kemungkinan daratan telah meluas di atas teluk sejauh beberapa kilometer di wilayah Asmat yang lebih ke selatan. Mengingat tingginya aliran air sungai ke dataran bagian selatan, lingkungan rawa dan laguna mungkin selalu melimpah, tetapi kenaikan permukaan laut menyebabkan perluasan lahan basah secara besar-besaran sekitar 5.000 tahun terakhir.

Sejarah vegetasi Papua yang diuraikan di atas menunjukkan bahwa daratan hampir selalu ditutupi hutan walaupun fluktuasi iklim terjadi selama Periode Kuartar. Namun, pada puncak periode glasial dataran rendah bagian selatan mendukung savana *Eucalyptus* dan *Nauclea* sementara gunungnya yang memiliki puncak di atas 2.000 m lebih terbuka dengan padang rumput subalpin. Beberapa kawasan bayang hujan seperti Sentani mungkin juga lebih terbuka dengan petak-petak padang rumput pada saat itu. Perubahan formasi vegetasi utama ini mungkin telah terulang selama Periode Kuartar dan menyiapkan biota menjadi toleran terhadap perubahan. Pergantian hutan subalpin menjadi padang rumput telah menghasilkan pulau-pulau habitat yang mungkin mendorong berlangsungnya spesiasi (terbentuknya jenis baru) dan perkembangan jenis endemik lokal pada flora pegunungan atas.

Walaupun stabilitas hutan merupakan faktor penting yang mendorong keragaman dan spesialisasi hayati pada lingkungan yang bervariasi secara lokal, komposisi hutan terus-menerus berubah, seperti terlihat

KEHIDUPAN DAN LINGKUNGAN PURBA

dari persebaran *Nothofagus* yang menyempit selama Periode Holosen karena kondisi yang lebih kering dan penutupan awan menurun. Di D. Hordorli ada pergantian ke proporsi jenis sekunder yang lebih tinggi selama masa yang lebih hangat. Hal ini mungkin mencerminkan jangka waktu hidup pohon yang lebih pendek, yang merupakan ciri khas hutan dataran yang lebih rendah di mana kerentanan serangan serangga dan penyakit cukup tinggi.

Potensi penelitian paleoekologi lebih lanjut di Papua masih sangat banyak karena melimpahnya sumber daya alam seperti rawa dan danau, gua dan sumber sedimen lainnya. Penelitian semacam ini akan memberikan petunjuk skala waktu untuk memahami lebih dalam tentang proses ekologi modern. Bahkan informasi terbatas sejauh ini telah menunjukkan reaksi komponen alam terhadap perubahan lingkungan. Walaupun pola-pola perubahan yang disebabkan oleh iklim dan kegiatan manusia dapat diprediksi, setiap lokasi memberikan pemahaman tentang daya lentur dan kemampuan lingkungannya untuk beradaptasi, yang sering menunjukkan reaksi yang berbeda. Penelitian seperti ini menjadi sarana untuk memahami mekanisme proses evolusi dan membantu kita mengerti sejauh mana ekosistem modern bisa mewakili proses evolusi ini.

BAGIAN III
FLORA

*3.1. Flora Papua: Pengantar**

Papuasia diakui sebagai pusat utama keanekaragaman tumbuhan meskipun inventarisasi botani masih belum lengkap. Flora Papuasia diperkirakan berkisar antara 11.000 (Collins dkk. 1991) sampai 20.000 jenis (Womersley 1978). Ekstrapolasi berdasarkan jenis pakis dan anggrek menunjukkan 20.000 sampai 25.000 jenis tumbuhan berpembuluh di Papua (Supriatna dkk. 1999). Pada tahun 1950, nilai “indeks koleksi” (yaitu kerapatan koleksi; jumlah tumbuhan yang menjadi spesimen/100 km²) untuk Nugini diperkirakan sebesar 12 (Frodin 1990). Di PNG, kegiatan koleksi meningkat pesat selama 50 tahun terakhir (khususnya 1965 sampai 1975), tetapi 15 tahun kemudian menurun drastis dengan koleksi rata-rata berjumlah 400 per tahunnya. Indeks koleksi PNG sekarang mendekati 50, yaitu angka minimal untuk inventarisasi flora yang memadai (Campbell 1989, Stevens 1989). Kegiatan eksplorasi di Papua masih tertinggal jauh daripada di PNG, dengan indeks koleksi sekarang kurang dari 20 (Supriatna dkk. 1999). Koleksi botani di Papua sangat sedikit sejak tahun 1950-an; intensitas pengambilan sampel di PNG hampir 300% lebih baik daripada di Papua meskipun masih banyak lokasi yang belum dieksplorasi. Kebanyakan informasi mengenai flora Papua berasal dari beberapa lokasi saja, terutama dari Peg. Cyclops, Freeport-Timika, S. Idenburg, Puncak Jaya, Trikora-Habbema, Danau Wissel dan bagian timur laut Kepala Burung. Lokasi-lokasi ini vegetasinya telah dikoleksi dengan baik dan belum ada lokasi di Papua yang floranya sudah disurvei menyeluruh, seperti yang dilakukan di Buso-Kamiali, Lae-Markham dan Wau-Bulolo di PNG. Hutan alam yang sangat luas di provinsi Papua, terutama di bagian tengah, masih belum diketahui kondisinya.

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “Introduction to the Flora of Papua”, Wayne N. Takeuchi.

EKOLOGI PAPUA

Keterbatasan pengetahuan mengenai tumbuhan di Papua menunjukkan bahwa banyak jenis tumbuhan yang belum ditemukan. Kesenjangan tentang eksplorasi flora telah diidentifikasi oleh Campbell (1989), Prance (1977), Stevens (1989) dan Supriatna dkk. (1999), sehingga kajian langsung di lokasi manapun akan menghasilkan informasi baru. Misalnya, pengamatan selama dua minggu di pesisir di dekat Kokas (Sem. Bomberai) menemukan delapan taksa tumbuhan baru (Takeuchi 2003a) (Gambar 3.1.1). Peta-peta persebaran vegetasi (Middleton 1997, Pannell 1992) mengindikasikan pengambilan sampel yang tidak merata. Mengingat terbatasnya eksplorasi botani di Papua, survei-survei dengan metoda kajian singkat pun akan menghasilkan temuan yang sangat bernilai.

Perbedaan informasi ilmiah antara Papua dan PNG tercermin dari kondisi infrastruktur setempat. Sebelum PNG merdeka tahun 1975, beberapa fasilitas penelitian telah dibangun di Port Moresby, Bulolo dan Lae, yang sekarang menjadi lembaga kehutanan utama di PNG. Namun di Papua tidak demikian. Satu-satunya herbarium di Papua sangat sederhana (Gambar 3.1.3, 4) yaitu di kampus Universitas Negeri Papua (UNIPA). Herbarium ini menampung sekitar 30.000 spesimen yang telah dibingkai, sebagian besar merupakan koleksi *Boswezen Neeuwgini*. Bahkan jika 20.000 spesimen yang masih menumpuk ikut dihitung, koleksi di UNIPA sangat kecil daripada koleksi di Lae yang jumlahnya mencapai 400.000 spesimen. Keterbatasan ruang di Manokwari (80 m²) juga akan menghambat pengembangannya di masa depan.

Keterbatasan infrastruktur dan kapasitas pelayanan di Papua jelas sangat membatasi koleksi botani di masa lalu dan sekarang. Dari kendala logistik dan keuangan di Indonesia, program-program penelitian dari dalam negeri mungkin lebih bermanfaat daripada inisiatif dari luar negeri. Misalnya, tanpa adanya perbaikan mendasar pada infrastruktur lokal, program-program koleksi baru tidak dapat dijalankan sesuai skala yang diperlukan untuk mencapai hasil koleksi yang memuaskan. Inisiatif kegiatan di masa depan mungkin juga tidak akan menguntungkan

karena kendala informasi terinci mengenai klasifikasi hutan dan sistem pemetaan untuk Papua. *Regional Physical Planning Program for Transmigration* (RePPPProT 1990) telah membuat seri peta biofisik dengan skala 1:250.000, tetapi peta seperti ini tidak sebanding dengan peta vegetasi Sumatra (Laumonier dkk. 1983, 1986, 1987, Laumonier 1997a,b). Menanggapi kendala ini untuk perencanaan, *The Nature Conservancy* sedang mengembangkan peta vegetasi untuk ekosistem dataran rendah di Papua bagian utara (D. Neville dan M. Summers, kom. pri.).

Dokumentasi spesimen merupakan bukti utama mengenai pengetahuan tentang flora. Karena itu tidak mengherankan jika publikasi mengenai botani Papua sangat terbatas, apalagi informasi yang bersifat rangkuman. Bahan pustaka yang kebanyakan berupa artikel teknis terpecah di berbagai jurnal dan buku (ditulis dalam berbagai bahasa), atau sirkulasinya terbatas. Tidak ada panduan umum seperti informasi yang tersedia untuk PNG (misalnya, Borrell 1989, Conn 1995, Henty 1981, Johns 1987, 1988, 1989, Peekel 1984, Percival dan Womersley 1975, Womersley 1978) walaupun sampai tingkatan tertentu ada banyak kesamaan kondisi flora Papua dengan PNG. Laporan-laporan umum jumlahnya juga sangat terbatas, terutama berupa ringkasan berbagai ekspedisi (Archbold dkk. 1942, Brass 1941, Donnelly dkk. 2004, Mack dan Alonso 2000, Rand dan Brass 1940, Ridley 1916, van Royen 1960, Takeuchi 2003b, Vink 1965, Wollaston 1914), ulasan yang terkait dengan botani (Conn 1994, Frodin 1988, 1990, Frodin dan Gressitt 1982, Stevens 1989), daftar tumbuhan (Coode dkk. 1997, Sidiyasa dkk. 1997, Streimann 1986), kajian konservasi (Craven dan de Fretes 1987, Erfteimeijer dkk. 1989, Ruitenbeek 1992, Supriatna dkk. 1999) dan deskripsi vegetasi (van Balgooy 2001, Gibbs 1917, Hope 1976, Kalkman 1963, Mangen 1993, Rappard dan van Royen 1959, van Royen 1956, 1963, 1965, 1967). Karena itu, peningkatan inventarisasi dan survei vegetasi Papua akan menghasilkan temuan baru yang luar biasa, khususnya mengenai keendemikan, kualitas lingkungan dan biogeografi flora.

Keendemikan Flora

Papua memiliki beberapa jenis endemik walaupun koleksinya sangat terbatas. Nugini telah lama diketahui sebagai pusat keanekaragaman biota dan revisi *Flora Malesiana* (FM) yang tengah berlangsung mendukung kenyataan ini. Informasi untuk melengkapi revisi FM menunjukkan lebih banyak jenis endemik di Nugini daripada wilayah lainnya di Malesia; beberapa taksa terpusat di bagian utara pulau ini (van Balgooy dkk. 1996). Supriatna dkk. (1999) memperkirakan keendemikan di tingkat jenis di Papua mencapai 60-90% dan Johns (1995) memperkirakan sekitar 60-70% untuk seluruh Nugini.



Gambar 3.1.1. *Glochidion daviesii* (Euphorbiaceae), ditemukan pada tahun 2002 dalam suatu populasi di dekat S. Saengga di Papua. Keberadaan buahnya mungkin merupakan adaptasi proses penyebaran biji yang dibantu oleh burung kasuari.



Gambar 3.1.2. *Barringtonia josephstaalensis* (Lecythidaceae), jenis yang baru dideskripsi dari Josephstaal, PNG dan dari hutan dataran rendah sepanjang Teluk Bintuni. Jarak sejauh 1.350 km antara ke dua lokasi ini mungkin disebabkan oleh rendahnya kerapatan koleksi. Skala batang: 2 cm.

Di antara wilayah tropis lainnya di dunia, keendemikan liken (kapang-kapangan) di Papua tertinggi (Bab 3.2). Angka indikasi sementara berdasarkan revisi *Flora Malesiana* untuk tumbuhan berbunga menunjukkan

FLORA PAPUA: PENGANTAR

persentase keendemikan jenis di Malesia berikut ini: Nugini 54%, Kalimantan 37%, Filipina 27-28%, Sem. Malaya 14%, Sulawesi 13-14%, Sumatra 11% dan Jawa 5% (P. van Welzen, kom. pri., dari revisi Juli 2004) ((Tabel 3.1.1).



Gambar 3.1.3. Bagian luar Herbarium di Universitas Negeri Papua, Manokwari (kiri). Bagian dalam herbarium, terdapat beberapa rak permanen dan tempat penyimpanan dari aluminium untuk lembar informasi spesimen. Fasilitas ini tidak memiliki penyejuk ruangan (kanan).



Gambar 3.1.4. *Anakasia simplicifolia* (Araliaceae). Satu-satunya wakil marga endemik di bagian paling barat Provinsi Papua (tandan buah diambil dari pohon lainnya dan ditempelkan pada spesimen contoh). *Faika* (Monimiaceae) merupakan jenis yang kadang berasosiasi dengan *Anakasia*.



Gambar 3.1.5. Sem. Bomberai, Papua. Habitat khas *Anakasia simplicifolia* dan *Faika villosa* di lapisan bawah tajuk.

EKOLOGI PAPUA

Keendemikan di Malesia terutama terpusat pada suku-suku terbesar. Karena itu perkiraan dalam buku FM mungkin terlalu konservatif dan akan meningkat bila statistik untuk kelompok-kelompok lain tersedia (Johns 1995). Hal ini ditunjukkan oleh perbandingan persentase dari tahun 1995 dan sekarang: Nugini 45%, Kalimantan 30%, Filipina 20%, Sem. Malaya 11%, Sulawesi 9%, Sumatra 8% dan Jawa 3%. Buku *Flora Malesiana* secara bertahap akan menyajikan informasi dasar yang lebih obyektif untuk kajian perbandingan, tetapi dengan kecepatan revisi sekarang, laporan lengkap mengenai flora di wilayah ini tidak akan selesai sampai sekitar 100-150 tahun mendatang (Geesink 1990, Roos 2003).

Tabel 3.1.1. Marga tumbuhan terbesar (100 jenis) di Nugini.

Marga	Perkiraan jumlah Jenis	Sumber pustaka
Bulbophyllum	600	Schuiteman dan de Vogel, Bab 3.3 Orchidaceae
Dendrobium	400	Schuiteman dan de Vogel, Bab 3.3 Orchidaceae
Syzygium	200	Craven, Bab 3.3 Myrtaceae
Schefflera s.l.	180	D. Frodin kom.pri.; lihat pada teks; sampai dengan 200 jenis di Papuaasia
Ficus	151	Weiblen, Bab 3.3 Moraceae
Rhododendron	150	L. Craven kom.pri.; Sleumer 1966
Freycinetia	134	Lihat teks
Vaccinium	132	Sleumer 1967
Phreatia	130	Schuiteman dan de Vogel, Bab 3.3 Orchidaceae
Cyrtandra	120	B. Burt kom.pri.; paling tidak ada 100 jenis yang belum terdeskripsi, Q. Cronk kom.pri.
Psychotria	± 120	Kemungkinan antara 200-300 jenis; Sohmer 1988
Glomera	100	Schuiteman dan de Vogel, Bab 3.3 Orchidaceae
Myristica	± 100	Jumlah jenis pastinya ada 98

Pola-pola keendemikan di Malesia biasanya sesuai dengan kecenderungan keanekaragaman jenis. Daftar marga endemik tersedia untuk masing-masing pulau utama (Johns 1995). Pola keendemikan terakhir untuk Nugini (Johns 1993, 1995) telah direvisi, terutama berdasarkan kemajuan di bidang rekonstruksi DNA. Karena itu, keunikan flora Nugini jelas mengungguli Malesia, walaupun informasi yang didokumentasi terbatas dari lokasi-lokasi yang tingkat keendemikannya tinggi tetapi belum disurvei secara menyeluruh. Keendemikan Papua masih akan tetap kurang diketahui dan akan merupakan sasaran prioritas tertinggi di masa depan.

Kualitas Lingkungan

Kondisi keanekaragaman hayati Papua diyakini merupakan hasil berbagai tipe lingkungan yang menakjubkan, termasuk pegunungan tertinggi di Asia-Pasifik dan satu-satunya yang memiliki sungai es tropis di Malesia (Whitmore 1975, Mangen 1993). Provinsi ini memiliki aset unik yang berpotensi sebagai Warisan Dunia yang luar biasa (misalnya, Kep. Raja Ampat yang berada di atas batuan ultrabasa, Peg. Vogelkop di atas batuan kapur dan danau-danau pergunungan tropis, Gambar 3.1.8-10), masih sangat luas dan relatif bebas dari gangguan manusia bila dibandingkan wilayah lainnya (Gambar 3.1.11).

Kepentingan untuk mendokumentasikan flora Papua, Sulawesi dan Sumatra sama besar, tetapi dampak pembangunan ekonomi di kedua pulau lainnya sudah sangat besar. Misalnya, di Sumatra, 65-80% hutan dataran rendahnya telah punah (Whitten dkk. 2000) dan 54% hutan dataran rendah di Sulawesi juga telah hilang (Whitten dkk. 2002). Demikain juga tingkat perusakan hutan sekarang, yang diyakini jauh lebih besar.

Berbeda dengan pulau-pulau di bagian baratnya, berbagai habitat di Papua juga lebih terlindungi. Dalam *Biodiversity Action Plan for Indonesia*, tutupan hutan di Papua diperkirakan lebih dari 90% (Bappenas 1993) atau 75-80% menurut Supriatna dkk. (1999). Kendala sarana perencanaan yang efektif memang ada (misalnya, klasifikasi hutan

EKOLOGI PAPUA

dan sistem pemetaan), tetapi ekosistem di Papua tidak banyak berubah daripada wilayah lain di Malesia. Papua memiliki belantara terluas terakhir di Indonesia dan merupakan salah satu gudang tumbuhan tropis terbesar di dunia yang tersisa sekarang.



Gambar 3.1.6. Marga endemik *Chlaenandra* (Menispermaceae) yang hanya memiliki satu jenis tunggal, *C. ovata*, ditemukan di hutan dataran rendah di seluruh Nugini. Pepohonan merambat berkayu menghasilkan buah dalam kelompok besar berwarna hijau di sepanjang batang utamanya (tanda panah). Burung kasuari gemar sekali memakan buah-buah merah walaupun biji-bijinya berduri panjang. Masing-masing buahnya berukuran panjang 60 mm dan lebar 55 mm.

Biogeografi

Posisi strategis Nugini telah mendukung perkembangan vegetasi heterogen yang terdiri dari unsur-unsur Laurasia dan Gondwana. Berbagai peristiwa biogeografi yang saling memengaruhi banyak mendukung

FLORA PAPUA: PENGANTAR

keanekaragaman botaninya sekarang. Sejak penelitian oleh Lam (1934), sejumlah penyelidik berusaha menjelaskan ciri-ciri flora Nugini yang rumit, tetapi upaya terdahulu banyak terhalang oleh pemahaman yang tidak tepat mengenai sejarah geologi Nugini yang sangat rumit. Keterkaitan unsur biotik dengan dinamika geologi ini sekarang menjadi lebih jelas, setelah struktur tektonik Nugini diinterpretasi ulang oleh Pigram dan Davies (1987). Menurut mereka, setengah bagian selatan pulau merupakan perluasan lempeng Australia yang stabil, sedangkan bagian utaranya merupakan kombinasi 32 lempeng kecil yang dinamis, bergabung selama empat fase akresi yang berbeda (Bagian 2.) Pengetahuan tentang fragmen benua sangat berperan dalam memahami pola-pola spesiasi flora dan fase akresi fragmen benua Papuasiasia, seperti yang dikemukakan oleh van Welzen (1997), van Welzen dan Turner (2001) dan Heads (2001, 2003). Secara keseluruhan, ujung barat dan timur Nugini merupakan pusat-pusat keendemikan yang sempit, dengan banyak taksa yang diketahui hanya dari lokasi ini. Di kedua lokasi ini tingginya tingkat keendemikan biota jelas terkait dengan sejarah purba lingkungan yang luar biasa, tetapi hubungannya masih belum jelas karena dokumentasi mengenai biota di daerah sekelilingnya tidak diketahui.



Gambar 3.1.7. Salah satu lingkungan Nugini yang paling indah dan masih perawan adalah Raja Ampat, yang memiliki dataran kapur, tebing-tebing pantai yang curam dan lapisan tanah ultrabasa yang tersingkap. Keanekaragaman flora dibatasi oleh curah hujan yang rendah dan kemarau musiman, tetapi keendemikannya tinggi. Pulau-pulau di dekat Misool (tertera pada gambar) mungkin berasal dari Gondwana.



Gambar 3.1.8. Kawe yang berada di batas terbarat Provinsi Papua adalah sebuah pulau terpencil yang memiliki tanah ultrabasa yang tertutup pepohonan seperti *Ploiarium sessile*, *Exocarpos latifolius*, *Gymnostoma rumphianum*, *Decaspermum bracteatum*, *Ixonanthes reticulata* dan *Myrsine rawacensis*. *Livistona* sp. banyak terdapat di dasar lembah dan di dekat garis pantai.

Ciri-ciri Umum Vegetasi di Papua

Walaupun tingkat keanekaragaman flora Papua tinggi, jumlah suku yang ada relatif sedikit. Di dataran rendah (di bawah 1.000 m) kelompok-kelompok yang terpenting dalam hal frekuensi, kekayaan, atau terlihat mencolok adalah Anacardiaceae, Annonaceae, Arecaceae, Burseraceae, Combretaceae, Euphorbiaceae (Phyllanthaceae), Fabaceae, Elaeocarpaceae, Flacourtiaceae (Salicaceae), Malvaceae, Meliaceae, Monimiaceae, Moraceae, Myristicaceae, Rubiaceae dan Sapindaceae. Tidak seperti di Malesia bagian Barat, di Papua hanya memiliki beberapa marga Dipterocarpaceae saja, yaitu *Anisoptera* (1 sp.), *Hopea* (9 sp.) dan *Vatica* (1 sp.) (Ashton 1982).

Di habitat pegunungan, kelompok yang terpenting adalah cryptogamae, gymnospermae dan kelompok angiospermae (tumbuhan berbunga), yang terdiri dari Araliaceae, Cunoniaceae, Ericaceae, Fagaceae, Gesneriaceae, Lauraceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Orchidaceae, Theaceae, Urticaceae, Winteraceae dan Zingiberaceae. Keanekaragaman ini menurun drastis pada ketinggian di atas 2.500 m tetapi keendemikan di zona pegunungan tertinggi karena perubahan lingkungan yang dipicu oleh pengungkitan geologis yang berlangsung cepat (Heads 2001, 2003).

FLORA PAPUA: PENGANTAR



Gambar 3.1.9. Pulau Waigeo. Latar depan: habitat ultrabasa di padang semak endemik. Sebagai salah satu lingkungan ultrabasa klasik di Nugini, bagian pesisir yang berkelok-kelok menampilkan suksesi awal akibat kebakaran. Latar belakang: perairan tenang di Teluk Fofak.



Gambar 3.1.10. Kondisi bagian dalam hutan yang agak lembab di Misool selatan yang kondisinya masih perawan, kecuali di dekat pemukiman. Taksa yang umum adalah *Flindersia amboinensis*, *F. laevigata* var. *heterophylla*, *Homalium foetidum*, *Intsia bijuga*, *I. palembanica*, *Jagera javanica* spp., *Pometia pinnata* dan *Vatica rassak*. *Maniltoa* sering terdapat di lapisan di bawah tajuk.

Flora Papua, khususnya pakis (pteridofit) dan anggrek memerlukan penjelasan tersendiri karena kekayaan jenisnya luar biasa. Dari sekitar 3.000 jenis yang ada, Nugini memiliki hampir 30% keanekaragaman pakis di dan lebih dari dua kali jenis yang ada di seluruh Malesia lainnya

(Roos 1996). Demikian juga dengan 2.800 jenis anggrek, yang 95%-nya endemik (Bab 3.3). Ironisnya, pakis jarang mendapat perhatian dalam survei kehutanan. Ada 35 jenis anggrek yang baru-baru ini ditemukan oleh E. de Vogel dan A. Schuiteman (kom. pri.), mengindikasikan banyaknya pekerjaan yang masih harus dilakukan. Para pengoleksi di masa depan juga akan terpana dengan inventarisasi liken di Nugini (ada lebih dari 2.000 jenis dan hanya sekitar 1.200 jenis yang telah diberi nama, Bab 3.3). Kesempatan kontribusi pengetahuan dari penelitian lapangan tentang taksa tumbuhan masih begitu luas.

Setelah revisi menyeluruh, jumlah jenis dalam marga pakis di Papua-sia adalah: *Cyathea* memiliki jumlah jenis yang terbesar, diwakili oleh 78 jenis dari daratan utama, diikuti oleh *Grammitis* (64 jenis) (Parris 1983). *Sphaerostephanos* memiliki 58 jenis atau 64 jenis termasuk yang terdapat di pulau-pulau yang berdekatan (Holttum 1981). Jumlah jenis dalam suku liken umumnya kecil sampai sedang, tetapi *Pertusaria* (sekarang 70 jenis) mungkin dapat mencapai jumlah tertinggi abad ini setelah koleksi sekarang dilaporkan secara lengkap. Untuk tumbuhan berbunga, *Syzygium* dan *Ficus* adalah marga terbesar (sekitar 100 jenis). *Myristica* memiliki 98 jenis, 74 jenis baru ditemukan atau dideskripsikan dalam dekade terakhir (de Wilde 1995, 1998, 2000) dan karena sebarannya terbatas, eksplorasi mendatang tampaknya akan meningkatkan jumlah jenisnya. *Elaeocarpus* adalah kelompok terkaya berikutnya (sekitar 80 jenis pohon).

Kebanyakan marga besar merupakan epifit atau di bawah tajuk, seperti *Schefflera* (180 jenis). Di antara tumbuhan merambat, *Freycinetia* adalah marga yang terpenting. Sejak 1999, Nugini memiliki 134 jenis ini (Huynh 2000, 2001, 2002a,b,c, 2003) tetapi banyak jenis lebih baru yang hanya diketahui dari tipe lokasinya. Dominasi taksa bukan pohon dalam flora Nugini tercermin dalam pola-pola ketinggian pada keragaman beta (keragaman jenis dalam beberapa ekosistem yang berbeda). Walaupun umumnya jumlah pohon akan berkurang seiring dengan peningkatan ketinggian (Ashton 2001, Gentry 1988), kekayaan jenis total tertinggi di zona subpegunungan, terutama karena meningkatnya jumlah epifit dan belukar di lokasi yang lebih tinggi (Takeuchi dan Golman 2001).

Ringkasan Taksonomi

Bab-bab berikutnya dalam bagian ini menyajikan ikhtisar taksonomi flora di Papua. Masing-masing suku tumbuhan diuraikan secara ringkas, khususnya mengenai kesenjangan informasi sekarang. Sekali lagi perlu ditekankan bahwa tidak ada suku atau kelompok tumbuhan yang telah diinventarisasi secara memadai. Selain itu, sebagian besar informasi bersumber dari flora pulau Nugini. Beberapa kelompok penting bahkan sama sekali tidak mendapat perhatian, tetapi dijelaskan dalam buku *Flora Malesiana*. Taksa Papua dapat disarikan dari revisi buku ini, misalnya suku Burseraceae (Leenhouts 1956), Cyperaceae (Kern 1974, Kern dan Nooteboom 1979), Fagaceae (Soepadmo 1972), Flacourtiaceae (Salicaceae, Sleumer 1954), Caesalpiniaceae (Ding dkk. 1996), Mimosaceae (Nielsen 1992) dan Meliaceae (Mabberley dkk. 1995).

Dari pengantar ini jelas bahwa kebutuhan dan kesempatan untuk melakukan penelitian di masa mendatang sangat besar. Bahkan setelah eksplorasi lebih dari seabad, pemahaman mengenai flora yang memuaskan mungkin baru dapat dicapai dalam beberapa generasi mendatang.

3.2. *Liken, Lumut, Pakis dan Gymnosperma**

Liken

Liken (kapang-kapangan) adalah jamur yang berasosiasi dengan alga hidup yang memasok hasil fotosintesis untuk mendukung kehidupannya. Liken tidak menghasilkan jamur, tetapi membentuk struktur padat yang disebut *thallus* (tunggal–talus) atau *thalli* (jamak), yang melekat di bagian luar substrat yang terpapar cahaya di sekelilingnya. Liken bergabung dengan beberapa kelompok jamur, seperti basidiomycetes dan ascomycetes. Morfologi liken dibedakan berdasarkan susunan talusnya menjadi tiga kelompok. Bentuk yang paling sederhana adalah *crustose*, berupa kerak di atas substratnya. Tipe *foliose* kurang memiliki kontak langsung dengan substratnya, tetapi kadang terkait dengan substrat melalui serabut khusus yang disebut *rhizine*. Tipe ke tiga adalah *fruticose*, yang terkait dengan substrat melalui dasar sempit dan sebagian besar talusnya berada jauh dari substratnya. Masing-masing tipe talus berkembang menjadi kelompok jamur yang ditumbuhi liken.

Liken lebih mencolok dan telah diteliti dengan baik di kawasan yang dingin. Namun, dari penelitian terkini terdapat indikasi bahwa hal ini disebabkan oleh langkanya tumbuhan berpembuluh dan karena ukuran liken yang cukup besar membuatnya lebih mencolok di kawasan yang dingin. Nugini memiliki flora liken yang kaya (Gambar 3.2.1) dan belakangan ini banyak mendapat perhatian, termasuk Lambley (1991) yang mengkaji liken di PNG. Saat ini ada sekitar 1.150 jenis liken yang diketahui di Nugini (Aptroot dkk. 2002) walaupun angka ini masih

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “Lichen Biodiversity in New Guinea”, Harrie Sipman & André Aptroot; “Bryophytes of Papua New Guinea: Their Diversity, Ecology and Conservation”, Benito C. Tan, Sinikka Piippo & Daniel H. Norris; “Ferns and Lycophytes of Papua”, Barbara S. Parris; dan “Gymnosperms of Papua”, Jianhua Li.

sementara karena banyak yang belum diidentifikasi secara lengkap. Jumlah jenisnya mungkin lebih dari 2.000, mirip dengan yang ada di kawasan beriklim sedang, alpin, atau daerah artik di belahan bumi utara (Coppins 2002, Santesson dkk. 2004, Hafellner dan Türk 2001). Namun, jenis liken endemik di Nugini tampaknya lebih tinggi daripada di kawasan beriklim sedang. Informasi mengenai flora liken di Nugini sebagian besar berasal dari PNG, karena liken di Papua sangat sedikit diketahui. Meskipun demikian keanekaragaman liken di kedua wilayah ini tampaknya hampir serupa.

Eksplorasi Liken di Nugini

Liken di Nugini telah luput dari perhatian para ilmuwan, karena kurangnya minat terhadap biota ini untuk waktu yang lama. Sampai tahun 1965 hanya ada beberapa ratus spesimen yang tersedia, sebagian besar dari koleksi di wilayah jajahan Jerman (Mattick 1942 dan Streimann 1986). Hasil-hasilnya telah diringkas oleh Szatala (1956), yang melaporkan jumlah totalnya ada 224 jenis. Sejak tahun 1965, perhatian terhadap liken meningkat pesat dan ratusan spesimen telah dikoleksi. Misalnya, W.A. Weber dan D. McVean memaparkan pentingnya flora liken Nugini dan koleksi mereka, yang sebagian besar berasal dari G. Wilhelm, termasuk beberapa jenis endemik yang sangat luar biasa (seperti *Calathaspis devexa*, *Dibaeis weberi*, *Megalospora weberi*). Streimann melakukan koleksi yang lebih besar tahun 1981-1983; daftar ringkasannya berisi 495 jenis (Streimann 1986, 1990).

Setelah tahun 1986, Aptroot dan Sipman (1991) menambahkan lebih dari 112 jenis liken, termasuk beberapa jenis baru dan bahkan marga baru. Aptroot dkk. (1995, 1997) menambahkan 336 jenis lainnya, yang sebagian tengah dideskripsi atau dilaporkan dalam berbagai publikasi terpisah. Sementara itu Stenroos (1986-88) menyajikan revisi pertama kelompok liken Nugini dari suku Cladoniaceae. Setelah itu, beberapa revisi dilakukan untuk beberapa kelompok lainnya, yaitu marga *Anzia* (Yoshimura dkk. 1995); *Pertusaria* (Archer dan Elix 1998); *Stereocaulon* dan *Lobaria* (Sipman 1998, 2004) *Menegazzia* (James dkk.

EKOLOGI PAPUA

2001); dan *Parmotrema* serta *Hypotrachyna* (Louwhoff dan Elix 1999, 2002). Dalam penelitian ini juga ditemukan sejumlah jenis baru (kebanyakan endemik) dan rujukannya dapat dilihat di <http://www.nhm.uio.no/botanisk/lav/RLL/RLL.HTM>.



Gambar 3.2.1. Batang pohon yang tertutup rapat oleh liken di zona subalpin di G. Wilhelm, PNG.

Saat ini terdapat sekitar 20.000 spesimen, yang sebagian besar berada di herbarium di PNG. Sekitar setengah dari spesimen ini telah dimasukkan dalam revisi terkini, sedangkan sisanya masih direvisi.

Asal Usul Flora Liken

Liken dianggap sebagai kelompok organisme purba yang berevolusi sangat lambat. Informasi berikut mengenai flora liken masih bersifat sementara, karena persebaran flora ini masih belum diketahui secara menyeluruh. Keanekaragaman liken di Nugini sekarang mungkin merupakan akibat pergerakan benua di masa lalu sejak Periode Kreta. Hal ini ditunjukkan oleh liken pada ketinggian atas, terutama yang diwakili oleh marga *Megalospora* (Sipman 1983) yang lebih berkerabat dekat dengan yang ada di Selandia Baru. Selama Periode Tersier, Nugini hanyut menuju khatulistiwa, berpisah dari Selandia Baru. Adanya pegunungan membuat jenis-jenis liken bermigrasi ke tempat yang lebih tinggi untuk menghindari iklim yang menghangat. Kehadiran marga *Nothofagus* memberikan dukungan sejarah mengenai asal-usul liken ini. Unsur flora yang berbeda terdapat di ketinggian sedang dan beberapa marga seperti *Anzia* (Gambar 3.2.2), *Lobaria* dan *Stereocaulon* sangat beragam dan kaya jenis endemik. Jenis-jenis yang sama atau yang berkerabat sebagian besar terdapat di Asia Timur, tetapi tidak ada di pegunungan Australia. Hal ini menunjukkan bahwa setelah Periode Kreta Nugini sama sekali tidak berhubungan dengan Australia lagi sampai belakangan ini, tetapi berhubungan dengan Asia timur melalui daratan yang sangat luas yang kemudian tumbuh menjadi gunung-gunung di Filipina. Jumlah jenis *Anzia* dan *Lobaria* di Nugini lebih banyak dari yang ada di Asia timur dan Filipina. Hal ini menunjukkan bahwa marga-marga ini telah berevolusi di Nugini, atau menemukan tempat berlindung di pulau ini. Kuatnya keendemikan liken Nugini jelas merupakan hasil isolasi gunung-gunung yang tinggi. Kisaran persebaran liken yang terdekat pada ketinggian di atas 4.000 m terdapat di benua Asia, kecuali G. Kinabalu yang kecil dan sangat terisolasi. Inventarisasi di G. Kinabalu (Sipman 1993) menunjukkan adanya kekerabatan kuat dengan pegunungan di Nugini, walaupun jumlah jenis yang sama hanya ada di wilayah alpin yang sempit di G. Kinabalu.



Gambar 3.2.2. Marga *Anzia* terwakili dengan baik di hutan-hutan pegunungan Nugini. Marga ini memiliki talus *foliose*, sedangkan liken bercabang dari marga *Usnea* yang berada di ketinggian di atasnya memiliki talus *fruticose*.

Ekologi

Sebagai organisme autotrof, liken bersaing dengan tumbuhan hijau. Namun, pertumbuhan liken sangat lambat dan bila cukup tersedia zat hara dan air, liken merupakan pesaing yang tidak efektif. Liken kerap ditemukan di habitat yang kondisi lingkungannya sulit, misalnya permukaan yang tidak dapat ditembus dan tidak dapat menahan air, seperti bebatuan, kulit pohon, batang dan daun. Liken dapat mengolonisasi tanah ketika pertumbuhan tanaman lain tertekan oleh penyenggutan hebat, cuaca dingin, atau kondisi miskin zat hara atau kondisi masam. Kondisi kering yang terus berlangsung juga sangat tidak menguntungkan, karena liken tidak tumbuh pada keadaan kering. Perubahan lingkungan yang cepat, misalnya akibat gangguan manusia, juga tidak menguntungkan bagi liken.

Liken di Bebatuan

Bebatuan adalah jenis substrat yang disukai oleh kebanyakan jenis liken di dunia. Di kawasan tropis bebatuan bukan merupakan substrat penting bagi liken, karena pertumbuhan tanaman berlangsung sangat cepat sehingga mengurangi ketersediaan permukaan bebatuan untuk pertumbuhan liken. Hanya pada ketinggian atas terdapat bebatuan terbuka yang berlimpah, tetapi sering tertutup oleh bakteri daripada oleh liken. Karena itu, di Nugini liken di atas bebatuan tidak berlimpah. Pada ketinggian rendah, kebanyakan liken terdapat pada karang yang terangkat. Jenis *Porina*, *Verrucaria*, *Lithothelium* dan *Opegrapha* terdapat pada bebatuan yang ternaungi di hutan-hutan terbuka. Pada ketinggian menengah, liken bebatuan sering terdapat di sepanjang sungai yang tidak banyak tererosi dan di tempat-tempat yang lembab dan ternaung. Bebatuan pada ketinggian atas (di atas 3.500 m) kaya akan liken, tetapi bebatuan alpin agaknya miskin liken. Marga *Umbilicaria* yang umum di daerah alpin lain belum ditemukan di sini. Sejauh ini, hanya habitat bebatuan di G. Wilhelm yang telah diteliti oleh pakar liken dan koleksi dari pergunungan lain dapat menghasilkan flora liken yang berbeda. Tipe bebatuan terbuka, terbentuk akibat kegiatan manusia, seperti tepi-tepi jalan dan parit, serta di bangunan beton dan batu bata. Pada ketinggian menengah dan atas, pertumbuhan liken terlihat pada retakan jalan, terutama dari marga *Stereocaulon*, *Dibaeis*, *Baeomyces*, termasuk jenis endemik seperti *Stereocaulon pseudomassartianum* dan *Gyalidea multispora*. *Endocarpon pusillum* merupakan salah satu jenis yang umum di dinding-dinding tua dan rendah pada kondisi lembab di ketinggian bawah.

Liken di Tanah

Selain bebatuan, tutupan tanah tropis didominasi oleh tumbuhan tingkat tinggi sehingga keberadaan liken tanah di Nugini sangat terbatas, terutama pada ketinggian bawah. Pada ketinggian menengah, yang hutan alaminya disela oleh sungai-sungai, tidak ada liken tanah yang dijumpai. Liken juga tidak ditemukan di padang rumput kering pada lembah-

lembah pegunungan, mungkin karena padang rumput sering dibakar oleh penduduk. Liken melimpah di atas garis tumbuh pohon, karena tanahnya bergambut dan masam yang sangat cocok untuk liken dari marga *Cladonia*, *Peltigera* dan *Baeomyces*, termasuk jenis endemik *Baeomyces marginalis*.

Liken pada Kulit dan Batang Pohon

Karena sebagian besar daerah Nugini tertutup oleh hutan atau vegetasi lain yang didominasi tumbuhan berkayu, liken melimpah pada kulit pohon dan tumbuhan berkayu. Pentingnya pepohonan untuk keanekaragaman liken di daerah tropis sering diremehkan oleh peneliti dari kawasan beriklim sedang, yang kelimpahan likennya terdapat di bebatuan. Pentingnya hutan primer yang kaya akan jenis pohon untuk keanekaragaman liken di daerah tropis, pertama kali diungkapkan oleh Montfoort dan Ek (1990). Mereka meneliti 32 pohon di hutan dataran rendah di Guyana Prancis dan menemukan 209 jenis liken. Aptroot (1997) menemukan hal 173 jenis liken di Nugini ketika meneliti sebatang pohon dekat Myola, PNG (Gambar 3.2.3). Angka ini merupakan rekor dunia, lebih dari dua kali jumlah kekayaan liken yang ditemukan di pohon inang yang pernah diketahui sebelumnya. Di hutan tropis yang tidak terganggu diperkirakan terdapat 300-400 jenis liken yang hidup di kulit pepohonan. Tingginya keanekaragaman liken ini didukung oleh gradien iklim mikro di dalam hutan, mulai dari yang ternaung dan lembab di dekat permukaan tanah hingga ke tempat yang kering dan terang di tajuk. Flora liken di dekat dasar pohon sangat berbeda dengan yang ada di tajuk pohon. Di pertengahan batang pohon, tingkat kelembabannya naik karena ada penguapan dari tajuk pohon kecil di sekitarnya dan juga masih mendapat cukup cahaya dari antara tajuk-tajuk pohon yang menjulang. Akibatnya, zona ini merupakan kondisi optimal bagi suku Thelotremataceae, yang memiliki 100 jenis di seluruh Nugini (Sipman, dalam persiapan).



Gambar 3.2.3. André Aptroot tengah meneliti sebatang pohon yang tumbang dengan 173 jenis liken, jumlah tertinggi yang pernah ditemukan pada sebatang pohon.

Flora liken di hutan berbeda menurut ketinggian: di dataran rendah didominasi oleh liken *crustose*, sedangkan *foliose* dan *fruticose* yang lebih rumit sangat jarang. Suku-suku liken dataran rendah mencakup Pyrenulaceae, Trichotheliaceae (kebanyakan dekat dasar pohon), Thelotremaaceae (kebanyakan di bagian tengah batang), Graphidaceae, Trypetheliaceae (kebanyakan di tajuk). Jenis endemik banyak ditemukan pada zona ini, contohnya marga *Parmotrema* (lihat Tabel 3.2.1). Di atas 1.000-1.500 m, liken *foliose* lebih banyak; suku yang mendominasi adalah Collemataceae (kebanyakan dekat dasar pohon), Lobariaceae (kebanyakan di tajuk bagian bawah), Parmeliaceae dan Physciaceae (di tempat yang paling terang). Jenis dari marga *Anzia* merupakan endemik umum di sini (lihat Tabel 3.2.1). Pepohonan dan semak di daerah yang dibudidayakan, seperti di perkebunan dan taman-taman, juga dapat menjadi rumah sejumlah jenis liken. Liken juga lebih mudah ditemukan karena pepohonannya relatif lebih kecil dan mudah dijangkau daripada pepohonan di hutan. Di habitat seperti ini kebanyakan jenis liken tajuk jumlahnya lebih sedikit daripada yang ada di tajuk hutan alami.

Liken di Dedaunan

Dedaunan di semak dan pepohonan di daerah tropis dapat bertahan hingga beberapa tahun dan merupakan substrat yang berlimpah dan bebas persaingan yang cocok untuk liken. Namun pertumbuhan liken pada dedaunan mengharuskan siklus hidup yang pendek. Kelompok liken yang mengkhususkan diri pada substrat ini, disebut *foliicolous*, menghasilkan badan buah pada talus kecil dan ukurannya hanya beberapa milimeter bersilangan dan tumbuh selama satu sampai tiga tahun. Dibandingkan dengan jenis liken pada substrat lainnya, liken ini mungkin merupakan jenis yang telah dikenal baik. Kontributor mengenai pengetahuan liken ini adalah R. Santesson (1952), A. Vězda dan R. Lücking (Lücking dan Vězda 1998) dan khusus mengenai liken Nugini yang bersumber dari Sérusiaux (1997) dan Aptroot dan Sipman (1993). Penelitian mengenai liken *foliicolous* masih sangat kurang di Nugini. Lebih dari 100 jenis kini telah diketahui, termasuk jenis endemik seperti *Musaespora coccinea* (Aptroot dan Sipman 1993) yang tumbuh di lapisan bawah hutan dataran rendah dan jenis *Hippocrepeida nigra* yang terdapat di semak-semak di G. Wilhelm (Aptroot dkk. 1997).

Konservasi dan Rekomendasi

Jenis liken cenderung tersebar luas sehingga prioritas tingkat perlindungannya rendah. Namun Nugini memiliki jumlah jenis endemik yang tinggi dan layak mendapatkan perhatian. Tingkat keendemikan di Nugini jauh lebih tinggi daripada daerah tropis lainnya di dunia. Saat ini, ada lebih dari 1.200 jenis liken dilaporkan dari Nugini (Aptroot dkk. 2002). Selain itu, liken merupakan bagian yang tak terpisahkan dari budaya di Nugini. Pengetahuan terkini mengenai liken telah jauh melampaui dari semua liken yang terdapat di negara tetangga, kecuali Australia. Tidak adanya laporan dari negara-negara tetangga memberikan indikasi bahwa liken merupakan jenis endemik Nugini, atau mungkin juga karena pengetahuan kita yang tidak lengkap.

LIKEN, LUMUT, PAKIS DAN GYMNOSPERMA

Tabel 3.2.1. Zonasi liken berdasarkan ketinggian di Papua Nugini.

	Dataran rendah	G. Gahavisuka	G. Wilhelm
	Madang		
Kisaran ketinggian	1–230 m	2.300-2.750 m	3.500-4.500 m
Jumlah jenis	500	400	420
Persentase jumlah jenis yang teridentifikasi	60%	70%	70%
DISTRIBUSI			
Endemik	5%	10%	20%
Australasia	5%	20%	20%
Paleotropis	40%	35%	20%
Pantropis	50%	25%	20%
Iklim sedang	0	10%	20%
SUBSTRAT			
Kulit pohon	70%	75%	70%
Dedaunan	30%	20%	5%
Tanah	0	5%	10%
Batuan cadas	0	0	15%
BENTUK			
PERTUMBUHAN			
Fruticose	1%	10%	15%
Foliose	15%	25%	35%
Crustose	85%	65%	60%
MITRA FOTOSINTESIS			
Cyanobacteria	1%	10%	15%
Trentepohlia	50%	15%	10%
Chlorococcale	50%	75%	75%
PEMBIAKAN VEGETATIF			
Soredia	15%	12%	20%
Isidia	3%	6%	8%
Tidak ada	82%	82%	72%

Catatan: Angka persentase berdasarkan jumlah total jenis, kecuali angka pada kolom distribusi, yang angka persentasenya berdasarkan jumlah jenis yang telah diidentifikasi.

Sumber: Dimodifikasi dari Aptroot (1997).

Pusat keendemikan liken di Nugini masih belum dapat dipastikan, karena pengetahuan sekarang sebagian besar baru berasal dari beberapa lokasi terbatas di dataran tinggi PNG. Informasi yang dipublikasikan untuk kawasan pegunungan di Papua masih belum ada, yang mungkin

memiliki kekayaan flora liken yang serupa dengan di PNG. Kebutuhan penelitian yang paling mendesak adalah membuat inventarisasi di Papua, untuk memastikan adanya jenis yang persebarannya di seluruh pulau atau terbatas di suatu lokasi saja. Informasi ini akan memberikan sumbangan penting mengenai biogeografi liken yang akurat. Untuk sementara waktu Nugini bisa dikatakan sebagai pusat keanekaragaman liken karena keanekaragaman jenisnya sangat tinggi.

Karena keanekaragaman liken di Nugini hampir seluruhnya bergantung pada hutan primer, cara terbaik untuk melindungi liken adalah dengan melindungi habitatnya, termasuk keberadaan pepohonan besar berkayu keras. Kegiatan tebang pilih pohon yang bernilai ekonomi sangat mengurangi nilai liken hutan. Upaya revisi untuk kelompok taksonomi tambahan akan membantu mengenali jenis endemik tambahan yang layak mendapat perhatian khusus.

Lumut

Lumut atau briofit adalah kelompok tumbuhan tidak berbunga, termasuk di dalamnya lumut, lumut hati dan lumut tanduk, yang merupakan keturunan tumbuhan darat purba. Briofit dapat dibedakan dari ciri-ciri umumnya karena memiliki sporofit (diploidal, atau memiliki jumlah kromosom penuh) yang terikat dengan gametofit (haploidal, atau membawa setengah jumlah kromosom normal). Bagian batang dan daunnya merupakan bagian tumbuhan yang menghasilkan jenis kelamin.

Sebagai kelompok tumbuhan darat, briofit menyukai habitat yang dingin dan lembab, seperti di hutan basah pegunungan dan pinggir sungai yang ternaung. Pócs (1982) dan Gradstein dan Pócs (1989) meneliti keanekaragaman, biologi, sejarah kehidupan, ekologi dan distribusi briofit di hutan basah tropis. Karena ukurannya tidak terlalu mencolok, nilai ekonomi briofit bagi manusia sangat kecil, tetapi peran mereka dalam ekosistem hutan sangat penting. Tan (2003) membahas pemanfaatan lumut oleh masyarakat tropis Asia Tenggara. Di Nugini, banyak lumut hutan *Spiridens reinwardtii* (Gambar 3.2.4) dipakai sebagai hiasan tubuh oleh suku asli.

Paijmans (1976) membuat Nugini dikenal baik karena keanekaragaman dan keendemikan biota yang menakjubkan (Myers dkk. 2000, Tan dan Pócs 2000). Sejarah penelitian taksonomi briofit di Nugini dibahas oleh Schultze-Motel (1963) sedangkan Grolle dan Piippo (1984) menerbitkan katalog anotasi pertama untuk Hepaticae dan Anthocerotae di Nugini dan Melanesia bagian barat. Daftar pustaka dalam ke tiga publikasi ini menunjukkan bahwa banyak pakar briologi Eropa dan Amerika Utara pada abad ke-19 dan awal abad ke-20 telah mempelajari briofit Nugini.

Keanekaragaman dan Kekayaan Briofit Nugini

Jumlah briofit Nugini dilaporkan mencapai 767 jenis, 129 marga dan 42 suku lumut hati dan lumut tanduk dan 890 jenis, 248 marga dan 61 suku lumut (Grolle dan Piippo 1984, Tan dan Iwatsuki 1999, Koponen 2000, Gradstein dkk. 2002). Lebih dari 70% briofit yang diketahui di Malesia dan Australasia terdapat di Nugini. Pulau ini juga merupakan pusat spesiasi untuk beberapa marga besar, seperti *Frullania* (sekitar 90 jenis), *Plagiochila* (54 jenis), *Bazzania* (sekitar 50 jenis), *Radula* (42 jenis), *Macromitrium* (29 jenis), *Chaetomitrium* (25 jenis) dan *Acroporium* (17 jenis). Nugini juga memiliki jenis endemik tertinggi, contohnya adalah *Dawsonia* (5 endemik dari 7 jenis), *Dicranoloma* (5 endemik dari 14 jenis), *Radulina* (3 endemik dari 4 jenis), *Clastobryum* (2 endemik dari 4 jenis), *Frullania* (57 endemik dari 90 jenis), *Radula* (15 endemik dari 42 jenis), *Plagiochila* (30 endemik dari 54 jenis) dan *Schistochila* (14 endemik dari 19 jenis).

Variasi morfologi dan anatomi yang sangat tinggi pada jenis briofit lokal juga sangat mengesankan, seperti *Dawsonia* raksasa (Gambar 3.3.2) dengan anatomi batang yang rumit, sampai *Trachycarpidium* yang mungil (1-2 mm), serta *Ephemeropsis* yang berfilamen dan berukuran sangat kecil. Selama dua dekade terakhir suku-suku briofit Nugini telah direvisi oleh Koponen dan Norris (1983), yang pada tahun 1981 membuat koleksi lebih dari 17.000 spesimen briofit dari Sem. Huon dan S. Frieda di PNG (Koponen 1990). Proyek ini telah mendokumentasikan 1.009 jenis (531 lumut dan 478 lumut hati) dan 284 marga

EKOLOGI PAPUA

briofit (Koponen 2000). Lima marga dan 75 jenis yang ditemukan dan diperkirakan sebagai jenis baru. Saat ini, ada tiga marga lumut endemik di Nugini (*Leskeodontopsi*, *Orthothuidium* dan *Unclejackia*). Persentase keendemikan jenis lumut diperkirakan sebesar 18% (Hyvönen 1989, Tan dan Iwatsuki 1999) dan 38,2% untuk lumut hati dan lumut tanduk. Sebagian besar jenis endemik terdapat pada ketinggian di atas 1.500 m dan jenis epifit pada batang-batang dan ranting pohon (Piippo dkk. 1987, Piippo 1994, Koponen 1990).



Gambar 3.2.4. *Spiridens reinwardtii* Nees.



Gambar 3.2.5. *Dawsonia*, jenis lumut raksasa yang biasa terlihat di hutan Nugini.

Tabel 3.2.2 dan 3.2.3 membandingkan keanekaragaman briofit Nugini dengan pulau atau negara tetangga dengan ukuran luas yang sebanding. Keanekaragaman briofit di Nugini memiliki jumlah taksa tertinggi di seluruh tingkat taksa. Perbedaan jumlah taksa brioflora di PNG dan Papua disebabkan terbatasnya koleksi briofit di Papua. Penelitian di kemudian hari akan menunjukkan keserupaan flora ini di kedua bagian pulau besar ini. Untuk sementara, banyaknya jenis baru dan jenis endemik yang ada menjadi indikasi penting bagi upaya konservasi di Nugini.

LIKEN, LUMUT, PAKIS DAN GYMNOSPERMA

Tabel 3.2.2. Keanekaragaman lumut di Nugini dan di pulau-pulau dan negara-negara di sekitarnya yang luasnya sebanding.

Lokasi	Jumlah jenis	Jumlah marga	Jumlah suku
Nugini	890	248	61
PNG	624	210	58
Papua	426	156	51
Kalimantan ^a	724	192	50
Filipina ^b	702	230	59
Jawa	628	189	50
Sem. Malaysia ^c	476	147	42
Indochina ^d	1.001	238	55

Sumber: untuk semua lokasi: Tan dan Iwatsuki 1999. Tambahkan sumber: a. Suleiman dan Edwards 2002, Suleiman 2004, b. Tan dan Mandia 2001, c. Ho dan Tan 2002, Mohamed dkk. 2004, d. Tan dan Ninh 2003, Tan dkk. 2003.

Tabel 3.2.3. Keanekaragaman lumut hati dan lumut tanduk di Nugini dan di pulau-pulau dan negara-negara di sekitarnya yang luasnya sebanding.

Lokasi	Jumlah jenis	Jumlah marga	Jumlah suku
Nugini ^a	767	129	42
PNG ^a	694	126	41
Papua ^a	343	86	35
Kalimantan ^b	623	119	35
Filipina ^c	518	100	34
Jawa ^d	315	75	31
Sem. Malaysia	NA	NA	NA
Indochina	NA	NA	NA

Catatan: NA menunjukkan informasi tidak tersedia.

Sumber: a. Grolle dan Piippo 1984, serial dari Huon (lihat Koponen 2000, Gradstein dkk. 2002), b. Menzel 1988, c. Tan dan Engel 1986, d. Schiffner 1898.

Saat ini, kebanyakan informasi mengenai briofit Nugini berasal dari lokasi-lokasi di PNG yang relatif mudah dicapai (Brotherus 1892, 1901, Bartram 1945, Noguchi 1953, Schiffner dan Stephani 1901, Verdoorn 1934, Koponen 2000). Di Papua informasi tentang briofit baru diperoleh dari daerah di sekitar Jayawijaya dan Manokwari (Grolle dan Piippo 1984) serta Fakfak dan Cenderawasih; jumlah jenis yang sudah dikenali hanya 35 dibandingkan dengan Provinsi Marobe di PNG yang memiliki

sekitar 600 jenis. Hal ini menggarisbawahi perlunya mengoleksi briofit di Papua di masa depan.

Ekologi

Briofit digolongkan sebagai organisme yang berbeda dengan tumbuhan berpembuluh. Perbedaan morfologi dan fisiologinya membuat briofit menempati relung ekologi yang berbeda. Di kawasan tropis yang selalu lembab, briofit merupakan penyumbang utama pada fungsi ekosistem hutan. Briofit yang tidak berakar mampu menyerap air dan zat hara penting langsung ke dalam seluruh bagian tumbuhannya. Besarnya massa briofit di hutan basah memungkinkannya untuk menyerap sebagian besar air (Pócs 1976) dan zat-zat hara penting (Nadkarni 1984, 1985) yang larut dari tajuk secara efektif (Pócs 1980). Di lokasi yang massa briofitnya tinggi, separuh kekayaan hara mineral hutan dapat tersimpan dalam briofit (Nadkarni 1984). Air dan berbagai mineral yang telah diserap itu kemudian akan dilepaskan secara perlahan ke dalam tanah sehingga dapat diserap oleh tumbuhan berpembuluh.

Di hutan basah tropis, ketinggian tajuk sangat tidak merata; beberapa jenis pohon mendominasi lapisan tajuk bagian atas sementara pepohonan lainnya hanya mencapai lapisan di bawah tajuk. Di Nugini pepohonan bertajuk tertinggi memiliki massa briofit batang terbesar daripada di pepohonan bertajuk lebih rendah. Briofit tidak memiliki sistem pembuluh, sehingga kebanyakan air dan hara terlarut dialirkan sepanjang permukaan batang dan daun. Sistem perakaran yang tidak ada juga berarti mengurangi persaingan di dalam populasinya dan juga memampukannya untuk tidak bertumbuh (dorman) selama musim kering yang berulang. Kondisi dormant di hutan basah dapat diamati setiap hari karena badan tumbuhannya memiliki rasio permukaan-volume yang besar sementara kutikula di lapisan luarnya kurang berkembang atau tidak ada. Keadaan ini memungkikan air mengalir bebas ke dalam badan tumbuhan dan tingkat evapotranspirasi yang tinggi menyebabkan pengeringan. Penelitian fisiologi briofit tropis hanya sedikit, tetapi hasil yang telah dipublikasi sejauh ini (Frahm 1987, Schofield 1985)

menunjukkan bahwa briofit menyukai kondisi sejuk dan tidak mampu melakukan fotosintesis di atas suhu 25 °C. Karena itu, briofit umumnya dalam kondisi dorman di tengah hari.

Keendemikan taksa Melanesia dan Malesia tersebar dari ketinggian menengah sampai ketinggian relatif atas (1.200-2.300 m). Jenis yang tersebar luas tetapi secara lokal sangat jarang adalah marga pada ketinggian atas, seperti lumut *Andreaea*, *Leptodictyum*, *Hygrohypnum*, *Warnstorfia* dan *Limprichtia* dan lumut hati *Andrewsianthus*, *Anthelia*, *Gymnomitrium*, *Marsupella* dan *Sphenolobopsis*. Zonasi vertikal persebaran briofit di PNG kurang lebih sama dengan di Papua. Koponen dan Norris (1983) serta Norris (1990) menemukan bahwa briofit epifitik merupakan indikator penting substrat alami dan indikator tingkat kerusakan hutan di PNG.

Karena sebagian besar keanekaragaman briofit terpusat pada kulit pohon, cara briofit menyebar di alam perlu diketahui (van Zanten dan Pócs 1981), demikian juga pemisahan relung epifit yang memungkinkan keanekaragaman briofit. Pemilahan arsitektur pohon, yaitu tajuk bagian luar, tajuk bagian dalam, batang bagian atas, dasar pohon dan dedaunan, mencerminkan perbedaan besar di hampir seluruh parameter lingkungan penting yang memengaruhi briofit (Gradstein 1997, Gradstein dkk. 2003). Besarnya massa briofit epifitik di hutan basah tropis perlu dikaji karena permukaan hamparan briofit epifitik lebih luas dari permukaan tanah yang terbuka.

Konservasi: Status Terkini, Masalah dan Tantangannya

Di kepulauan tropis, seperti Nugini, briofit tumbuh berupa massa yang besar di hutan-hutan basah tropis tertutup dan menggunakan massanya yang tebal untuk memertahankan suhu dan mengatur kelembaban udaranya. Hyvönen (1987) melaporkan bahwa peladangan berpindah terbatas di daerah yang sedikit penghuninya di PNG tidak mengancam brioflora yang ada, namun penebangan hutan dan meningkatnya pencemaran udara dari kegiatan pertanian dan penambangan akan menghilangkan tutupan briofit dalam skala besar dan berdampak ekologis yang serius.

EKOLOGI PAPUA

Misalnya, kelembaban relatif dan kesuburan tanah menurun, yang akan merugikan hutan basah tropis. Jenis dengan toleransi ekologis dan kisaran geografi yang sempit biasanya punah secara lokal.

Nugini telah diidentifikasi sebagai salah satu dari tiga Kawasan Belantara Tropis Utama di bumi untuk konservasi keanekaragaman hayati dengan keendemikan briofit yang tinggi (Myers dkk.2000, Tan dan Pócs 2000). Namun pertumbuhan ekonomi di pulau ini mengancam masa depan briofloranya, khususnya karena menyusutnya kawasan hutan alami yang dilindungi. Masalah lainnya adalah bagaimana melindungi jenis briofit yang langka dan terancam punah di pulau ini secara efektif. Keputusan konservasi jenis langka dan terancam punah memerlukan pengetahuan mendalam mengenai geografi lokal dari biota yang ada di wilayah ini, namun koleksi yang terbatas di Papua menyulitkan perencanaan konservasi yang memadai. Karena itu, perlindungan ekosistem lokal harus menjadi prioritas, khususnya berdasarkan persebaran berbagai tipe hutan yang tertutup briofit. Konservasi ekosistem mulai dari zona alpin/subalpin sampai lembah dan laut merupakan pilihan dan perlu mempertimbangkan keunggulan briofit untuk menyerap mineral dan air. Pendekatan ini akan memperkuat alasan melindungi seluruh ekosistem dan biotanya. Dokumentasi yang memadai, advokasi dan kampanye publik mengenai manfaat perlindungan ekosistem secara keseluruhan, dengan memadukan perlindungan ekosistem pegunungan dan lembah yang tidak banyak dihuni oleh penduduk di Nugini, mungkin akan lebih mudah diterima oleh masyarakat dan pemerintah daerah.

Agar upaya konservasi menjadi lebih efektif, diperlukan penelitian mengenai ekologi briofit epifitik di Papua untuk menjawab dua pertanyaan berikut ini: Pertama, apakah tiap jenis pohon berbeda dalam hal massa briofit totalnya dan jenis briofit apa yang sesuai dengan pohon inangnya? Misalnya, di Sem. Huon, pohon pakis dan *Pandanus* merupakan substrat briofit yang baik, tetapi kebanyakan catatan lapangan dalam koleksi briofit hanya menyebutkan “pohon” sebagai substratnya, tanpa menyebutkan jenis pohonnya, bahkan tidak ada upaya untuk menyebutkan apakah batang pohonnya licin atau kulit pohonnya beralur. Pertanyaan ke dua adalah, seberapa kaya sumber daya alam dan keanekaragaman briofit yang

tersimpan di tajuk hutan-hutan basah setempat? Pada banyak ekspedisi yang telah dilakukan di Nugini, pepohonan yang baru saja tumbang diteliti untuk menemukan briofit. Beberapa jenis briofit yang berasosiasi dengan tajuk pohon juga ditemukan pada pohon yang lebih kecil dan mudah dicapai di pinggir jurang yang curam. Survei-survei tajuk yang mencukupi di hutan-hutan Nugini akan menghasilkan tambahan flora yang penting dan juga menghasilkan informasi penting mengenai status kelangkaan beberapa jenis briofit.

Seperti di bagian bumi lainnya, konservasi di Papua akan mengalami kendala. Upaya-upaya konservasi akan dipengaruhi oleh kepentingan ekonomi dan politik di provinsi ini, oleh keterbatasan tingkat pengetahuan biologi di wilayah ini dan oleh tingkat kerusakan habitat yang telah terjadi. Apa yang dapat dilakukan dengan pengetahuan yang ada saat ini? Dapatkah lahan dengan berbagai tingkat ketinggian, kandungan mineral dan zona lembabnya dikelola tanpa terlalu merusak biota yang ada? Adakah pendekatan yang efektif bahkan ketika interaksi antara komunitas briofit dengan berbagai lingkungannya hanya sedikit diketahui? Sampai ada solusi yang memuaskan, lahan yang ada sebaiknya dipertahankan sebagai cadangan, sementara penelitian tentang distribusi dan ekologi biota terus dikembangkan untuk memperbaiki program konservasi.

Pakis

Pakis dan kerabat pakis lainnya telah lama dikelompokkan bersama karena ciri-cirinya berbiak dengan spora dan memiliki jaringan pembuluh internal. Pakis berbeda dengan briofit (lumut, lumut hati dan lumut tanduk) yang tidak memiliki jaringan pembuluh internal dan dengan tumbuhan berbiji (gymnospermae dan angiospermae) yang tidak memiliki spora (Moran 2004). Kerabat pakis (likofit, pakis ekor kuda dan pakis sapu) bisa dianggap sebagai pakis (pakis ekor kuda: *Equisetum* dan pakis sapu: *Psilotum* dan *Tmesipteris*) karena lebih dekat hubungannya dengan pakis daripada dengan tumbuhan berbiji,

EKOLOGI PAPUA

seperti likofit, yaitu *Isoetes*, *Selaginella* dan Lycopodiaceae (Pryer dkk. 2001). Keduanya akan dibahas bersama dalam bab ini.

Pakis dan likofit memiliki sejarah geologi yang panjang. Suku-suku primitif (Azollaceae, Cyatheaceae, Dicksoniaceae, Dipteridaceae, Equisetaceae, Gleicheniaceae, Isoetaceae, Lycopodiaceae, Marattiaceae, Matoniaceae, Osmundaceae, Salviniaceae, Schizaeaceae, Selaginellaceae) memiliki catatan fosil sejak Periode Kreta atau bahkan sebelumnya (Collinson 1996) dan hidup pada jaman yang sama dengan dinosaurus. Semua suku ini terdapat di Papua. Matoniaceae merupakan suku yang menarik, karena ada fosil dari 11 atau lebih marganya yang diketahui berasal dari akhir Periode Trias dan akhir Periode Kreta dan tersebar luas di Eurasia, Greenland, Australia, Afrika, Madagaskar, dan di Amerika Utara dan Selatan (Kato 1998). Hanya ada dua marga, *Matonia* dan *Phanerosorus* yang diketahui saat ini dan sukunya hanya terdapat di Malesia. *Matonia* tersebar mulai dari Sem. Malaysia sampai Papua dan *Phanerosorus* hanya terdapat di P. Kalimantan dan Papua.

Pakis umumnya lebih menyukai lingkungan yang lembab dan ter-naungi, tetapi mereka terdapat di berbagai jenis habitat. Beberapa jenis mengapung bebas di perairan tergenang atau perairan dengan pergerakan lambat misalnya, *Azolla*; jenis lainnya seperti *Acrostichum* toleran dengan air asin. Banyak jenis pakis toleran dengan kondisi terpapar matahari penuh dan berkoloni di tepi jalan, misalnya, *Dicranopteris* dan *Sphenomeris*, jenis yang tahan kebakaran, di padang rumput misalnya, *Pteridium* dan jenis tahan kondisi beku di padang rumput misalnya, *Cyathea*.

Ukuran pakis sangat beragam, dari jenis pakis berselaput yang indah dengan daun setebal satu sel dan panjangnya 5 mm (misalnya, *Microgonium motleyi*), sampai pohon pakis yang tinggi batangnya lebih dari 15 m (misalnya, *Cyathea contaminans*) dan pakis yang seperti pohon palem dengan panjang daun lebih dari 7 m (misalnya, *Angiopteris evecta*). Marga *Lecanopteris* memiliki rhizoma berongga yang dihuni oleh semut; tumbuhan menyediakan naungan bagi semut

dan semut menyediakan zat hara bagi tumbuhan (Gay dkk. 1993). Semua jenis pakis tersebut terdapat di Papua.

Pengetahuan mengenai pakis dan likofit di Papua saat ini masih belum lengkap karena hanya ada laporan dari 14 suku yang dipublikasikan dalam buku *Flora Malesiana* dan ada beberapa laporan taksonomi terbaru. Suku-suku yang dibahas dalam *Flora Malesiana* adalah Azollaceae (Saunders 1998), Cheiroleuriaceae (Laferrière 1998a), Cyatheaceae (termasuk Dicksoniaceae; Holttum 1963), Davalliaceae (Nooteboom 1998), Equisetaceae (Laferrière 1998b), Gleicheniaceae (Holttum 1959a), Isoetaceae (Alston 1959, Croft 1980), Lindsaeaceae (Kramer 1971), Lomariopsidaceae (Hennipman 1978, Holttum 1978), Matoniaceae (Kato 1998), Plagiogyriaceae (Zhang dan Nooteboom 1998), Polypodiaceae (Hovenkamp dkk. 1998), Schizaeaceae (Holttum 1959b) dan Thelypteridaceae (Holttum 1981). Selain itu, laporan mengenai Grammitidaceae (Parris, dalam persiapan) juga mengkaji jenis-jenis di Papua. Informasi mengenai suku-suku Lycopodiaceae, Selaginellaceae, Aspleniaceae dan Woodsiaceae sangat diperlukan.

Kebanyakan pustaka yang ada hanya menunjukkan keberadaan jenis di PNG saja; keberadaan jenis di Papua masih bersifat penafsiran karena data habitat yang tersedia sangat sedikit dan rincian persebarannya di Papua sangat jarang. Kato (1990) memperkirakan bahwa P. Seram, Maluku, yang bersebelahan memiliki lebih dari 700 jenis flora pakis dan likofit. Dengan ukuran P. Seram yang lebih kecil (sekitar 18.000 km²) dibandingkan Nugini (sekitar 800.000 km²), tampaknya cukup beralasan untuk memberikan perkiraan konservatif jumlah jenis pakis dan likofit di Papua sampai sekitar 3.000 dan lebih dari 2.000 jenis. Dengan total jenis pakis dan likofit di dunia antara 15.000 dan 20.000, persentase jumlah jenis pakis dan likofit di Papua cukup penting.

Koleksi pertama pakis dan likofit di Papua oleh Gaudichaud (1827) didapat dari P. Rawak (Lawak), diikuti oleh Beccari pada tahun 1875-1876 dari Peg. Arfak; Versteeg dari Ekspedisi Lorenzt Pertama tahun 1907 dan Ridley (1916) yang mendokumentasikan pakis dan likofit yang dikoleksi Kloss di Carstensz (Puncak Jaya) selama tahun 1912-

EKOLOGI PAPUA

1913, sementara itu Gepp (1917) mengidentifikasi pakis dan likofit yang dikoleksi oleh Gibbs di Peg. Arfak tahun 1913 dan di Manokwari dan Teluk Humboldt (Yos Sudarso), di awal tahun 1914. Alderwerelt (1924) memberikan nama untuk pakis dan likofit yang dikoleksi oleh beberapa pakar botani yang disebutkan di atas.

Brass mengoleksi pakis dan likofit dalam Ekspedisi Archbold III di Nugini. Identifikasi pakis diterbitkan dalam beberapa tulisan Copeland (1940a,b, 1941a,b, 1947, 1949a,b,c, 1953). Beberapa ekspedisi penting setelah itu dilakukan oleh Royal Botanic Gardens, Kew, di Sem. Kepala Burung pada tahun 1990-an, walaupun hasilnya masih belum dipublikasikan dan juga di Puncak Jaya tahun 1998 sampai 2000. Koleksi dari ketinggian 3.000 m ke atas dari Puncak Jaya didokumentasikan dalam Johns dkk. (dalam persiapan).

Ekologi

Pakis dan likofit menempati semua zona vegetasi di Papua, mulai dari rawa mangrove sampai ke pegunungan (lebih dari 4.000 m). Namun persebaran suku-suku utama sangat tidak seimbang dalam tiga habitat utama: dataran rendah, pegunungan dan alpin. Kebanyakan suku pakis terdapat di lebih dari satu habitat; perubahan ketinggian juga menunjukkan pergantian marga. Misalnya, suku Lomariopsidaceae, *Elaphoglossum* terdapat di ketinggian atas daripada marga dataran rendah *Bolbitis*, *Lomagramma*, *Lomariopsis*, *Teratophyllum* dan *Thysanosoria*. Pakis yang toleran dengan air asin *Acrostichum aureum*, dan *A. speciosum* hidup di tepi rawa mangrove yang mengarah ke darat dan terkena pengaruh air asin, sementara itu anggota Polypodiaceae hidup di rawa mangrove.

Hutan basah dataran rendah dan perbukitan mulai dari permukaan laut hingga ketinggian 1.000 m kaya akan pakis dan likofit dari suku: Psilotaceae, Selaginellaceae, Adiantaceae, Marattiaceae, Nephrolepidaceae, Oleandraceae, Pteridaceae, Schizaeaceae dan Vittariaceae, yang penyebarannya kebanyakan di dataran rendah; dan Aspleniaceae, Blechnaceae, Cyatheaceae, Davalliaceae, Dryopteridaceae, Gleicheniaceae, Hymenophyllaceae, Lindsaeaceae, Lomariopsidaceae, Lycopodia-

ceae, Polypodiaceae, Thelypteridaceae dan Woodsiaceae, yang juga umum di ketinggian atas. Dicksoniaceae dan Grammitidaceae jarang terdapat di hutan-hutan dataran rendah. *Lygodium* (Schizaeaceae) berakar di tanah, merambat melalui pepohonan dan semak belukar untuk menopangnya, tetapi akar gantungnya tidak mengait dengan pohon dan semak di pinggir hutan dan di daerah terbuka. Jenis-jenis pemanjat yang berakar di tanah (*Lomagramma*, *Lomariopsis*, *Teratophyllum*, *Thysanosoria*; semuanya Lomariopsidaceae) tumbuh naik ke batang-batang pohon sampai ketinggian tertentu dan menghasilkan daun pakis yang subur di atas tanah. Pakis tanah berukuran besar seperti *Angiopteris* dan *Marattia* (Marattiaceae), *Pleocnemia* dan *Tectaria* (Dryopteridaceae) dan *Diplazium* (Woodsiaceae) cukup umum, seperti pakis dan likofit tanah yang lebih kecil: *Lindsaea* (Lindsaeaceae) dan *Selaginella* (Selaginellaceae). Epifit besar berjumbai seperti *Aglaomorpha*, *Drynaria* dan *Platyserium* (Polypodiaceae) dan *Asplenium* (Aspleniaceae) adalah jenis pakis khas dan likofit di hutan-hutan dataran rendah dan di hutan perbukitan.

Hutan basah pegunungan (ketinggian 1.000 m sampai 2.000 m) merupakan habitat dengan jenis pakis dan likofit terkaya di Papua. Suku-suku dari dataran rendah Psilotaceae, Adiantaceae, Marattiaceae, Nephrolepidaceae, Oleandraceae, Pteridaceae, Schizaeaceae dan Vittariaceae menyebar sampai ke habitat pegunungan, tetapi tidak sebanyak di dataran rendah. Suku Aspleniaceae, Blechnaceae, Cyatheaceae, Davalliaceae, Dennstaedtiaceae, Dicksoniaceae, Dryopteridaceae, Equisetaceae, Gleicheniaceae, Grammitidaceae, Hymenophyllaceae, Lindsaeaceae, Lomariopsidaceae, Lycopodiaceae, Plagiogyriaceae, Polypodiaceae, Selaginellaceae, Thelypteridaceae dan Woodsiaceae juga terdapat. Jenis pemanjat, pakis tanah besar dan epifit besar berjumbai, jarang atau tidak ditemukan di hutan pegunungan. Epifit kecil, terutama suku Grammitidaceae dan Hymenophyllaceae adalah jenis khas yang jumlahnya berlimpah. Di hutan basah pegunungan di atas 2.000 m, jumlah jenisnya menurun sampai pada ketinggian lebih dari garis tumbuh pohon, sekitar 3.000-3.200 m. Semakin tinggi lokasi ketinggian di atas 3.200 m, jumlah jenis pakis di komunitas padang rumput alpin dan batuan terbuka

EKOLOGI PAPUA

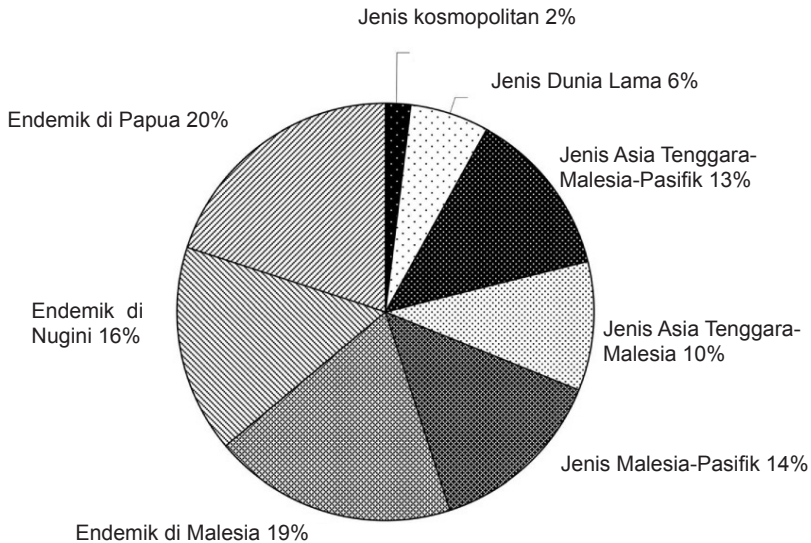
semakin menurun, sampai pada batas ketinggian pakis dan likofit sekitar 4.500 m. Adiantaceae, Lindsaeaceae, Marattiaceae, Nephrolepidaceae, Oleandraceae, Pteridaceae, Schizaeaceae dan Vittariaceae tidak terdapat atau tidak terlihat di zona alpin, tetapi suku Aspleniaceae, Davalliaceae, Dryopteridaceae, Gleicheniaceae, Lomariopsidaceae, Polypodiaceae, Thelypteridaceae dan Woodsiaceae memiliki beberapa jenis gunung. Blechnaceae, Cyatheaceae, Hymenophyllaceae dan Lycopodiaceae tersebar cukup merata dari dataran rendah hingga zona alpin, sementara suku Grammitidaceae kebanyakan berada di pegunungan sampai alpin. Equisetaceae dan Plagiogyriaceae merupakan suku pegunungan sampai alpin, sedangkan Isoetaceae benar-benar suku alpin.

Padang pakis pegunungan dan subalpin tersebar luas dan dicirikan oleh jenis berbatang tebal dan pendek *Cyathea* dengan daun pakis kecil dan kaku. Hope (1980) mendokumentasikan dua tipe aliansi pohon pakis dan padang rumput. Aliansi ini mencakup komunitas yang didominasi jenis *Cyathea* yang umum terdapat di hutan pegunungan atas. Beberapa komunitas di bawah ketinggian 3.400 m tidak pernah mengalami kebekuan, sementara aliansi pakis pohon subalpin didominasi oleh jenis yang biasanya tidak terdapat di dalam hutan (misalnya, *C. macgregorii* dan *C. pseudomuelleri*) dan menghuni dasar lembah yang dingin pada ketinggian sekitar 3.700 m.

Padang kerangas, padang rumput dan semak belukar yang kaya akan pakis tersebar luas pada ketinggian atas (Hope 1980) dan didominasi oleh *Gleichenia* dan *Sticherus* (keduanya suku Gleicheniaceae) dan *Plagiogyria glauca*, dengan *Polystichum cheilanthoides* (Dryopteridaceae) sebagai bagian terkecil. *Isoetes* membentuk komunitas perairan yang unik di dasar kolam dan danau pada kedalaman rata-rata 50-100 cm (Hope 1980) dan juga terdapat di tempat yang jauh dari perairan di padang rumput dan tanah berlumpur di ketinggian subalpin sampai alpin (Johns dkk., dalam persiapan).

Biogeografi

Pakis dan likofit di Papua dapat dikelompokkan menurut biogeografinya. Pakis kosmopolitan cukup kecil (2%) dan kebanyakan adalah jenis dari habitat terbuka pada sejumlah tipe vegetasi di seluruh kisaran ketinggian. Unsur Dunia Lama (6%) terdapat di sejumlah jenis habitat terbuka yang memiliki toleransi lingkungan yang luas. Unsur Asia Tenggara-Malesia-Pasifik mencapai 13% jenis total, banyak di antaranya terdapat di hutan basah dataran rendah sampai hutan basah pegunungan bawah. Demikian juga jenis Asia Tenggara-Malesia (10%), kebanyakan berada di hutan dataran rendah sampai hutan pegunungan bawah, hampir sebanyak jenis Malesia-Pasifik (14%). Gambar 3.2.6 menunjukkan biogeografi pakis dan likofit Papua. Jenis endemik Nugini berjumlah sekitar 16% dari jenis total dan jenis endemik Papua sekitar 20%. Jenis-jenis endemik ini terdapat di berbagai jenis habitat.



Gambar 3.2.6. Biogeografi pakis dan likofit Papua.

EKOLOGI PAPUA

Tabel 3.2.3. Keendemikan marga pakis dan likofit yang baru direvisi.

Suku	Marga	Jumlah jenis di Papua	Jumlah jenis endemik di Papua
Cyatheaceae			
	<i>Cyathea</i>	33	11
Davalliaceae			
	<i>Davallia</i>	13	1
Dicksoniaceae			
	<i>Dicksonia</i>	4	1
Dryopteridaceae			
	<i>Aenigmopteris</i>	1	1
	<i>Cyclopeltis</i>	2	1
	<i>Heterogonium</i>	2	1
	<i>Pleocnemia</i>	8	1
	<i>Polystichum</i>	9	4
	<i>Tectaria</i>	21	3
Isoetaceae			
	<i>Isoetes</i>	4	3
Grammitidaceae			
	<i>Acrosorus</i>	3	1
	<i>Calymmodon</i>	9	3
	<i>Ctenopteris</i>	17	2
	<i>Grammitis</i>	38	14
	<i>Themelium</i>	9	2
	<i>Xiphopteris</i>	6	2
Lindsaeaceae			
	<i>Lindsaea</i>	21	3
	<i>Tapeinidium</i>	6	3
Lomariopsidaceae			
	<i>Elaphoglossum</i>	21	7
	<i>Lomagramma</i>	5	2
	<i>Thysanosoria</i>	1	1
Polypodiaceae			
	<i>Aglaomorpha</i>	6	1
Thelypteridaceae			
	<i>Christella</i>	7	1
	<i>Coryphopteris</i>	13	6
	<i>Plesioneuron</i>	12	8
	<i>Pneumatopteris</i>	8	5
	<i>Pronephrium</i>	7	1
	<i>Sphaerostephanos</i>	30	9

LIKEN, LUMUT, PAKIS DAN GYMNOSPERMA

Pakis dan likofit endemik Papua terbanyak di hutan pegunungan (1.400 dan 2.600 m) dan hanya kurang dari 10% yang terdapat pada ketinggian antara permukaan laut sampai 2.200 m. Di atas ketinggian 4.000 m persentase pakis dapat mencapai lebih dari 30% jenis total. Tidak ada suku pakis dan likofit endemik Papua, tetapi ada marga berjenis tunggal *Thysanosoria* (Lomariopsidaceae) yang endemik Sem. Kepala Burung (Holttum 1978). Beberapa ekspedisi terkini di Seram telah mengoleksi sejumlah pakis yang sebelumnya diduga sebagai jenis endemik Papua (seperti, *Grammitis ahenobarba*). Keendemikan jenis pakis dan likofit Papua praktis hanya dapat dikaji dari laporan marga yang baru saja direvisi. Jumlah jenis pakis dan likofit di Papua dan jumlah endemik Papua tertera pada Tabel 3.2.3, yang menunjukkan bahwa keendemikan itu penting bagi suku Cyatheaceae, Dryopteridaceae (*Polystichum*), Grammitidaceae, *Isoetes*, Lomariopsidaceae dan Thelypteridaceae.

Menurut kajian Heywood dan Davis (1995) tentang pusat keragaman tumbuhan di Papua, G. Lorentz dan Mamberamo-Peg. Jayawijaya tampaknya sangat penting bagi pakis dan likofit. Lokasi-lokasi ini memiliki kisaran habitat mulai dari permukaan laut sampai ketinggian lebih dari 4.600 m, sehingga mencakup seluruh habitat pakis dan likofita. Sejumlah jenis endemik juga diketahui di lokasi tersebut. Walaupun Peg. Arfak (100-3.100 m) dan P. Waigeo (0-999 m) memiliki habitat pegunungan atas dan alpin yang sangat sedikit, jenis pakis dan likofit endemik terdapat di kedua lokasi ini.

Gymnosperma

Gymnosperma adalah tumbuhan berbiji telanjang, bijinya tidak tertutup oleh helai daun buah. Tumbuhan ini berkembang pertama kali selama Era Paleozoikum dan melimpah selama Era Paleozoikum dan Mesozoikum (Biswas dan Johri 1997). Ada empat bangsa gymnosperma di dunia: Gnetales, Ginkgoales, Cycadales dan Coniferales. Gnetales terdiri dari tiga marga: *Gnetum*, *Ephedra* dan *Welwitschia*. Ginkgoales hanya memiliki satu jenis (*Ginkgo biloba*) yang terdapat di China. Cycadales memiliki tiga suku, 10 marga dan sekitar 130 jenis. Coniferales, bangsa

EKOLOGI PAPUA

yang terbesar, mencakup enam suku, 69 marga dan sekitar 630 jenis. Di Papua terdapat tiga bangsa yang termasuk dalam lima suku dan 12 marga dan 25-33 jenis, masing-masing diuraikan secara singkat di bawah ini.

Gnetales

Gnetales merupakan kelompok terisolasi di antara tumbuhan berbiji; hubungan evolusi bangsa ini dengan tumbuhan berbiji lainnya masih belum dipahami. Kelompok ini mungkin terkait erat dengan Pinaceae (Chaw dkk. 2000), atau seluruh anggota Coniferales (Chaw dkk. 1997; Bove dkk. 2000), atau angiosperma (Crane 1985; Doyle dan Donoghue 1986a). Gnetaceae hanya memiliki satu marga, *Gnetum*, yang memiliki lebih dari 30 jenis dan tersebar luas di hutan tropis dan subtropis. Tumbuhan ini merupakan pemanjat yang berumah dua (satu tanaman hanya memiliki salah satu organ reproduksi); daunnya saling berlawanan dengan tulang-tulang daun berjaring; buah kerucut tersusun dalam bentuk ulir; bijinya tertutup kulit tebal empuk berwarna cerah. Ada tiga jenis di Papua: *G. gnemon*, *G. gnemonoides* dan *G. Latifolium*.

Cycadales

Dari tiga suku (Cycadaceae, Zamiaceae dan Stangeriaceae), hanya Cycadaceae yang ada di Papua. Cycadaceae merupakan pohon mirip palem yang terlihat seperti pohon pakis, dengan batang tegak tidak bercabang. Di Papua ada empat jenis: *Cycas schumanniana* di padang rumput terbuka, *C. rumphii* dan *C. scratchleyana* di hutan basah dan *C. campestris* di hutan dataran rendah yang terganggu (de Laubenfels 1998).

Coniferales

Coniferales tersebar di seluruh dunia dan struktur geografisnya menarik pada tingkat suku; Araucariaceae dan Podocarpaceae sebagian besar terbatas di belahan bumi selatan, sementara Pinaceae, Taxaceae dan Cephalotaxaceae tersebar di belahan bumi utara. Sementara itu

Cupressaceae terdapat di kedua belahan bumi, dengan dua gugus marga, satu di selatan dan satu utara (Gadek dkk. 2000). Di Papua ada tiga suku, masing-masing diuraikan sebagai berikut:

Araucariaceae

Anggota suku ini adalah pohon; daunnya berbentuk sederhana, tersusun berselang-seling dan berbentuk spiral. Tumbuhan ini berumah dua, atau jarang berumah satu (organ reproduksi jantan dan betina terdapat dalam satu tanaman). Buah kerucut berbentuk silinder, tunggal atau bergugus, masing-masing memiliki 4-20 kotak spora. Buah kerucut besar berbentuk lonjong atau bulat dengan banyak sisik dan daun kelopak tersusun seperti spiral. Setiap sisik penghasil bakal biji memiliki satu bakal biji yang berkembang menjadi satu biji dengan atau tanpa sayap. Daun kelopak masing-masing berujung tajam bentuk segitiga atau seperti ekor. Setiap biji memiliki dua keping benih. Araucariaceae terdiri dari tiga marga: *Agathis* dan *Araucaria* telah dikenal lebih dari seabad, sementara *Wollemia* pertama dideskripsi di akhir abad ke-21 di New South Wales, Australia (Jones dkk. 1995). Persebaran *Araucaria* terpisah antara benua Amerika Selatan dan pulau-pulau Pasifik Selatan, sedangkan *Agathis* hanya terdapat di pulau-pulau Pasifik Selatan. Di Papua, ada jenis *Araucaria* (*A. cunninghamii* var. *Papuana*) dan satu jenis *Agathis* (*A. Labillardierei*) (de Laubenfels 1969). Kedua marga tumbuh di hutan perbukitan.

Cupressaceae

Cupressaceae berupa pohon atau perdu. Kulit batang sering terkelupas beruntai panjang saat dewasa. Daun kokoh atau jarang luruh daun, tunggal, berselang-seling dan tersebar di seluruh bagian batang atau membelit, bagian dasar tersusun dua tingkat, berlawanan, atau berulir, mirip sisik. Tumbuhan ini berumah satu. Buah kerucut tersusun seperti spiral atau berlawanan, masing-masing memiliki dua sampai sepuluh kotak spora di permukaan bawah daun. Buah kerucut memiliki sisik seperti perisai atau datar dan menempel di bagian dasar, masing-masing

EKOLOGI PAPUA

memiliki 1-20 bakal biji di permukaan atas daun. Biji memiliki dua atau tiga sayap pendek menyamping dan 2-15 keping benih. Suku ini tumbuh di beragam habitat, dari lahan basah sampai tanah kering dan dari permukaan laut sampai ketinggian atas di pegunungan. *Papuacedrus* merupakan satu-satunya marga di Papua dan satu-satunya jenis marga ini, *P. papuana* tersebar di hutan pegunungan dan subalpin (1.300 m sampai 3.600 m).

Podocarpaceae

Podocarpaceae berupa pohon atau perdu. Daun bervariasi dari bentuk lonjong melebar, memanjang (linear) sampai mirip sisik. Tumbuhan ini berumah dua (atau jarang berumah satu). Buah kerucut berbentuk silinder tersusun seperti spiral, masing-masing dengan dua kotak spora. Buah kerucut besar memiliki satu atau banyak sisik, masing-masing dengan satu bakal biji dan tergabung dengan atau termodifikasi menjadi susunan daging berair. Setiap biji memiliki dua keping benih. Podocarpaceae tersebar di hutan tropis dan subtropis, pusat keragamannya adalah di belahan bumi selatan. Ada 18 marga dan lebih dari 180 jenis di dunia. Di Papua ada tujuh marga dan 14 jenis. *Dacrycarpus*, marga terpisah dari *Podocarpus*, memiliki sembilan jenis, empat jenis terdapat di Papua: *D. imbricatus*, *D. steupii*, *D. cinctus* dan *D. compactus* (de Laubenfels 1969). *Dacrydium* memiliki 21 jenis, tumbuh di tanah tak subur, di Papua ada empat jenis (*D. novoguineense*, *D. nidulum*, *D. beccarii* dan *D. Xanthandrum*). *Falcatifolium* memiliki enam jenis, satu jenis ada di Papua (*F. papuanum*). *Nageia* tersebar luas (Farjon, 2001), satu jenis ada di Papua, yaitu *N. wallichianus* (de Laubenfels 1969; Farjon 2001). *Retrophyllum* adalah marga terpisah dari *Nageia*, dengan *Retrophyllum vitiense* terdapat di Papua (de Laubenfels 1969; Farjon 2001). *Podocarpus* merupakan marga terbesar, memiliki lebih dari 100 jenis. *Podocarpus neriifolius* umum terdapat di hutan dataran rendah Papua, sedangkan *Sundacarpus* adalah marga satu-satunya yang terpisah dari *Podocarpus* (*S. amarus*) di Papua.

Kesenjangan Dokumentasi Flora

Gymnosperma sekarang hanya diwakili oleh koleksi kecil. Banyak jenis endemik terdapat di gunung-gunung terpencil yang perlu dikoleksi di masa depan. Selain itu, *database* terinci perlu dikembangkan untuk memetakan persebaran setiap jenis, sehingga variasi morfologis dan ekologis individu jenisnya dapat dipahami lebih baik dan populasinya dapat dilindungi dan dikelola lebih efektif.

Keanekaragaman gymnosperma di Papua lebih miskin daripada angiosperma. Namun, gymnosperma secara ekologis penting dan beberapa jenis bernilai ekonomi penting. Misalnya, kayu *Phyllocladus* dan *Papuacedrus* memiliki kualitas baik. Perkebunan *Araucaria* telah dikembangkan di kawasan Bulolo, PNG. Biji dan daun *Gnetum* (melinjo) dapat dimakan dan serat kulit batangnya digunakan untuk membuat keranjang, tali dan jaring. Jenis Podocarpaceae memiliki daun memanjang dan berhasil bersaing dengan tumbuhan berbunga di hutan basah tropis pegunungan. Studi ekologi dan evolusi gymnosperma yang terinci akan meningkatkan pemahaman tentang dinamika hutan di hutan basah tropis.

3.3. *Angiosperma**

Seperti dijelaskan dalam Bab 3.1, bab ini menyajikan ikhtisar tumbuhan berbunga (Angiosperma) di Papua. Masing-masing suku tumbuhan diuraikan secara ringkas, khususnya mengenai keanekaragaman, persebaran, ekologi, dan kesenjangan informasi sekarang. Perlu ditekankan bahwa tidak ada suku atau kelompok tumbuhan mana pun yang telah inventarisasi secara memadai di Papua dan sebagian besar informasi bersumber dari flora Nugini

Annonaceae

Annonaceae adalah salah satu suku angiosperma yang besar, di tingkat global beranggotakan sekitar 125 marga dan 2.500 jenis. Di Nugini suku ini terwakili dengan baik meskipun revisi data (sekitar 25 marga, 150 jenis) masih belum ada. Sejumlah besar jenis endemik di Nugini, termasuk marga yang hanya memiliki satu jenis, *Schefferomitra subaequalis*. *Petalolophus megalopus* selama ini dianggap marga endemik di Papua tetapi baru-baru ini secara resmi telah dimasukkan dalam *Pseudouvaria* (Mols dkk. 2004, Su dkk. 2005).

Annonaceae berupa perdu di lapisan bawah, pohon atau liana yang khas di dataran rendah hutan tropis. Jenis yang terdapat di hutan pegunungan sangat sedikit (misalnya, *Alphonsea* spp di G. Kinabalu). Di Nugini jenis pemanjat dari marga *Mitrella* and *Artabotrys* tumbuh di ketinggian 1.800-2.100 m dpl. Suku ini terdapat di semua jenis habitat,

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Angiosperma, Annonaceae of Papua", Paul J.A Keßler & Johan B. Mols; "Apocynaceae of Papua", David. J. Middleton; "Aracaceae of Papua", William J. Baker & John Dransfield; "The Asclepiad Flora of New Guinea", Paul I. Forster; "Costaceae of Papua", Mark F. Newman; "Elaeocarpaceae of Papua", Mark J. E. Coode; "Ericaceae of Papua and Myrtaceae of Papua", Lyn A. Craven; "Euphorbiaceae of Papua", Peter C. van Welzen; "Melastomataceae of Papua", Susanne S. Renner; "Moraceae of Papua", George D. Weiblen; "Myristicaceae of Papua", Willem J. J.O. de Wilde; "Myrsinaceae of Papua", John J. Pipoly III; "Orchidaceae of Papua", André Schuiteman & Ed F. de Vogel; "Sapindaceae of Papua", Peter C. van Welzen; "Sapotaceae of Papua", Willem Vink.

ANGIOSPERMA

termasuk rawa payau, hutan kerangas dan hutan dataran rendah lainnya, namun hanya beberapa jenis saja yang menyukai tepi hutan primer dan hutan sekunder.

Beberapa marga di Asia baru-baru ini telah direvisi. Hasilnya menunjukkan keanekaragaman yang tinggi di Nugini, walaupun sebagian besar jenis anggotanya hanya diwakili oleh sedikit spesimen di herbaria. Nugini merupakan pusat keanekaragaman jenis dari *Pseuduvaria* (20 dari 52 jenis), dengan tingkat keendemikan mencapai 95% (Su 2002). Penentuan jumlah jenis secara lebih pasti sulit, karena sumbernya sangat sedikit dan diterbitkan di awal abad ke-20 dan sebagian koleksinya hancur selama PD II. Karenanya, intensitas pengoleksian perlu ditingkatkan, untuk Annonaceae dan juga suku-suku lainnya. Khusus untuk Annonaceae, koleksi perlu diprioritaskan pada bunga atau bagian bunga, karena bunga yang berbulu umumnya sulit untuk diteliti. Hasil koleksi baru yang terdokumentasikan baik akan sangat meningkatkan pengetahuan yang sampai sekarang masih sangat terbatas dan juga akan menambah jumlah jenis yang dikenal dari Nugini.

Bunga berukuran besar merupakan ciri umum suku ini, dan berfungsi sebagai ruang untuk penyerbukan; kelopaknya tetap tertutup untuk melindungi organ seksual. Penyerbukan silang cukup umum pada suku ini, sehingga menghasilkan bunga yang tersebar luas. Warna bunga merah mencolok, dengan diameter 3-4 cm (*Uvaria*). Bunga *Cananga odorata* berbau sangat harum dan menghasilkan minyak yang sangat dihargai dalam industri parfum. Banyak jenis yang telah ditanam di desa-desa di Nugini, bahkan *Dasymaschalon* dan *Pseuduvaria megalopus* mungkin bernilai besar sebagai tanaman hias karena ukuran tanaman, buah dan warna bunganya menarik. Pembuangaan dan pembuahan berlangsung sepanjang tahun, namun ada jenis tertentu yang juga berbunga setelah daunnya gugur di akhir musim kemarau di Thailand, India, Indochina, dan Indonesia bagian timur (Mols and Keßler 2003b; Weerasooriya 2001).

Penyerbukan pada jenis-jenis Annonaceae dilakukan oleh tirip, lalat, kumbang atau lebah (Silberbauer-Gottsberger dkk. 2003). *Uvaria elmeri* (Sarawak) merupakan jenis unik karena diserbuk oleh kecoak. Buahnya berbentuk beri, sering berwarna kuning dan berbau harum

EKOLOGI PAPUA

yang kemungkinan diserbuk oleh merpati dan rangkong. Buah ini dimakan oleh monyet dan kalong yang juga menyebarkan bijinya. Persebaran biji melalui air berlangsung pada jenis *Miliusa macropoda* yang tumbuh di tepi sungai di P. Kalimantan. Masa hidup bijinya hanya sebentar, kecuali pada jenis yang memanjat, bijinya hanya berkecambah di tempat yang lembap dan ternaungi. Karena itu regenerasi secara alami di hutan sekunder yang terganggu sulit terjadi, khususnya ketika makanan dari dalam biji sudah habis. Di habitat alaminya, regenerasi berlangsung pada masa perbungaan massal dan lantai di sekitar pohon induknya tertutup oleh anakan.

Apocynaceae

Apocynaceae (termasuk Asclepiadaceae) adalah satu dari sepuluh suku angiosperma terbesar, beranggotakan sekitar 424 marga dan 4.000 jenis. Di Papua terdapat 19 marga dan sekitar 66 jenis (atau 20 marga dan 103 jenis di Nugini). Marga di Papua adalah *Alstonia* (7 jenis; Sidiyasa 1998), *Alyxia* (21 jenis; Middleton 2000), *Carissa* (1 jenis; Leeuwenberg dan Van Dilst 2001), *Cerbera* (2 jenis; Leeuwenberg 1999), *Chilocarpus* (2 jenis; Leeuwenberg 2002), *Ichnocarpus* (2 jenis; Middleton 1994), *Kopsia* (1 jenis; Middleton 2004), *Lepiniopsis* (1 jenis), *Melodinus* (2 jenis; Leeuwenberg 2003), *Ochrosia* (termasuk *Neisosperma*, 5 jenis; Hendrian 2004), *Papuechites* (1 jenis; Middleton 1995), *Parsonsia* (12 jenis; Middleton 1997a), *Rauvolfia* (2 jenis; Hendrian dan Middleton 1999), *Strophanthus* (1 jenis; Beentje 1982), *Tabernaemontana* (2 jenis; Leeuwenberg 1991), *Urceola* (1 jenis; Middleton 1996b), *Voacanga* (1 jenis; Leeuwenberg 1985) dan *Wrightia* (3 jenis; Middleton 2005). Selain itu, *Anodendron* (Middleton 1996a) hampir pasti ditemukan di Papua dan *Carruthersia* (Middleton 1997b) mungkin akan ditemukan di masa depan.

Keanekaragaman Apocynaceae di Papua jauh lebih rendah daripada yang ada di PNG tetapi hal ini mungkin karena tingkat koleksi yang dilakukan jauh lebih sedikit. Misalnya, jenis marga *Anodendron* tidak dikenal di Papua walaupun dua jenis, *A. oblongifolium* dan *A. whitmorei* yang tersebar di Maluku/PNG. Kemungkinan besar kedua jenis ini ada di Papua. Selain itu, karena sejumlah taksa persebarannya sangat

ANGIOSPERMA

terlokalisasi, pengoleksian lebih lanjut mungkin akan menemukan taksa yang terlokalisasi ini. Apocynaceae terdapat di seluruh kawasan tropis dan subtropis, beberapa jenis menyebar sampai kawasan beriklim sedang. Suku ini terdapat di berbagai habitat, termasuk hutan selalu hijau, hutan kering luruh daun, hutan pegunungan, hutan pantai dan mangrove. Apocynaceae mudah dibedakan dari suku lain karena adanya lateks putih atau keputih-putihan. Studi filogenetik baru-baru ini menyatakan bahwa Asclepiadaceae termasuk dalam Apocynaceae (contohnya, Potgieter dan Albert 2001).

Arecaceae

Suku palem (Arecaceae atau Palmae) di tingkat global memiliki sekitar 2.400 jenis dalam 189 marga (Govaerts dan Dransfield 2005). Di Nugini ada sekitar 250 jenis dikenal dalam 31 marga: *Actinorhytis* (1 jenis), *Areca* (9 jenis), *Arenga* (1 jenis), *Borassus* (1 jenis), *Brassiophoenix* (2 jenis), *Calamus* (53 jenis), *Calyptrocalyx* (25 jenis), *Caryota* (2 jenis), *Clinostigma* (1 jenis), *Cocos* (1 jenis), *Corypha* (1 jenis), *Cyrtostachys* (9 jenis), *Daemonorops* (1 jenis), *Dransfieldia* (1 jenis), *Drymophloeus* (3 jenis), *Heterospathe* (19 jenis), *Hydriastele* (32 jenis), *Korthalsia* (2 jenis), *Licuala* (34 jenis), *Linospadix* (2 jenis), *Livistona* (8 jenis), *Metroxylon* (2 jenis), *Nypa* (1 jenis), *Orania* (9 jenis), *Physokentia* (1 jenis), *Pigafetta* (1 jenis), *Pinanga* (1 jenis), *Ptychococcus* (3 jenis), *Ptychosperma* (26 jenis), *Rhopaloblaste* (3 jenis) dan *Sommieria* (1 jenis). Paling sedikit 110 jenis terdapat di Papua, tetapi angka ini lebih mencerminkan keterbatasan pengoleksian di Papua. Kajian tentang palem Nugini tersedia dalam beberapa publikasi (Essig 1977, Hay 1984, Ferrero 1997, Barfod dkk. 2001, Baker dan Dransfield 2006a,b).

Arecaceae tersebar di seluruh kawasan tropis dan subtropis, dengan tiga pusat keanekaragaman di wilayah Malesia: Dangkan Sunda (500 jenis), Nugini (250 jenis) dan Filipina (140 jenis). Nugini merupakan pusat keanekaragaman sejumlah marga atau kelompok marga, seperti Linospadicinae (*Calyptrocalyx*, *Linospadix*), Ptychospermatinae (*Ptychosperma*, *Ptychococcus*, *Brassiophoenix*, *Drymophloeus*), *Cyrtostachys*, *Heterospathe*, *Hydriastele* (Gambar 3.3.1), *Orania* dan *Rho-*

paloblaste. Nugini juga merupakan pusat keanekaragaman sekunder untuk *Calamus* (Gambar 3.3.2) dan *Licuala* (Gambar 3.3.3) yang pusat keanekaragamannya terdapat di Dangklan Sunda dan *Livistona* yang paling beragam di Australia.

Sebagian besar jenis palem Nugini tidak terdapat di luar pulau ini. Sebaliknya, hanya tiga dari 29 marga yang merupakan endemik di Nugini: *Brassiophoenix*, *Dransfieldia* dan *Sommieria* (Gambar 3.3.4). *Brassiophoenix*, *Clinostigma* dan *Physokentia* tidak terdapat di Papua, *Daemonorops* dan *Dransfieldia* terdapat hanya di bagian paling barat Papua. *Sommieria*, *Pigafetta* (Gambar 3.3.5) dan *Pinanga* tersebar di seluruh Papua, tetapi persebarannya di PNG sangat terbatas.

Palem terutama terdapat di hutan basah primer dari ketinggian permukaan laut sampai 2.800 m. Palm yang menjulang tinggi kadang tumbuh subur di luar hutan tertutup di habitat yang terganggu, tetapi palem lapisan bawah yang berukuran lebih kecil biasanya tidak toleran terhadap kondisi demikian. Beberapa jenis dan marga terbatas di daerah yang lebih musiman di selatan Nugini, seperti *Corypha utan*, *Livistona benthamii* dan *L. muelleri*. Sejumlah taksa tumbuh subur di daerah tergenang, dengan dua jenis, *Metroxylon sagu* (Gambar 3.6.6) dan *Nypa fruticans* berperan dominan di rawa air tawar dan mangrove.

Hubungan antara keanekaragaman palem dan ketinggian telah diteliti secara rinci (Bachman dkk. 2004). Keanekaragaman jenis palem menurun seiring bertambahnya ketinggian dengan pola hampir linear. Kebanyakan marga terdapat di sebagian besar kisaran ketinggian, tetapi beberapa marga tersebar luas, seperti *Calamus*, *Calyptrocalyx* dan *Heterospatha*.

Suku palem ditempatkan dalam bangsa tersendiri, Arecales. Sejak 1995, palem telah dijadikan subjek untuk serangkaian studi filogenetik yang teliti (contohnya, Asmussen dan Chase 2001, Asmussen dkk. 2006, Baker dkk. 1999, Hahn 2002, Uhl dkk. 1995) dan menghasilkan klasifikasi filogenetik baru (Dransfield dkk. 2005). Klasifikasi ini mengenali lima subsuku, dibandingkan dengan enam subsuku dalam klasifikasi sebelumnya (Uhl dan Dransfield 1987). Empat dari lima subsuku, Calamoideae, Nypoidae, Coryphoideae dan Arecoideae, diwakili di Nugini.

ANGIOSPERMA



Gambar 3.3.1. *Hydriastele costata*, pohon palem dataran rendah yang banyak terdapat di seluruh Nugini.



Gambar 3.3.2. *Calamus warburgii*, satu dari jenis rotan paling umum di Nugini.



Gambar 3.3.3. *Licuala cf. lauterbachii*, contoh marga palem tumbuhan lapisan bawah.



Gambar 3.3.4. *Sommieria leucophylla*, marga endemik Nugini, yang hanya terdapat di Papua.



Gambar 3.3.5. *Pigafetta filaris*, palem yang tersebar luas di Papua.



Gambar 3.3.6. *Metroxylon sagu* sangat melimpah di rawa di seluruh dataran rendah Nugini, baik liar atau dibudidayakan secara sederhana.

Laporan lengkap palem Nugini akan segera tersedia sebagai hasil dari penelitian taksonomi palem Nugini. Saat ini, lebih dari 3.300 spesimen palem tersedia untuk proyek ini, tetapi kurang dari sepertiganya berasal dari Papua (Bachman dkk. 2004). Tidak mengejutkan bahwa koleksi di sekitar Manokwari dan Jayapura relatif lebih baik. Usaha pengoleksian baru-baru ini menghasilkan materi lebih banyak lagi dari lokasi baru seperti Timika, Nabire, Yapen, Biak, Sem. Wandamen, Teluk Etna dan Sorong. Keanekaragaman palem di Kep. Raja Ampat masih sedikit diketahui daripada lokasi lainnya di Papua.

Palem merupakan komponen vegetasi yang mencolok di bawah ketinggian 2.800 m di Nugini. Palem menunjukkan variasi bentuk pertumbuhan yang besar. Selain palem pohon berkanopi tegak (contohnya, *Hydriastele costata* (Gambar 3.3.1) ada juga palem tumbuhan lapisan tengah berukuran sedang (contohnya, *Calyptrocalyx albertianus*, *Hydriastele microspadix*, *Orania parva*), palem yang sangat kecil di lapisan bawah tajuk (contohnya, *Calyptrocalyx micholitzii*, *Hydriastele*

ANGIOSPERMA

rhopalocarpa, *Linospadix albertisiana*), palem tak berbatang (contohnya, *Heterospathe delicatula*, *H. humilis*) dan rotan (contohnya, *Calamus* jenis, *Daemonorops* jenis, *Korthalsia zippelii*). Dua jenis mendominasi tipe vegetasi tertentu: *Nypa fruticans* di rawa dan mangrove dan *Metroxylon sagu* (Gambar 3.3.6), di dataran rendah yang tergenang dengan air tawar. Luas rawa sagu *M. sagu* alami tidak diketahui karena tegakan sagu sering dibudidayakan untuk diekstrak tepung sagunya untuk konsumsi manusia. *Nypa* dan rawa sagu berperan sebagai penyerap karbon yang sangat penting dan juga sangat penting dalam stabilisasi garis pantai, serta menyediakan daerah berbiak bagi ikan dan krustasea. Beberapa jenis palem lain, seperti rotan, dapat berlaku sebagai perintis di daerah yang terganggu (contohnya, *Calamus warburgii*). Beberapa jenis palem di Nugini (contohnya, *Calamus reticulatus*, *Heterospathe macgregorii* dan *Hydriastele rheophytica*) beradaptasi untuk tumbuh di dalam zona aliran air sungai-sungai besar yang cenderung tergenang musiman (Baker 1997, Dowe dan Ferrero 2000). Tumbuhan seperti ini cenderung berumpun sehingga dapat beregenerasi dengan mudah setelah kerusakan. Ekologi palem Nugini belum banyak diketahui, tetapi ciri-ciri morfologi palem menarik untuk dijadikan subjek studi ekologis. Misalnya, sejumlah jenis rotan di Nugini mempunyai perpanjangan mirip lidah (*ocrea*) dari pelepah daun di luar tangkai daun (Baker dan Dransfield 2002). *Ocrea* ini sering dihuni oleh semut, mirip dengan jenis *Korthalsia* di wilayah Sunda (Dransfield 1981).

Beberapa studi penyerbukan palem Nugini dilakukan oleh Essig (1973). Lalat dan lebah yang termasuk marga *Nomia* adalah pembawa serbuk sari *Ptychosperma* yang paling penting dan kemungkinan merupakan penyerbuk utama. Walaupun beberapa kelompok serangga tercatat mengunjungi bunga palem, Essig menyimpulkan bahwa kumbang penggerak (Curculionidae) adalah penyerbuk yang mungkin paling efektif. Pada *Nypa*, Essig mengamati lalat Drosophilidae mengangkut serbuk sari dan mengunjungi bunganya dan menyimpulkan bahwa lalat ini mungkin sekali sebagai penyerbuknya. Di tempat lain penyerbukan palem terbukti sebagai bidang penelitian yang sangat bermanfaat dan menarik, menunjukkan beberapa contoh luar biasa tentang evolusi

bersama. Kebanyakan buah palem berdaging tebal dan berwarna cerah saat matang dan jelas menarik perhatian burung dan mamalia. Pada *Ptychococcus* dan *Brassiophoenix*, biji dilindungi oleh kulit tebal bertulang yang menunjang sejumlah sayap dan galur. Kemungkinan ini menunjukkan perlindungan melawan kerusakan selama perjalanan melalui usus pemakan buah atau melawan paruh pemangsa biji, seperti nuri dan kakatua.

Asclepiadeae

Asclepiadeae (Apocynaceae: Asclepiadoideae, Periplocoideae, Secamonoideae) yang merupakan flora asli Nugini paling sedikit terdiri dari 193 jenis dan empat subjenis dalam 18 marga (Forster 1996a, 2000, Forster dkk. 1997). Satu marga (*Madangia*) dan 165 jenis (85%) adalah endemik. Koleksi untuk Papua masih sangat kurang dan hanya 47 jenis yang tercatat, 12 (25%) adalah endemik. Di seluruh dunia suku Asclepiadeae mungkin sebanyak 250 marga dan 2.500 jenis. Marga yang kaya jenis di Nugini adalah *Dischidia* (dengan 28 jenis), *Hoya* (sekitar 74 jenis dan 4 subjenis) dan *Marsdenia* (sekitar 50 jenis). *Madangia* merupakan marga endemik, dengan satu jenis *M. inflata*. Marga lain dan jumlah jenisnya adalah *Brachystelma* (1 jenis), *Ceropegia* (1), *Cynanchum* L. (1), *Finlaysonia* (1), *Gymnanthera* (1), *Heterostemma* (4), *Pentatropis* R.Br. (1), *Phyllanthera* (6), *Sarcolobus* (11), *Secamone* (7), *Tylophora* (7) dan *Vincetoxicum* (1).

Asclepiadeae terdapat di hutan subtropis dan tropis dan gurun semikering di seluruh dunia, dengan pusat taksa utama di Afrika, Madagaskar, Malesia, Asia, Amerika Selatan dan Nugini. Marga yang terdapat di daerah beriklim sedang hanya sedikit. Asclepiadeae terdapat di seluruh Nugini, kecuali di daerah alpin dan padang rumput buatan manusia. Beberapa jenis tersebar (contohnya, *Dischidia littoralis*, *Hoya sussuela*, *Marsdenia velutina*), tetapi banyak jenis terbatas tampaknya endemik di lembah tertentu. Ada banyak sekali kelompok jenis yang terdapat di sepanjang pesisir di semak dan mangrove. Keanekaragaman jenis Asclepiadeae tertinggi di hutan basah dataran rendah sampai hutan

ANGIOSPERMA

pegunungan tengah, tetapi banyak sekali jenis baru yang berkembang di lembah yang terpencil. Beberapa jenis ditemukan di hutan basah pegunungan atas. Keanekaragaman jenis yang sangat tinggi di wilayah yang sempit cukup umum, terutama di tipe hutan basah yang mengalami kekeringan musiman.

Asclepiadeae terdiri dari tiga subuku Asclepiadoideae, Periplocoideae dan Secamonoideae. Asclepiadoideae sejauh ini merupakan subuku terbesar dalam hal marga dan jenis. Bunganya memiliki struktur yang kompleks, biasanya berdaging tebal dan sangat berbeda dengan banyak tumbuhan berpembuluh lainnya (Fishbein 2001).

Koleksi awal flora Asclepiadeae Nugini dilakukan oleh para kolektor botaniwan, antara lain Schlechter, yang menemukan banyak jenis baru antara 1905 dan 1914 (Schlechter 1905, 1913), termasuk yang diduga marga endemik *Spathidolepis* (sekarang *Dischidia torricellensis*). Sampai akhir 1980-an tidak ada studi taksonomis mengenai kelompok ini, sampai revisi marga *Marsdenia*, *Phyllanthera* (sebagai *Cryptolepis*), *Sarcolobus* dan *Tylophora* diterbitkan (Forster 1991, 1993, 1994, 1995). Karena itu flora ini secara keseluruhan harus dianggap masih kurang diketahui. Di Papua hanya 47 jenis telah tercatat dengan banyak taksa yang hanya dikenal dari beberapa atau satu spesimen saja sehingga banyak jenis lain yang masih akan ditemukan. Jenis yang tersebar di PNG, seperti *Secamone elliptica*, *Marsdenia bliriensis*, *M. mira* dan *M. primulina* diharapkan juga akan ditemukan di Papua.

Asclepiadeae tersebar luas di sekitar Nugini (Australia, Kep. Solomon, Malesia, Pasifik bagian barat), tetapi tumpang tindih jenis antara lokasi-lokasi ini hanya sedikit. Pada tingkat jenis, kaitan kekerabatan terkuat dengan flora Australia yang memiliki 23 marga dengan 89 jenis asli (Forster 1996 b). Pada tingkat marga ini, semua marga nonendemik yang ada di Nugini juga terdapat di wilayah yang berdekatan.

Asclepiadeae umumnya berupa liana berkayu, dengan sistem akar menancap ke tanah. Di Nugini, seperti di dekatnya Malesia dan bagian-bagian Asia, banyak anggota suku ini merupakan epifit di pohon-pohon hutan basah, sering tanpa kontak dengan tanah. Epifit ini (misalnya

Dischidia dan *Hoya*) dapat tumbuh menanjak, kadang membentuk massa besar yang menggantung. Sementara jenis epifit lainnya kuat dan agak berbeda dengan kebanyakan pemanjat, ada berbagai jenis yang tumbuh terbatas pada ranting yang ramping, khususnya pada marga *Hoya* (Forster dkk. 1998).

Asclepiadeae memiliki keunikan di antara dikotil, yaitu butir-butir serbuk sarinya dikemas menjadi struktur yang disebut *pollinaria* (secara kolektif disebut *pollinarium*) dan tangkai penghubung kantong serbuk sari, yang disebut *translator* (Kunze 1991). Satu-satunya suku tumbuhan lain yang memiliki *pollinaria* adalah anggrek Orchidaceae. *Translator* dan *pollinaria* memerlukan bantuan binatang untuk penyerbukannya. Untuk pembuahan, *pollinarium* atau *translator* harus diangkat dari bunga, kemudian dimasukkan kembali dengan cara tertentu sehingga setiap butir serbuk sari dapat berkecambah dan menyebabkan pembuahan. Asclepiadeae umumnya diserbuki oleh serangga kecil (Coleoptera, Diptera, Lepidoptera), khususnya jenis-jenis yang bunganya berbentuk mangkuk, walaupun mungkin beberapa burung (pemakan madu) dapat menyerbuki beberapa jenis yang lebih besar. *Hoya* yang berbunga datar menghasilkan banyak nektar (Forster 1992, Ollerton dan Liede 1997). Saat ini ekologi penyerbukan pada Asclepiadeae di Nugini belum diketahui. Biji-biji dari semua suku ini, kecuali *Finlaysonia obovata* dan *Sarcolobus*, mempunyai rambut yang membantu biji tersebar oleh angin. Karena sebagian besar jenis Asclepiadeae di Nugini berupa epifit, mekanisme persebaran oleh angin sangat penting bagi terbentuknya populasi jenis baru, namun ekologi persebaran semua jenis Asclepiadeae di Nugini tidak diketahui. Lepidoptera, khususnya kupu-kupu Nymphalid, memakan dedaunan Asclepiadeae untuk perkembangan larvanya, tetapi pilihan tumbuhan tuan rumah bagi kupu-kupu ini pada flora Asclepiadeae di Nugini juga belum diketahui. Beberapa jenis, misalnya *Dischidia major* memiliki hubungan dengan semut karena daun-daun yang berbentuk balon dapat menjadi rumah koloni besar (Kleijn dan van Donkelaar 2001). Jika tumbuhan ini dimangsa, semut-semut ini memertahankan diri melawan

ANGIOSPERMA

penyerang. Semut juga dikenal melakukan penyebaran biji *Dischidia* dan *Hoya*.

Costaceae

Suku ini memiliki tujuh marga dan paling sedikit 170 jenis. Marga *Cheilocostus* dan *Tapeinochilos* secara alami terdapat di Nugini. *Costus* memiliki sekitar 135 jenis di daerah tropis, tetapi enam atau tujuh jenis dari *Costus* di Asia sekarang dimasukkan dalam *Cheilocostus*; dua di antaranya terdapat di Nugini (Maas 1979, Specht dan Stevenson 2006). Semua jenis *Chamaecostus*, *Dimerocostus* dan *Monocostus uniflorus* hanya terdapat di daerah tropis Amerika, sementara 15-20 jenis *Tapeinochilos* terbatas di Afrika dan Asia, termasuk di Nugini dan sekitarnya.

Costaceae umumnya berupa semak dan tidak mengandung minyak esensial. Keterangan selanjutnya dapat dilihat dalam bab tentang Zingiberaceae. Dr. Osia Gideon (Universitas Papua Nugini) sedang merevisi *Tapeinochilos* (Gideon 1996) dan revisi menyeluruh tentang *Cheilocostus* juga sangat diperlukan, karena menurut Maas (1979), batasan jenis dalam *C. globosus* masih belum terpecahkan. Dalam pustaka yang lebih tua (contohnya, Mabberley 1997) Costaceae termasuk dalam Zingiberaceae, subsuku Costoideae. Namun bukti untuk mengenalinya pada tingkat suku sekarang sangat banyak (Kress dkk. 2001; Larsen 1998). Dalam edisi selanjutnya dari Buku Tumbuhan Mabberley (Mabberley's *Plant Book*) perubahan ini dijelaskan.

Elaeocarpaceae

Elaeocarpaceae saat ini terdiri dari 12 marga (Kubitzki 2004), termasuk tiga yang sebelumnya termasuk dalam Tremandraceae. Di Papua suku ini diwakili oleh lima marga: *Aceratium*, *Dubouzetia*, *Elaeocarpus*, *Sericolea* dan *Sloanea* (Coode 1978, 1981). Suku ini di Papua berupa pohon tinggi, sering berakar banir atau tunjang, dari pohon kecil sampai semak pegunungan. Banyak jenis dari seluruh marga ini tumbuh di daerah yang terganggu atau sedang dalam suksesi, walaupun beberapa

EKOLOGI PAPUA

jenis terbatas di hutan tua atau vegetasi primer lainnya. Suku ini memiliki ciri kelopak bunga biasanya berlekuk pada ujungnya, yang dapat menarik serangga penyerbuk, tetapi belum diketahui secara pasti (Matthews dan Endress 2002).

Aceratium

Secara keseluruhan ada 17 jenis *Aceratium* (10 dari Papua), beberapa di antaranya mudah diidentifikasi sampai tingkat jenis. *A. oppositifolium*, tersebar luas di seluruh Papuasiasia, membentang di barat dari Buru di Maluku sampai ke timur di Kep. Solomon. Jenis ini sangat umum dan dilaporkan memiliki buah yang dapat dimakan; biasanya tumbuh di daerah terganggu atau pinggiran hutan. Jenis lain kurang umum dan ekologi-nya kurang dikenal; beberapa tercatat sebagai jenis hutan. Kebanyakan merupakan pohon kecil pada ketinggian rendah sampai sedang, tetapi beberapa (contohnya, *A. sphaerocarpum* di Papua bagian selatan) dapat mencapai 27 m. Buah biasanya merah dengan daging yang bisa dimakan membungkus dan menempel pada satu atau lebih biji kering yang keras. Morfologi buah ini menunjukkan kemungkinan persebarannya dilakukan oleh kelelawar.

Dubouzetia

Marga ini memiliki 12 jenis, tiga atau empat jenis ada di Nugini. Semua memiliki buah yang berdingk kering. *D. dentatus* dari Papua tumbuh meluas ke barat sampai Maluku tetapi kurang diketahui. *Dubouzetia galorei* mungkin yang paling menarik. Di selatan Kepala Burung jenis ini tumbuh di dataran rendah atau hutan dataran tergenang. Biji berwarna merah jambu tersusun dari lapisan seperti spons tebal membungkus 'batu biji' mungil dan biji-biji ini dapat mengapung; biji ini dimakan oleh kasuari dalam jumlah yang begitu banyak sehingga burung ini menjadi mudah ditangkap. Semua jenis *Dubouzetia* lain memiliki biji kering, dengan atau tanpa pertumbuhan seperti lilin di salah satu ujungnya. Kelopak bunga bertakik atau berlekuk.

ANGIOSPERMA

Elaeocarpus

Marga terbesar ini diperkirakan terdiri dari 400 jenis. Persebarannya dari barat ke timur dari Madagaskar, melalui Asia selatan dan tenggara, Australia, Kaledonia Baru, Selandia Baru dan Fiji. Pola-pola variasi di dalam marga ini sangat menarik: jumlah jenis di P. Kalimantan (70) lebih banyak daripada di Sulawesi (30), tetapi yang ada di Sulawesi tergolong dalam kelompok yang lebih banyak daripada yang ada di P. Kalimantan (Coode 1995). Nugini bahkan lebih kaya dalam hal jumlah kelompok (Nugini memiliki empat kelompok lain yang tidak ada di Borneo) dan memiliki lebih banyak jenis daripada keduanya (80). Tingkat keendemikan di seluruh kawasan tinggi: dari 80 jenis yang ada di Papuasiasia, hanya sekitar 15% terdapat di luar Nugini. Buah *Elaeocarpus* berbiji: batu biji tunggal berkayu tertutup oleh tengah daging buah sering tebal, dibungkus kulit buah, sering berwarna biru karena pembiasan cahaya (Lee 1991). Buahnya sangat menarik bagi burung pemakan buah seperti kasuari, merpati dan julang (Frith dkk. 1976). Pada kebanyakan jenis, daging buah akhirnya terpisah dari bagian batu biji (jika cukup besar) yang dapat ditemukan di lantai hutan. Ada 68 jenis dikenal dari Papuasiasia, 43 jenis dikenal di Papua. Semua jenis ini pada tahun 1978 ditempatkan dalam sembilan kelompok informal, yang ditentukan berdasarkan sifat morfologi umumnya.

Sloanea

Sloanea adalah marga terbesar ke dua dan yang paling tersebar luas serta banyak dikenal dari Amerika Tengah dan Selatan tropis dan juga Madagaskar, India, di seluruh Malesia sampai Australia dan Kaledonia Baru. Ada sekitar 150 jenis, sekitar 100 ada di Amerika. Buahnya berbentuk kapsul berkayu yang sangat besar; beberapa jenis di luar Papuasiasia buahnya kecil, tetapi semua pecah. Beberapa jenis memiliki kapsul halus, yang lain berduri. Beberapa memiliki pembuntalan yang kompleks dari bulu duri yang gatal namun dapat dilepaskan. Kelopak bunga dapat lebar dengan pinggirannya bergigi, kadang tergabung secara menyamping bahkan sampai daun mahkota lengkap. Di Papuasiasia ada sekitar 18 jenis.

EKOLOGI PAPUA

Daerah yang kaya jenis di Papua sulit ditentukan karena lokasi yang telah dikoleksi sangat sedikit dan revisi suku ini belum lengkap. Namun yang jelas kebanyakan jenis Elaeocarpaceae di Nugini terdapat di ketinggian sedang. Dari daerah yang telah dikoleksi lebih baik di Papua, Peg. Arfak terlihat termasuk kaya akan jenis (14 jenis), sekitar 12 jenis tercatat di dataran rendah sekitar Ayawasi (bagian selatan Kepala Burung; Polak 2000), tetapi identifikasi ini masih sementara. Koleksi Elaeocarpaceae dilakukan oleh Brass di S. Idenburg dan D. Habbema, Peg. Cyclops (Jayapura) dan dari P. Yapen. Penelitian lapang baru-baru ini di daerah Timika mengungkap jenis baru di Papua. Sekitar 23 jenis ditemukan di bidang sempit dari ketinggian permukaan laut sampai 3.000 m.

Ericaceae

Ericaceae terdiri dari sekitar 120 marga dan 4.000 jenis. Suku ini relatif telah dikoleksi dengan baik di Nugini dan secara taksonominya dikenal baik pada tingkat jenis, sebagian besar karena revisi yang dilakukan oleh H. Sleumer untuk *Flora Malesiana* (Sleumer 1964, 1966-1967) yang telah dilengkapi oleh van Royen (1982) dan van Royen dan Kores (1982). Jumlah jenis dan marga di Nugini adalah: *Agapetes* (95 jenis /10 marga), *Decatoca* (1/1), *Dimorphanthera* (sekitar 75/sekitar 60), *Diplycosia* (sekitar 100/20), *Gaultheria* (sekitar 130/6), *Rhododendron* (sekitar 1.000/sekitar 150), *Styphelia* (sekitar 300/4), *Trochocarpa* (sekitar 12/8), *Vaccinium* (sekitar 450/ sekitar 130).

Ericaceae tersebar luas di seluruh dunia dan kaya jenis, sebagian besar terdapat di zona iklim sedang sampai subsedang atau hanya di zona pegunungan sampai subalpin di daerah tropis. Di Nugini, suku ini dapat berupa semak epifit di hutan basah pegunungan, semak di punggung bukit terbuka dan di semak pegunungan atau komunitas padang rumput di kawasan pegunungan dan subalpin. Kecuali marga *Decatoca* yang endemik, semua marga Nugini tersebar luas, khususnya *Agapetes*, *Gaultheria*, *Rhododendron* dan *Vaccinium*.

Revisi oleh H. Sleumer diterbitkan dalam laporannya tentang Ericaceae dan Epacridaceae (selanjutnya nama Ericaceae digunakan untuk

ANGIOSPERMA

gabungan kedua suku ini) dalam *Flora Malesiana*. Karya Sleumer telah menjadi dasar semua studi berikutnya tentang Ericaceae di Nugini. Karena bunganya yang mengesankan dan menarik perhatian peminat hortikultur, jenis *Rhododendron* umumnya dikoleksi di Nugini dan marga ini relatif dikenal baik dibanding *Vaccinium* yang seukuran. Revisi mengenai *Rhododendron* di Nugini sangat diperlukan sehingga jenis yang dideskripsi dalam laporan *Flora Malesiana* dapat diperbarui. *Vaccinium* di Nugini memerlukan penelitian lapang yang sangat banyak lagi (yaitu mengoleksi) sebelum pengetahuan tentang taksonomi dasarnya dapat ditampilkan pada tingkat yang sama seperti pada *Rhododendron*. *Agapetes* dikoleksi relatif lebih baik tetapi status taksonominya sekarang masih diperdebatkan; beberapa botaniwan menganjurkan pemindahan beberapa jenis Nugini ke marga *Paphia* yang berpusat di Pasifik (contohnya, Stevens 2004). Kemungkinan pilihan lainnya adalah menggabungkan *Agapetes*, *Dimorphanthera* dan *Vaccinium* ke dalam satu marga, seperti yang dilakukan pada *Rhododendron*.

Ericaceae di Nugini terutama berupa semak, berukuran kecil sampai sedang, walaupun ada beberapa jenis yang berkembang menjadi pohon berukuran kecil sampai sedang. Beberapa jenis *Agapetes* dan *Dimorphanthera* merupakan pemanjat, kadang mencapai tinggi ke tajuk. Sebagian jenis tumbuh di tanah, tetapi cukup banyak yang berupa epifit. Ericaceae Nugini sebagian besar terdapat di zona pegunungan sampai subalpin dan dapat menjadi bagian terbesar dari semak subalpin.

Pengetahuan tentang penyerbuk dan interaksi antara bunga dan penyerbuk masih sangat terbatas, seperti kebanyakan tumbuhan Nugini. Karena itu studi lapang harus dimulai. Jenis suku dengan bunga kecil keputih-putihan kemungkinan diserbuk oleh serangga; tipe bunga ini merupakan ciri dari *Gaultheria*, *Diplycosia*, *Vaccinium*, *Styphelia*, *Decatoca* dan *Trochocarpa*. Bunga yang lebih besar biasanya berwarna cerah (sering kemerahan atau kemerahmudaan) yaitu *Agapetes* dan *Dimorphanthera*, yang diserbuki oleh burung. Keanekaragaman flora terbesar pada suku di Ericaceae di Nugini adalah pada *Rhododendron*. Walaupun terdapat beberapa observasi lapang mengenai biologi reproduksi jenis *Rhododendron*, sebagian besar pengetahuan tentang jenis

yang dipelihara dikembangkan berdasar observasi dan penelitian eksperimental (Craven 2003, Williams dan Rouse 1988, Williams dkk. 1990, 1991). Penelitian terkini memberikan banyak informasi tentang aspek sistem perkembangbiakan, terutama tentang gaya interaksi antara serbuk sari dan bakal biji, yang menjelaskan berbagai faktor yang terkait dengan evolusi dan keanekaragaman flora yang luar biasa pada *Rhododendron* Nugini.

Euphorbiaceae

Ada 326 marga Euphorbiaceae yang beranggotakan sekitar 7.750 jenis yang dikenal di dunia. Di Malesia terdapat sekitar 115 marga dan 1.600 jenis; Nugini memiliki 54 marga dan sekitar 460 jenis (73% endemik). Euphorbiaceae merupakan suku yang tersebar luas di dunia, dari wilayah tropis sampai ke subkutub. Nugini merupakan pusat keanekaragaman hayati utama, walaupun tingkat kekayaan jenis dalam kebanyakan marga lebih rendah daripada marga yang ada di Malesia bagian barat (Malaysia, Sumatra, Kalimantan, Jawa). Sekitar seperempat jenis Euphorbiaceae di Nugini tersebar luas di semua habitat, berkisar dari daerah dataran rendah sampai hutan pegunungan atas dan pada hampir semua jenis tanah. Beberapa jenis *Euphorbia* tumbuh di celah-celah, di jalan dan herba pada marga *Acalypha* dan *Phyllanthus* yang biasanya tumbuh di daerah sampah di kota-kota. Kebanyakan jenis Euphorbiaceae tumbuh di lingkungan yang lebih sekunder, tetapi juga di hutan basah primer. Banyak jenis yang tumbuh sebagai jenis perintis di hutan primer, yang segera muncul setelah terjadi celah. *Excoecaria agallocha* adalah jenis mangrove, sementara *Euphorbia atoto* adalah jenis khas pantai berpasir.

Euphorbiaceae terdiri dari lima subsuku (Radcliffe-Smith 2001) yang semuanya terwakili di Nugini. Kebanyakan Euphorbiaceae dapat ditentukan oleh ciri umum yaitu memiliki buah yang khas, berupa kapsul kering yang “meletus” membiarkan biji lepas, bagian-bagian buah lepas dan meninggalkan kolom yang menetap. Revisi terakhir dari semua Euphorbiaceae Nugini diterbitkan oleh Airy Shaw (1980).

ANGIOSPERMA

Biologi Euphorbiaceae masih kurang dikenal. Kebanyakan jenis memiliki bunga tidak mencolok warnanya sehingga tidak menarik perhatian serangga. Moog dkk. (2002) menunjukkan bahwa *Macaranga hulletii* diserbuki oleh tirip (serangga mungil) dari marga *Neoheegeria*. Baru-baru ini sebuah tim botani Jepang menunjukkan bahwa beberapa jenis *Glochidion* daratan utama Asia Tenggara diserbuki oleh ngengat dari marga *Epicephala* (Gracillariidae) (Kato dkk. 2003). Para pakar ini menekankan bahwa di tempat ini *Glochidion* dalam posisi yang serupa dengan *Ficus* dan *Yucca*, yang juga diserbuki oleh kelompok serangga khusus. Anggota dari tim yang sama sekarang telah menunjukkan bahwa dua taksa terkait, *Breynia* dan *Phyllanthus* juga diserbuki oleh ngengat yang sama (Kawakita dan Kato 2004).

Persebaran biji atau buah dalam Euphorbiaceae juga tidak diketahui. Label pada spesimen menunjukkan bahwa biji dimakan dan mungkin disebarkan oleh burung. Misalnya, buah *Homalanthus novoguineensis* dimakan oleh sekelompok burung cenderawasih (Beehler 1983). Kebanyakan biji biasanya tidak memiliki atau hampir tidak berdaging bagian luarnya yang mungkin bermanfaat bagi burung. Karena itu, mungkin banyak yang rusak karena melalui pencernaan burung. Semut mungkin mengangkut biji ke sarangnya. Mekanisme persebaran yang paling umum mungkin melalui gravitasi sederhana, yaitu biji jatuh ke tanah setelah dilepaskan dari buah secara alami melalui peletusan dan mungkin tertebat jauh dari pohon induk. Buah yang berdaging atau bijinya berdaging tebal kemungkinan dimakan oleh burung, binatang dan manusia (contohnya, *Antidesma*, *Baccaurea*, *Bridelia*). Pembahasan tentang biji dan anakan Euphorbiaceae dapat dilihat dalam Ng (1991). Biji dari jenis tumbuhan yang mencapai klimaks memiliki masa dorman pendek, sampai dengan satu tahun, atau tidak sama sekali. Biji jenis perintis mungkin memiliki masa dorman panjang dan baru berkecambah ketika setelah terjadi celah di hutan.

Dua kelompok *Macaranga* terkenal dengan simbiosis dengan semut dan menyediakan tempat tinggal bagi semut. *Macaranga* dan *Mallotus* di Nugini sering menunjukkan daun-daun dengan kelenjar nektar luar bunga. Bahkan banyak jenis Euphorbiaceae menunjukkan berbagai

EKOLOGI PAPUA

macam kelenjar luar bunga, tidak hanya pada daun, tetapi sangat sering juga pada tandan bunga. Bagian ini biasanya dikunjungi oleh semut dan mungkin semut hidup di tumbuhan dapat saling menguntungkan karena semut melindungi tumbuhan dari serangan serangga, epifit dan tumbuhan tetangga.

Baru-baru ini jenis berdaun besar *Macaranga* dan *Mallotus* di P. Kalimantan terbukti merupakan jenis perintis yang berkecambah dari bank biji segera setelah terjadi gangguan. Karena daunnya besar, jenis ini menyediakan naungan yang memungkinkan jenis lain untuk berkecambah, yang kemudian menggantikan kebanyakan perintis *Macaranga* dan *Mallotus* setelah satu atau dua dekade. Jadi jenis ini merupakan indikator yang baik mengenai tipe dan umur gangguan. Jenis yang berbeda cenderung berkecambah setelah tebang pilih, pembakaran atau pembakaran berulang dan tebang habis (Slik dkk. 2003). Di Nugini juga terdapat jenis-jenis yang memiliki sindrom yang sama: jenis berdaun kecil hidup di vegetasi klimaks sementara jenis berdaun besar merupakan perintis. Ekologi Euphorbiaceae masih belum diketahui. Kebanyakan persebaran jenis tidak lengkap karena sebagian besar daerah yang kurang terkoleksi, khususnya di Papua.

Melastomataceae

Melastomataceae terdiri dari sekitar 3.000 jenis di Amerika tropis, 240 di Afrika, 230 di Madagaskar dan sekitar 1.000 di Asia (Angiosperm Phylogeny Group 2003). Papua mempunyai 12 marga yang beranggotakan sekitar 160 jenis. Kebanyakan jenis di Papua berupa pemanjat berkayu (*Catanthera*, *Dissochaeta*, *Poikilogyne*, *Medinilla*), perdu epifit (*Medinilla*), atau perdu di atas tanah (*Astronia*, *Astronidium*, *Pternandra*). Papua tampaknya tidak banyak memiliki herba Melastomataceae dan sedikit sekali jenis pohon (*Astronia* dan *Pternandra*). Kebanyakan jenis terdapat di hutan primer dan sekunder, sering di dekat air.

Kontribusi untuk studi Melastomataceae Papua adalah oleh Mansfeld (1925), berdasarkan koleksinya di Nugini bagian timur oleh Rudolf Schlechter dan E. Keyser. Kolektor awal penting lainnya adalah J. J.

ANGIOSPERMA

Smith yang berkeliling di setengah bagian barat pulau ini. Mansfeld mendeskripsi dua marga baru, *Phyllapophysis*, dan *Scrobicularia*. Marga ke tiga dari Papua, *Bamleria* (Schumann dan Lauterbach 1900), sekarang diperlakukan sebagai sinonim *Beccarianthus*. Semua taksa baru ini adalah pemanjat, dengan daun dan susunan bunga yang sangat bervariasi.

Belum ada studi yang dipublikasikan tentang penyerbukan atau persebaran biji Melastomaceae jenis apapun di Nugini, tetapi ada beberapa sifat yang dapat diperkirakan dari jenis lain yang bunga atau buahnya mirip dengan yang telah diteliti di tempat lain. Sifat-sifat genetik tentang Melastomataceae, telah didokumentasikan dan ternyata pembentukan bijinya tidak melalui proses perkawinan. Karena itu, dapat diasumsikan bahwa sistem perkawinan yang sama juga terjadi pada jenis-jenis yang ada di Papua. Kebanyakan Melastomataceae memiliki bunga biseksual, tetapi bunga uniseksual yang tersebar pada individu (jantan dan betina) lainnya dikenal dari beberapa jenis *Astronia*. Cara perkawinan silang pada Melastomataceae terutama melalui pemisahan serbuk sari dan kepala putik, yang terjadi karena serbuk sari terbungkus di dalam kepala sari yang dimanipulasi oleh binatang (biasanya lebah), untuk melepaskan butir serbuk sari. Bunga menawarkan banyak serbuk sari tetapi produksi nektar sangat jarang. Jenis lebah yang dikenal mengunjungi Melastomataceae dapat dilihat dalam daftar Renner (1993). Belum jelas apakah benang sari yang mencolok pada Melastomataceae memiliki fungsi dalam mekanisme penyerbukan selain daya tarik visual dari bunga dan membuatnya lebih mudah dipegang bagi lebah. Persebaran biji berlangsung melalui angin. Pada jenis yang berbuah beri, buah biasanya dibawa oleh burung, dan juga oleh binatang berkantung, primata, kelelawar, mamalia lain, kura-kura dan reptil.

Moraceae

Suku Moraceae yang terdiri dari 37 marga memiliki beragam bentuk perbungaan dan cara penyerbukan, serta sistem perkembangbiakan (Datwyler dan Weiblen 2004). Kebanyakan dari 1.100 jenis ara (*Ficus*)

dikenal dengan susunan perbungaan yang unik dan penyerbukan mutualisma dengan lebah atau tawon. Di Papua, terdapat sepuluh marga yang beranggotakan 173 jenis, didominasi oleh *Ficus* (151 jenis) dan *Artocarpus* (7 jenis).

Moraceae tersebar dari hutan tropis sampai iklim sedang di seluruh dunia tetapi sebagian besar jenis terbatas di hutan basah tropis. Di Nugini, suku ini tumbuh dari dataran rendah sampai hutan kabut sampai ketinggian 2.400 m dpl. *Ficus* adalah anggota yang menonjol dalam komunitas hutan di seluruh pulau ini (Weiblen 1998). Sekitar 70% jenis ini adalah endemik di Nugini dan dengan keanekaragaman yang sangat tinggi. Di hutan basah dataran rendah, misalnya, 50 jenis *Ficus* dalam beberapa ratus hektar hutan merupakan hal yang umum. Kerapatan koleksi yang tak merata di semua pulau menyulitkan untuk penetapan pola keendemikan lokal. Namun kebanyakan jenis tampaknya tersebar luas, mungkin terkait dengan persebaran oleh vertebrata pemakan buah (Dumont dkk. 2004). Hanya tujuh jenis *Ficus* (4%) yang terbatas di Papua. Banyaknya jumlah jenis *Ficus* mungkin terkait dengan beragam pola penyerbukan yang terspesialisasi (Weiblen dan Bush 2002).

Menurut klasifikasi filogenetik baru-baru ini mengenai Moraceae, suku ini dibagi menjadi lima subsuku (Datwyler dan Weiblen 2004). Di Nugini, suku ini diwakili oleh Ficeae yang hanya memiliki satu jenis, Artocarpeae: *Artocarpus*, *Parartocarpus* (1 jenis) dan *Prainea* (1), Castilleae dengan *Antiaris* (1) dan *Antiaropsis* (1) dan Moreae dengan *Fatua* (1), *Maclura* (3), *Streblus* (3) dan *Trophis* (4). *Broussonetia* (pohon murbei) merupakan jenis introduksi.

Moraceae terdapat di seluruh lereng ketinggian dari hutan dataran rendah sampai hutan pegunungan. Batasan antara jenis-jenis pegunungan dengan taksa dataran rendah perlu diteliti, demikian pula pola-pola variasi intraspesifik di seluruh pulau dan batasan jenis dalam kompleks ara pemanjat (35 jenis Nugini dalam submarga *Synoecia*) dan 50 jenis dalam submarga *Sycomorus* yang buahnya menempel pada batang.

Penyerbukan pada ara merupakan satu dari contoh hubungan mutualisme antara tumbuhan dan serangga yang paling dikenal dan dikaji oleh Cook

ANGIOSPERMA

dan Rasplus (2003). Asosiasi antara ara dan penyerbuknya (lebah sangat kecil) dari subsuku Agaoninae dari Hymenoptera yang bersifat parasit, umumnya bersifat spesifik jenis. Setiap jenis *Ficus* di Nugini tampaknya berasosiasi dengan jenis lebah unik yang menyerbuknya (Wiebes 1982). Pada jenis ara berumah satu, penyerbukan biji oleh lebah berkembang di dalam setiap bunga karena adanya sejumlah tangkai putik. Pada jenis ara berumah dua, penyerbukan biji oleh lebah berkembang dalam tumbuhan yang terpisah (Weiblen dkk. 2001).

Walaupun ada asosiasi antara *Ficus* dan lebah penyerbuknya, persebaran biji ternyata dilakukan melalui asosiasi dengan binatang pemakan buah, seperti burung, kelelawar dan mamalia berkantung di Nugini, yang kebanyakan menyebarkan biji yang utuh setelah melalui sistem pencernaannya. Kebanyakan tanaman ara dewasa dikunjungi lebih dari satu jenis binatang dan jenis ara yang berbeda dapat menarik kumpulan binatang lainnya (Shanahan dkk. 2001). Pilihan cara makan tampaknya dipengaruhi oleh posisi buah ara pada tumbuhan, warna, ukuran dan kandungan gizinya. Jenis yang berbuah di atas tanah mengeluarkan buahnya pada akar rimpang/sulur yang tidak berdaun sedikit di bawah permukaan tanah; bijinya disebarkan oleh babi semak, babi dan tikus. Pohon yang bunga atau buahnya muncul langsung dari batang sering dikunjungi oleh kelelawar (Dumont dkk. 2004), sementara tumbuhan pengecekik memiliki buah yang dimakan oleh burung termasuk kepudang-sunggu, cenderawasih, namdur, pitohui, julang/enggang dan nuri. Kebiasaan pertumbuhan ara pengecekik dalam submarga *Urostigma* (ada 23 jenis di Nugini) juga perlu dicatat. Biji dari semua anggota kelompok ini berkecambah di tajuk hutan dan tumbuh sebagai epifit, kemudian mengirim akar gantung sampai ke tanah dalam perjalanan ke tahap dewasa. Beberapa jenis mencekik dan mematikan pohon inangnya sehingga menjadi pohon yang berdiri sendiri dengan akar gantung, sementara jenis lain tetap bergantung sepenuhnya pada inangnya sebagai pendukung. Kebiasaan tumbuh bertolak belakang dengan ara pemanjat (submarga *Synoecia*) yang tumbuh dari lapisan bawah hutan dan mencapai tajuk dengan cara akar serabut yang melekat pada batang pohon inang.

EKOLOGI PAPUA

Moraceae bernilai ekonomi penting di kalangan masyarakat pertanian subsisten karena *Ficus* memainkan peran utama dalam regenerasi hutan setelah hutan dibuka sebagai kebun. Daun dan buah yang dapat dimakan dari jenis hutan sekunder termasuk *F. copiosa*, *F. wassa* dan *F. dammaropsis* yang digunakan dalam masakan tradisional di seluruh Nugini. Sukun/keluwih liar dan budidaya (*Artocarpus camansi* dan *A. altilis*) merupakan sumber zat tepung penting di Melanesia. Selain itu, kulit kayu yang berserat merupakan bahan sumber pakaian *tapa*. Daun *Ficus pachyrrhachis* yang direbus digunakan untuk mencelup rok rumput tradisional dan getah dari banyak jenis, khususnya *Ficus septica* dan *Machura cochinchinensis*, yang dimanfaatkan untuk obat tradisional.

Myristicaceae

Myristicaceae adalah suku berukuran sedang, memiliki 20 marga dan sekitar 500 jenis di seluruh dunia. Di Asia Tenggara, termasuk Nugini terdapat enam marga (sekitar 350 jenis). Marga terbesar adalah *Myristica*, yang paling kaya jenis di Nugini dan terdiri dari banyak jenis endemik, diikuti oleh *Horsfieldia*. Marga *Paramyristica* di Nugini hanya beranggotakan satu jenis.

Myristicaceae tersebar di hutan basah dataran rendah di seluruh daerah tropis dan hanya di Nugini beberapa jenis endemik *Myristica* menjangkau lingkungan yang lebih sejuk di hutan pegunungan. Beberapa jenis tersebar luas di Asia Tenggara, termasuk *Horsfieldia irya*, kebanyakan di habitat tepi sungai. Myristicaceae di Papua merupakan anggota khas vegetasi hutan basah primer, termasuk hutan kerangas dan hutan payau. Kebanyakan jenis berupa pohon pada lapisan bawah atau lapisan tengah hutan, tetapi beberapa mencapai tajuk tinggi.

Marga anggota Myristicaceae dapat dibedakan berdasarkan morfologi susunan bunganya, ada atau ketiadaan gagang daun dan kondisi daging buah yang mencolok dari bijinya. Ciri ini dapat digunakan untuk membedakan keenam marga Nugini sebagai berikut: Bunga jantan dapat juga berbunga lebat dan kebanyakan tidak bercabang, berkayu,

ANGIOSPERMA

bunga tergabung pada puncak, atau secara jelas bertangkai bunga dan bercabang, tidak-berkayu, dengan dua tipe bunga: simpel atau majemuk:

Pada *Knema* dan *Myristica* (sebagian) susunan bunga jantan dengan gagang daun tidak bercabang.

Pada *Endocomia*, *Gymnacranthera*, *Horsfieldia*, *Myristica* (sebagian) dan *Paramyristica* susunan bunga jantan bertangkai bunga dan/atau bercabang.

Ada atau ketiadaan gagang daun pada bunga jantan:

Knema dan *Myristica* memiliki gagang daun, sedangkan pada *Endocomia*, *Gymnacranthera*, *Horsfieldia* dan *Paramyristica* gagang daun tidak ada.

Daging buah utuh atau terbagi menjadi beberapa segmen sempit:

- Daging buah utuh atau hanya terbagi pada bagian puncak pada *Horsfieldia* dan *Knema*
- Daging buah terbagi sampai sekitar sepertiga atau setengah dari puncak pada *Endocomia*
- Daging buah terbagi sampai ke dasar pada *Gymnacranthera*, *Myristica* dan *Paramyristica*

Endocomia adalah marga yang tersebar luas dengan empat jenis di Asia Tenggara, salah satunya, *E. macrocoma* subsp. *prainii*, ditemukan di Nugini. Keunikannya adalah biji yang beraneka ragam, seperti dalam biji *Ricinus* atau *Hevea* (Euphorbiaceae). *Endocomia* sebagian besar berumah satu, susunan bunga jantan bercampur dengan beberapa bunga betina. Daging buah terbelah sampai sekitar setengah bagian. *Gymnacranthera* memiliki tujuh jenis; *G. paniculata*, tersebar luas di Nugini. Buahnya agak kecil, dengan daging buah biji terbelah sampai dalam seperti pada *Myristica*, tetapi beberapa buah bersama dalam satu tandan.

Di seluruh Malesia, *Horsfieldia* tersebar luas, memiliki 100 jenis, sekitar 30 jenis terdapat di Nugini. Di sebelah timur Garis Wallace (termasuk kebanyakan jenis Nugini) memiliki sebagian besar kelopak

bunga berlekuk dua (lihat *irya*). Satu dari jenis paling umum adalah *H. irya*, jenis tepi sungai dari Sri Lanka sampai Kep. Solomon dan dicirikan oleh buah berbentuk bola. Bijinya memiliki rongga yang membantunya terapung, mungkin ini yang menyebabkannya tersebar luas. Beberapa jenis perdu pendek atau pohon kecil (tinggi sekitar 1 m) tetapi *H. sylvestris* dapat tumbuh sampai menjadi pohon tinggi yang indah dengan cabang berjuntai dan jika ditanam tersendiri berpotensi menjadi tanaman hias. *Knema* memiliki hampir 100 jenis Malesia dan hanya satu jenis, *K. tomentella*, mencapai Papua (bagian barat Kepala Burung). *Myristica* adalah marga paling mencolok dari Myristicaceae di Nugini dan di Asia merupakan marga yang paling tersebar luas (sekitar 175 jenis); dari India Selatan ke arah timur jauh sampai ke Pasifik (Fiji). Sekitar seratus jenis terdapat di Nugini, termasuk agak banyak jenis endemik. Marga ini bagi khalayak dikenal baik melalui budidaya buah pala untuk perdagangan (*M. fragrans*). Buah pala sekarang dikenal hanya dari budidaya pada skala komersial di Maluku dan Karibia, tetapi mulanya merupakan jenis endemik sangat lokal dari Kep. Banda di dekatnya. Sebelumnya jenis ke dua, *M. argentea*, dari bagian barat Papua, juga dibudidayakan secara komersial untuk rempah-rempah, tetapi saat ini digunakan hanya secara lokal. *Myristica* di Nugini menunjukkan keragaman morfologi yang besar, jauh lebih dari semua jenis *Myristica* lain di luar wilayah ini. Selama revisi de Wilde yang terbaru banyak jenis baru ditemukan di antaranya penambahan melimpah herbarium baru pada dekade terakhir. Sangat mungkin eksplorasi lebih dalam akan menghasilkan lebih banyak jenis yang belum terdefinisi.

Seperti kebanyakan tumbuhan, koleksi Myristicaceae di Nugini masih terbatas. Revisi materi Nugini baru-baru ini menghasilkan sejumlah taksa baru (sekitar 80), yang kebanyakan dikenal dari satu atau beberapa koleksi. Hal ini menunjukkan bahwa jika koleksi baru dilakukan akan lebih banyak jenis baru ditemukan.

Myristicaceae tumbuh di semua tipe hutan, khususnya lapisan tengah hutan basah dataran rendah, tetapi tidak suka hidup berkelompok. Beberapa jenis (terutama *Horsfieldias*) tumbuh cepat, toleran naungan dan beberapa tumbuh di hutan sekunder. Masa berbunga dan berbuah umumnya terjadi

ANGIOSPERMA

di sepanjang waktu. Bunga biasanya kuning atau coklat, di dalam merah jambu krem atau merah dari beberapa marga sering dilaporkan berbau harum (contohnya, *Horsfieldia irya* dan *Myristica fragrans*). Kumbang kecil dapat melakukan penyerbukan, karena struktur kelopak dan gagang bunga yang kokoh. Tumbuhan jantan *Myristica* menghasilkan lebih 50 kali bunga dari yang dihasilkan betina (Armstrong dan Drummond 1986, Armstrong dan Tucker 1986, Armstrong dan Irvine 1989a,b). *Myristica subalulata* dan beberapa jenis terkait diserbuk oleh semut (De Wilde 1998). Warna kelopak bunga pada *Knema* dapat ungu-merah terang, kontras dengan serbuk sari krem-putih yang mungkin menambah daya tarik penyerbuk pada marga ini.

Biji coklat-hitam yang sangat kontras dengan daging buah oranye atau merah dan permukaan bagian dalam dari kulit luar (merah, merah muda atau putih), menarik burung dan memungkinkan persebaran oleh merpati, julang/enggang dan cenderawasih (lihat Beehler dan Dumbacher 1996). Pengerat dapat juga menyebarkan biji. Penyebaran melalui air dapat terjadi pada *Horsfieldia irya*, jenis tepi sungai yang tersebar luas dengan rongga dalam biji meningkatkan daya apungnya. Biji dari buah pala rawa, *Myristica elliptica*, juga dilaporkan terapung saat daging buahnya dilepaskan.

Biji tetap dapat hidup untuk jangka waktu terbatas (yaitu, beberapa minggu) dan berkecambah hanya di lingkungan lembab dan teduh. Karena itu reintegrasi alami Myristicaceae di hutan sekunder tidak dimungkinkan. Hubungan antara semut dan Myristicaceae dikenal hanya pada jenis *Myristica* di Nugini (de Wilde 1998).

Myrsinaceae

Myrsinaceae memiliki 35-41 marga dan lebih dari 2.000 jenis. Marga *Myrsine*, *Ardisia* dan *Hymenandra* tersebar luas di seluruh daerah tropis. Di Nugini terdapat 11 marga dan sekitar 131 jenis, tidak termasuk 30 jenis yang belum dideskripsi karena keterbatasan koleksi. Suku ini terdapat di hutan subtropis dan tropis di seluruh dunia. Di Nugini terdapat di semua kawasan luas hutan, dari hutan mangrove dan pesisir

EKOLOGI PAPUA

sampai hutan pegunungan. Hanya perdu pendek yang terdapat di bagian tengah hutan terbuka; sebagian besar jenis berkayu terdapat di pinggiran habitat, di dekat batuan di daerah dengan kelembaban tinggi dan sedikit di atas garis tergenang di sepanjang anak sungai. Anggota marga *Maesa* adalah jenis yang tumbuh di celah-celah, sering terlihat di bekas tanah longsor dan hutan yang sedang beregenerasi. Keragaman tertinggi pada jenis Myrsinaceae tertinggi di habitat pegunungan bawah sampai atas. Anggota suku ini umumnya berupa pohon, perdu atau tumbuhan pemanjat. Marga utama dalam suku ini adalah *Aegiceras*, *Connandrium*, *Discocalyx*, *Embelia*, *Fittingia*, *Labisia*, *Loheria*, *Maesa*, *Myrsine* dan *Tapeinosperma*.

Untuk kajian taksa Myrsinaceae di Nugini dapat dilihat dalam Moore (1916), Kanehira dan Hatusima (1943) dan van Royen (1982). Seri ikhtisar oleh Sleumer (1986, 1987a,b, 1988a,b,c) menyajikan banyak materi herbarium, bibliografi dan laporan kerja, tetapi tidak memecahkan masalah yang terkait dengan kurangnya studi lapang. Laporan-laporan ini menunjukkan bahwa koleksi dari Papua, di luar Sem. Kepala Burung, sangat terbatas.

Kebutuhan konservasi mengenai suku ini banyak mendapat penekanan karena keterbatasan koleksi. Sementara *National Herbarium* (LAE) di PNG memiliki koleksi herbarium nasional yang baik, dana untuk ekspedisi penting masih kurang dan ekspedisi semakin sulit dilakukan karena masalah kepemilikan lahan. Ada sedikit kemajuan di Papua melalui beberapa program eksplorasi botani, tetapi perkembangannya masih sangat lambat. Sebagian besar jenis dari suku ini dikenal dari beberapa lusin koleksi saja, kecuali taksa pegunungan atas di dekat jalan, yang koleksinya cukup besar, tetapi diambil dari tempat yang sama. Perjalanan pengoleksian ke daerah terpencil, yang hanya dapat dilakukan dengan helikopter, diperlukan untuk memperkirakan keanekaragaman hayati pulau ini secara realistis.

Observasi terhadap anggota suku ini yang telah dibudidayakan dan asal geografisnya menunjukkan bahwa tanaman ini tidak agresif (kecuali pada beberapa jenis *Ardisia*). Myrsinaceae umumnya lambat

ANGIOSPERMA

berkecambah (selama dua bulan), berkembang lambat menjadi benih selama 6-8 bulan. Masa berbunga bervariasi menurut taksa, setiap bunga biasanya bertahan kurang dari dua hari penuh dan saat penyerbukan, buah membutuhkan waktu empat bulan untuk berproduksi. Akibatnya, banyak taksa hanya dikenal dari spesimen yang sedang berbuah. Taksa yang berbatang tunggal paling banyak terdapat di dataran rendah, di dataran aluvial tergenang, di mana jenis ini mampu terendam untuk sementara, atau jenis yang merupakan jenis perintis yang tumbuh di lingkungan masa tumbang berkala, tanah longsor dan peristiwa terkait lainnya. Meskipun mudah tumbuh di berbagai habitat, sedikit sekali Myrsinaceae yang dapat bertahan di tanah yang mengalami pemadatan. Kayu Myrsinaceae beragam dari rapuh sampai kuat. Kebanyakan anggota suku ini diserbuki oleh lebah atau lalat kecil dan tidak terlalu spesifik jenis. Myrsinaceae digunakan secara luas di dunia untuk meracuni ikan karena getahnya mengandung *triterpenoid saponin*. Garis atau bercak dari resin tumbuhan ini memberi daya tarik untuk menghias perayaan di masyarakat, upacara keagamaan sehingga cabang-cabang berbunga sering dipanen untuk berbagai keperluan ini.

Myrtaceae

Di seluruh dunia Myrtaceae (jambu-jambuan) terdiri dari sekitar 4.500-5.000 jenis dan sekitar 130 marga. Di Nugini terdapat 28 marga, dengan jumlah jenis masing-masing sebagai berikut: *Asteromyrtus* (7 jenis dalam marga/3 jenis di Nugini), *Baeckea* (14/1), *Basisperma* (1/1), *Decaspermum* (30/ 15), *Eucalyptopsis* (2/2), *Eucalyptus* (800/sekitar 15), *Eugenia* (1.000/1), *Kania* (6/4), *Kjellbergiodendron* (4/2), *Leptospermum* (85/1), *Lindsayomyrtus* (1/1), *Lophostemon* (4/1), *Melaleuca* (sekitar 270/7), *Metrosideros* (50/ 4), *Myrtella* (2/2), *Octamyrtus* (6/5), *Osbornia* (1/1), *Pilidiostigma* (6/1), *Psidium* (sekitar 100/1), *Rhodamnia* (26/10), *Rhodomyrtus* (10/5), *Syzygium* (termasuk *Acmena*, *Acmenosperma*, *Cleistocalyx*; 1.200/ 200), *Thaleropia* (3/2), *Tristaniopsis* (40/sekitar 8), *Uromyrtus* (20/sekitar 5), *Welchiodendron* (1/1), *Xanthomyrtus* (23/18), *Xanthostemon* (45/5). *Basisperma* hanya dikenal dari PNG,

tetapi diharapkan akan tercatat dari Papua karena suku ini masih belum banyak dikoleksi.

Myrtaceae tersebar luas, sebagian besar merupakan tumbuhan tropis sampai subtropis dengan pusat utama di wilayah iklim sedang Australia. Di Nugini, jenis Myrtaceae terdapat di banyak habitat, termasuk zona pasang surut, padang savana, hutan rawa, hutan dataran rendah dan hutan basah pegunungan dan semak dan perdu subalpin. Di berbagai habitat ini banyak marga mungkin langka atau jarang, tetapi ada juga marga yang umum dan bahkan ada marga, seperti *Melaleuca* dan *Eucalyptus* savana yang mungkin merupakan tumbuhan dominan.

Myrtaceae memiliki ciri-ciri khusus, seperti jaringan tidak berkayu yang mengandung minyak esensial pada akarnya. Keberadaan minyak aromatik sering menjadi ciri penentu yang berguna di lapangan untuk mengidentifikasi tumbuhan yang mandul. Suku ini berupa semak atau perdu, berdaun tunggal, berhadapan atau berseling pada pencabangan mendatar seolah tersusun dalam dua baris pada satu bidang, kebanyakan tanpa daun penumpu; bunga berkelamin dua, kadang poligami, kelopak dan mahkota berbilangan 4-5, daun mahkota kadang berlekatan atau tidak ada; benang sari banyak, kadang berkelompok, memunyai tangkai sari berwarna cerah, kadang menjadi bagian bunga yang paling menarik; bakal buah tenggelam, beruang satu sampai banyak; buah beragam, ujungnya tampak kelopak yang tidak gugur; biji dengan atau tanpa endosperma dengan lembaga lurus, bengkok, atau melingkar seperti spiral. Marga dari suku ini semula dipisahkan menjadi dua kelompok (buah berdaging tebal atau kering) tetapi ada banyak pengecualian. Klasifikasi Myrtaceae yang baru didasarkan atas studi molekuler dan morfologis yang disiapkan oleh Wilson dkk. (2005).

Banyak marga Nugini telah direvisi selama tiga dekade terakhir. Kualitas taksonomi dari revisi lengkap masih bervariasi sesuai revisi beberapamarga yang sedang berlangsung dalam proyek *Flora Malesiana*. Marga asli Papua dimasukkan dalam kunci marga Myrtaceae Indonesia (Craven dkk. 2003) tetapi laporan tentang kelompok umum terkait dengan *Myrtus* belum memadai, menggambarkan tingkat pengetahuan

ANGIOSPERMA

sekarang. Revisi pada marga besar *Syzygium* telah dimulai, tetapi mengalami kesulitan karena keterbatasan koleksi dari banyak jenis dan akibat kekurangan informasi morfologis. Keterbatasan koleksi berkualitas tinggi dari seluruh pulau merupakan penghambat serius untuk mencapai pengetahuan yang komprehensif dari flora Myrtaceae yang sangat kaya. Beberapa marga di Nugini mengandung jenis yang bernilai ekonomi tinggi, seperti *Asteromyrtus* (minyak esensial) dan *Syzygium* (buah dan kayu). Dokumentasi yang memadai mengenai identifikasi dan persebaran dibutuhkan oleh kelompok pengguna seperti industri, lembaga konservasi dan para pengelola lahan.

Tingkat kekerabatan dengan Australia lebih kuat daripada kaitan dengan daerah barat atau timur, karena sejarah geologis antara permukaan dua daratan. Sejauh yang diketahui, *Basisperma* adalah satu-satunya marga endemik dari suku ini di Nugini. Jenis-jenis Myrtaceae Nugini terutama endemik di pulau ini dan pulau-pulau lepas pantai di dekatnya. Misalnya, *Syzygium* memiliki lebih dari 200 jenis di Nugini. Jumlah pasti jenis *Syzygium* di Papua tidak akan diketahui secara pasti sampai pekerjaan revisi dilakukan, namun tumpang tindih diharapkan tidak banyak.

Myrtaceae Nugini sangat beragam bentuknya. Semua jenis berkayu dan merupakan tumbuhan lapisan bawah, tajuk, atau pohon-pohon yang menjulang tinggi, tetapi ada juga yang berupa pohon kecil, reofit dan epifit. Pada kebanyakan jenis, bunganya berukuran kecil dan penyerbuk tertarik pada bunga yang sering berkumpul dalam tandan bunga besar atau bunga majemuk. Penyerbuk ini meliputi serangga, burung dan kelelawar. Jenis dengan bunga kecil, tunggal, mungkin diserbuki oleh serangga. Ukuran buah mungkin adalah suatu indikator ukuran pemakan buah. Buah berukuran kecil sampai sedang dimakan seluruhnya oleh banyak burung dan mamalia dan jenis berbuah besar (khususnya jenis *Syzygium*), dimakan seluruhnya hanya oleh kasuari, julang dan merpati pemakan buah yang lebih besar. Pengerat mungkin juga andil dalam penyebaran jenis berbuah yang lebih besar dengan membawa buah sebelum dimakan. Kulit biji tebal, misalnya pada *Decaspermum* dan *Uromyrtus*, sehingga melindungi dari pencernaan saat melalui usus

binatang, tetapi beberapa jenis berbuah lebih besar memiliki kulit biji tipis atau tidak ada, seperti pada *Eugenia* dan banyak jenis *Syzygium*.

Biji *Syzygium* dikenal mampu berkecambah bahkan setelah sebagian besar keping bijinya dimakan binatang, menunjukkan tingkat ketahanan tinggi. Persebaran biji dari marga berbuah kering dibantu oleh angin atau menempel pada vertebrata. Penyebaran propagul pada marga *Lindsayomyrtus* yang buahnya berdaging tebal tidak diketahui, tetapi dinding bijinya bisa kering atau tidak.

Orchidaceae

Menurut perkiraan terakhir Orchidaceae merupakan suku tumbuhan berbunga terbesar di muka bumi, terdiri dari sekitar 25.000 jenis yang dikenal (Hassler 2001; *Royal Botanic Gardens*, Kew, 2003). Jumlah anggrek antara 820 dan 1.042 marga; 132 di antaranya memiliki perwakilan jenis liar di Nugini. Penulis paling produktif tentang anggrek Nugini, Rudolf Schlechter (1914), meyakini Nugini sebagai kawasan terkaya untuk anggrek di dunia, tetapi kenyataannya sekarang adalah wilayah *hotspot* anggrek global yang terpenting adalah di bagian utara Andes (Kolombia, Ekuador, Peru). Namun jelas bahwa Nugini adalah kawasan anggrek terkaya berikutnya, karena memiliki 2.800 jenis atau sekitar 11% dari flora anggrek dunia (Schuiteman dan de Vogel 2001).

Pemanfaatan analisis DNA yang meluas sekarang dalam menelusuri asal-usul anggrek sangat berperan dalam klasifikasi anggrek. Suku ini terdiri dari lima subsuku: suku Apostasioideae, Vanilloideae, Cypripeoideae, Orchidoideae dan Epidendroideae, yang masing-masing terwakili di Nugini (Pridgeon dkk. 1999, Chase dkk. 2003). Subsuku yang kecil adalah Apostasioideae, yang hanya memiliki sekitar 17 jenis dalam dua marga. Sekilas subsuku ini tampak seperti tumbuhan monokotil biasa sehingga tidak dikenali sebagai anggrek, karena bunganya sangat sederhana, terlihat biasa saja dengan dua atau tiga kepala benang sari dan serbuk sari bertepung. Namun, subsuku ini memiliki ciri batang berupa tabung seperti anggrek lainnya. Apostasioideae terbatas di Asia Tenggara dan Malesia, termasuk Australia. Di Nugini hanya ada dua jenis, *Apostasia*

ANGIOSPERMA

wallichii dan *Neuwiedia veratrifolia*, yang hidup di lantai hutan di hutan perbukitan; keduanya tersebar luas di dalam dan luar Nugini.

Vanilloideae memiliki bunga anggrek yang khas, helai bunganya simetris sementara benang sari dan putiknya fertil dan sepenuhnya tergabung membentuk kolom. Subsuku ini tersebar luas di seluruh kawasan tropis, sekitar 235 jenis dalam 15 marga. Di Nugini subsuku ini diwakili oleh lima marga: *Vanilla*, *Pseudovanilla*, *Galeola*, *Cyrtosia*, dan *Lecanorchis*, dengan jumlah jenis sekitar selusin.

Subsuku Cyripedioideae berbeda dengan subsuku lainnya karena jenis di dalamnya memiliki dua kepala benang sari fertil. Cyripedioideae terdiri dari anggrek bibir yang terkenal, karena bentuk bunga tengahnya seperti bibir. Subsuku ini memiliki sekitar 165 jenis dalam lima marga, tetapi hanya marga *Paphiopedilum* yang terdapat di Nugini. Bentuk bibir ini mirip dengan sebagian besar marga *Pedilochilus* Nugini yang merupakan anggota subsuku Epidendroideae.

Orchidoideae merupakan subsuku penting di Nugini, dengan jumlah jenis terbanyak ke dua (185 jenis) dalam 31 marga. Anggota subsuku ini utamanya adalah anggrek tanah berdaun lunak dan pucuk daunnya tidak berlipat. Subsuku besar ini tersebar di seluruh dunia ini (kira-kira 250 marga, 4.600 jenis) yang dibagi lagi menjadi berbagai kelompok subsuku yang tidak diuraikan di sini. Namun, kelompok Goodyerinae terwakili dengan baik di Nugini, dengan beberapa jenis endemik yang mencolok (contohnya, *Pristiglottis coerulescens* yang memiliki bunga hijau kebiruan, warna yang sangat tidak umum di dalam kelompok ini) dan bahkan ada satu marga endemik, *Papuaea*. Fenomena paling menonjol dalam subsuku Orchidoideae di Nugini adalah banyaknya jenis yang ditunjukkan oleh marga *Corybas* (Gambar 3.3.7). Anggrek kecil yang menarik namun sukar dipahami ini umumnya berdaun tunggal berbentuk jantung dan hanya memiliki satu bunga yang ukurannya besar tidak proporsional, berbentuk kendi. Marga yang terdiri dari sekitar 125 jenis ini tersebar luas dari India sampai Selandia Baru; sekitar 45 jenis di antaranya terdapat di Nugini, dan seluruhnya endemik.



Gambar 3.3.7. *Corybas* sp. (mungkin jenis yang belum dideskripsi). Foto: A. Schuiteman.

Epidendroideae memiliki jenis yang terbanyak di Nugini, mungkin sekitar 2.600 jenis dalam 93 marga. Subsuku ini sangat besar dan tersebar di seluruh dunia, terdiri dari sekitar 20.000 jenis dalam 550 marga. Anggota subsuku ini di Nugini ada 21 kelompok, antara lain *Bulbophyllinae*, *Dendrobiinae*, dan *Thelasiinae* yang telah berkembang biak dengan sangat baik di Nugini. Marga yang paling kaya akan jenis adalah *Bulbophyllum*, yang mungkin memiliki sekitar 600 jenis di Nugini (sekitar 1.700 di seluruh dunia), diikuti oleh *Dendrobium*

(400), *Phreatia* (130), *Glomera* (100), *Taeniophyllum* (90), *Malaxis* (90), *Oberonia* (90), dan *Liparis* (80). Angka-angka ini masih merupakan estimasi kasar karena taksonomi kebanyakan marga ini belum cukup diketahui.

Suku ini merupakan tumbuhan epifit terestrial dan kadang tanpa klorofil, akarnya membentuk rizoma berdaging. Batangnya sering sangat pendek dan membengkak. Daunnya sederhana dan kadang sangat kecil membentuk spiral. Banyak jenis yang berbunga indah di ujung tangkai, kadang hanya satu, memiliki benang sari dan putik, atau bercabang, dengan atau tanpa akar, memperoleh makanan dari humus di sekitar tempat tumbuhnya

Anggrek tersebar luas tetapi persebarannya sangat tidak merata, baik secara geografis maupun ekologis. Suku ini pada dasarnya merupakan jenis tropis, seperti terlihat dari persentase yang sangat rendah (kurang dari 5% jenis) yang terdapat di kawasan beriklim sedang. Di antara anggrek

ANGIOSPERMA

tropis sangat tinggi keanekaragaman jenis di wilayah yang beriklim selalu basah dan suhunya selalu sedang, terutama di pegunungan pada ketinggian antara 900 dan 2.500 m dpl. Jelas hal ini terkait erat dengan sifat mayoritas anggrek sebagai epifit di habitat yang kondisinya paling kondusif bagi pertumbuhan tumbuhan epifit berpembuluh, seperti di sebagian besar Nugini, sehingga kelimpahannya di pulau ini sangat tinggi. Sekitar 80% dari anggrek Nugini adalah epifit. Beberapa adalah jenis terestrial yang tumbuh di tanah berawa beberapa waktu dalam setahun, tetapi tidak ada anggrek di Nugini yang murni hidup di perairan. Anggrek menghindari tempat yang paling kering, paling panas, atau paling dingin. Akibatnya, anggrek sangat langka atau hampir tidak ada di savana dan padang rumput kering musiman. Dari berbagai tipe hutan dataran rendah selalu hijau, hutan mangrove adalah yang paling miskin jenis anggrek, walaupun beberapa, seperti *Dendrobium viridiflorum* terlihat di habitat ini. Hutan rawa air tawar, walaupun tidak semiskin mangrove, juga tidak kaya jenis anggrek, sebagian karena anggrek terestrial hampir tidak ada dan kebanyakan tidak dapat bertahan hidup di tanah tergenang. Hutan pantai sedikit lebih kaya, khususnya pada pohon *Calophyllum*, yang ditumbuhi beberapa jenis *Dendrobium*, *Latouria*, dan *Cleisostoma*. Hutan basah dataran rendah, khususnya di pedalaman berbukit dengan gabungan sungai, permukaan berbatu, lereng, dan punggung bukit, bahkan pada ketinggian rendah cukup kaya jenis anggrek, baik yang terestrial maupun epifit. Banyak jenis dan sejumlah marga tertentu, tidak terdapat di atas ketinggian 800 m, seperti marga *Renanthera* dan *Trichoglottis*. Jumlah jenis dan marga yang tidak ditemukan di bawah 800 m jauh lebih besar. Kekayaan jenis anggrek meningkat dengan bertambahnya ketinggian dan mencapai puncaknya pada ketinggian antara 1.000 dan 1.500 m.

Di atas 2.700 m hutan menjadi semakin terbuka, semua tertutup oleh bantalan lumut basah, dan batas antara anggrek epifit dan terestrial menjadi kabur. Pada ketinggian ini jumlah individu anggrek cukup banyak, tetapi keragaman jenisnya jelas lebih rendah daripada di ketinggian sekitar 2.000 m. Di antara anggrek yang paling sering di sini adalah jenis *Glomera*, yang sepintas mirip miniatur perdu Ericaceae, tetapi bunganya sangat berbeda. Di sebagian besar pegunungan Nugini, pada ketinggian

di atas 3.500 m hutan berubah menjadi padang rumput dan belukar, dan di puncak-puncak tertinggi menjadi batuan gundul dengan vegetasi sangat jarang (zona alpin). Di atas ketinggian 3.000 m, hanya terdapat 25 marga anggrek dengan sekitar 200 jenis (van Royen 1979, direvisi); sebagian besar adalah epifit atau tumbuh pada batuan dan tepi sungai berlumut. Di Nugini, anggrek dapat ditemukan sampai sekitar 4.000 m, misalnya, marga *Dendrobium*, *Octarrhena*, *Pedilochilus* dan *Thelymitra*.

Padang rumput di Nugini, baik di dataran rendah atau pegunungan, umumnya miskin jenis anggrek. Di padang rumput pegunungan (di atas 2.700 m) anggrek epifit sering tumbuh sebagai oportunist di tanah bergambut atau di bantalan lumut. Namun jenis yang murni terestrial relatif sedikit. Misalnya, marga *Spathoglottis*, *Calanthe*, dan *Peristylus* hanya dijumpai di padang rumput pegunungan, dan jarang terdapat dalam jumlah besar. Hal ini sangat berlawanan dengan beberapa bagian dunia lain, seperti Afrika selatan dan timur, di mana anggrek dapat sangat beragam dan berlimpah di bioma ini. Habitat padang rumput pegunungan yang unik dan luar biasa di Nugini ditumbuhi oleh tegakan pakis (lihat Paijmans 1976), yang membentuk lanskap mencolok pada ketinggian di atas 2.700 m. Walaupun anggrek sering dibudidayakan pada bilah batang pohon pakis, yang sebagian besar terdiri dari akar yang saling terjalin rapat, jumlah jenis yang mengkoloni batang pakis di alam relatif sangat sedikit. Jenis *Pedilochilus* sering muncul sebagai spesialis, yang paling menonjol di savana pohon pakis. Bioma istimewa lainnya adalah pada batuan kapur, yang sangat luas dan sulit ditembus di beberapa bagian Nugini, termasuk Kepala Burung. Flora anggrek di habitat ini sangat sedikit diketahui. Observasi di sekitar desa Ayawasi di Kepala Burung menunjukkan bahwa bukit-bukit kapur yang berlereng curam, berpuncak rata dan umumnya lebih terbuka ternyata sangat kaya jenis anggrek, bahkan pada ketinggian sedang antara 400-500 m.

Nugini tidak hanya luar biasa dalam hal jumlah jenis anggrek yang dimilikinya, tetapi juga dalam hal persentase jenis anggrek endemik yang mencapai 90%. Untuk perbandingan, persentase tertinggi ke dua di kawasan Indo-Pasifik adalah 74% untuk Filipina, sementara untuk P.

ANGIOSPERMA

Kalimantan (55%) dan Jawa (31%) jauh lebih rendah (Agoo dkk. 2003). Namun keendemikan anggrek Nugini sangat rendah pada tingkat taksonomi yang lebih tinggi. Kemungkinan karena jenis yang aslinya dari Nugini dapat menyebar ke wilayah tetangganya.

Pengetahuan kita tentang pola-pola persebaran anggrek Nugini masih belum menyeluruh. Beberapa jenis yang diketahui hanya dikenal dari satu lokasi tertentu, seperti banyak jenis pada marga *Corybas* (van Royen 1983). Sejauh mana hal ini menunjukkan keendemikan di wilayah sebaran yang sempit, masih sulit disimpulkan. Ada beberapa contoh jenis yang telah dikoleksi hanya dua kali, tetapi di lokasi yang letaknya terpisah ratusan kilometer. Selain itu, kondisi kerapatan koleksi di PNG sekitar lima kali lebih tinggi daripada untuk Papua, yang hanya sekitar satu persen dari seluruh wilayahnya sudah dikunjungi botaniwan.

Dibandingkan dengan daerah di sekitarnya, flora anggrek Nugini menunjukkan beberapa ciri khusus. Seperti yang telah disebutkan, jumlah jenis dalam suku tertentu sangat tinggi, seperti pada marga *Bulbophyllum* (Gambar 3.3.8) yang memiliki tangkai menjuntai ke bawah (seperti pada *Dendrobium geotropum*) atau lebih sering karena strukturnya yang lunak dan lebih memanjang. Pada banyak jenis *Bulbophyllum* yang memperlihatkan sifat ini, memiliki rizoma yang mirip tali yang menggantung ke bawah, panjangnya sering lebih dari 1 m. Sekali lagi, fenomena ini tidak unik di Nugini, tetapi frekuensi jenis dengan ciri ini cukup tinggi, yang mungkin terkait dengan iklim yang selalu lembab dan ketiadaan angin yang sangat kencang di sebagian besar Nugini.

Anggrek yang diserbuki oleh burung tidak hanya terjadi di Nugini, namun mungkin di seluruh dunia pulau ini memiliki anggrek yang bunganya banyak diserbuki burung (van der Pijl dan Dodson 1966). Di antara sifat-sifat bunga ini adalah: bukaan bunga saat siang hari; bunga terlihat tidak sepenuhnya terbelah simetris; bunga berbentuk tabung dan bertekstur keras; warna sangat mencolok (warna oranye atau merah dan sering dengan paduan kontras); tidak berbau; nektar melimpah di dalam wadah yang relatif pendek dan lebar; bunga horisontal atau tergantung bebas di udara. Berdasarkan sifat-sifat ini dapat diperkirakan bahwa paling sedikit ada seratus jenis anggrek Nugini diserbuki oleh burung.

Beberapa contohnya adalah jenis dari marga *Mediocalcar*, *Epiblastus* dan banyak *Glomera* dan *Dendrobium* dan juga beberapa jenis *Calanthe* (Schuiteman 1997). Kebanyakan jenis ini terdapat di habitat gunung yang umumnya sejuk dan berawan, dan serangganya relatif sedikit.



Gambar 3.3.8. *Bulbophyllum tricanaliferum*.
Foto: P. Jongejan.

Dendrobium cuthbertsonii (Gambar 3.3.9) adalah jenis anggrek miniatur yang sangat menarik. Bahkan tanpa bungapun akan mudah dikenali, karena daunnya yang kecil, hijau tua, dan biasanya tertutup sejumlah kulit berbentuk kristal, tidak seperti jenis anggrek lain di dunia. Bunga yang relatif sangat besar bertangkai pendek (lebar mencapai 5 cm, tetapi biasanya setengahnya), berbentuk lonceng, dan tertempel dalam posisi horisontal, dengan bibir di bagian atas. Selain keindahannya, aspek paling mencolok dari jenis ini adalah memiliki berbagai warna yang terlihat di berbagai tempat di mana

jenis ini berada (umumnya di atas 2.000 m). Warna yang paling umum adalah merah menyala, yang semakin gelap ke tepi bibir. Namun pada beberapa populasi, khususnya yang di habitat yang lebih terbuka, warna merah ini tercampur dengan individu yang memiliki bunga warna merah jambu, kuning, krem, atau ungu, dan khususnya bentuk dua warna yang cemerlang: merah dengan kuning, ungu dengan oranye, merah jambu dengan krem, dan ungu dengan putih. Keragaman warna ini diduga merupakan strategi penyerbukan silang untuk mencegah burung penyerbuk menghindari bunga ini sama sekali dan bunga yang berwarna

ANGIOSPERMA

ganda lebih banyak dikunjungi daripada yang satu warna saja. Anggrek ini merupakan jenis yang cukup umum dan strategi perkembangbiakan ini tampaknya cukup berhasil karena bunganya dapat bertahan selama beberapa bulan.

Jelas sekali bahwa studi penyerbukan pada anggrek Nugini suatu hari akan mengarah pada berbagai temuan mengejutkan. Beberapa jenis, khususnya pada marga *Bulbophyllum*, memiliki bunga yang cukup aneh yang sulit diperkirakan bagaimana penyerbukannya dapat terjadi.

Hanya beberapa jenis anggrek di Nugini dimanfaatkan oleh manusia kecuali pada marga *Diplocaulobium* (Gambar 3.3.10). Pada beberapa jenis, bilah batang semu yang memanjang terdapat serat kuning berkilau sangat kokoh, yang banyak digunakan untuk keperluan hiasan (contohnya, gelang, tas kecil, dan koteka). *Diplocaulobium* sering dibudidayakan di desa-desa untuk digunakan sebagai bahan atap dan bahkan pada puncak patung kayu ukiran, yang bentuknya mirip kumpulan rambut. Bunga *Dendrobium* sering digunakan sebagai hiasan di kepala, yang dirangkai dengan daun, bulu-bulu dan ditempelkan di atas rambut atau untuk pernik lainnya. Namun secara keseluruhan peran anggrek dalam kehidupan masyarakat asli sangat terbatas.



Gambar 3.3.9. *Dendrobium cuthbertsonii*
F. Muell. Foto: T. Roelfsema.

Anggrek adalah kelompok organisme yang menarik perhatian karena keindahannya dan hal ini memicu berbagai ancaman oleh manusia (Dixon dkk. 2003). Ancaman pertama adalah koleksi untuk tujuan komersial. Untuk itu, pemerintah Indonesia dan PNG melarang ekspor hasil koleksi anggrek liar. Kebijakan ini ternyata telah sangat mengurangi perdagangan anggrek liar, yang terbukti dari sedikitnya anggrek liar dari Nu-



Gambar 3.3.10. *Diplocaulobium hydrophilum* (J.J.Sm.) Kraenzl. Foto: E. F. de Vogel.

gini yang diperdagangkan. Selain itu, kegiatan mengoleksi anggrek akan menjadi masalah jika hanya jenis tertentu yang menjadi sasaran. Dari ribuan jenis anggrek Nugini, kebanyakan merupakan jenis yang tidak terlalu diinginkan dan para kolektor yang mau melakukan upaya khusus untuk mendapatkan setiap spesimen yang diminati. Hanya jenis *Paphiopedilum* dan beberapa jenis *Dendrobium* memiliki nilai komersial yang cukup tinggi dan populasinya cukup rendah sehingga berpeluang punah jika

pengoleksian tidak dilarang. Ancaman utama terhadap keberadaan anggrek liar di masa depan, seperti pada semua kehidupan liar lain, jelas bukan pada pengoleksian individu tumbuhan tetapi perusakan habitatnya.

Sapindaceae

Di seluruh dunia Sapindaceae terdiri dari 140 marga dan 1.350 jenis. Di Malesia suku ini diwakili oleh 42 marga dan 235 jenis; di Nugini terdapat 30 marga dan 150 jenis; 25 marga dan 67 jenis dikenal di Papua dan 30 marga dan 133 jenis di PNG (52 jenis di kedua wilayah). Seperti suku tumbuhan lainnya, pengambilan sampel di Papua masih kurang mencukupi sehingga jumlah jenis dan marga yang dikenal lebih sedikit.

Sapindaceae terdapat di seluruh kawasan tropis dengan beberapa marga di zona yang beriklim lebih sedang (atau di Papua di lokasi yang lebih tinggi). Sapindaceae Asia Tenggara paling tinggi keane-

ANGIOSPERMA

karagamannya di Nugini dan banyak jenis endemik atau yang tersebar meluas sampai Australia atau Maluku. Jenis yang tersebar luas hanya sedikit; sebagian besar endemik terdapat di seluruh Malesia (contohnya, semua jenis *Lepisanthes* di Papua). Kebanyakan jenis Papua adalah tumbuhan lapisan bawah atau jenis lapisan tengah di hutan basah primer dataran rendah, tetapi beberapa juga terdapat di hutan sekunder yang tertutup rumput tidak terlalu tinggi, sehingga memudahkan perkecambahan dan pertumbuhan tegakan (van Welzen 1989: 38).

Sapindaceae terutama berupa perdu, liana, atau herba pemanjat dan umumnya berumah dua. Jenis-jenisnya pada umumnya berupa tumbuhan lapisan bawah di hutan basah primer atau sekunder, di tepi hutan, semak belukar, savana, vegetasi pantai, atau bahkan di sepanjang sungai atau jalan. Habitat utamanya di dataran rendah yang selalu basah atau hutan musiman (sampai ketinggian 3.600 m). *Pometia pinnata* (matoa) adalah satu-satunya jenis yang bernilai ekonomi penting bagi masyarakat lokal, khususnya untuk kayu dan buahnya. Jenis ini merupakan lapisan tajuk yang dominan. Sangat sedikit jenis yang tumbuh pada ketinggian di atas 1.500 m (contohnya, beberapa jenis pada *Atalya*, *Cnesmocarpon*, *Guioa*, *Sarcopteryx* dan *Sarcotoechia*). Beberapa jenis juga beradaptasi dengan habitat yang lebih khusus: *Arytera litoralis*, *Harpullia leptococca* dan *Dodonaea viscosa* terutama terdapat di vegetasi pesisir. Kebanyakan jenis terdapat pada kondisi yang selalu basah, tetapi sering juga tumbuh di bawah kondisi monsun.

Suku ini masih sangat kurang dikenal di Papua. Kebanyakan pengoleksian telah dilakukan di Kepala Burung, sekitar Jayapura dan di sekitar Peg. Jayawijaya. Wilayah Papua lain masih hampir belum pernah disurvei untuk kelompok ini. Jenis yang sudah dideskripsi masih sedikit sekali dan deskripsi spesimen lainnya yang sudah dikoleksi akan membantu untuk menguraikan kerumitan pada suku ini. Revisi terakhir dari suku ini adalah oleh Adema dkk. (1994).

Sapindaceae tercatat sebagai tumbuhan yang memiliki organ jantan dan betina pada tanaman yang sama dalam waktu yang berbeda (dikhogamus); dapat berumah satu atau berumah dua, kecuali *Dodonaea*,

yang dapat memiliki bunga biseksual. Kebanyakan Sapindaceae menunjukkan tiga tahap perkembangan berbunga yang terlihat dalam masa perbungaan yang sama. Bunga yang pertama muncul adalah benang sari fungsional (filamen panjang, kepala sari membuka, putik tidak berkembang). Setelah bunga rontok, muncul bunga ke dua, yang membuka (filamen pendek, kepala sari tidak membuka, serbuk sari tidak fungsional, putik berkembang baik). Setelah buah memasuki fase ke tiga bukaan bunga, benang sari dengan filamen sedang sampai panjang dan kepala sarinya membuka. Pada jenis tertentu fase ke dua dan ke tiga biasanya diulang sebagai fase ke empat dan ke lima. Fase yang berurutan ini dapat tumpang tindih. Tumbuhan yang bersifat dikhogamus umumnya juga berumah dua, yang berarti kebanyakan Sapindaceae harus mengalami penyerbukan silang, walaupun kadang penyerbukan sendiri juga pernah dilaporkan (Appanah 1982; van Welzen 1989).

Penyerbuk terpenting bagi Sapindaceae adalah lebah, terutama dari marga *Trigona* dan *Apis* (lebah madu). Lebah mungkin tertarik dengan nektar atau serbuk sari dan banyak jenis tumbuhan dilaporkan memiliki bunga wangi. Pohon kelihatannya memiliki tiga cara untuk memastikan penyerbukan silang oleh lebah. Cara yang terpenting adalah menggunakan kemampuan lebah untuk menghafal lokasi pengumpulan. Fase pertama berbunga dikhogamus, mungkin hanya membantu menempatkan pohon pada daftar kunjungan lebah, setelah itu lebah akan tetap mengunjungi bunga yang kurang menarik. Cara ke dua untuk memastikan penyerbukan silang oleh lebah adalah fluktuasi pada produktivitas nektar; bunga yang memiliki serbuk sari bergantian dengan bunga yang berputik dalam produksi nektar selama siang hari. Cara ke tiga berbeda dalam komposisi nektar di antara bunga berserbuk sari (menyediakan gula dalam nektar dan protein melalui serbuk sari) dan bunga berputik (menyediakan nektar yang mengandung protein) (Appanah 1982; van Welzen 1989).

Pembuahan dan persebaran biji dijelaskan dalam van Welzen dkk. (1988). Buah muda Sapindaceae biasanya hijau, keras dan penuh tannin. Saat dewasa, warna berubah menjadi merah dan dinding buah

ANGIOSPERMA

melunak dan jumlah taninnya menurun. Sapindaceae dapat berbuah sepanjang tahun, satu atau dua kali per tahun. Pola umumnya adalah berbuah baik pada satu musim, diikuti dengan hasil buah yang menurun pada musim selanjutnya. Beberapa tipe buah Sapindaceae terdapat di Papua: buah bersayap (*Atalaya* dan *Dodonaea*); buah menggembung dengan dinding tipis seperti kertas (*Cardiospermum*); buah berdaging berbiji (*Allophylus* dan *Lepisanthes*); kapsul terbuka, biasanya dengan (sebagian) daging buah di sekeliling biji; dan “kapsul” tertutup, biasanya juga dengan daging buah agak tebal di sekeliling biji.

Biji atau buah terutama disebarkan oleh burung dan mamalia yang tertarik oleh warna kontras di antara buah (kuning sampai terutama merah), daging buah (terutama kuning sampai merah, tetapi berbeda warna dari buah) dan biji (coklat tua sampai hitam berkilau). Biji dari buah yang lebih besar dalam kelompok ini terutama dimangsa oleh nuri, parkit dan merpati, khususnya mambruk. Buah yang tertutup dan yang lebih besar terutama dimakan oleh mamalia. Jenis yang menarik secara komersial termasuk dalam kategori ini. Buah ini juga berwarna merah sebagai daya tarik dan dilaporkan dimakan dan disebarkan oleh manusia, monyet, kelelawar dan babi; parkit dan nuri mungkin juga memakan buah ini. Buah bersayap dan menggembung dilaporkan disebarkan oleh angin atau air (laut), seperti biji berkayu pada *Pometia*.

Biji Sapindaceae biasanya berkecambah dengan mudah, dalam waktu seminggu tanpa dicerna lebih dulu oleh binatang. Bijinya berumur pendek dan tidak menunjukkan kemampuan dorman. Semainya dapat sangat berbeda morfologinya dari tumbuhan dewasa. Daun-daun pertama biasanya berhadapan (bersilangan pada dewasa) dan tangkai penopang daun biasanya sedikit bersayap (biasanya tidak bersayap pada dewasa). Tumbuhan yang masih menunjukkan sifat-sifat belum dewasa bisa berbunga dan berbuah, sehingga menghambat pembedaan jenis. Beberapa marga, *Alectryon*, *Guioa*, *Harpullia* dan *Sarcopteryx*, menunjukkan jenis yang berasosiasi dengan semut. Cabang-cabang kecil yang berlubang dihuni oleh semut hitam yang berbau tak sedap. Cabang-cabang ini biasanya menggembung di atas buku-buku dan ketika dibuka pintu sarang semut dapat terlihat. Sifat hubungan dasar

dengan semut masih tidak diketahui, tetapi mungkin sebagai simbiosis, semut melindungi tanaman yang menjadi tempat tinggalnya. Hal serupa juga terlihat antara rayap pemakan jamur dan lubang-lubang kecil pada daun di beberapa marga dan jenis pada Sapindaceae (O'Dowd dan Wilson 1989).

Sapotaceae

Sapotaceae yang merupakan suku tumbuhan tropis diperkirakan memiliki 1.100 jenis dalam 53 marga (Pennington 1991, 2004). Di Malesia ada 14 marga, tetapi hanya sembilan terwakili di Nugini, termasuk *Magodendron*, yang endemik di PNG. Pada tingkat jenis Nugini agak miskin; dari sembilan marga dan 784 jenis, PNG hanya memiliki sekitar 75 jenis dan Papua 48 jenis. Dari marga yang besar, *Pouteria* (313 jenis di Nugini) tercatat 44 jenis di Nugini; *Palaquium* (119 jenis) menduduki urutan ke dua, dengan 12 jenis. Marga besar lain, *Madhuca* (116 jenis), *Manilkara* (82 jenis) dan *Chrysophyllum* (81 jenis) masing-masing hanya diwakili oleh empat, tiga, dan dua jenis di Nugini. Empat marga lainnya masing-masing hanya memiliki kurang dari sepuluh jenis.

Magodendron adalah marga endemik Nugini dan keendemikan pada tingkat jenis agak tinggi: dari 75 jenis yang tercatat dari Nugini, 49 adalah endemik. Perbedaan antara tingkat keendemikan di Papua dan PNG sangat dipengaruhi oleh tingkat koleksi yang telah dilakukan: dari 48 jenis yang dikenal dari Papua (6 endemik), sementara dari PNG ada 64 jenis (27 endemik). *Pouteria* terwakili paling baik (44 jenis; 33 endemik) dan sebagian besar jenis ada di Papua dan PNG.

Sapotaceae berupa perdu sampai pohon besar, daunnya tersusun spiral dan kadang berhadapan. Ciri pengenal di lapangan yang penting adalah adanya getah putih pada batang dan buahnya, kadang juga di bagian tanaman lainnya. Suku ini memiliki sejarah taksonomi yang rumit dan tidak ada ciri umumnya karena masing-masing marganya memiliki perkecualian. Ketidakkonsistenan ini memunculkan berbagai pendapat yang berbeda tentang pertimbangan sifat-sifat individu atau sekumpulan sifat umumnya. Baehni (1965) bahkan memperkenalkan

ANGIOSPERMA

variasi sebagai sifat umum suku ini. Sejarah taksonomi Sapotaceae telah didokumentasikan dengan baik oleh beberapa penulis, termasuk Baehni (1938, 1965) dan Aubréville (1964), dan yang terbaru oleh Pennington (1991). Saat ini ada lima kelompok yang dikenal dan kelimanya terwakili di Nugini: *Mimosopeae* (*Manilkara*, *Mimusops*); *Isonandreae* (*Burckella*, *Madhuca*, *Palaquium*); *Sideroxyleae* (*Sarcosperma*); *Chrysopylleeae* (*Chrysopyllum*, *Pouteria*); dan *Omphalocarpeae* (*Magodendron*).

Revisi Sapotaceae Malesia telah diterbitkan oleh H. J. Lam dan kolega (khususnya P. van Royen) di Herbarium Nasional di Leiden dalam seri “*Revision of the Sapotaceae of the Malaysian area in a wider sense*” I-XXIII, diterbitkan dalam *Blumea* dan *Nova Guinea* antara 1952 dan 1960 (terdaftar dalam van Royen 1960: 432). Marga besar *Planchonella*, dibahas dalam seri itu, sekarang dimasukkan dalam *Pouteria*. Akumulasi koleksi yang dibuat dalam paruh ke dua abad ke-20 mengharuskan adanya revisi baru.

Walaupun umumnya berbentuk perdu (contohnya, *Pouteria lanatifolia*), Sapotaceae biasanya berupa pohon kecil atau besar, sampai setinggi 50 m dengan batang berdiameter sampai 120 cm (contohnya, *Pouteria thyrsoidea*). Batang pohon kebanyakan berbentuk silinder. Jika ada, akar banirnya dapat mencapai tinggi 5 m. Bentuk tajuk Sapotaceae di Nugini umumnya berupa arsitektur pohon menurut Model *Aubréville*: cabang-cabang panjang gundul horisontal berakhir pada bagian tegak pendek dengan daun-daun bergugus padat, memanjang dengan lebih dari satu sumbu utama dari dasar bagian yang tegak lurus (percabangan pada *Terminalia*). Bunga dan buah dapat terletak di antara daun-daunan atau di bawah daun pada bagian cabang yang gundul.

Kebanyakan Sapotaceae memiliki bunga biseksual. Bunga betina dapat lebih kecil daripada yang biseksual. Subba Reddi dan Bai (1980) menemukan *Mimusops elengi* sebagai berumah tiga: tumbuhan dengan hanya bunga jantan, betina, atau biseksual. Kadang pematangan buah memerlukan waktu yang panjang: beberapa kali bunga dari tahap berbunga berikutnya ditemukan pada fase berbuah pada *Burckella obovata* (buahnya besar) dan *Palaquium amboinense* (buah berukuran sedang).

Penyerbuk untuk Sapotaceae masih belum banyak diketahui. Sebuah “piringan bernektar” terdapat di beberapa jenis *Pouteria* dan *Magodendron*, tetapi nektarnya sendiri belum pernah diamati. Di P. Waigeo, van Royen (1960) mengamati lebah yang mengunjungi bunga *Manilkara fasciculata*. Menurut Wiselius (1998) bunga *Chrysophyllum roxburghii* diserbuki oleh serangga. *Mimusops elengi* memiliki bunga yang sangat wangi pada malam hari, tetapi ada indikasi kuat jenis ini diserbuki oleh angin dan lebah yang berkunjung tidak turut andil melakukan penyerbukan (Subba Reddi dan Bai 1980). Di Kep. Aru, M.M.J. van Balgooy (kom. pri.) melihat nuri pada *Pouteria keyensis* pada saat musim puncak berbunga.

Banyak buah Sapotaceae yang berdaging tebal dan bisa dimakan oleh binatang, tetapi di Nugini pengamatan tentang binatang yang memakan buahnya sangat jarang. Walaupun data pada warna buah tidak lengkap, ada kecenderungan ukuran buah besar, sekitar 10 cm, memiliki warna kehijauan muda pudar sampai coklat kekuningan (*Burckella*, *Pouteria doonsaf*, *P. maclayana*, *P. ripicola*), kecuali untuk buah *Magodendron* yang menempel pada batang dan warnanya menjadi hampir hitam. Ada jenis dengan buah berukuran sedang (3-7 cm, *Palaquium amboinense*, *Pouteria thyrsoidea*) dan buah berukuran kecil (1-3 cm, *Manilkara fasciculata*, *Pouteria lanatifolia*, *P. monticola*) yang tetap hijau (kekuningan) saat matang, tetapi buah ukuran ini pada beberapa jenis berwarna merah (contohnya, *Pouteria suboppositifolia*) atau lebih sering merah menjadi ungu sampai hampir hitam (contohnya, *Pouteria myrsinodendron*). Jenis lain memiliki kisaran warna buah matang yang luas, seperti *Pouteria obovata*, yang mungkin memiliki buah coklat, oranye, merah, ungu, atau hitam. Majnep dan Bulmer (1977) menggambarkan buah *Pouteria macropoda* sebagai satu dari tiga makanan favorit Merpati-gunung papua (*Gymnophaps albertisi*). Sterly (1997) menamai jenis yang sama sebagai makanan bagi burung dan binatang berkantung. Di P. Yapen buah *Manilkara fasciculata* dimakan oleh mambruk (Vink, obs. pri.). Kelelawar juga termasuk di antara penyebar biji, seperti terlihat di Indonesia; van der Pijl (1957)

ANGIOSPERMA

mendaftar *Mimusops elengi* dan *Pouteria duclitan* di antara tumbuhan yang disebar oleh kelelawar.

Dari jenis asli, *Burckella obovata* adalah pohon buah yang tidak ditebang ketika orang membuka kebun baru. Buah lunak yang matang berbau sangat enak dan mudah dimakan (Peekel 1984). Menurut Kambuou (1996, buah ini sangat disukai di Kep. Bismarck; di Kep. Solomon jenis ini termasuk dalam daftar delapan jenis pohon buah yang dapat dimakan yang terpenting. Kirch (1989) mendaftar *Burckella obovata* sebagai pohon penting di PNG. Dari jenis yang diintroduksi dari Amerika, *Manilkara zapota*, *Chrysophyllum oliviforme*, dan khususnya *C. cainito*, adalah pohon buah, tetapi tidak dimanfaatkan secara luas di Nugini. Buah Sapotaceae harus benar-benar matang dan lunak untuk dimakan karena kandungan tanin dan getahnya membuatnya tidak dapat dimakan (Ng 1992).

Walaupun dipandang sebagai suku penting di hutan basah dataran rendah, jenis Sapotaceae hampir tidak pernah tercatat sebagai pohon yang berdiameter 34 cm atau lebih. Namun, ada beberapa pengecualian pada kaidah ini. Misalnya, di G. Meja dekat Manokwari (150-175 m), hutan campuran dataran kering didominasi oleh *Pometia* (21%), *Intsia bijuga* (7,5%), *Neonauclea* (4,5%), dan *Palaquium amboinense* (3,5%). Marga Sapotaceae lainnya adalah *Pouteria* (0,4%) dan *Chrysophyllum roxburgii* (0,2%) (Zieck 1960).

Menurut Zieck (1959), dataran tinggi pesisir Tami di timur Jayapura (10-80 m), 23% dari tajuk di hutan tertutup adalah *Pometia* dan 22% terdiri dari jenis pada marga Sapotaceae (*Pouteria*, *Palaquium*, *Chrysophyllum*, *Manilkara*). Ada hutan basah dataran rendah yang luas di pesisir Kepala Burung: Lembah Warsamson di barat laut dan dataran Arfak di timur laut. Demografi hutan ini menunjukkan sisa-sisa gangguan meluas yang bersejarah (Vink 1998). Di sini dan dataran Arfak telah dilakukan koleksi secara intensif (695 dan 1.412 koleksi botani) tetapi jenis Sapotaceae yang berupa pohon kurang dari 1%. Beberapa jenis secara lokal berkelompok walaupun jenis ini menyebar di hutan; hal ini mungkin menunjukkan reaksi terhadap beberapa gangguan

yaitu pertumbuhan kembali secara besar-besaran. Misalnya, *Pouteria thyrsoidea* di P. Biak, mungkin sekarang semuanya ditebang. *Pouteria chartacea* dapat berupa tegakan lebat seragam di pinggir sungai yang sering tergenang atau tepi danau di wilayah musiman.

Sejumlah jenis endemik dikenal dari beberapa koleksi saja dan lebih banyak lagi jenis yang umum terdapat ditemukan di habitat yang sangat bervariasi. Jenis yang paling umum ditemukan mungkin adalah *Pouteria obovata*, yang tumbuh di pantai-pantai berpasir atau berbatu dan dinamai sebagai pokok formasi *Barringtonia*. Jenis ini bahkan dilaporkan sebagai jenis yang mengkoloni pantai berkerikil. Jenis ini juga terdapat di sisi arah daratan dari mangrove, di rawa pesisir, di tepi danau air tawar, dan di hutan tepi sungai. Lokasi yang lebih kering termasuk petak kecil hutan di savana batuan kapur, hutan primer dan sekunder dataran rendah yang sudah mengering, dan hutan pohon ek. Di Nugini *Pouteria obovata* ditemukan sampai ketinggian 400 m, di Nusa Tenggara sampai ketinggian 1.650 m. *Pouteria keyensis* juga tumbuh di habitat-habitat yang sangat berbeda pada tanah yang sangat bervariasi: di hutan primer (dan sekunder tua) di tanah datar yang telah kering dan hutan perbukitan, tetapi juga di sepanjang anak sungai, di dataran berawa, atau pada dataran yang tergenang saat musim hujan.

Selain itu, *Manilkara kauki* lebih sering tumbuh di hutan pantai tetapi juga dapat tumbuh di pedalaman pada dataran berumput di bawah kondisi musiman. *Palaquium ridleyi* umum di hutan rawa campuran, tetapi kadang ditemukan di hutan dataran kering. *Palaquium galactoxylon* ditemukan di rawa permanen atau di hutan dataran rendah yang tergenang pada waktu tertentu, tetapi juga di hutan perbukitan kering dan hutan dataran rendah bukan musiman sampai hutan *Castanopsis* pada ketinggian 450 m.

Hutan basah pada ketinggian rendah (sampai 700 m) merupakan habitat kebanyakan Sapotaceae Nugini. Sejumlah jenis *Pouteria* memiliki kemampuan menghuni berbagai habitat yang lebih beragam. Di hutan basah dari permukaan laut sampai sekitar ketinggian 1.000 m ditemukan *Pouteria linggensis* var. *linggensis* (juga di wilayah

ANGIOSPERMA

pesisir), *P. luzoniensis* var. *papua*, *P. myrsinodendron* (sampai 2.500 m), *P. pullenii*, *P. sussa* (sampai 1.600 m). *Pouteria ledermannii* lebih umum di hutan dataran rendah pada tanah liat aluvial, dan ditemukan tersebar di hutan *Melaleuca* dan di hutan pegunungan bawah pada tanah ultrabasa; kisaran ketinggiannya adalah dari permukaan laut sampai 1.500 m. *Sarcosperma paniculata* tersebar luas tetapi jarang terdapat di hutan basah primer dan sekunder, lebih sedikit di pinggir hutan atau di belukar (bambu), dari ketinggian di permukaan laut sampai 1.100 m.

Sejumlah kecil Sapotaceae rupanya terbatas di lokasi yang lebih tinggi. Misalnya, *Pouteria kaernbachiana* adalah pohon di lapisan tajuk atau subtajuk setinggi 24-30 m di hutan pada ketinggian 800-1.500 m. Pada ketinggian 1.750-2.800 m, *Pouteria macropoda* var. *macropoda* tumbuh di hutan berlumut. *Pouteria lanatifolia* adalah jenis endemik dari Danau Anggi, yang berupa perdu setinggi 2-6 m tumbuh di antara semak Myrtaceae-Ericaceae sekunder atau di pinggir hutan pada ketinggian 2.140-2.200 m.

Zingiberaceae

Di seluruh dunia terdapat sekitar 52 marga dan 1.300 jenis Zingiberaceae (Larsen dkk. 1998), enam marga di antaranya terdapat di Nugini: *Alpinia*, *Amomum*, *Etlingera*, *Hornstedtia*, *Pleuranthodium* dan *Riedelia*, semuanya terdapat di Papua dan di PNG. *Curcuma*, *Globba* dan *Zingiber* mungkin bukan marga asli tetapi beberapa jenis dibudidayakan atau menjadi jenis lokal, khususnya jahe (*Zingiber officinale*) dan kunyit (*Curcuma longa*). Newman dkk. (2004) memperkirakan sekitar 240 nama jenis (140 di Papua dan 130 di PNG), tetapi kebanyakan masih sementara.

Dari seluruh marga, 46 di antaranya dan sebagian besar jenisnya tersebar luas di Asia. Batas sebelah utara dari suku ini mengikuti garis dari Himalaya melalu bagian selatan China sampai Jepang. Ke selatan, *Alpinia caerulea* hampir mencapai jauh di selatan di Sydney di bagian utara New South Wales dan ke timur di Fiji juga terdapat beberapa jenis. Kebanyakan Zingiberaceae tumbuh sebagai tumbuhan lapisan bawah

hutan tropis. Banyak jenis di benua Asia merupakan geofit di hutan musiman yang mati, kecuali rizoma di bawah tanahnya selama musim kemarau, tetapi hampir semua jenis yang terdapat di Asia tenggara merupakan tumbuhan selalu hijau. Di Nugini, *Riedelia montana* pernah dikoleksi pada ketinggian tertinggi 3.200 m.

Zingiberaceae adalah tumbuhan tidak berkayu yang sering sangat kokoh dan mengandung minyak esensial. Suku ini diakui sebagai kelompok tumbuhan asli dan klasifikasi beberapa marganya telah ada, semuanya menekankan pada ciri ukuran perakaran menyampingnya, Kress dkk. (2003) baru-baru ini telah menghasilkan klasifikasi yang didukung oleh bukti molekular dan morfologis. Berdasarkan informasi ini suku ini dibagi menjadi empat subsuku: Siphonochiloideae (hanya satu jenis *Siphonochilus*); Tamijioideae (hanya satu jenis *Tamijia*); Zingiberoideae (*Gagnepainia*, *Globba*, *Hemiorchis*) dan Alpinioideae (*Burbidgea*, *Pleuranthodium*, *Riedelia*, *Siamanthus*).

Koleksi jahe-jahean untuk herbarium sering sulit dilakukan, khususnya untuk tanaman yang berukuran besar, jenis yang berbunga di atas tanah, sehingga kolektor cenderung melewatkannya. Akibatnya, Zingiberaceae kurang terkoleksi, bahkan jika dibandingkan dengan suku tumbuhan lain di Nugini. Saran yang jelas tentang cara membuat herbarium spesimen yang baik diterbitkan oleh Burtt dan Smith (1976) tetapi sejak itu hanya sedikit koleksi yang dilakukan di Nugini. Taksonomi jahe-jahean di Nugini yang telah diterbitkan sangat sedikit sejak monograf yang diterbitkan oleh Schumann tentang suku ini (1904). Namun, sejak itu ada sedikit kemajuan yang dicapai dan beberapa revisi tentang marga tertentu sudah dilakukan (Smith, 1986a,b, 1991).

Studi biologi reproduksi jahe-jahean di China (Gao dkk. 2004; Zhang dkk. 2003; Li dkk. 2002) dan P. Kalimantan (Sakai dkk. 1999) menunjukkan bahwa kebanyakan jenis diserbuki oleh lebah dan burung pemakan laba-laba, tetapi studi seperti ini belum dilakukan di Nugini.

BAGIAN IV
FAUNA

*4.1. Fauna: Pengantar**

Papua memiliki kekayaan fauna yang beranekaragam, mencakup 3.764 vertebrata dan sekitar 200.000 avertebrata. Untuk menempatkan fauna ini ke dalam perspektif yang lebih luas, bagian pertama bab ini menguraikan berbagai taksa dan proporsinya dibandingkan dengan fauna di Nugini secara keseluruhan dan dengan yang terdapat di dunia (Tabel 4.1.1). Bagian ke dua merinci status pengetahuan tentang fauna di Nugini, khususnya mengenai pola-pola geografis dan keendemikan di Papua. Bagian terakhir membahas kebutuhan mendokumentasikan dan memahami fauna Papua secara lebih baik.

Dalam bab ini istilah Papua mencakup bagian barat pulau Nugini dan pulau-pulau satelitnya, termasuk Kep. Raja Ampat, pulau-pulau di Teluk Cenderawasih dan Kep. Aru. Meskipun secara politis Kep. Aru merupakan bagian dari Maluku, secara biogeografis wilayah ini mempunyai paling banyak kesamaan dengan Nugini dan biasanya diikutsertakan dalam pembahasan biota Papua (misalnya, Mittermeier dkk. 2002).

Vertebrata yang diketahui di Papua (3.764 jenis) merupakan 81% vertebrata yang diketahui di Nugini (4.665 jenis). Komposisinya sebagai berikut: ikan laut 62%, ikan air tawar dan payau 8%, burung hampir 15%, amfibi dan reptil 10% dan mamalia 5% dari fauna total. Jika fokus kita adalah vertebrata darat dan air tawar di Papua, maka ada 1.240 jenis yang diketahui, tetapi dari jumlah ini hanya 250 jenis (20%) yang endemik (Tabel 4.1.2). Sebagai perbandingan, di Nugini terdapat 1.647 vertebrata darat dan air tawar yang diketahui, 1.130 (69%) di antaranya endemik. Tingkat keendemikan di Nugini berkisar dari rendah, yaitu 49% untuk ular, yang cenderung memiliki sebaran geografis luas, ke tingkat

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Introduction to the Fauna of Papua", Allen Allison.

EKOLOGI PAPUA

tinggi 92% untuk katak, yang memiliki kapasitas menyebar terbatas dan tercermin dari tingginya persentase jenis yang persebarannya terbatas (Stuart dkk. 2004). Hampir semua jenis asli yang tidak endemik Papua adalah jenis endemik Nugini; sementara yang tidak endemik lainnya hampir semua terdapat di Australia dan lebih sedikit terdapat di Asia Tenggara. Jumlah seluruh avertebrata di dunia dan di Nugini tidak diketahui secara akurat, tetapi proporsi jenis dunia yang ada di Nugini berkisar dari 3,3% untuk Diptera (lalat) hingga 9,4% untuk Odonata (capung dan capung jarum).

Tabel 4.1.1. Vertebrata Papua, Nugini dan Dunia.

Takson	Jumlah Jenis di Papua	Jumlah Jenis di Nugini	Jumlah Jenis di Dunia	% Papua terhadap Nugini	% Papua terhadap Dunia	% Nugini terhadap Dunia
Ikan	2.650	3.200	30.000	82,8	8,8	10,7
Katak	130	282	5.067	46,1	2,6	5,6
Kura-kura	15	17	307	88,2	4,6	5,2
Buaya	2	2	23	100,0	8,7	8,7
Kadal	141	193	4.765	73,6	3,0	4,1
Ular	83	109	2.978	76,1	2,8	3,7
Burung	552	578	9.702	95,5	5,7	6,0
Mamalia	191	284	5.338	67,3	3,6	5,3
Total	3.764	4.665	58.180	80,7	6,5	8,0

Catatan: Total mamalia tidak mencakup Cetacea. Angka-angka pada burung mencakup burung yang berkembang biak di darat saja.

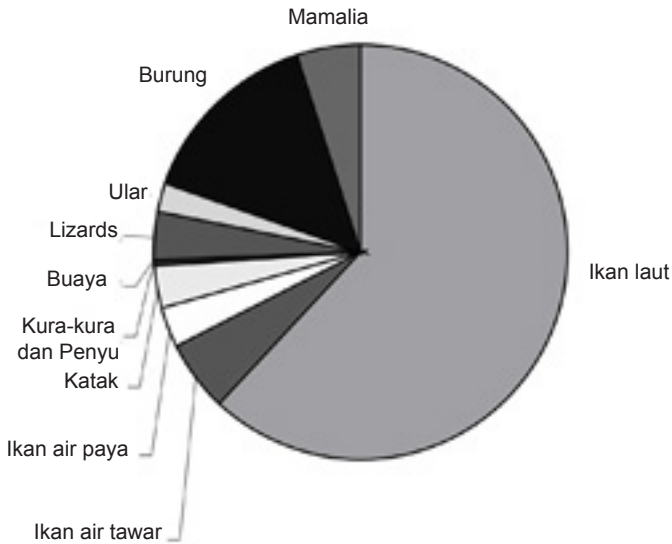
Sumber: Data untuk ikan berdasarkan Allen (1991, Bab 4.8), Allen dan Swainson (1992) dan Eschmeyer (1998). Data amfibi dan reptil berasal dari database Museum Bishop dan merupakan data terbaru per September 2005. Total dunia untuk amfibi dan reptil berdasarkan Frost (2005) dan Uetz (2005). Data untuk burung berasal dari Dumbacher dan Mack (Bab 4.6) dan Beehler dan Finch (1985). Data mamalia berasal dari Helgen (Bab 4.7) dan database Hotspots di Conservation International dan Wilson dan Reeder (2005).

Seperti dibahas dalam Bagian 2 biogeografi Nugini sangat rumit. Tersambungannya daratan secara berulang-ulang pada akhir Cenozoikum mempermudah pertukaran fauna antara Nugini dan Australia (Aplin 1993, Walker 1972), yang menghasilkan berbagai kesamaan fauna vertebrata kedua wilayah ini, terutama pada tingkat marga dan yang lebih tinggi. Kelompok taksa utama vertebratanya dibahas secara rinci dalam 4.2-4.7. Keadaan ini terutama berlaku pada mamalia, yang komponen fauna utamanya terdiri dari marsupial dan monotrema yang khas, tetapi juga terjadi pada berbagai kelompok burung dan vertebrata lainnya. Misalnya, dari 119 marga amfibi dan reptil yang ada di Nugini, 56 (47%) juga ada di Australia. Nugini juga memiliki kekerabatan yang kuat dengan Asia Tenggara, tetapi Samudra yang luas selalu memisahkan kedua kawasan ini, seperti pembatasan fauna oleh garis Wallace (Wallace 1859, Schulte dkk. 2003). Batasan fisik ini mencegah sebagian besar vertebrata mencapai Nugini, demikian juga untuk kelompok tumbuhan dan avertebrata (de Boer dan Duffels 1996, Vane-Wright 1991).

Dengan luas daratan 790.000 km² dan ketinggian pegunungan melebihi 5.000 m, Nugini merupakan pulau tropis terbesar dan tertinggi di dunia. Biotanya merupakan hasil diversifikasi evolusi di salah satu wilayah geologis yang paling kompleks di dunia. Sebagai perbandingan, P. Kalimantan (luas 743.330 km²) hanya sedikit lebih kecil dari pulau Nugini (790.000 km²). Keduanya memiliki jajaran pegunungan tinggi dan kemiripan lainnya, seperti proses pertumbuhan busur pulau, lapisan kerak Samudra dan fragmen-fragmen tektonik lainnya yang menimpali lempeng benua dari Era Paleozoikum (Pigram dan Davies 1987, Hall 2002, Moss dan Wilson 1998). Kalimantan mulai terbentuk selama Era Mesozoikum dan tersambung oleh daratan dengan daratan besar Asia Tenggara hingga Kala Eosen (Hall 2002); selanjutnya tersambung kembali dengan Asia pada berbagai periode turunnya permukaan laut selama Periode Tersier dan Kuartar (Voris 2000). Nugini mulai terbentuk setelah itu, selama pertengahan Senozoikum, pada pinggirannya utama dataran Australia yang bergerak ke utara dan terdiri dari 32 fragmen lempeng. Banyak fragmen ini merupakan jajaran pegunungan yang terpisah atau lembah-lembah dataran rendah yang menimbulkan

EKOLOGI PAPUA

kantong-kantong keendemikan, terutama pada perbatasan-perbatasan sebelah utara lempeng Australia (Heads 2001, Pigram dan Davies 1987, van Welzen, 1997). Sebaliknya, topografi Kalimantan tidak sekompleks Nugini; hamparan-hamparan dataran rendah yang luas mengelilingi pegunungan di bagian tengahnya.



Gambar 4.1.1. Komposisi vertebrata Papua. Buaya diwakili oleh irisan tipis antara kadal dan kura-kura.

Fauna Kalimantan agak mirip dengan fauna di bagian-bagian lain Asia Tenggara karena di masa lampau terdapat daratan yang menyambungkan Kalimantan dan benua Asia dan juga kesamaan iklim di seluruh wilayah selama Periode Tersier (Brandon-Jones 1996) dan tidak terdapat banyak relief topografis. Sebaliknya, Nugini, yang memiliki sejarah geologi yang lebih kompleks, terpisah dari lempeng-lempeng benua yang iklimnya hampir sama, dengan variasi topografis yang lebih besar daripada di Kalimantan. Pengaruh faktor-faktor ini tampak pada diversifikasi jenis evolusi di Nugini (Dow 1977, Hall 2002, Hamilton 1979, Kroenke 1984, 1996, Bab 4.4.) yang biotanya

FAUNA: PENGANTAR

lebih kaya dan lebih banyak jenis endemiknya daripada Kalimantan. Namun pada tingkatan taksa yang lebih tinggi (misalnya, suku dan bangsa) Kalimantan umumnya lebih kaya.

Tabel 4.1.2. Keendemikan vertebrata darat dan perairan Papua dan Nugini (termasuk pulau-pulau satelitnya).

Takson	Provinsi Papua			Nugini		
	Jumlah	Jumlah	%	Jumlah	Jumlah	%
	Jenis endemik	Jenis endemik	endemik	Jenis endemik	Jenis endemik	endemik
Ikan air tawar	64	151	42,4	179	213	84,0
Katak	69	130	53,1	260	282	92,2
Kura-kura	1	9	12,5	8	11	72,7
Buaya	0	2	0	1	2	50,0
Kadal	30	141	21,3	124	193	64,2
Ular	8	64	12,5	41	84	48,8
Burung	38	552	6,9	324	578	56,1
Mamalia	40	191	20,9	195	284	68,7
Total	250	1.240	20,2	1.132	1.647	68,7

Catatan: Total mamalia tidak mencakup Cetacea. Angka-angka pada burung mencakup burung yang berkembang biak di darat saja.

Sumber: Data untuk ikan berasal dari G. Allen, berdasarkan total yang sudah diperbaharui dari Allen (1998). Angka-angka amfibi dan reptil berasal dari database Museum Bishop; data terbaru per September 2005. Angka-angka untuk burung berasal dari Dumbacher dan Mack (Bab 4.6), Beehler dan Finch (1985) dan Wheatley (1998). Angka-angka untuk mamalia berdasarkan Helgen (Bab 4.7) dan database Hotspots di Conservation International.

Kalimantan memiliki 11 bangsa dan paling sedikit 219 jenis mamalia; 46 (21%) jenis adalah endemik (Payne 1985, diperbarui). Nugini memiliki enam bangsa mamalia (monotrema, tiga bangsa marsupial [Dasyuromorphia, Peramelemorphia dan Diprotodontia], binatang pengerat dan kelelawar) yang mencakup 284 jenis; 195 (69%) di antaranya endemik. Kalimantan memiliki 434 jenis burung yang diketahui, tetapi hanya 39 jenis yang endemik (Smythies 2000). Sebaliknya, Nugini memiliki 578 jenis burung, 324 jenis di antaranya endemik (Beehler dan Finch 1985, Beehler dkk. 1986, Wheatley 1998).

EKOLOGI PAPUA

Kalimantan memiliki jumlah suku dan marga amfibi dan reptil yang lebih banyak daripada Nugini dan juga memiliki *Caecilia*, yaitu amfibi yang tidak terdapat di Nugini. Pada tingkat jenis, jumlah ular di Kalimantan juga lebih besar daripada di Nugini, menandakan pentingnya kelompok ini di Asia Tenggara, tetapi jumlah jenis katak dan kadal lebih kecil dan jumlah total keseluruhan jenis amfibi dan reptil jauh lebih kecil daripada di Nugini (Tabel 4.4.2).

Jumlah ikan air tawar di Kalimantan dan Nugini hampir sama, sekitar 400 jenis (Kottelat dkk. 1993, Bab 4.5), tetapi sekitar 25% ikan air tawar di kedua wilayah ini merupakan ikan yang memiliki tahap larva di laut (Bab 4.5). Kalimantan didominasi oleh ikan divisi utama (jenis yang termasuk dalam suku-suku yang tidak toleran terhadap air asin), sementara Nugini tidak memiliki ikan divisi utama dan hampir semua jenis ikan air tawarnya diperkirakan berevolusi dari moyangnya di laut. Sekitar 180 jenis (84%) yang sekarang dikenal sebagai ikan air tawar Nugini yang tidak memiliki tahap larva di laut adalah endemik. Kekayaan jenis di Kalimantan umumnya lebih tinggi daripada di Nugini. Misalnya, sistem Sungai Kapuas mempunyai 320 jenis (Roberts 1989, Kottelat dan Whitten 1996), sementara daerah aliran S. Fly di Nugini memiliki kurang dari 110 jenis (Roberts 1978).

Kawasan Nugini diperkirakan mempunyai sekitar 2.600-3.000 jenis ikan laut (Allen dan Swainson 1992), termasuk 30% ikan karang dunia (Myers 1999, Pyle 1995). Banyak jenis ikan laut tersebar luas di kawasan Indo-Pasifik dan terdapat di kedua pulau. Kekayaan jenis biota laut kawasan Indo-Australia termasuk yang tertinggi di dunia (Roberts dkk. 2002).

Status Fauna

Hampir semua jenis burung penghuni Nugini telah diketahui. Jenis yang terakhir dikenal dideskripsi tahun 1959 dan grafik yang menggambarkan jumlah kumulatif jenis yang dilaporkan oleh Beehler dan Finch (1985) tidak bertambah lagi. Akan tetapi, pengetahuan kita tentang kelompok lainnya masih sangat tidak lengkap.

FAUNA: PENGANTAR

Mamalia, terutama kelelawar dan beberapa kelompok pengerat, belum dikenal secara lengkap. Hanya sekitar setengah dari jenis yang sekarang diketahui dideskripsi sebelum tahun 1905 dan sekitar sepuluh jenis baru dideskripsi selama dekade yang lalu. Selama lima tahun terakhir tiga jenis sudah dideskripsi dari Papua dan deskripsi tujuh jenis Papua sedang disiapkan (oleh K. Helgen, T. Flannery, G. Musser dan T. Leary) dan tampaknya akan menambah jumlah jenis berdasarkan materi yang sekarang dikoleksi.

Katak mungkin merupakan kelompok yang paling tidak diketahui. Dari total 282 jenis yang sekarang diketahui di Nugini hampir pasti menjadi dua kali lipat dan bahkan mungkin tiga kali lipat ketika seluruh jenis telah diberi nama ilmiah. Selama dekade lalu ada 77 jenis katak baru yang dideskripsi dan paling sedikit 150 jenis tambahan yang ada dalam koleksi yang menunggu dideskripsi. Setiap survei besar herpetofauna dalam lima tahun terakhir menemukan lima hingga sepuluh jenis dari satu daerah aliran sungai. Sekitar 28 (60%) katak yang dikumpulkan sewaktu survei S. Wapoga di Papua Barat Laut terbukti merupakan jenis yang belum dideskripsi (Richards dkk. 2000).

Sementara untuk reptil, kadal lebih dikenal daripada katak, karena hanya 12 jenis baru yang dideskripsi selama dekade lalu. Namun paling sedikit ada delapan jenis baru yang sedang disusun deskripsinya dan penelitian marga besar *Sphenomorphus* yang sedang dilakukan oleh G. Shea tampaknya menghasilkan tambahan banyak jenis yang dikenal dan dideskripsi. Hanya empat jenis ular baru yang dideskripsi pada dekade lalu, tetapi paling sedikit ada delapan jenis baru dalam koleksi menunggu untuk dideskripsi. Jumlah jenis saat ini (109) tampaknya akan meningkat menjadi sekitar 140 jenis.

Jumlah avertebrata tidak diketahui secara pasti dan tidak ada daftar nama yang lengkap untuk hampir semua kelompok. Jenis yang ada di darat diperkirakan mencapai lebih dari 300.000 (Bab 4.3). Perkiraan ini cukup konservatif dan jumlah sebenarnya dapat jauh lebih besar, mungkin mencapai sekitar 500.000 jenis. Deskripsi jenis baru dalam kelompok yang paling banyak diketahui, yaitu kupu-kupu (d'Abrera

EKOLOGI PAPUA

1977, Parsons 1991, 1998), kelihatannya tidak banyak penambahan lagi, tetapi sebagian besar bangsa serangga hanya sekitar 50% jenis yang sudah dideskripsi.

Survei fauna di Papua sangat ketinggalan daripada yang dilakukan di PNG. Sebagai indikasi, jumlah spesimen museum dari kelompok yang masih sedikit diketahui dari Papua hanya seperempat, atau kurang dari seperempat, dari jumlah yang ada untuk PNG. Misalnya, dalam monograf Brown (1991) marga kadal *Emoia* di Nugini diwakili oleh 36 jenis. Ia meneliti 1.605 bagian (8.648 spesimen) dari PNG, tetapi hanya memperoleh 316 bagian (1.215 spesimen) dari Papua. Pencarian dalam katalog-katalog yang terdapat di museum-museum di Amerika Serikat, yang memiliki koleksi herpetologi lebih dari 10.000 spesimen Nugini, menunjukkan bahwa rasio spesimen (amfibi dan reptil) Papua terhadap Papua Nugini adalah 1 berbanding 40. Tentunya, informasi ini tidak termasuk museum-museum seperti National Museum of Natural History di Leiden, Zoological Museum Amsterdam, atau Museum Zoologense Bogoriense yang memiliki koleksi cukup banyak dari Papua. Karena itu, mungkin cukup aman untuk menyimpulkan bahwa pada tingkat dunia, jumlah spesimen amfibi dan reptil dari PNG sekitar tujuh kali lipat dari yang tersedia untuk Papua. Tampaknya situasi ini berlaku hampir sama untuk spesimen mamalia. Misalnya, Taylor dkk. (1982) memperoleh spesimen yang berasal dari 275 lokasi di Nugini (termasuk Kep. Aru dan pulau-pulau satelit), tetapi hanya 73 (27%) yang berasal dari Papua.

Kemungkinan besar kekayaan jenis di Papua sama dengan yang terdapat di PNG karena keduanya dan pulau-pulau satelitnya, memiliki sejarah evolusi yang mirip dan merupakan pusat-pusat keendemikan. Bahkan jika ditinjau dari kelompok burung, taksa yang paling lengkap informasinya, kedua bagian pulau memiliki tingkat kekayaan jenis yang sama (Coates 1985, Bab 4.6). Namun untuk taksa lain yang masih belum banyak diteliti (misalnya, amfibi dan reptil) jelas bahwa jumlah jenis di Papua jauh lebih rendah. Keadaan ini menunjukkan pentingnya penelitian taksonomis lebih lanjut, khususnya di daerah-daerah yang faunanya belum disurvei (Allison dkk. 2004). Misalnya, tidak ada

spesimen amfibi atau reptil dari Peg. Foja atau Peg. Kumawa, yang berdasarkan sejarah geologinya kemungkinan besar memiliki banyak jenis endemik.

Pola-pola Keendemikan

Identifikasi kawasan keendemikan dan kaya jenis di Papua menolong kita memahami evolusi fauna Papua dan pola persebarannya secara keseluruhan. Informasi ini dapat digunakan untuk memahami dan mengidentifikasi daerah-daerah yang memerlukan perlindungan konservasi secara resmi dan juga sangat penting untuk menentukan prioritas survei lapangan.

Lokakarya Penentuan Prioritas Konservasi (PPK) tahun 1997 (Conservation Priority-Setting Workshop/CPSW, Conservation International 1999) telah mengidentifikasi kawasan-kawasan keendemikan untuk berbagai kelompok taksonomi. Untuk amfibi dan reptil (Allison 1998, Conservation International 1999), ada 19 kawasan telah diidentifikasi, yang mencakup kepulauan, jajaran pegunungan yang terisolasi, daerah aliran sungai dan hutan savana. Kawasan-kawasan ini meliputi: kepulauan: Batanta, Waigeo, Numfor, Biak/Supiori dan Yapen; jajaran pegunungan terisolasi: Peg. Charles Louis, Peg. Weyland, Kumawa, Peg. Fakfak, Peg. Tamrau dan Peg. Arfak, Sem. Wandamen, Peg. Van Rees, Peg. Foja, Peg. Jayawijaya, Peg. Cyclops; DAS: S. Digul, Taman Nasional Lorentz, S. Mamberamo; hutan musiman: savana di dataran rendah bagian selatan. Secara keseluruhan, kawasan ini dan Kep. Aru dihuni oleh sekitar 85%-90% dari 107 jenis amfibi dan reptil endemik, tetapi persebarannya masih belum diketahui (Bab 4.4).

Untuk mamalia, wilayah yang diusulkan PPK sangat mirip dengan yang diusulkan untuk amfibi dan reptil, tetapi wilayah untuk mamalia mencakup Peg. Jayawijaya bagian barat (Peg. Sudirman) dan suatu kawasan besar “Kepala Burung”. Wilayah keendemikan untuk burung sebagian besar mirip dalam hal kepulauan, kecuali P. Yapen yang tidak memiliki burung endemik (Bab 2.4). Skema ini sedikit berbeda dari skema lain karena mencakup seluruh jajaran pegunungan, bukan hanya

bagian-bagian dari jajaran pegunungan seperti untuk amfibi dan reptil dan mamalia. Skema ini juga berbeda untuk amfibi dan reptil karena mencakup daerah dataran rendah yang luas di sekitar Teluk Bintuni dan Arguni. Skema PPK untuk mamalia mirip dengan untuk burung dalam hal cakupan bagian selatan Kepala Burung (Teluk Arguni, Etna dan Triton). Perbedaannya dengan skema untuk burung adalah tidak mencakup kawasan di sekitar Teluk Bintuni (Bab 4.7).

Polhemus dan Allen (Bab 2.5) telah mengidentifikasi fauna air tawar di 23 wilayah persebaran di Papua, termasuk lima wilayah yang merupakan wilayah bersama PNG, yaitu sebagai pusat kekayaan dan keendemikan jenis. Banyak persamaan antara skema ini dan skema-skema PPK. Polhemus dan Allen memasukkan Misool ke dalam kelompok kepulauan penting karena paling sedikit ada 25 jenis amfibi dan reptil yang diketahui dari pulau ini, tetapi hanya jenis *Varanus reisingeri* (Eidenmüller dan Wicker, 2005), yang baru-baru ini dideskripsikan, yang endemik. Polhemus dan Allen juga memasukkan Sem. Wandamen dan pegunungan di sebelahnya ke dalam kawasan Kepala Burung yang cukup besar, yang sangat kaya akan ikan air tawar (Bab 4.5), tetapi amfibi dan reptil yang terdapat di sana belum diteliti dengan baik. Namun ada bukti yang menunjukkan (misalnya, Zug dan Allison 2006) bahwa kawasan Kepala Burung yang lebih besar mungkin penting untuk amfibi dan reptil, kurang lebih dengan alasan yang sama, bahwa Mamberamo bagian depan, termasuk wilayah Jayawijaya yang ditetapkan oleh PPK, dianggap sebagai kawasan penting untuk amfibi dan reptil.

Beberapa kawasan dataran rendah bagian utara atau barat yang tidak dianggap penting untuk amfibi dan reptil, tetapi cukup penting untuk fauna air. Misalnya, kawasan di dekat Jayapura, yang oleh Polhemus dan Allen disebut dataran rendah Papua timur laut. Karena dekat dengan Jayapura, dibandingkan dengan kawasan lain, fauna air kawasan ini telah disurvei cukup baik. Tingkat keendemikan yang tinggi mungkin lebih mencerminkan tingkat koleksi yang lebih tinggi di kawasan ini daripada kondisi keendemikannya. Kawasan dataran rendah Kepala Burung, yang ditetapkan oleh Polhemus dan Allen, tidak ditetapkan

FAUNA: PENGANTAR

sebagai kawasan endemik oleh PPK, walaupun paling sedikit ada dua jenis: tokek (*Gehyra leopoldi*) dan kadal (*Lipinia venemai*) yang endemik di kawasan ini.

Kawasan savana bagian selatan yang ditetapkan oleh PPK (untuk amfibi dan reptil) memiliki mosaik vegetasi hutan dan savana yang kompleks, tetapi dokumentasi persebaran amfibi dan reptil di keseluruhan kawasan masih sangat terbatas.

Untuk pola persebaran ikan air tawar, Allen (1991) menyatakan tujuh wilayah zoogeografis di Nugini, lima di antaranya terdapat di Papua: 1. Kep. Raja Ampat; 2. Sem. Kepala Burung (pegunungan dan dataran rendah); 3. Wilayah Utara (termasuk pesisir utara dan sistem sungai dan memanjang melintasi sebagian besar PNG bagian utara); 4. Wilayah Selatan atau Trans-Fly (termasuk sebagian besar Nugini bagian selatan); dan 5. Kep. Aru. Dalam laporannya tentang ikan di Papua (Bab 4.8), Allen menggabungkan Kep. Raja Ampat dengan kawasan Kepala Burung dan mengikutsertakan Kep. Aru dalam Wilayah Selatan.

BirdLife International melakukan pendekatan yang hampir sama dengan Allen (1991) dan mengenali delapan daerah burung endemik di Papua (Stattersfield dkk. 1998) yang mencakup dua kawasan di Sem. Kepala Burung, yaitu dataran rendah dan dataran tinggi Papua barat, yang mencakup seluruh Nugini bagian barat dan Kep. Raja Ampat. Kep. Numfor, Supiori, Biak dan Meos Num termasuk dalam kawasan Kep. Cenderawasih; Yapen dianggap sebagai wilayah sekunder untuk kategori wilayah ini. Pegunungan Foja dan Cyclops termasuk dalam kawasan pegunungan Papua utara. Dataran rendah di Papua bagian utara yang dialiri S. Mamberamo termasuk dalam kawasan dataran rendah Papua Utara. Wilayah pegunungan tengah, dari Peg. Weyland dan Charles Louis sampai ke Peg. Owen Stanley di PNG termasuk dalam kawasan pegunungan Papua bagian tengah yang sangat luas. Daerah aliran sungai bagian selatan dari S. Mimika sebelah timur Fly bagian atas dan seluruh lembah Kikori dan Purari termasuk dalam kawasan dataran rendah Papua Selatan. Wilayah selatan dari kawasan ini, yang memiliki iklim musiman yang kuat dan didominasi vegetasi savana, termasuk

dalam kawasan Trans-Fly, dengan Kep. Aru termasuk sebagai kawasan sekunder. Kedelapan kawasan ini pada dasarnya mencakup seluruh wilayah darat di Papua dan menggambarkan sistem klasifikasi yang hampir sama dengan yang lain dalam hal pentingnya keendemikan di dataran rendah, pegunungan dan kepulauan. Semua skema ini sependapat tentang pentingnya berbagai wilayah utama dan menyadari perbedaan-perbedaan penting antara pesisir utara dan selatan dan Kepala Burung di sebelah barat. Perbedaan terpenting mengenai wilayah keendemikan yang diajukan PPK untuk amfibi dan reptil, burung dan mamalia dengan skema-skema yang diajukan oleh Polhemus dan Allen (Bab 2.5), Allen (1991) dan BirdLife International (Stattersfield dkk. 1998) adalah dalam hal pembagian wilayah menurut tingkat kepentingan masing-masing. Perbedaan lainnya adalah dalam hal batas-batas pembagian wilayah, yang mungkin mencerminkan perbedaan-perbedaan ciri-ciri biologis berbagai taksa yang berbeda (misalnya, wilayah geografis untuk burung umumnya lebih luas dibandingkan amfibi dan reptil) dan juga perbedaan tingkat pengetahuan (misalnya, persebaran jenis burung jauh lebih diketahui daripada persebaran taksa vertebrata lainnya).

Pertimbangan untuk Masa Depan

Pakar biologi, praktisi konservasi dan mereka yang bekerja di luar wilayah Nugini menilai biota wilayah ini sudah cukup dikenal baik dan tidak terlalu kaya dibandingkan dengan wilayah tropis lainnya (Pearson 1977, Clarke 2000). Namun seperti diuraikan dalam tinjauan ringkas ini dan dinyatakan dalam laporan terbaru lainnya, kedua pernyataan tersebut tidak benar. Nugini jelas merupakan salah satu wilayah di dunia dengan keanekaragaman yang sangat tinggi (Mittermeier dkk. 2002) dan sekaligus merupakan wilayah yang paling sedikit dikenal. Berdasarkan pengetahuan tentang keanekaragaman hayati Nugini yang sudah kita ketahui, kita juga memahami dimensi sebenarnya dari keanekaragaman ini dan betapa besar pekerjaan selanjutnya diperlukan untuk menemukan dan mendeskripsikan biota ini secara ilmiah. Pada saat yang sama, kita juga menyadari bahwa laju kehilangan hutan dewasa juga semakin

FAUNA: PENGANTAR

meningkat (Bab 7.4) akibat pengambilan kayu, konversi lahan untuk pertanian, pertambangan, pembangunan perkotaan dan faktor-faktor lainnya. PPK tahun 1997 membantu untuk memusatkan perhatian pada kawasan-kawasan keendemikan di Papua. Ada kebutuhan yang mendesak, bahkan kritis, untuk melaksanakan survei biologi yang menyeluruh di Papua untuk memperoleh informasi yang lebih baik tentang biota ini dan membantu mengarahkan dan memberi masukan bagi penentuan kawasan lindung.

4.2. *Avertebrata Laut**

Keanekaragaman biota yang menghuni terumbu karang di Indo Pasifik Barat merupakan yang tertinggi di dunia (Briggs 1999). Di kawasan ini “Segitiga Terumbu Karang” (STK), yang memanjang kurang lebih dari Filipina ke Malaysia terus ke PNG, merupakan pusat keanekaragaman yang sangat tinggi (Gambar 5.2.3). Semakin jauh dari pusat dan semakin besar garis lintang, keanekaragaman berkurang dalam segala arah: ke utara dan selatan. Di daerah tropis, keanekaragaman merosot lebih tajam ke arah timur Samudra Pasifik dibandingkan dengan ke arah barat di Samudra India (Bab 5.2). Karena letaknya di pusat STK, Papua memiliki banyak filum invertebrata yang sangat beranekaragam.

Ada banyak informasi mengenai pola persebaran kelompok tertentu. Misalnya, Veron (2000a) membuat peta-peta persebaran untuk hampir seluruh jenis karang yang dikenal. Di antara moluska, jenis *cone* telah disurvei oleh Röckel dkk. (1995) dan jenis *cowrie* oleh Burgess (1985). Namun peta semacam ini masih sangat umum, yang dibuat berdasarkan catatan terbatas dari berbagai museum. Reaka-Kudla (1997) memerkirakan 93.000 jenis tumbuhan dan binatang terumbu karang telah dideskripsikan, tetapi mereka berpendapat jumlah ini mungkin hanya mewakili 1%-15% dari jumlah jenis yang ada. Fauna sistem terumbu karang masih sangat sedikit diketahui, namun pengetahuan tentang avertebrata bakau jauh lebih sedikit lagi. Kumpulan karya pertama avertebrata laut di Nugini ditulis oleh penjelajah alam dari Prancis, yaitu Quoy dan Gaimard dalam ekspedisi La Coquille (1823) dan L’Astrolabe (1826), terutama di Kep. Raja Ampat. Publikasi ekspedisi pertama ini muncul tahun 1824. Papua juga dikunjungi kapal-kapal dari Inggris, Belanda, Jerman, Australia dan Amerika Serikat.

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “Marine Invertebrates of Papua”, Fred E. Wells.

AVERTEBRATA LAUT

Bab ini dibagi menjadi dua bagian utama. Bagian pertama membahas avertebrata terumbu karang dan mangrove yang merupakan habitat utama air dangkal di kawasan ini. Habitat air dalam tidak dibahas karena informasi tentang avertebratanya masih sangat sedikit dan isu-isu konservasi sebagian besar difokuskan pada habitat air dangkal. Mengingat pentingnya dampak penggerek kayu di Nugini, kelompok ini dibahas khusus dalam bagian ke dua bab ini.

Asal-usul dan Komposisi Avertebrata Laut

Mengapa STK sangat kaya akan jenis? Ada banyak bukti yang menunjukkan asal-usulnya (Bab 5.2). Perairan dangkal di kawasan tropis telah menjadi habitat stabil selama jutaan tahun, walaupun mengalami perubahan akibat glasiasi. Lingkungan tropis yang stabil membuat jenis ini dapat mendiami lingkungan yang lebih kecil daripada di lingkungan yang mengalami fluktuasi lebih besar. Namun dalam waktu yang singkat, topan dan angin puyuh dapat menyebabkan kerusakan berat. Misalnya, Samudra Hindia mengalami topan tahunan yang berpengaruh kuat pada perairan pesisir; curah hujan selama musim hujan di Papua juga dapat menyebabkan erosi tanah dan pendangkalan lingkungan pesisir dan laut.

Selama Kala Pleistosen terjadi beberapa periode naik turunnya permukaan laut secara bergantian. Pada waktu permukaan laut turun, Samudra Hindia dan Pasifik merupakan cekungan yang terpisah, di mana proses spesiasi atau pemisahan jenis berlangsung di wilayah masing-masing. Sewaktu permukaan laut naik, kepulauan Indonesia menjadi kawasan di mana biota dua kedua wilayah ini tumpang tindih, menyebabkan tingginya keanekaragaman terumbu karang yang terdiri dari berbagai jenis yang tersebar luas. Di wilayah ini hanya ada 31 jenis endemik (Veron 2000a).

Veron (2000b) juga menempatkan Papua dalam kelompok biogeografis di sebelah timur Garis Wallace yang mencakup seluruh pulau Nugini dan Karang Penghalang Besar di Australia. Wallace dkk. (2002) menganggap Kep. Togian di Teluk Tomini di Sulawesi Tengah

sebagai pusat utama keanekaragaman di Indo-Pasifik, khususnya untuk kelompok kerang (moluska bercangkang dua), stomatopoda (binatang bersel keras) dan cacing. Mereka juga menekankan pentingnya kemajemukan habitat dalam memelihara keanekaragaman jenis yang tinggi di kawasan ini. Selain itu, Kep. Togian juga berperan penting sebagai tempat perlindungan berbentuk laguna ketika permukaan laut rendah selama Kala Pleistosen. Dengan kenaikan permukaan laut, tempat perlindungan ini menerima jenis tambahan dari Pasifik, yang terbawa ke dalam kawasan ini oleh arus dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia sebagai bagian dari fenomena Osilasi Selatan El Niño (ENSO).

Kelompok Avertebrata Laut Utama

Ada belasan filum avertebrata yang memiliki jenis bentos hidup di STK. Di tingkat filum, jenis ini berkisar dari binatang sederhana seperti ubur-ubur hingga organisme sangat majemuk seperti cumi-cumi dan gurita. Tidak adanya tulang belakang merupakan ciri utama avertebrata. Banyak kelompok avertebrata yang masih sangat sedikit diketahui dan belum pernah disurvei di manapun di dunia, apalagi di wilayah terisolasi seperti Papua. Misalnya, hasil enam lokakarya biologi laut yang diselenggarakan di Australia bagian barat dalam dua dekade terakhir (masing-masing lokakarya terdiri dari 17 hari kerja lapang) mendeskripsikan 2 suku baru, 23 marga dan 330 jenis baru dari berbagai kelompok avertebrata, termasuk cacing, tungau laut, siput-siputan, krus-tasea (binatang bercangkang keras, seperti remis dan kepiting) dan bunga karang. Jika berbagai penelitian yang dilakukan dalam kurun waktu terbatas di Australia dapat menemukan sejumlah besar jenis baru, maka bisa dibayangkan keanekaragaman hayati yang belum ditemukan di Papua! Karena besarnya jumlah filum avertebrata (lebih dari 50) dan keterbatasan pengetahuan kita tentang sebagian besar filum yang ada, pembahasan dalam bab ini difokuskan pada moluska dan binatang karang.

AVERTEBRATA LAUT

Binatang karang sangat beragam dan menjadi fondasi terumbu karang yang mereka huni. Karang bersimbiosis dengan *zooxanthellae* bersel satu dan berperan sebagai produsen utama yang penting. Moluska merupakan filum avertebrata laut yang memiliki keanekaragaman tertinggi. Dalam hal keanekaragaman, jenis moluska laut menyerupai serangga di darat. Gosliner dkk. (1996) memperkirakan bahwa moluska mencakup 60% keanekaragaman avertebrata di lingkungan laut. Berbagai jenis moluska berperan penting secara ekologis dan beberapa jenis juga merupakan jenis yang bernilai ekonomi penting. Pengetahuan tentang moluska karang di STK bertambah pesat sebagai hasil Marine Rapid Assessment Program (RAP) yang dilakukan oleh Conservation International.

Binatang Karang

Keragaman karang jauh lebih rendah daripada moluska, krustasea dan ekhinodermata, tetapi merupakan penunjang utama terumbu karang. Kulit luar karang yang mengeras menjadi dasar pelengkap yang kuat bagi organisme-organisme lain dan sebagai habitat tiga dimensi untuk jenis lain berkolonisasi. Veron (2000a) menerbitkan pola persebaran 793 jenis karang (18 suku dan 111 marga) di seluruh dunia, 581 di antaranya diketahui berasal dari Indonesia (73% dari jenis total dunia). Dalam RAP di Kep. Raja Ampat, ia juga mencatat 465 jenis, yang merupakan jumlah tertinggi dari kelima lokasi yang disurvei di STK.

Moluska

Jumlah jenis moluska perairan dangkal di Indo-Pasifik Barat tidak diketahui, tetapi menurut Briggs (1995) ada sekitar 6.000 jenis. Angka ini jelas merupakan perkiraan yang terlalu rendah karena Gosliner (2002) melaporkan 3.400 jenis opisthobranch, sebuah komponen yang relatif kecil dari keanekaragaman moluska seluruhnya, yang tertinggi di STK (563 jenis dilaporkan dari Filipina dan 646 dari PNG, tetapi data untuk Indonesia, termasuk Papua, tidak tersedia). Survei-survei Gosliner yang tidak diterbitkan dan survei-survei lainnya melaporkan

keanekaragaman opisthobranch di Indonesia mungkin lebih tinggi. Berdasarkan proporsi *cowries* dan *volutes* yang dikumpulkan dalam survei yang dibahas di bawah, Bouchet dkk. (2002) memerkirakan ada 111.867 jenis siput perairan dangkal di Indo-Pasifik.

Wells (2002c) membagi kawasan Indo-Pasifik Barat (yang dilaporkan memiliki 1.268 jenis) menjadi sepuluh wilayah; dan keragaman yang tertinggi terdapat di STK (745 jenis, 49 endemik). Mengingat keterbatasan informasi persebarannya, masih belum dipastikan apakah ke-49 jenis ini terbatas di Papua. Wells (2002b) melaporkan 699 jenis moluska dalam ekspedisi di Kep. Raja Ampat. Seperti karang, jumlah jenis moluska di kepulauan ini terbesar di antara lima RAP di STK. Persebaran 258 jenis moluska yang dikumpulkan dalam ekspedisi Kep. Raja Ampat, yang informasi tentang persebaran jenisnya terlengkap, menunjukkan bahwa 203 jenis (79% dari total) merupakan jenis Indo-Pasifik Barat yang tersebar luas dan 54 jenis terbatas di bagian barat Pasifik, bagian tengah dan barat Pasifik, atau bagian barat Pasifik dan bagian timur Samudra Hindia. Sekarang hanya satu jenis (*Terebra caddeyi*) yang dianggap terbatas di pesisir utara Nugini. Jenis ini relatif baru dideskripsikan dan penyelidikan lebih lanjut akan menunjukkan persebaran yang lebih luas daripada yang diketahui sekarang.

Habitat Utama Avertebrata Laut

Terumbu karang

Avertebrata adalah kelompok yang paling beranekaragam di terumbu karang Papua. Veron (2002) memerkirakan ada 565 jenis karang tercatat atau kemungkinan terdapat di terumbu karang Papua. Sejumlah 465 jenis karang dilaporkan dalam satu kali survei di Kep. Raja Ampat. Keanekaragaman tidak hanya tinggi tetapi juga meningkatkan struktur habitat lingkungan. Karang yang hidup menjadi habitat bagi avertebrata lainnya, baik di dalam, di atas, di bawah, atau tepat di atas karang hidup. Terumbu karang yang mati dan reruntuhan terumbu karang juga dapat menjadi relung hidup. Survei yang dilakukan oleh CI menghasilkan informasi terinci tentang persebaran karang di Kep. Raja

AVERTEBRATA LAUT

Ampat, karena kepulauan ini adalah satu-satunya wilayah yang telah disurvei secara rinci. Ekspedisi lebih lanjut ke kepulauan ini tentunya akan menghasilkan data tambahan untuk kelompok-kelompok yang telah disurvei. Allen (Bab 4.5) melaporkan bahwa ada terumbu karang lain yang penting di Papua, yaitu di Teluk Cenderawasih dan sekitar Biak di pesisir utara, dekat Jayapura dan sepanjang pesisir barat daya Sem. Fakfak dan antara Teluk Kaimana dan Teluk Etna.

Bentuk dan ukuran terumbu karang sangat beragam, tetapi dapat dibagi menjadi dua kategori, lepas pantai dan dekat pantai. Terumbu karang lepas pantai, misalnya pulau karang, berada di lingkungan yang mengalami sedikit limpasan air dari daratan atau tidak sama sekali. Airnya jernih dan sering terjadi gelombang laut lepas. Air di terumbu karang dekat pantai sering lebih keruh akibat limpasan air dari daratan di dekatnya. Lokasi terumbu karang di dekat pantai dapat berada di teluk-teluk yang terlindungi dan tidak banyak terpengaruh gelombang laut. Fauna yang hidup di terumbu karang di kedua kategori habitat ini dapat sangat berbeda. Pada awal tahun 1980-an Museum Western Australian meneliti serangkaian pulau karang lepas pantai dan menemukan bahwa di antara kelompok fauna, 20-25% jenis tidak ada di terumbu karang di dekat pantai (Berry 1986, 1993).

Berbagai penelitian tentang terumbu karang yang dilakukan selama ekspedisi Kep. Raja Ampat berhasil menemukan sembilan jenis, yang mungkin merupakan jenis baru (Veron 2002), di perairan dekat pantai yang berlumpur. Dalam survei yang sama, Wells (2002b) mencatat 699 jenis moluska dalam kurun 15 hari pengumpulan, suatu jumlah terbesar dalam survei RAP di daerah ini. Karena keterbatasan waktu, survei ini dipusatkan pada moluska besar berukuran 1 cm atau lebih. Bouchet dkk. (2002) menunjukkan bahwa jumlah jenis yang sebenarnya ada di kawasan-kawasan seperti Raja Ampat akan beberapa kali lebih besar apabila survei dilakukan secara rinci.

Wells (2002b) menemukan bahwa sebagian besar jenis cenderung berada di satu atau beberapa plot yang diteliti, kerap hanya sebagai kerang mati. Dari 44 plot yang diteliti ada sebagian kecil jenis dite-

EKOLOGI PAPUA

mukan di 30 plot atau lebih. Jumlah ini termasuk kerang *Arca avellana*, remis *Gloripallium radula* dan *Pedum spondyloidaeum*, remis raksasa *Tridacna squamosa* dan *T. crocea*, *Antigona restriculata* dan *Venus toreuma*, remis pembor *Lithophaga* spp. dan siput karang *Coralliophila neritoidea*. Jenis hidup yang dominan adalah *Lithophaga* spp., *P. spondyloidaeum* dan *C. neritoidea*.

Mangrove

Muara sungai merupakan zona transisi antara sungai yang mengalir dari darat dengan air laut dari laut lepas. Ada kecenderungan terjadi gradien salinitas mulai dari salinitas air tawar yang sangat rendah (0 ppt) di bagian atas muara hingga ke salinitas tinggi (36 ppt) di dekat muara. Keanekaragaman jenis di muara berbeda menurut salinitas airnya. Di muara (tingkat salinitas sampai 15 ppt) hanya sedikit avertebrata yang dapat bertahan hidup sepenuhnya. Mendekati muara, keanekaragaman bertambah karena meningkatnya salinitas dan hanya jenis air laut yang dapat bertahan pada tingkat salinitas di sini. Binatang-binatang ini dapat tinggal di muara sepanjang tahun atau secara musiman pada saat kondisinya cocok untuk hidup.

Di wilayah tropis, sebagian besar muara dikelilingi oleh mangrove. Di Papua, terutama di pesisir selatan, kawasan mangrovenya termasuk yang terbesar di dunia (Bab 5.2). Di negara-negara barat, mangrove dianggap sebagai rawa-rawa berbau busuk tempat nyamuk dan serangga tidak menyenangkan lainnya berkembangbiak dan sering dibabat untuk pembangunan pelabuhan atau perumahan. Di negara-negara berkembang, seperti Papua, mangrove ditebang untuk diambil kayunya atau untuk pembangunan tambak udang. Kerusakan mangrove yang terus berlangsung merupakan bencana ekologis karena ekosistem ini merupakan salah satu habitat penting di wilayah pesisir tropis yang menyediakan produksi primer dan sekunder. Ekosistem mangrove juga merupakan tempat pemijahan yang penting bagi berbagai jenis ikan dan kerang-kerangan yang secara ekonomi memiliki nilai komersial tinggi, termasuk udang (Robertson 1988).

AVERTEBRATA LAUT

Secara berkala tumbuhan di lingkungan pesisir terkena pengaruh air laut (Bab 5.2). Ada sekitar 80 jenis tumbuhan yang dianggap sebagai tumbuhan mangrove (dari 30 marga yang tersebar di antara lebih dari 20 suku tumbuhan). Fauna yang hidup di ekosistem mangrove sangat bervariasi dan dapat dibagi ke dalam berbagai kategori berdasarkan asalnya (misalnya, dari darat, perairan tawar, atau laut). Jenis perairan tawar terbatas di pinggiran mangrove yang mengarah ke darat dan hanya merupakan komponen kecil dari fauna. Namun selama musim hujan atau banjir, jenis ini dapat terhempas ke dalam mangrove.

Binatang laut yang hidup di mangrove dapat dibagi langsung menjadi dua kelompok: penghuni tetap dan penghuni sementara (pemondok). Penghuni tetap memunyai larva plankton yang masuk ke lingkungan mangrove selama metamorfosis, tetapi ketika tahap bentos telah dicapai, binatang muda dan dewasa hidup di habitat mangrove, misalnya kerang-kerangan. Keberadaan pemondok dipengaruhi pasang surut laut. Pada saat pasang, berbagai jenis binatang, seperti ikan, krustasea, ular laut, penyu dan buaya muara, memasuki bakau untuk makan, reproduksi dan menjalankan fungsi biologis lainnya. Binatang-binatang ini meninggalkan bakau saat surut dan digantikan oleh pendatang dari darat, termasuk burung, mamalia, reptil dan serangga.

Binatang penghuni tetap mangrove dapat dibagi lebih lanjut menjadi jenis yang khususnya hidup dalam mangrove dan jenis yang umumnya terdapat di pesisir yang berbatuan, berpasir atau berlumpur di dekat mangrove dan menggunakan bakau tersebut hanya sebagai bagian dari habitatnya. Jumlah jenis yang hidup dalam bakau relatif sedikit; sebagian besar jenis juga hidup di habitat-habitat di dekatnya. Misalnya, beberapa ratus jenis moluska telah dilaporkan hidup di habitat mangrove di Indo-Pasifik Barat, tetapi kurang dari 50 dari jumlah tersebut yang khusus hidup di mangrove saja.

Ada empat habitat utama bentos yang terdapat di mangrove: infauna, epifauna, epibiotik dan jenis yang tinggal di antara pohon-pohon. Jenis infauna, yaitu yang tinggal di lapisan bawah, jarang terdapat di mangrove bakau. Moluska infauna sangat sedikit, kecuali kerang *Geloina*, yang

banyak terdapat di permukaan dasar mangrove di Papua. Jenis ini dapat menjadi bagian penting makanan penduduk lokal. Kepiting penggali jarang terdapat di antara pohon-pohon, tetapi sering terdapat dalam jumlah besar sepanjang pinggiran sungai kecil pasang surut. Kepiting biola *Uca* dan kepiting bakau *Scylla* juga banyak ditemukan.

Jenis epifauna yang hidup di permukaan lumpur mungkin merupakan kelompok fauna yang dominan. Keanekaragaman, kepadatan dan biomassa avertebrata sangat berbeda-beda menurut zona pohon masing-masing. Wells (1983, 1984) menemukan ke tiga ciri-ciri tersebut paling tinggi di lokasi pasang surut yang mengarah ke laut, kemudian lebih rendah di lokasi yang didominasi *Avicennia* dan lebih rendah lagi di bagian yang didominasi *Rhizophora*. Berkurangnya jumlah moluska dari daerah berlumpur pasang surut ke *Avicennia* terjadi pada batas pertumbuhan pneumatofora, bukan karena ketinggian batang pohon (Wells 1986). Meskipun umumnya jenis epifauna hanya sedikit di zona-zona pohon, beberapa jenis dapat sangat banyak, terutama *Terebralia paulstris* yang panjangnya dapat mencapai 12 cm dan kepadatan lebih dari 100/m² (Wells 1980). Jenis ini juga sering dimakan penduduk setempat.

Beberapa kelompok moluska sangat banyak di mangrove. Marga siput *Littoraria* sangat banyak di antara daun-daun di bagian atas pohon. Reid (1986) mengidentifikasi 20 jenis kerang dari suku *Teredinidae* (dari 66 jenis total di seluruh dunia) di Indo-Pasifik Barat. Turner (1966) melaporkan 17 jenis dari kawasan STK, termasuk Papua. Meskipun informasi biologis kelompok ini hanya sedikit diketahui, beberapa jenis hidup di mangrove dan yang lain membuat koloni di pohon-pohon atau kayu yang mati. Kerang ini sering dimakan oleh masyarakat di Papua. Siput *Potamididae*, mencakup marga *Terebralia*, *Telescopium* dan *Cerithidea*, sering terdapat dalam jumlah sangat besar. Kelompok *Gastropoda* mangrove lainnya yang beraneka ragam adalah suku *Ellobiidae* yang bernafas di udara, hidup di dalam kayu mati, di bawah daun-daun, atau di permukaan lumpur. *Krustasea* adalah kelompok yang penting di mangrove dan berperan penting dalam konversi biomassa tumbuh-tumbuhan berupa daun-daun yang jatuh menjadi biomassa

AVERTEBRATA LAUT

binatang yang tersedia untuk tingkat trofik yang lebih tinggi (Lee 1998), termasuk kepiting *Sesarma* dan *Macrophthalmus*, udang lumpur *Thalassina anomala* dan kepiting biola (*Uca*).

Banyak binatang darat memasuki mangrove pada saat air surut untuk mencari makanan di dasar hutan atau pada batang bagian bawah pohon. Pada saat air pasang, bagian-bagian bawah pohon, atau bahkan seluruh batang pohon dekat pinggir bakau yang mengarah ke laut, terendam air. Namun banyak yang berada di atas batas air pasang dan bahkan terkena udara terbuka pada saat air pasang tertinggi. Jenis binatang daratan seperti serangga, laba-laba, burung, posum, ular dan binatang lainnya dapat membentuk koloni di bagian mangrove ini.

Biologi Avertebrata Laut

Biologi ribuan avertebrata laut yang terdapat di kawasan tropis seluas Papua tidak mungkin dideskripsikan secara ringkas. Kisaran jenisnya sangat luas, mulai dari bentuk-bentuk sangat kecil yang panjangnya hanya beberapa mm hingga remis raksasa yang terbesar, *Tridacna gigas*, yang panjangnya dapat mencapai 137 cm dan berat 250 kg. Jenis-jenis ini memiliki cara hidup yang beragam. Hampir semua bivalva (kerang yang bercangkang ganda) makan dengan cara menyaring, menangkap partikel-partikel sangat kecil yang terdapat di air yang mengalir lewat insangnya. Ada juga yang mendapatkan zat makanan dari permukaan endapan dan yang lebih jarang adalah jenis karnivora atau yang bergantung pada bakteri pengoksidasi sulfur. Kelompok lainnya mengerik potongan-potongan kecil alga dari permukaan batu dengan menggunakan giginya.

Strategi reproduksi juga beragam. Banyak jenis moluska menjalani fertilisasi eksternal dan binatang mudanya kemudian berkembang memasuki tahap plankton. Jenis lainnya menjalani pembuahan internal tetapi memertahankan tahap plankton setelah telur mengalami pembuahan. Dalam banyak kelompok proses ini berlangsung beberapa hari saja. Jenis *Conus* mampu menetap setelah 8-30 hari (Kohn 2001). Jenis dari kelompok-kelompok lain dapat memiliki masa hidup sebagai

plankton selama lebih dari satu tahun, sehingga individu larvanya dapat menyeberangi sistem-sistem Samudra lepas yang jauh. Kapsul-kapsul telur bentos ditemukan dalam banyak kelompok siput, yang kemudian menetas sebagai binatang muda yang merangkak. Pada jenis lain, embrio yang berkembang tetap berada dalam tubuh atau kerang betina dan dilepaskan sebagai binatang muda yang merangkak. Selain cara hidup avertebrata laut yang sangat beragam, dua ciri biologi lainnya perlu disebutkan: tahap *zooxanthellae* simbiotik dan tahap larva planktonik.

Karang adalah binatang yang termasuk ke dalam Cnidaria (anemon laut dan ubur-ubur). Karang memiliki sel-sel penyengat atau *pneumatocyst* pada tentakelnya yang digunakan untuk menangkap zooplankton yang terhempas ke atas terumbu karang oleh pasang surut dan arus laut. Karena itu, karang adalah karnivora, tetapi jaringan-jaringannya memiliki jutaan alga bersel tunggal disebut *zooxanthellae*, yang bersimbiosis dengannya. Karang memberi perlindungan, hara dan karbon dioksida. Sebagai gantinya, karang mendapat makanan oleh *zooxanthellae* dan juga menerima oksigen. Hubungan ini merupakan salah satu mekanisme penting bagi pertumbuhan terumbu karang di lingkungan yang tingkat kepadatan populasi dan biomasnya tinggi di perairan terbuka yang miskin zat hara. *Zooxanthellae* paling penting dan paling dikenal dalam ekologi karang, tetapi juga terdapat dalam kelompok binatang lainnya, seperti remis raksasa dan ubur-ubur.

Sifat penting ke dua dari seluruh filum avertebrata laut adalah sebagian besar jenis memiliki larva planktonik. Misalnya, tahap larva beberapa siput berlangsung cukup lama sehingga larvanya dapat menyeberangi Samudra. Meskipun beberapa jenis tetap dalam bentuk plankton selama lebih dari satu tahun, makan dan bertumbuh, sebagian besar tetap berada dalam kolom air hanya beberapa hari dan tidak makan. Kondisi ini memungkinkan larva berpindah dari satu terumbu karang ke terumbu karang lain di wilayah yang luas sehingga ragam populasi suatu jenis tetap memiliki kontak genetik dalam suatu wilayah geografis yang luas.

AVERTEBRATA LAUT

Jenis yang tidak memiliki tahap larva planktonik memertahankan persebaran secara luas melalui proses alami, seperti terbawa oleh kayu yang mengapung, sebagai sarana pertukaran genetik. Persebaran jenis yang tidak memiliki tahap planktonik umumnya lebih sempit.

Mekanisme reproduksi pada karang berlangsung sederhana. Kirakira tiga-perempat karang yang berkembang menjadi terumbu karang bersifat hermafrodit; sisanya memiliki jenis kelamin yang terpisah. Tiga-perempat menjalani pembuahan eksternal di mana sperma dan telur mengalami pembuahan di dalam kolom air, kemudian berkembang menjadi larva planula. Sisanya mengerami anaknya ke tahap planula. Sekarang sudah dikenal pengembangbiakan secara serempak, di mana semua individu dari suatu populasi di terumbu karang dan bahkan sebagian besar jenis, melepaskan materi-materi reproduksi secara bersamaan, seperti di Karang Penghalang Besar (Oktober/November) dan di Jepang bagian selatan (Juli). Metode ini meningkatkan peluang keberhasilan pembuahan dan juga karena pemangsa kewalahan dengan begitu banyak makanan sehingga mereka tidak dapat menghabiskannya. Planula dapat tinggal di kolom air selama berbulan-bulan, sehingga dapat menyebar luas. Pada tahap planktonik, keberadaan mereka tertolong oleh zooxanthellae yang menyediakan makanan bagi planula (Veron 2000a).

Konservasi

Cara terbaik untuk melestarikan jenis avertebra laut adalah dengan melindungi habitatnya. Misalnya, cara terbaik melindungi terumbu karang adalah dengan mengelola habitat dan daerah-daerah di sekitarnya. Penebangan pohon menggunduli daerah tangkapan air di dekatnya sehingga terumbu karang terancam akibat meningkatnya limpasan air permukaan dan sedimentasi yang merusak sistem terumbu karang. Usaha untuk melindungi individu jenis akan sia-sia jika habitatnya hancur. Setelah melindungi wilayah sekitarnya, tindakan selanjutnya adalah melindungi terumbu karang secara langsung. Misalnya, dengan menetakannya sebagai taman nasional laut dengan zonasi untuk

mengontrol kegiatan sehingga terumbu karang tidak menjadi rusak. Tindakan perlindungan seperti ini dapat dilakukan di Papua, namun kemauan politis dan ketersediaan sumber daya sering tidak memadai untuk pengelolaan secara efektif.

Walaupun kegiatan manusia di daerah-daerah setempat mungkin tidak akan menyebabkan kepunahan, ada bukti-bukti yang menunjukkan tingkat keendemikan yang nyata pada avertebrata laut. Bahkan pada jenis yang tersebar luas, mungkin ada populasi lokal yang memiliki tingkat perbedaan genetik yang nyata dan cukup berkembang sehingga membentuk jenis yang berbeda. Sekarang banyak pakar ilmu pengetahuan yang mempertimbangkan untuk memertahankan keragaman genetik, bukan hanya sekedar memertahankan jenis, untuk memastikan kegiatan konservasinya.

Dalam sebuah makalah baru-baru ini, Roberts dkk. (2002) menganalisis persebaran 3.235 jenis ikan, moluska, karang dan lobster batu di terumbu karang. Di setiap kelompok 7,2%-53,6% jenis memiliki wilayah persebaran terbatas, yang membuatnya lebih rentan kepunahan akibat kegiatan manusia yang berlangsung pada skala global. Selain itu, banyak avertebrata ditangkap untuk dimakan atau kegunaan lainnya bagi manusia. Misalnya, cumi-cumi, gurita, tiram, remis raksasa, siput besar dan kerang. Demikian juga lobster, kepiting dan udang dimakan banyak orang, sementara moluska dan karang ditangkap dan kulitnya dijadikan hiasan atau untuk dipelihara di akuarium. Tindakan-tindakan konservasi khusus diperlukan untuk kelompok-kelompok binatang ini yang menjadi sasaran langsung kegiatan manusia.

Avertebrata Penggerek Kayu

Kayu terbentuk oleh serat atau selulosa dan lignin yang kompleks, yang merupakan sumber energi potensial yang kaya. Namun sedikit sekali organisme renik dan avertebrata yang dapat memanfaatkan sumber energi ini. Di atas tanah, serat kayu terutama diurai oleh kumbang, rayap, jamur dan bakteri penghancur selulosa yang prosesnya jauh lebih lambat. Di tempat yang tergenang air, pembusukan oleh bakteri dan

jamur masih berlangsung, tetapi kepiting dan kerang penggerek kayu merupakan organisme pembusuk utama. Organisme ini terutama adalah Isopoda dari suku Sphaeromatidae dan Limnoriidae, Amphipoda dari suku Cheluridae dan Bivalvia (moluska bercangkang ganda) dari suku Pholadidae dan Teredinidae.

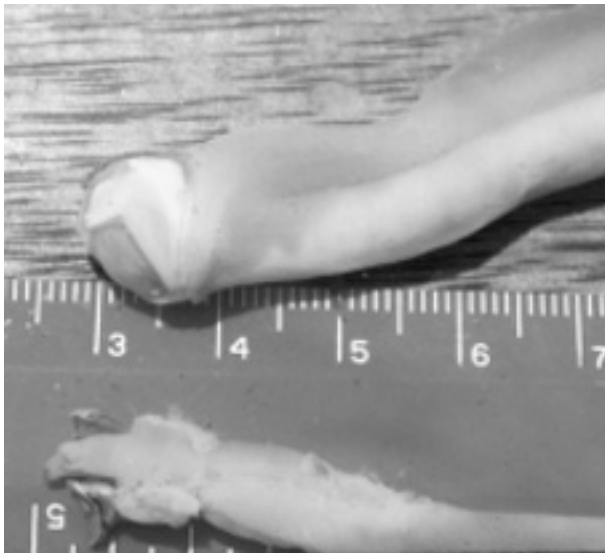
Di perairan pesisir Nugini, organisme tersebut hidup di habitat alami dan buatan, menghuni kayu hidup maupun mati dalam zona pasang-surut laut yang ditumbuhi hutan mangrove. Kayu mati yang terbawa ke laut oleh aliran sungai-sungai besar juga menyediakan substrat yang sesuai, ketika kayu tertahan di garis pantai, atau terbawa ke laut dan diendapkan di dasar laut, khususnya di dekat muara sungai. Organisme tersebut dapat menyebabkan pembusukan kayu secara sangat cepat. Misalnya, survei dermaga yang dibangun di sekitar Nugini selama Perang Pasifik mengungkapkan bahwa penggerek ini menyebabkan dermaga di banyak lokasi yang disurvei, mengalami kerusakan struktur dalam waktu 18 bulan (Shillinglaw dan Moore 1947). Ringkasan tentang taksonomi, biogeografi dan berbagai faktor yang memengaruhi persebaran dan peran ekologis serta implikasi ekonomi penggerek kayu adalah sebagai berikut:

Taksonomi dan Jenis yang Sudah Diteliti

Koleksi penggerek kayu dari Nugini mencakup semua suku yang telah disebutkan di atas dan telah dilaporkan oleh beberapa penulis. Teredinidae menghadirkan masalah taksonomi khusus karena banyaknya variasi di dalam suatu jenis daripada antarjenis (Turner 1966). Kunci identifikasi untuk Limnoriidae disiapkan oleh Menzies (1957), yang memasukkan deskripsi jenis yang terdapat di sekitar Nugini, tetapi kemudian dilengkapi oleh Cookson (1991) yang menyebutkan pahatan sebagai ciri pengenalnya. Identifikasi jenis bergantung pada karakteristik struktur berbentuk dayung mengapur dan bertangkai (*pallet*) yang berperan sebagai sumbat yang dapat ditarik di lubang masuk rongga binatang ini (Gambar 4.2.1). Karena struktur ini dipengaruhi oleh umur binatang, sifat dasar kayu yang berongga-rongga dan sifat kimia perairan lokal,

EKOLOGI PAPUA

banyak jenis yang merupakan sinonim jenis lainnya. Misalnya, dalam katalog Turner (sinonim jenisnya ditunjukkan dalam tanda kurung): *Teredo arenaria* (*Kuphus polythalamia*), *T. bataviana* (*Spathoteredo obtusa*), *T. malaccana* (*Lyroduspedicellatus*), *T. milleri* (*Lyrodus affinis*), *Bankia pennanseris* (*Nausitora dunlopei*), *T. hermitensis* (*T. clappi*). Kunci identifikasi suku ini semata-mata didasarkan pada ciri-ciri pallet (Turner 1971) walaupun pasangan jenis dengan morfologi pallet yang mirip sekarang dapat dibedakan dari strategi mengerami fase larvanya (Turner dan Calloway 1987).



Gambar 4.2.1. *Dicyathifer manni* (Teredinidae) dengan kulit kerang (atas) dan sebagian sifon penyedot yang dapat ditarik kembali di antara pallet berkapur (bawah). Foto milik Suzanne Rayner.

Pistorius bidens (Sphaeromatidae) mulanya tercatat dari bawah lempengan batu pada pasang-surut laut di P. Heron (Harrison dan Holdich 1983). Deskripsi asli jenis ini didasarkan pada spesimen yang diawetkan dengan etanol, tetapi binatang hidup ditemukan di tengah pasang-naik air laut dalam liang di tunggul mangrove *Avicennia*, di PNG (Cragg, obs. pri.). Tubuhnya merah cerah di bagian punggung

AVERTEBRATA LAUT

tetapi hijau di bagian perutnya. Seperti Sphaeromatidae lainnya, mereka menghuni liang-liang sempit, dapat bergulung menjadi bola rapat dengan *telson* menghadap bukaan liang, tetapi juga mampu berenang dengan gesit. Larva kumbang, sementara diidentifikasi sebagai *Eobia* sp., umum terdapat di tunggul *Avicennia* di hutan mangrove sekitar Port Moresby (Cragg, obs. pri.). Jenis ini memiliki rahang yang sangat kuat untuk menggali lubang-lubang pada kayu.

Sejarah Hidup

Avertebrata penggerek kayu memiliki berbagai strategi hidup. Limnoriidae dan Sphaeromatidae sering terdapat di liang sebagai pasangan jantan dan betina. Betina membawa embrio yang sedang berkembang (sampai 100 untuk Sphaeromatidae, tetapi hanya sekitar enam pada Limnoriidae tropis) dalam kantung pengeraman. Anak-anak yang baru dilepaskan tetap berada dalam liang tempat induknya. Penyebaran ke kayu yang baru dilakukan oleh anak yang sudah besar atau individu dewasa (Cragg 2003). Teredinidae bersifat hermaprodit, yang menghasilkan telur dalam jumlah sangat besar, yang dibuahi setelah tertabur di tempatnya bertelur atau dalam ruang insangnya. Telur yang telah dibuahi dapat dilepaskan ke dalam laut atau tetap berada di dalam insang sampai mencapai tingkat larva (pada marga *Teredo* dan *Lyrodus*) (Turner dan Johnson, 1971). Pertumbuhan pada Teredinidae bergantung pada plankton dan larvanya yang dapat menyebar luas.

Sejarah hidup Isopoda penggerek kayu menunjukkan ciri-ciri seleksi-*K*, sementara jenis bivalvia adalah seleksi-*r*. Ciri-ciri ini menunjukkan bahwa bivalvia lebih efektif menemukan sumber kayu baru (yang terbukti oleh jenis-jenis Teredinidae yang menghuni panel-panel kayu percobaan dalam waktu singkat), tetapi Isopoda merupakan pesaing kuat ketika populasinya mulai ada. Namun, pola menggerek dua taksa ini memungkinkan mereka hidup saling berdampingan, karena Teredinidae cenderung meliang lebih dalam daripada Isopoda (Si dkk. 2000).

Keanekaragaman dan Biogeografi

Seperti umumnya pada banyak taksa avertebrata di perairan Indonesia, avertebrata penggerek kayu menunjukkan keanekaragaman yang tinggi. Di Nugini terdapat 12 jenis dari sekitar 30 penggerek kayu anggota Limnoriidae yang dikenali oleh Cookson (1991), 38 dari 70 jenis Teredinidae yang dikenali oleh Turner (1966) dan 6 dari 15 jenis *Corallana* yang hidup di kayu (Jones dkk. 1983). Walaupun sebagian dari jenis yang ada dipisahkan oleh kondisi lingkungan lokal, khususnya salinitas, banyak jenisnya berada di lingkungan yang sama. Misalnya, potongan-potongan kayu yang tumbang kadang dihuni lebih dari satu jenis penggerek dari suku yang sama (Cragg dan Levy 1979). Kondisi seperti ini mencolok di kalangan suku Teredinidae: panel-panel kayu yang diteliti dalam sebuah survei faktor-faktor yang mengendalikan kolonisasinya dalam tiga bulan dikoloni oleh 5-11 jenis yang berbeda dari suku yang sama (Cragg, obs. pri.).

Pulau Nugini yang sangat besar dikelilingi oleh banyak kepulauan yang berada di atas dangkalan benua yang sangat luas. Arus laut musiman mendorong pergerakan air ke barat dan timur dan di Samudra Hindia dan Pasifik di dekatnya. Jenis-jenis yang berkembang melalui bentuk plankton mungkin tersebar sangat luas melalui gerakan arus ini, sehingga tidak mengejutkan bahwa studi ekstensif oleh Rayner (1983) tentang Teredinidae di perairan PNG menemukan bahwa jenis dari suku Teredinidae ini terdapat di semua pesisir laut yang diteliti (laut Coral, Bismarck dan Solomon). Dari penggerek yang persebarannya diketahui terbatas, *Paralimnoria asterosa*, *Limnoria kautensis* dan *Limnoria foveolata* ternyata ditemukan pada kedalaman di mana penggerek kayu sebelumnya jarang ditemukan (Rayner 1979).

Faktor-faktor Lokal yang Memengaruhi Relung dan Persebaran Jenis

Tingkat persebaran penggerek dipengaruhi oleh kemampuannya menyebar dan oleh toleransi terhadap berbagai variabel lingkungan, seperti suhu, yang bervariasi menurut skala geografis. Persebaran jenis

AVERTEBRATA LAUT

di dalam suatu lokasi juga ditentukan oleh variasi faktor-faktor lokal seperti ketersediaan dan tipe substrat untuk menggerek, salinitas dan tinggi atau dalamnya kolom air.

Tinggi air pasang mungkin adalah faktor kritis yang menentukan persebaran organisme tertentu. Misalnya, pada *Sphaeroma triste* hampir semua lubang gerek terdapat pada bagian tengah pasang-naik dan surut dan ketika air surut binatang ini akan mengalami kekeringan. Mungkin tingkat kekeringan semacam ini tidak mudah ditoleransi predatornya. *Limnoria insulae* juga hanya ditemukan pada zona pasang-surut (Cookson 1991), tetapi Limnoriidae lainnya ditemukan di zona yang selalu terendam air laut (Kühne 1976, Cookson dan Cragg 1988) atau bahkan di tempat yang cukup dalam (Cookson 1991).

Pengamatan tentang penggerek di lapangan menunjukkan bahwa salinitas merupakan faktor penentu persebarannya. Beberapa jenis hanya ada di lokasi yang sedikit atau tidak dipengaruhi air tawar. Jenis seperti ini mungkin bertoleransi dengan tingkat salinitas rendah untuk waktu singkat, tetapi mungkin tidak mampu mencapai kondisi berkembang biak di air tawar. Kelangkaan *Bankia bipennata*, *Teredothyra matocotana* dan *Teredo mindanensis* (Teredinidae) di Teluk Papua, walaupun koleksi dilakukan di perairan lepas pantai dengan salinitas lebih tinggi, menunjukkan bahwa jenis-jenis ini mungkin jenis laut sepenuhnya (Cragg dan Aruga 1988).

Sphaeroma terebrans dan *S. triste* (Isopoda) tersebar luas di Nugini, dari perairan bersalinitas tertinggi sampai yang sangat payau (Cragg dan Aruga 1988). Penggerek kayu Isopoda lainnya yang dikenal di muara sungai adalah *Anopsilana pustulosa* (Holdich dkk. 1981) dan *Corallana estuaria* (Jones dkk. 1983). Di sisi lain, persebaran Limnoriidae menunjukkan bahwa jenis ini toleransinya terbatas pada salinitas rendah. Jenis ini terdapat sampai timur dan barat delta Teluk Papua, tetapi tidak ditemukan selama koleksi ekstensif di daerah mangrove dari kompleks tersebut (Cragg dan Aruga 1988). Di tempat lain, Limnoriidae ditemukan di kayu mangrove (Kenseley dan Schotte 1987). Jadi, mungkin jenis-jenisnya memang hidup pada salinitas rendah, bukan karena sifat kayu mangrovenya yang menyebabkan

mereka tidak ada di delta sungai. Koleksi di delta sungai di bagian barat Merauke mungkin dapat digunakan untuk menguji hipotesis ini.

Persebaran penggerek sangat dipengaruhi oleh ketersediaan kayu. Hutan mangrove menyimpan banyak kayu tumbang karena banyak jenis mangrove memiliki kayu yang kerapatannya tinggi (tidak mengapung) dan dikoloni oleh Teredinidae (Gambar 4.2.2) dan kadang oleh Sphaeromatidae. Karena sungai-sungai besar Nugini cenderung berkelok-kelok dan sering terpotong, banyak pohon dari hutan basah hanyut terbawa arus ke wilayah pesisir (Cragg 1983). Konstruksi dermaga pelabuhan menyebabkan kayu masuk ke dalam lingkungan laut yang dihuni oleh penggerek kayu. Kebanyakan jenis penggerak yang dikenal di Nugini bergantung pada kayu untuk bernaung dan mendapatkan sumber makanan (Teredinidae dan Limnoriidae), sementara Sphaeromatidae dapat berliang di dalam substrat lain (Harrison dan Holdich 1984, Cragg 2003).

Peran Ekologis dan Dampak Ekonomi Penggerek

Penggerek Teredinidae mendominasi relung khusus di kayu-kayu yang terkena pasang-surut karena ukuran tubuhnya lebih besar daripada penggerek lain, tetapi juga karena kemampuannya menghasilkan keturunan dalam jumlah besar. Jenis ini memakan lebih dari 50% volume kayu yang masuk ke dalam saluran perutnya sebelum kayu terurai, terlarut oleh pasang-surut, atau terkubur. Pembusukan oleh mikroba semakin meningkat setelah fragmentasi terjadi. Karena sekitar setengah dari produksi utama mangrove diubah menjadi jaringan berkayu dan sebagian besar jaringan ini terdaur ulang setelah jatuh ke lantai hutan, Teredinidae berperan penting dalam mendaur energi dalam ekosistem mangrove yang tidak terganggu dan kayunya tidak ditebang untuk kepentingan komersial (Cragg 1993). Kayu yang berongga (Gambar 4.2.2) menyediakan naungan bagi banyak organisme dalam zona pasang-surut mangrove. Anak-anak kepiting dan ikan kecil khususnya sangat terlindung dari kekeringan dan predator karena berada di dalam kayu yang berongga (Cragg, obs. pri).

AVERTEBRATA LAUT

Aktivitas penggerek tertentu juga menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi jenis lain. Amphipoda *Chelura insulae* dilaporkan ditemukan di antara koloni *Limnoria* dan *Paralimnoria* (Kühne 1976, Cookson dan Cragg 1988).

Kayu merupakan bahan konstruksi yang berharga, karena biayanya lebih murah daripada bahan alternatifnya, rasio kekuatan dan berat yang baik dan sudah siap terbentuk tanpa diperlukan peralatan khusus. Kayu sangat banyak digunakan untuk konstruksi di pesisir, untuk membuat penopang rumah bebas dari jangkauan ombak dan bahan yang disukai untuk kapal tradisional. Konstruksi modern sering menggunakan kayu dan kayu pelabuhan yang terkena pasang-surut dan di bawahnya, dalam air laut, atau dalam air payau di perairan Nugini berisiko diserang penggerek yang diuraikan di atas. Tingkat serangan sering sangat besar kalau kayu digunakan tanpa perlakuan kimia (Shillinglaw dan Moore 1947).

Pengawet kayu seperti CCA (campuran air-larutan tembaga, senyawa kromium dan arsenik yang membentuk ikatan tahan-larut) telah diuji di perairan Nugini dan menunjukkan bahwa Teredinidae bisa menjadi resisten dengan perlakuan kimia tersebut dan *Sphaeroma* spp tetap mampu menyebabkan kerusakan parah bahkan pada kayu yang telah diawetkan dengan baik (Cragg dan Levy 1979). Kayu yang diproses dengan insektisida telah diuji di perairan Nugini dan belum terbukti tahan terhadap serangan *Sphaeroma* (Eaton dan Cragg 1996). Organisme ini terus merupakan ancaman bagi kayu konstruksi di laut di seluruh dunia (Cragg 2003) tetapi karena serangannya terfokus pada zona pasang-surut yang lebih rendah (Cragg dan Levy 1979), perlindungan tambahan dalam bentuk penghalang fisik dengan plastik, tembaga, atau bahkan beton dapat mengatasi serangan penggerek (Gambar 4.2.2, kanan).

EKOLOGI PAPUA



Gambar 4.2.2. Sepotong kayu yang dipenuhi lubang yang dihuni Teredinidae di antara perakaran *Rhizophora* (kiri) dan Tiang pancang kayu yang dilindungi beton di zona pasang-surut rendah, Port Moresby (kanan).

4.3. Serangga*

Serangga dan avertebrata darat yang ada di Papua sangat tinggi keanekaragamannya dan berperan penting dalam menyediakan berbagai jasa lingkungan. Namun pengetahuan mengenai kelompok fauna di pulau ini masih sangat terbatas. Serangga merupakan objek studi yang menarik untuk konservasi karena: (1) persebarannya sangat luas: serangga terdapat di hampir semua habitat dan relung mana saja; (2) kemampuan yang sangat tinggi untuk beradaptasi sehingga lebih banyak spesialisasi; (3) banyak taksa menunjukkan reaksi cepat terhadap gangguan lingkungan; (4) beberapa taksa mudah diidentifikasi tanpa pelatihan khusus; (5) banyak taksa adalah indikator yang baik untuk wilayah keendemikan; dan (6) banyak taksa mudah disampel dengan metode kuantitatif, yang menyediakan data berkualitas tinggi bagi analisis statistik (Brown 1991, Holloway dan Stork 1991, Kremen dkk. 1993, Miller dan Rogo 2001, Sutton dan Collins 1991). Bab ini diawali dengan sejarah dan status pengetahuan serangga di Papua dan biogeografinya. Informasi tentang tonggeret diberikan secara ringkas karena biogeografi kelompok serangga ini dikenal relatif baik di Papua dan keanekaragamannya sangat tinggi. Bagian selanjutnya menguraikan ekologi dan konservasi, serta jenis serangga yang bernilai ekonomi.

Sejarah

Fauna Papua tidak dapat dipahami secara terpisah karena banyak kesamaan faunanya dengan PNG, Kep. Solomon dan Australia. Sebagian besar kelompok serangga telah dikoleksi secara luas di PNG dan informasi untuk serangga Papua sering harus diinterpolasi

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Insects of Papua", Scott E. Miller; "Cicada Endemism on Papua", Hans Duffels & Arnold J. de Boer; dan "Marine Wood-Boring Invertebrates of New Guinea and Its Surrounding Waters", Simon M. Cragg.

dari pengetahuan dari PNG. Pustaka entomologi untuk seluruh Nugini telah diterbitkan dalam Gressitt dan Szent-Ivany (1968) dan versi yang terbaru dapat dirujuk dari <http://entomology.si.edu>.

Koleksi serangga paling menyeluruh pertama dilakukan di Papua oleh beberapa kolektor dari Eropa sejak tahun 1870-an sampai 1930-an. Kemudian Ekspedisi Archbold III (1938-1939) mengunjungi DAS Mamberamo dan informasi tentang faunanya diterbitkan dalam Archbold dkk. (1942). Selama Perang Dunia II, banyak entomologiwan Amerika Serikat dan Australia mengoleksi serangga di pesisir Papua. Pada tahun 1950-an, J. L. Gressitt melakukan survei serangga Papua, tetapi tidak banyak penelitian tentang serangga yang dilakukan sejak tahun 1960-an sampai 1980-an. Serangga daratan telah dimasukkan dalam survei-survei konservasi mulai tahun 1990-an, tetapi hanya sejumlah kecil (misalnya, Polhemus dan Polhemus 2000, Rosariyanto dkk. 2002, van Mastrigt dan Rosariyanto 2002, Opper 2006). Koleksi utama avertebrata daratan Papua berada di berbagai museum di Honolulu, Bogor, London, Leiden, New York, Washington dan Amsterdam. Koleksi kecil spesimen juga terdapat di Universitas Cenderawasih.

Status Pengetahuan tentang Serangga

Pengetahuan tentang serangga dan avertebrata lain di Nugini sangat bervariasi sesuai dengan kelompok taksonomi dan lokasinya, sejarah pengumpulan spesimen dan kerumitan biologis kelompoknya. Misalnya, kupu-kupu sangat dikenal di beberapa wilayah (misalnya, Gotts dan Pangemanan 2001, van Mastrigt dan Rosariyanto 2005), tetapi artropoda tanah (binatang beruas, seperti serangga, laba-laba dan kepiting) masih kurang dikenal di banyak lokasi di Nugini (Hammen 1983). Komponen penting dalam pemahaman serangga meliputi pengambilan sampel keanekaragaman dasar (koleksi dan perlindungan spesimen), studi sistematika terhadap sampel ini (diagnosis jenis dan unit taksonomi lain) dan studi lapangan mengenai biologi, ekologi dan persebaran jenis secara geografis. Kecuali jenis yang memiliki nilai ekonomi di bidang pertanian (misalnya, Simon Thomas 1962,

SERANGGA

Ubaidillah 1991), kehutanan (Nair 2000) atau kesehatan (Bangs dan Subianto 1999, Owen 2005), ekologi serangga Papua sedikit sekali diketahui (Novotny dkk. 2002a, 2006). Namun seperti disebutkan di atas, keanekaragaman serangga yang sangat tinggi merupakan hal yang positif, karena memungkinkan para peneliti memilih kelompok spesifik yang dapat menjawab pertanyaan khusus dengan tingkat keandalan statistik yang memadai.

Pengetahuan taksonomi serangga Nugini sangat bervariasi dari satu kelompok ke kelompok lainnya dan sampai sekarang belum ada tinjauan yang menyeluruh terhadap suatu kelompok utama kecuali tentang lalat. Bibliografi serangga oleh Gressitt dan Szent-Ivany (1968) merupakan satu-satunya upaya besar untuk meringkas pengetahuan serangga Nugini. Rujukan berikut merupakan tinjauan singkat keadaan pengetahuan taksonomi serangga Nugini. Unit taksonomi utama mengikuti teks terakhir untuk serangga Australia (CSIRO 1991) yang merupakan kajian umum yang penting. Simon Thomas (1962) menerbitkan kajian tentang entomologi pertanian di Papua dan Hammen (1983) memasukkan kajian terbatas tentang artropoda tanah. “Sangat kurang dikenal” dalam daftar di bawah ini menggambarkan bahwa hanya survei yang sangat dasar yang telah dilakukan, biogeografi dan persebaran hanya sedikit diketahui dan tidak ada dalam studi ekologis yang pernah dilakukan (kecuali beberapa untuk organisme hama tertentu). Tidak ada daftar lengkap tentang serangga yang tercatat dari Papua. Karena itu, estimasi didasarkan pada asumsi dan ekstrapolasi (Novotny dkk. 2002c). Misalnya, Miller (1996) mengestimasi jumlah jenis serangga di Nugini mencapai 300.000 jenis (Tabel 4.3.1). Keanekaragaman serangga di Australia baru-baru ini telah dikaji oleh Austin dkk. (2004) dan Yeates dkk. (2003) yang menyimpulkan bahwa fauna serangga Australia terdapat sekitar 200.000 jenis. Status pengetahuan tentang kelompok serangga diberikan dalam Tabel 4.3.2.

EKOLOGI PAPUA

Tabel 4.3.1. Jumlah jenis avertebrata yang dikenal di Nugini.

Taksa	Jumlah jenis	Sumber
Cacing daratan	4	de Beauchamp 1972
Rotifera air tawar	135	Segers dan de Meester 1994
Nematoda pada tumbuhan	63	Bridge dan Page 1984
Moluska daratan	1.000	Cowie 1993
Lintah (sebagian)	5	van der Lande 1993
Cacing tanah	42	Nakamura 1992
Onychofora (cacing berkaki)	7	van der Lande 1993
Serangga	300.000	Miller 1996

Serangga yang lebih besar di dataran rendah dikenal cukup baik, paling sedikit pada tingkat nama jenisnya (Novotny dkk. 2005, S. Miller, data tidak diterbitkan). Namun fauna serangga yang lebih besar di lokasi yang lebih tinggi (di atas 1.000 m) kurang dikenal (Novotny dkk. 2005, Riedel 2001, S. Miller, data tidak diterbitkan) dan fauna serangga kecil (termasuk tungau dan artropoda mungil lain) sangat kurang dikenal di seluruh Papua. Tumpang tindih antara jenis yang ada di dataran rendah dan lokasi yang lebih tinggi sangat sedikit, walaupun peralihan fauna menurut ketinggian belum cukup dieksplorasi (Allison dkk. 1993, Novotny dkk. 2005). Avertebrata daratan selain serangga umum sangat kurang dikoleksi dan diteliti di Nugini. Perlu dicatat bahwa moluska daratan dan air tawar lebih dikenal di Papua daripada di PNG, walaupun umumnya juga masih belum dipahami (Cowie 1993). Untuk pembahasan lebih lanjut tentang keanekaragaman avertebrata lihat Ewers (1973), Miller (1996) dan Sekhran dan Miller (1996).

SERANGGA

Tabel 4.3.2. Status tentang pengetahuan taksa serangga di Nugini.

Bangsa	Status	Rujukan
Collembola (Ekor pegas)	Sangat sedikit dikenal di Papua	Yoshii dan Suhardjono 1992 Suhardjono YR, 1989.
Proturan	Sangat sedikit dikenal di Papua	Tuxen 1964
Dipluran	Sangat sedikit dikenal di Papua	Paclt 1985
Archaeognatan	Sangat sedikit dikenal di Papua	Sturm 1999, Sturm dan Machida 2001
Thysanuran (gegat atau perak-perak)	Sangat sedikit dikenal di Papua	Paclt 1982
Ephemeropteran (lalat sehari)	Sangat sedikit dikenal di Nugini	Edmunds dan Polhemus 1990
Odonatan (Capung dan capung jarum)	Cukup dikenal	Lieftinck 1949
Plecopteran	Spesies yang dikoleksi belum diidentifikasi	D. A. Polhemus (komunikasi pribadi).
Blattodean (Kecoa)	Sangat sedikit dikenal di Papua	Roth 2003
Isopteran (Rayap)	Sangat sedikit dikenal di Papua	Katalog oleh Snyder 1949, Rayap Papua Nugini direvisi oleh Roisin dan Pasteels 1996
Mantodean (Walang kadung)	Cukup dikenal di Nugini	Beier 1965, Rentz 1996
Dermapteran (Cocopet)	Sangat sedikit dikenal di Papua	Steinmann 1989
Orthoptera (Jangkrik)	Cukup dikenal di Nugini	Rentz 1996 dan Willemse 2001
Phasmatodean (Belalang ranting)	Cukup dikenal di Nugini	Van Herwaarden 1998, Nakata 1961, Rentz 1996
Embiopteran (Pengantih)	Sangat sedikit dikenal di Papua	Ross 1948
Zorapteran	Belum diketahui di Nugini	Smithers, dalam CSIRO 1991
Psocopteran (kutu kulit-kayu)		Lienhard dan Smithers 2002, Smithers dan Thornton 1981
Phthirapteran (termasuk Mallophaga dan Anoplura)	Sangat sedikit dikenal di Nugini	Durden dan Musser 1994, Ferris 1951, Price 2003

EKOLOGI PAPUA

Hemiptera = hemipteran (termasuk heteropteran dan homopteran, yaitu wereng, tonggeret, kutu daun dan kutu sisik)	Pengetahuan tentang setiap kelompok tidak merata	Lihat Stonedahl dan Dolling 1991
Thysanopteran (Trip)	Secara umum kurang dikenal di Nugini	L. A. Mound dan lainnya
Megalopteran	Belum diketahui di Nugini	
Raphidiopteran	Belum diketahui di Nugini	
Neuroptera (Sayap jala)	Cukup dikenal baik di Nugini	T. R. New dkk., revisi oleh New 2003
Coleoptera (Kumbang)	Status bervariasi menurut kelompok	Carabidae, Chrysomelidae dikenal baik, tetapi Scarabaeidae dan Curculionidae sedikit sekali diketahui. Gressitt dan Hornabrook 1977, Bigger dan Schofield 1983
Strepsipteran	Belum diketahui di Nugini	Kifune dan Hirashima 1989 dan Kathirithamby 1989
Mecopteran	Belum diketahui di Nugini	Penny dan Byers 1979
Siphonaptera (Pinjal)	Cukup dikenal baik di Nugini	monograf oleh Holland 1969
Dipteran (Lalat)	Cukup dikenal baik di Nugini	Culicidae, Simuliidae (Takaoka 2003), Chironomidae (Evenhuis 1989 dan Oosterbroek 1998). Trichoptera (Neboiss 1986, 1989)
Lepidopteran (Ngengat dan kupu-kupu)	Status bervariasi menurut kelompok	Holloway dkk. 1991, Parsons 1998 dan van Mastrigt dan Rosariyanto 2005, Ubaidillah dkk. 1994. Diakonoff 1952–1955
Hymenoptera (Tawon, lebah, tabuhan dan semut)	Status bervariasi menurut kelompok	

Sumber nama kelompok serangga: Sosromarsono S., S. Wardjojo, S. Adisoemarto dan YR Suhardjono 2003. *Nama Umum Serangga*. Perhimpunan Entomologi Indonesia, Bogor, 2003: 67 halaman

SERANGGA

Biogeografi

Seperti diuraikan dalam Bab 2.1 sejarah geologi Nugini sangat kompleks, relatif muda dan aktivitas geologinya masih berlangsung sampai sekarang. Semuanya ini memengaruhi keberadaan fauna dan floranya (Holloway 1983). Namun keanekaragaman serangganya setara dengan daratan tropis yang jauh lebih tua di Asia Tenggara (Gressitt 1982b). Sebagian besar fauna ini berkerabat dekat dengan yang ada di Asia; jumlah marganya cenderung lebih sedikit tetapi jumlah jenisnya lebih tinggi (Holloway 1984b).

Walaupun banyak penulis telah menunjukkan hubungan biogeografi fauna Nugini dengan yang ada di kawasan yang berdekatan, terutama tentang pentingnya elemen Australia daripada elemen Asia, beberapa penulis telah menganalisis biogeografi di Nugini (khususnya pola-pola keendemikan regional). Hasilnya menunjukkan kekurangan data di antara kumbang tanah yang relatif sangat dikenal (Coleoptera: Carabidae). Analisis pola-pola regional yang terbaik adalah pada kelompok tonggeret (de Boer 1995, de Boer dan Duffels 1996a,b, Duffels dan de Boer 1990) dan serangga perairan (Bab 2.5, Polhemus 1996, Polhemus dan Polhemus 1998) dan hanya ada sedikit revisi yang telah dilakukan untuk Nugini. Di antara taksa yang datanya tersedia adalah beberapa kelompok nyamuk, lalat hitam, kutu perairan, kumbang tanah, kumbang, ngengat, kupu-kupu dan tonggeret. Berdasarkan studi intensif tentang persebaran tonggeret, Papua dapat dibagi lagi menjadi empat wilayah keendemikan utama: Sem. Kepala Burung, jajaran pegunungan utara, jajaran pegunungan tengah dan dataran rendah selatan; masing-masing dengan biota sendiri yang berbeda (lihat bagian khusus tentang tonggeret di bawah).

Bagi sebagian besar kelompok avertebrata, koleksi yang intensif perlu dilakukan di seluruh Papua, menggunakan teknik-teknik pengambilan sampel modern. Sampel yang sudah ada sekarang sering terbatas pada materi dari beberapa ekspedisi sebelumnya dan biasanya untuk jenis yang lebih besar (misalnya, kupu-kupu, tonggeret). Namun pengambilan sampel serangga yang serius belum pernah dilakukan di

Papua yang sangat luas itu. Beberapa lokasi yang khususnya kurang dikenal adalah: (1) Sem. Kepala Burung, kecuali Peg. Arfak; Sorong, Fakfak dan Manokwari dan Sem. Wasior yang hampir belum diketahui sama sekali; (2) jajaran pegunungan utara di Papua sebagian besar belum diketahui, kecuali Nabire, Jayapura dan Peg. Cyclops; (3) jajaran pegunungan tengah dari Peg. Kowbore sampai ke Lembah Baliem dan Peg. Sudirman; dan (4) dataran rendah selatan, dari Taman Nasional Lorentz sampai ke Wasur (termasuk Kep. Yos Sudarso yang masih belum diketahui sama sekali) (Miller 1998).

Keendemikan Tonggeret

Tonggeret besar (Hemiptera, Cicadoidea) yang bersuara nyaring sangat banyak jenisnya (155 jenis) di Nugini dan pulau-pulau sekitarnya. Tingkat keendemikan juga tinggi dan tidak ada satu jenis pun yang tersebar di seluruh pulau (de Boer dan Duffels 1997, de Boer 1999, 2000). Tingginya tingkat keendemikan tonggeret dapat dijelaskan dari dua faktor. Pertama adalah faktor biologi: Tonggeret menghabiskan sebagian besar hidupnya sebagai larva di bawah tanah, memakan akar tumbuhan. Larva ini mungkin tinggal di dalam sistem akar pada satu pohon dan tidak mencakup jarak yang jauh. Individu dewasa bersayap paling lama hidup beberapa minggu saja, sehingga waktu yang tersedia untuk menyebar hanya singkat. Faktor lainnya adalah sejarah geotektonis pulau ini (Holloway dan Hall 1998): Nugini bagian selatan merupakan bagian dari lempeng benua Australia, tetapi bagian lain Nugini terdiri atas lebih dari tiga puluh fragmen lempeng benua atau busur pulau, yang menempel di pinggiran lempeng Australia selama 25 juta tahun terakhir. Isolasi geografis sangat mendukung keendemikan perkembangan jenis tonggeret menjadi beberapa jenis lain. Wilayah persebaran tonggeret di pulau ini dapat dibagi menjadi lima, empat di antaranya berada di Papua, masing-masing dengan biotanya yang berbeda: Sem. Kepala Burung, jajaran pegunungan bagian utara, jajaran pegunungan tengah dan Nugini selatan. Tiga wilayah terakhir berlanjut sampai PNG. Pembagian wilayah di Papua agak kasar, tetapi tingkat keendemikan di masing-masing sangat jelas.

SERANGGA

Wilayah Kepala Burung

Fauna tonggeret di wilayah ini, termasuk pulau-pulau di sekitarnya (Misool, Salawati, Waigeo dan Roon) memiliki sifat khas dan dapat dianggap sebagai wilayah keendemikan paling mencolok di Nugini. Ada tiga marga yang terpusat di wilayah ini: *Arfaka*, *Rhadinopyga* dan *Aedeastria*. *Arfaka* memiliki tiga jenis, yang semuanya endemik berada di Kepala Burung. Dari marga *Rhadinopyga*, tujuh jenis adalah endemik di wilayah ini dan satu terdapat di Kepala Burung dan di P. Bacan (Maluku bagian utara). Marga *Aedeastria* (12 jenis) memiliki tiga jenis endemik di Kepala Burung. Marga ini secara keseluruhan tersebar di bagian barat Nugini sampai Maluku utara. Di wilayah Kepala Burung seluruhnya ada 37 jenis tonggeret (dari 13 marga), 19 jenis (51%; dari delapan marga) di antaranya adalah endemik wilayah ini.

Tingkat keendemikan yang tinggi ini mencerminkan sejarah panjang wilayah ini, yang berasal dari fragmen komposit lempeng benua dan busur pulau yang terisolasi. Gabungan alami ini mencerminkan hubungan filogenetis marga yang terpusat di Kepala Burung. *Aedeastria* dan *Rhadinopyga* yang mengindikasikan hubungan Kepala Burung dengan Sem. Papua dan Kep. Solomon, sementara *Arfaka* mungkin berkerabat dengan yang ada di Sulawesi.

Jajaran Pegunungan Tengah

Dua kelompok tonggeret, dari marga *Cosmopsaltria* (17 jenis) dan *Baeturia* (12 jenis) menunjukkan perwakilan fauna tonggeret di jajaran pegunungan tengah. Persebaran beberapa jenis kelompok ini sampai ke Sem. Papua dan beberapa lainnya juga terdapat di wilayah yang berdekatan. Secara keseluruhan 48 jenis tonggeret yang termasuk dalam sepuluh marga telah tercatat dari wilayah ini; tingkat keendemikannya agak tinggi (22 jenis atau 46%) dan hanya dua jenis endemik tersebar di Nugini. Bagian Papua di wilayah ini memiliki 34 jenis yang termasuk dalam delapan marga; 11 jenis (32%) endemik.

Ada 23 jenis tonggeret (68% dari fauna yang dikenal) yang tercatat dari lereng bagian utara pegunungan tengah, termasuk sembilan jenis

EKOLOGI PAPUA

endemik. Karena itu wilayah ini dapat dianggap sebagai lokasi yang memiliki keanekaragaman hayati tonggeret tertinggi. Kemungkinan besar lokasi ini memang merupakan pusat keanekaragaman, bukan hanya karena kegiatan koleksi intensif yang telah dilakukan oleh peneliti Belanda. Misalnya, Peg. Jaya Wijaya yang dieksplorasi tahun 1959 (Bab 1.2) memiliki jumlah jenis yang tercatat cukup tinggi (17) tetapi sama sekali tidak ada jenis yang endemik. Dua wilayah lain di bagian paling barat jajaran pegunungan tengah harus disebutkan: wilayah D. Wissel dan Mappia di dekatnya. Masing-masing memiliki satu jenis tonggeret endemik.

Jajaran Pegunungan Bagian Utara

Fauna tonggeret Nugini bagian utara cukup beragam (74 jenis dari 14 marga). Bagian Papua di wilayah ini memiliki 50 jenis dari 14 marga, delapan jenis (16%; dari enam marga) adalah endemik. Satu jenis *Baeturia* tersebar di wilayah ini. Jenis lain dari marga ini dan satu jenis *Scottotympana* tercatat dari dataran rendah antara Tanjung d'Urville dan Jayapura. Selain itu, satu jenis *Cosmopsaltria* tercatat dari Teluk Cenderawasih dan satu jenis *Mirabilopsaltria* merupakan jenis endemik di sekitar Jayapura. Pulau Biak dan Numfor masing-masing memiliki satu jenis endemik *Diceropyga* yang tidak belum terdeskripsi.

Nugini Selatan

Wilayah ini paling miskin dalam hal keendemikan tonggeret, karena hanya memiliki 23 jenis (7 jenis endemik). Bagian Papua memiliki 14 jenis dari sembilan marga; dua jenis endemik dari marga *Baeturia*. Jumlah marga yang relatif tinggi dengan jumlah jenis yang rendah mungkin disebabkan oleh beberapa invasi independen. Kep. Kai memiliki dua jenis tonggeret endemik, yaitu *Cosmopsaltria* dan *Aedeastris*, tetapi Kep. Aru di dekatnya tidak memiliki tonggeret endemik.

SERANGGA

Ekologi dan Konservasi

Karena ekologi sebagian besar serangga Nugini sedikit sekali yang diketahui, maka sulit mengidentifikasi daerah yang kritis secara ekologis. Pada umumnya hutan primer, memiliki tingkat keanekaragaman tertinggi, tetapi penelitian khusus tentang ekologi serangga padang savana dan lahan basah di Nugini sangat sedikit sehingga mungkin pola-pola keanekaragaman yang penting itu terlewatkan (misalnya, Pimm dan Gittleman 1992). Karena kebutuhan kalsium untuk pembentukan cangkangnya, keanekaragaman keong diharapkan tertinggi di daerah batuan kapur dengan pH tanah tinggi (Andrews dan Little 1982, Cowie 1993). Perlindungan terhadap kawasan batuan kapur terisolasi akan menjadi sangat penting untuk konservasi keanekaragaman keong.

Dampak gangguan habitat pada serangga bergantung pada strategi sejarah hidup jenis serangga yang terkait. Walaupun hal ini kurang mendapat perhatian dalam studi di Nugini (Bowman dkk. 1990, Novotny dkk. 2004), kebanyakan serangga asli bereaksi kurang baik terhadap degradasi habitat yang parah. Kehilangan keanekaragaman jenis akibat gangguan habitat hutan berpengaruh lebih serius pada beberapa kelompok taksa tertentu daripada yang lainnya (Miller dan Holloway 1992 dan Hill dkk. 1995 untuk contoh-contoh dari kepulauan Indonesia). Misalnya, serangga yang kebutuhan makanannya terbatas atau memerlukan habitat khusus cenderung menjadi sangat rentan karena kerusakan habitat, tetapi populasi serangga lain pulih relatif baik setelah gangguan. Di Seram, misalnya, keanekaragaman ngengat di daerah perladangan berpindah yang telah ditinggalkan beberapa dekade lalu dan sekarang telah berhutan kembali, setara dengan yang ada di hutan yang tidak terganggu pada ketinggian yang sama (Miller dan Holloway 1992). Karena itu, kemungkinan rotasi eksploitasi hutan atau pengelolaan lahan hanya menurunkan keanekaragaman hayati untuk sementara saja, tetapi hal ini sangat bergantung pada proporsi hutan klimaks dalam rotasi ini. Dalam kasus di Sulawesi, konversi hutan dataran rendah menjadi perkebunan sangat menurunkan keanekaragaman ngengat (Miller dan Holloway 1992).

Jenis Serangga Bernilai Ekonomi

Jenis serangga yang paling dikenal luas karena kaitannya dengan kegiatan ekonomi adalah hama pertanian dan kehutanan dan pembawa (vektor) beberapa penyakit. Walaupun banyak sekali jenis berpotensi negatif untuk kepentingan ekonomi di Papua, proporsinya sangat kecil dari fauna keseluruhan. Namun, seiring dengan semakin menyusutnya sumber daya hutan primer dan semakin banyaknya perkebunan (terutama pohon semacam lamtoro), kegiatan dan pembangunan ekonomi ini akan terkena dampak serangan serangga, terutama yang menggunduli daun.

Di Papua, kebanyakan serangga hama pertanian adalah jenis asli dan hama baru sering muncul dari fauna asli sebagai respon terhadap perubahan alami atau akibat ulah manusia, khususnya sebagai akibat introduksi (Simon Thomas 1962, Kumar 2001). Saat ini jenis-jenis tumbuhan polong dan *Eucalyptus* ditanam secara monokultur setelah hutan alami dibuka. Tindakan ini hampir pasti akan mengarah pada masalah serangan hama karena tanaman tersebut merupakan tuan rumah yang disenangi banyak ngengat. Karena itu, data dasar tentang fauna serangga Papua sangat diperlukan untuk pengelolaan sumber daya alam. Program pengendalian dan pemberantasan hama, seperti inspeksi dan karantina komoditi yang masuk, survei-survei teratur terhadap hama sasaran dan pelayanan diagnosis lokal didukung oleh laboratorium internasional sangat penting untuk mencegah masalah di masa depan.

Konversi hutan primer skala besar untuk pemanfaatan lain juga dapat menyebabkan wabah beragam hama, khususnya pembawa penyakit. Faktor ini harus dimasukkan ke dalam analisis biaya dan manfaat suatu program. Misalnya, keberadaan *alphavirus* dan *encephalitis* mungkin akan menghebat di tempat-tempat yang hutan dataran rendahnya terganggu dan di pemukiman manusia (Jenkins 1992). Pembukaan hutan asli yang merupakan rintangan alami penyakit tersebut telah menyebabkan hama belalang berpindah ke wilayah baru di Afrika dan hal yang sama dapat juga terjadi di Nugini (Miller 1993).

Banyak serangga Papua yang besar dan berwarna-warni, khususnya kupu-kupu, memiliki nilai komersial. Kegiatan penangkaran kupu-

SERANGGA

kupu di PNG umumnya tergolong sukses (Clark dan Landford 1991, Collins dan Morris 1985, Orsak 1993, Parsons 1998, Sekhran dan Miller 1996 dan di Papua oleh Mercer 1997, Morris 1986 dan Parsons 1992). Namun, analisis terinci tentang dampak ekonomi dan konservasi penangkaran kupu-kupu dapat berguna dalam merencanakan perluasan program di masa depan (misalnya, Goldstein 1991). Jelas bahwa penangkaran kupu-kupu telah meningkatkan pengetahuan, secara lokal maupun internasional, tentang isu-isu konservasi dan nilai potensial dari fauna asli lokal. Hal ini jelas akan lebih menguntungkan jika didukung lebih banyak penelitian tentang metode efektif memelihara jenis langka dalam kurungan. Serangga juga merupakan sumber makanan penting bagi banyak penduduk lokal (Mercer 1997, Ponzetta dan Paoletti 1997).

Penyakit malaria, yang dibawa oleh nyamuk-nyamuk *Anopheles punctulatus*, merupakan masalah kesehatan umum utama untuk daerah pesisir, dataran rendah dan di kaki perbukitan di Papua. Jenis parasit *zoonotic* yang tercatat di kalangan pada penduduk di PNG relatif sedikit (Owen 2005), antara lain adalah lalat (*Chrysomya bezziana*), kutu kasur (*Cimex* sp.), kutu binatang (*Ctenocephalides* spp.) dan tungau (*Leptotrombidium* spp., *Sarcoptes scabiei* dan *Demodex* sp.). Jenis parasit *zoonotic* tidak banyak karena sejarah pulau New Guinea dan penduduknya yang terisolasi dan tidak adanya mamalia besar berplasenta, kecuali babi dan anjing, sampai baru-baru ini (Owen 2005).

Ancaman penting terbesar bagi serangga adalah gangguan habitat, khususnya hutan primer. Beberapa jenis mungkin terancam oleh jenis asing (misalnya, oleh pemangsa, parasit atau karena persaingan), terutama gangguan berat oleh manusia (Snelling 1998) dan pulau-pulau yang mendukung banyak jenis endemik (Howarth dan Ramsay 1991, Nishida dan Evenhuis 2000, Williams 1994). Masalahnya, jenis asing sulit dideteksi sampai sudah terlanjur tersebar luas. Introduksi jenis-jenis pengendali biologis harus disaring sangat hati-hati untuk mencegah dampak sampingan pada organisme yang bukan target (Howarth 1991).

EKOLOGI PAPUA

Pengoleksian berlebih hanya mengancam jenis besar dengan populasi yang sangat terbatas, seperti kupu-kupu ekor-layang dan *Delias*. Banyak kupu-kupu sudah dilindungi oleh Undang-Undang Indonesia (Simbolon dan Iswari 1990), walaupun keefektifannya tidak jelas. Dampak pencemaran terhadap avertebrata di Papua hampir belum pernah diteliti, tetapi mungkin sangat penting. Pencemaran bahan kimia dari pertambangan dan peningkatan sedimentasi karena penebangan hutan mungkin berdampak berat pada serangga, krustasea dan moluska perairan. Pestisida kimia yang dipakai untuk pertanian, kehutanan dan pengendalian pembawa penyakit dapat berdampak pada avertebrata daratan maupun perairan. Sejak bab ini ditulis, Yayasan Serangga Papua (*Papua Insects Foundation*) telah membangun situs web (www.papua-insects.nl) yang memasukkan beragam informasi tentang serangga Papua.

4.4. *Herpetofauna**

Herpetofauna asli Papua mencakup 23 suku, 109 marga dan 371 jenis yang meliputi katak, buaya, kura-kura, kadal dan ular (Tabel 4.4.1). Kebanyakan jenis (340) terutama hidup di darat atau di perairan tawar dan hanya 24 jenis hidup di laut (ular laut dan penyu). Sekitar 28% herpetofauna adalah endemik Papua dan 61% endemik regional (PNG dan pulau-pulau di sekitarnya). Jenis-jenis yang terdapat di luar Nugini umumnya juga terdapat di Australia atau Maluku, atau mewakili taksa yang tersebar luas di kawasan Indo-Pasifik. Dalam bab ini, Papua merujuk pada provinsi dan semua pulau satelit di sekitarnya. Kep. Aru juga termasuk karena secara biogeografis berkerabat dengan Nugini karena dulu daratannya bersambungan dengan pulau utama, walaupun secara politis sekarang merupakan bagian dari Maluku.

Perbandingan antara herpetofauna Papua dengan PNG (dan pulau-pulau satelitnya) menunjukkan adanya 21 suku amfibi dan reptil yang sama. Namun jumlah jenis yang ada di PNG (475 jenis) lebih tinggi daripada yang dilaporkan ada di Papua (371 jenis). Perbedaan ini kemungkinan mencerminkan lebih banyaknya survei lapang dan deskripsi jenis yang telah dilakukan di PNG. Dari kegiatan survei terkini, herpetofauna Papua masih sangat kurang dikenal. Misalnya, sejak tahun 1980 hanya ada 63 jenis (17%) herpetofauna yang telah dideskripsi dan survei lapang terbaru menunjukkan keberadaan jenis-jenis tambahan baru (Allison dan Dwyahreni 1998, Richards dkk. 2000, Richards dkk. 2002).

Perbandingan antara Nugini (pulau tropis terbesar dan tertinggi di dunia, luas daratan 790.000 km²) dengan pulau Kalimantan (pulau tropis ke dua terbesar di dunia, mencakup negara bagian Sabah dan

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Herpetofauna of Papua", Allen Allison dan "The Monitor Lizards of Papua", Kai M. Philipp & Devi P. Philipp.

EKOLOGI PAPUA

Sarawak serta empat provinsi di Kalimantan; luas daratan 743.330 km²) menunjukkan bahwa keduanya memiliki sekitar 14.000 jenis flora yang sama (Roos dkk. 2004) tetapi herpetofauna yang ada di masing-masing pulau berbeda karena perbedaan sejarah geografis dan bentuk fisiknya (Tabel 4.4.2). Pulau Kalimantan memiliki sepertiga lebih banyak suku dan hampir seperempat lebih banyak marga daripada Nugini. Fakta ini mencerminkan hubungan biogeografis Kalimantan dengan daratan Asia Tenggara dan Nugini yang terisolasi dari sumber fauna di daerah beriklim tropis basah yang sama.

Tabel 4.4.1. Herpetofauna asli Papua, Nugini bagian timur dan PNG.

Taksa	Suku			Marga			Jenis		
	Papua	Nugini bagian timur	PNG	Papua	Nugini bagian timur	PNG	Papua	Nugini bagian timur	PNG
Katak	4	4	4	23	30	33	130	215	248
Kura-kura	5	5	5	11	11	11	15	16	16
Buaya	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Kadal	6	5	5	33	30	32	141	152	183
Ular	7	6	6	41	37	40	83	90	103
Total	23	21	21	109	109	117	371	475	552

Catatan: Nugini bagian timur meliputi separuh bagian timur daratan Nugini dan pulau-pulau satelitnya; PNG meliputi separuh bagian timur daratan Nugini ditambah Kepulauan Admiralty dan Bismarck serta P. Bougainville. Papua dan PNG memiliki kesamaan 237 jenis dan Papua dan Nugini bagian timur memiliki kesamaan 236 jenis. Taksa dari Kepulauan Aru dimasukkan dalam jenis total untuk Papua karena secara biogeografis merupakan bagian dari Nugini, walaupun secara politis merupakan bagian dari provinsi Maluku.

Sejarah

Koleksi amfibi dan reptil dari Papua pertama dilakukan tahun 1824 oleh René-P. Lesson, yang mengunjungi P. Waigeo (Bab 1.2) dan dideskripsikan oleh Pierre-Adolphe Lesson (1830). A.M.C. Duméril dan G. Bibron (1836, 1837, 1839) kemudian mengulas sedikit koleksi spesimen dari wilayah pesisir Papua dalam kajian lengkap herpetofauna dunia. Pada tahun 1850, hanya sekitar 80 (22%) jenis yang sekarang diketahui dari Papua yang telah dideskripsikan. Pada tahun 1858

HERPETOFAUNA

Alfred Russel Wallace menghabiskan empat bulan di dekat Teluk Doré (Manokwari) walaupun koleksi herpetofauna yang dilakukannya hanya sedikit. Adolf Meyer di awal tahun 1870-an mengunjungi Teluk Cenderawasih, termasuk pegunungan di dekatnya (Souter 1966) dan kemudian mendeskripsikan 19 jenis herpetofauna yang saat ini dianggap sah (Meyer 1874).

Tabel 4.4.2. Herpetofauna Kalimantan dan Nugini.

Takson	Suku		Marga		Jenis	
	Kalimantan	Nugini	Kalimantan	Nugini	Kalimantan	Nugini
Katak	6	4	32	29	150	282
Caecelia	1	0	2	0	4	0
Kura-kura	5	5	13	11	13	17
Buaya	1	1	2	1	3	2
Kadal	8	6	36	35	113	193
Ular	9	7	63	43	155	109
Jumlah	30	23	148	119	438	603

Sumber: Jumlah jenis untuk Nugini dari Allison (1996, diperbarui). Angka-angka untuk Kalimantan dari Inger dan Tan (1996), Stuebing (1991, 1994), Das dan Ismail (2001) dan King dan Burke (1989). Jumlah seluruhnya diperbarui untuk mencakup jenis-jenis yang baru dideskripsikan bersamaan dengan publikasi tersebut.

Selama tahun 1872-1873 Luigi D'Albertis dan Odoardo Beccari mengoleksi amfibi dan reptil di Peg. Arfak. Koleksi mereka dan koleksi para pedagang bulu dari Belanda A.A. Bruijn dipelajari oleh W. Peters dan G. Doria (1878) yang kemudian mendeskripsikan 20 jenis yang saat ini dianggap sah. Pada akhir abad ke-19 para pakar taksonomi telah mendeskripsikan 58 jenis yang terdapat di Papua dan sekarang dianggap sebagai endemik di kawasan Nugini. Antara tahun 1885 dan 1900 Georges Boulenger dari British Museum mendeskripsikan 39 jenis yang kini dikenali sebagai jenis dari Nugini (Boulenger 1921).

Di awal abad 1900-an Belanda mengawali sejumlah ekspedisi eksplorasi besar ke bagian pedalaman Papua dan melakukan koleksi yang penting. Pada tahun 1915 jumlah jenis amfibi dan reptil yang

dikenali sebagai jenis endemik Papua berlipat ganda. Sekitar awal Perang Dunia I, Nelly de Rooij dari Amsterdam Museum menerbitkan sebuah buku lengkap berisi dua volume mengenai reptil Nugini dan Asia Tenggara (de Rooij 1915, 1917) dilanjutkan oleh P.N. van Kampen (1923) untuk amfibi. Satu dekade kemudian H.W. Parker dari British Museum menerbitkan revisi yang sangat lengkap dan rinci tentang katak Suku Microhylidae (Parker 1934).

Kegiatan koleksi menurun selama Perang Dunia I. Tahun 1938-1939 anggota Ekspedisi Archbold III melakukan koleksi sepanjang S. Mamberamo dan spesimennya terutama dikirim ke American Museum of Natural History di New York. Pada pertengahan tahun 1950-an, di museum ini R.G. Zweifel mulai meneliti herpetofauna Nugini, terutama katak. L.D. Brongersma dari Leiden Museum melakukan ekspedisi besar ke S. Digul dan Peg. Jaya Wijaya dan mengoleksi banyak amfibi dan reptil (Brongersma dan Venema 1962).

Dari tahun 1950 sampai 1980 hanya delapan amfibi dan reptil endemik yang dideskripsikan. Pada dekade berikutnya tempo penelitian lapang meningkat jelas, termasuk sejumlah ekspedisi yang dilakukan oleh Museum Zoologense Bogoriense (MZB), atau melalui kerjasama dengan program Rapid Assessment Program oleh Conservation International (Nasution dkk. 1996, Richards dkk. 2000, Richards dkk. 2002). Pada tahun 1997 biologiwan dari Bishop Museum (BM) dan MZB melakukan survei herpetologi utama di daerah Kontrak Karya PT Freeport, dari di pinggir laut sampai ketinggian sekitar 3.500 m (Allison dan Dwyahreni 1998). Sejak akhir tahun 1990-an Rainer Günther dari Berlin Museum mulai memelajari katak dan kadal dari Papua. Rainer melakukan kerja lapang di sekitar Nabire, Biak dan Yapen, Sem. Wandamen dan Peg. Fakfak, serta mendeskripsikan banyak jenis baru (Günther 1999, 2000a,b, 2001, 2002a,b, 2003a,b,c,d, 2004a,b, Günther dan Richards 2000, Günther dkk. 2001, Günther dan Rösler 2002). Allen Allison (BM) dan Hellen Kurniati (MZB) melakukan koleksi di daerah Tangguh (Sem. Bomberai) pada bulan Maret 2002 (Allison dan Kurniati, dalam persiapan). Akhir-akhir ini terjadi kecenderungan yang kurang tepat yaitu mendeksripsikan taksa baru dari spesimen yang

HERPETOFAUNA

dikoleksi dari binatang peliharaan yang diperdagangkan tetapi mati, sering tanpa informasi spesifik lokasinya.

Asal dan Komposisi Herpetofauna

Katak

Hanya ada empat suku asli katak di Nugini. Myobatrachidae, yang jenis anggotanya paling sedikit, terdiri dari lima marga dan hanya tujuh jenis dari Nugini (lima jenis terdapat di Papua). Lima jenis ini mencakup tiga jenis *Lechriodus* (Gambar 4.4.1), semuanya endemik di Nugini (jenis ke empat endemik di Australia), serta dengan *Limnodynastes convexiusculus* dan *Crinia remota*, yang keduanya juga terdapat di PNG barat daya dan Australia bagian utara. *Uperoleia lithomoda* juga terdapat di PNG barat daya dan Australia bagian utara tetapi keberadaannya di Papua belum dilaporkan. Jenis ketujuh di Nugini, *Mixophyes hihorlo*, adalah endemik di dataran tinggi PNG bagian selatan.

Suku Hylidae terdiri hanya dari dua marga di Nugini: *Litoria* (Gambar 4.4.2) dan *Nyctimystes*. Ada 37 jenis *Litoria* yang tercatat di Papua, 14 (38%) merupakan jenis endemik sementara dari lima jenis *Nyctimystes* di Papua; tiga jenis adalah endemik. Hylidae di Nugini memiliki keanekaragaman tertinggi di bagian pegunungan tengah (Allison dkk. 2004).

Sekitar separuh jenis katak di Nugini merupakan anggota Suku Microhylidae (Gambar 4.4.3) yang terdapat di mana-mana. Taksa di Nugini sekarang diklasifikasikan menjadi 19 marga dalam dua subsuku, Asterophryinae dan Genyophryinae. Dari suku ini ada 15 marga dan 63 jenis yang diketahui dari Papua, 41 merupakan jenis endemik. Empat marga Nugini yang tidak ditemui di Papua adalah *Barygenys*, *Pherohapsis*, *Genyophryne* dan *Aphantophryne*.

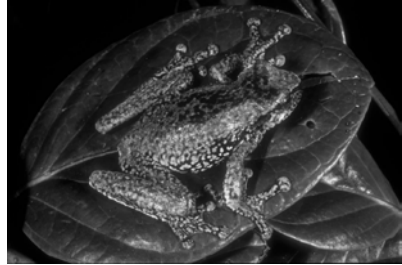
Katak Nugini dari suku Ranidae saat ini diklasifikasikan menjadi tiga marga yang tersebar luas di kawasan Indo-Pasifik: *Limnometes*, *Rana* dan *Platymantis*. *Limnometes*, diwakili di Nugini oleh satu jenis asli, *L. grunniens*, juga terdapat di Jawa, Sulawesi dan sebagian Maluku (Frost 2005). Ada 10 jenis *Rana* yang tercatat di Papua, dua jenis adalah

EKOLOGI PAPUA

endemik di provinsi ini. Marga ke tiga, *Platymantis* (Gambar 4.4.4), meliputi enam jenis dari Papua, lima jenis adalah endemik.



Gambar 4.4.1. Myobatrachidae: *Lechriodus platyceps*.



Gambar 4.4.2. Hylidae: *Litoria angiana*.

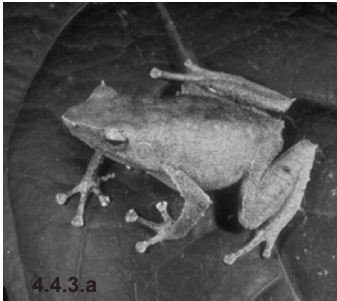


Figure 4.4.3. Microhylidae:
a. *Sphenophryne cornuta*;
b. *Xenobatrachus obesus*;
c. *Xenorhina arboricola*



Gambar 4.4.4. Ranidae:
Platymantis papuensis

Kura-kura dan Penyu

Ada tiga suku kura-kura air tawar di Nugini, semuanya juga ada di Papua. Suku terkecil, *Carettochelidae* sekarang hanya tersisa satu jenis, yaitu *Carettochelys insculpta* yang endemik di Nugini bagian selatan dan Australia bagian utara (Cann 1998). Suku ini diduga berkerabat dekat dengan *Trionychidae* dan di Nugini diwakili oleh dua jenis yang berkerabat dekat dengan marga *Pelochelys* (Rhodin dkk. 1993, Webb 1995, 1997, 2002).

Semua kura-kura air tawar yang masih ada di Nugini adalah jenis-jenis leher samping dari suku *Chelidae*, yang juga diwakili oleh banyak jenis di Australia dan satu di Timor (Cann 1998, Iskandar 2000). *Chelidae* dari Papua terdiri dari tiga marga dan enam jenis yang saat ini dikenali, salah satunya, *Chelodina reimanni*, adalah jenis endemik. Jenis lainnya semua terdapat juga di PNG. Tiga dari jenis ini adalah endemik di Nugini dan dua jenis, *Chelodinia rugosa* (dahulu *C. siebenrock*) dan *Emydura subglobosa*, juga terdapat di Australia (Cann 1998, Iverson 1992, 1986, Iskandar 2000, Georges dkk. 2002, McCord dan Thomson 2002). Keenam jenis ini hidup di rawa-rawa atau sungai berarus lambat di pesisir selatan Nugini dan paling sedikit satu jenis (*Elseya novaeguineae*) juga terdapat di habitat yang sama di pesisir utara. Iskandar (2000) menambahkan tiga jenis *Elseya* di Papua yang belum dideskripsi.

Ada enam jenis penyu yang tercatat di Papua: *Caretta caretta* (Penyu tempayan), *Chelonia mydas* (Penyu hijau), *Eretmochelys imbricata* (Penyu sisik), *Lepidochelys olivacea* (Penyu lekang), *Natator depressus* (Penyu pipih) dan *Dermochelys coriacea* (Penyu belimbing). Empat dari jenis ini (Penyu hijau, penyu Sisik, Penyu lekang dan Penyu belimbing), bersarang di Papua, terutama di Kep. Raja Ampat, pantai-pantai di Kepala Burung dan pulau-pulau di Teluk Cenderawasih.

Buaya

Dua jenis buaya terdapat di seluruh Nugini, yaitu *Crocodylus porosus*, yang tersebar dari Australia sampai India dan hidup di perairan asin

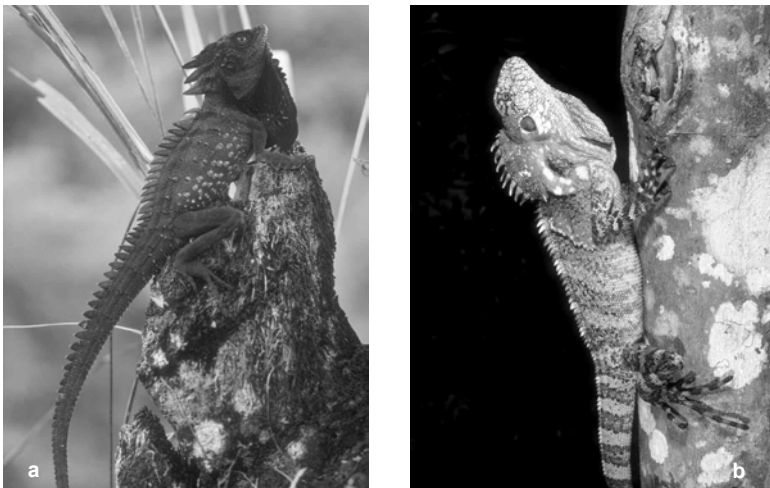
EKOLOGI PAPUA

dan *C. novaeguineae*, yang merupakan jenis endemik di Nugini (Ross 1989, 1990). Beberapa spesialis buaya menganggap bahwa populasi *C. novaeguineae* di Nugini bagian selatan dan utara keduanya terdapat di Papua, tetapi populasi di bagian selatan yang berbeda secara genetik belum diberi nama (Hall 1989).

Kadal

Di Nugini terdapat enam suku kadal, tetapi suku Dibamidae hanya diwakili oleh satu jenis, *Dibamus novaeguineae* (Greer 1985). Suku kadal lainnya: Scincidae, Gekkonidae, Pygopodidae, Varanidae dan Agamidae semuanya terdapat di Australia dan semuanya, kecuali Pygopodidae, juga terdapat di Asia Selatan dan Tenggara.

Agamidae diwakili oleh enam marga dan sekitar 18 jenis di Papua, termasuk *Chlamydosaurus kingii*, *Diporiphora bilineata* dan *Lophognathis temporalis*, yang terdapat di daerah savana di Australia bagian utara dan Nugini bagian selatan dan *Hydrosaurus amboinensis*, yang tersebar luas di Indonesia. Agamidae lainnya adalah dari marga *Hypsilurus* (Gambar 4.4.5). Marga ini terdiri dari delapan jenis yang dilaporkan dari Papua, empat di antaranya endemik (Wermuth 1967, Urban 1999).

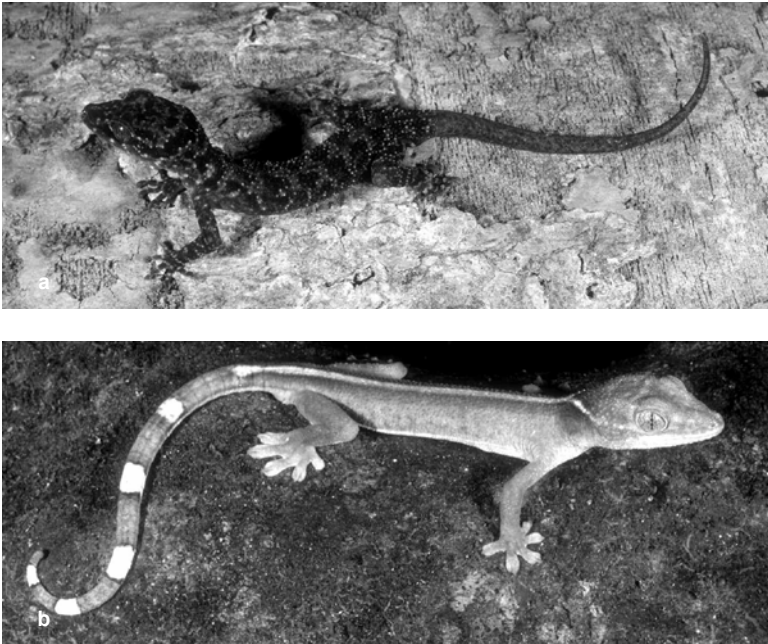


Gambar 4.4.5. Agamidae: a. *Hypsilurus dilopus*; b. *Hypsilurus papuensis*.

HERPETOFAUNA

Cecak (suku Gekkonidae) yang tersebar luas di kawasan tropis terwakili dengan baik di Nugini, terdiri dari 36 jenis asli dan 26 jenis terdapat di Papua (Bauer dan Henle 1994). Suku ini diklasifikasikan menjadi delapan marga, semuanya terdapat di seluruh kawasan Indo-Pasifik (Gambar 4.4.6). Hanya ada tiga jenis cecak, *Cyrtodactylus aaroni*, *C. irianjayensis* dan *Gehyra leopoldi* yang endemik di Papua.

Pygopodidae adalah kadal ramping dan tidak berkaki yang berkerabat dengan cecak dan kadang dimasukkan dalam suku Gekkonidae (Han dkk. 2004, Kluge 1974, Zug dkk. 2001). Hanya ada dua jenis yang terdapat di Nugini dan keduanya juga ada di Papua: *Lialis burtonis*, yang menyebar luas di Australia dan satu lagi, *L. jicari*, endemik di Nugini.



Gambar 4.4.6. Gekkonidae: a. *Cyrtodactylus mimikanus*; b. *Gekko vittatus*.

Kadal *skink* adalah suku kadal terbesar di kawasan Australasia dan paling sedikit memiliki 124 jenis di Nugini (65% dari fauna kadal); 87 jenis terdapat di Papua (Gambar 4.4.7). Jenis-jenis tersebut kini

EKOLOGI PAPUA

diklasifikasikan ke dalam subsuku Lygosominae dan termasuk di dalamnya 16 marga yang terdapat di Papua. Satu-satunya wakil marga *Mabuya* di Papua adalah *M. multifasciata*. Dua marga *skink* kecil, *Papuascincus* dan *Lobulia*, adalah endemik di Nugini dan terdapat di Papua. *Ctenotus* dan *Tiliqua* masing-masing diwakili di Papua oleh satu jenis: *Ctenotus robustus*, yang terdapat juga di Australia dan *Tiliqua gigas* (Gambar 4.4.7b) yang menyebar luas di Indonesia bagian timur dan terdapat di seluruh Nugini. Marga *Carlia* sebagian besar terbatas di Nugini dan Australia dan menyebar luas di kedua kawasan (Ingram dan Covacevich 1989, Stuart dkk. 2002, Zug 2004). Marga *Amprolepis* terpusat di Asia tenggara dan di Papua hanya terdapat satu jenis, *L. smargadina* (Gambar 4.4.7c). Marga *Cryptoblepharus* dan *Lipinia*, yang menyebar luas di Asia tenggara, tetapi di Papua masing-masing hanya diwakili oleh beberapa jenis yang kebanyakan endemik. *Glaphyromorphus* diwakili di Papua oleh dua jenis, *G. crassicaudis* dan *G. nigricaudis*, keduanya juga terdapat di PNG, pulau-pulau di Selat Torres dan Australia bagian utara. Ada dua jenis *Eugongylus* (Gambar 4.4.7d) yang dilaporkan dari Papua. Salah satunya merupakan jenis yang menyebar luas, *E. rufescens*, sementara jenis lainnya, *E. unilineatus*, adalah endemik di pesisir utara Nugini. Dua marga lainnya, *Emoia* (Gambar 4.4.7e) dan *Sphenomorphus* (Gambar 4.4.7f), keduanya adalah marga kadal terbesar di Papua, masing-masing beranggotakan 28 dan 20 jenis (Brown 1991, Greer 1970b).

Suku Varanidae seluruhnya terdiri dari 80 jenis yang terdapat dalam satu marga *Varanus*, yang dibagi menjadi sembilan anak marga (Bohme 2003). Saat ini terdapat empat anak marga (*Euprepiosaurus*, *Varanus*, *Odotria*, dan *Papusauros*) yang terdiri dari 11 jenis di Papua dan Kep. Aru yaitu *V. panoptes horni*, *V. doreanus*, *V. indicus*, *V. jobiensis*, *V. boehmei*, *V. prasinus prasinus*, *V. kordensis*, *V. macraei*, *V. resingeri*, *V. similis* dan *V. salvadori* (Tabel 4.4.3), tetapi hanya empat jenis saja yang endemik di Papua (Bohme 2003, Pianka dkk. 2004): *V. boehmei* (P. Waigeo, Jacobs 2003), dan baru dideskripsikan belum lama ini, *V. kordensis* (P. Biak, Jacobs 2004), *V. macraei* (P. Batanta, Jacobs 2004), dan *V. resingeri* dari P. Misool (Eidenmuller dan Wicker 2005). Tujuh

HERPETOFAUNA

jenis (64%) adalah endemik di Nugini (*V. boehmei*, *V. panoptes horni*, *V. jobiensis*, *V. kordensis*, *V. macraei*, *V. reisingeri* dan *V. salvadorii*). Tujuh jenis (*V. doreanus*, *V. indicus*, *V. jobiensis*, *V. panoptes horni*, *V. prasinus prasinus*, *V. salvadorii* dan *V. similis*) terdapat di Papua dan PNG, dan empat jenis juga terdapat di Papua dan Australia (*V. doreanus*, *V. indicus*, *V. p. prasinus* dan *V. similis*) dan satu jenis (*V. indicus*) terdapat di Maluku dan Papua. Tingkat keanekaragaman biawak tertinggi di Papua tercatat dari daerah Sorong, Merauke, dan Jayapura (Pianka dkk. 2004; Richards dkk. 2002) tetapi sebagian besar jenis tersebar luas di Papua.



Gambar 4.4.7. Scincidae: a. *Tribolonotus novaeguineae*; b. *Tiliqua gigas*; c. *Lamprolepis smargadina*; d. *Eugongylus unilineatus*; e. *Emoia longicauda*; f. *Sphenomorphus jobiensis*.

EKOLOGI PAPUA

Tabel 4.4.3. Jenis-jenis biawak yang terdapat di Papua.

Anak marga: Varanus	<i>Varanus panopteri horni</i>	Biawak coklat
Anak marga: Euprepiosaurus	<i>Varanus doreanus</i>	Biawak ekor-biru
	<i>Varanus indicus</i>	Biawak pasifik
	<i>Varanus jobiensis</i>	Biawak leher-merah
	<i>Varanus boehmei</i>	Biawak-pohon bercak-kuning
	<i>Varanus kordensis</i>	Biawak hijau-biak
	<i>Varanus macraei</i>	Biawak-pohon bercak-biru
	<i>Varanus prasinus prasinus</i>	Biawak hijau
	<i>Varanus reisingeri</i>	Biawak kuning
Anak marga: Odotria	<i>Varanus similis</i>	Biawak pohon berbintik
Anak marga: Papsaurus	<i>Varanus salvadorii</i>	Biawak papua

Sumber: Philipp dan Philipp 2006.

Ular

Di Nugini ada delapan suku ular, termasuk Cyllindrophidae, yang diwakili oleh *Cyllindrophis aruensis* dan edemik di Kep. Aru (McDowell 1975). Di Papua terdapat 82 jenis ular, enam di antaranya merupakan jenis endemik. Ular dari suku Typhlopidae (ular yang meliang) meliputi sekitar 200 jenis yang dijumpai di seluruh kawasan tropis dan terwakili dengan baik di Australasia (McDiarmid dkk. 1999). Namun, karena hidup di dalam liang mereka kurang dikenal daripada jenis-jenis ular lainnya. Dari suku ini ada dua marga yang dikenal di Papua: *Ramphotyphlops* (Gambar 4.4.8) dan *Typhlops*, tiga dari jenis ini (semua dari marga *Ramphotyphlops*) adalah endemik. Suku Cyllindrophidae (ular pipa) meliputi sekitar sepuluh jenis ular primitif, semuanya dari marga *Cyllindrophis*, yang terdapat di Asia selatan dan tenggara. *C. aruensis* adalah jenis endemik di Kep. Aru (McDowell 1975).

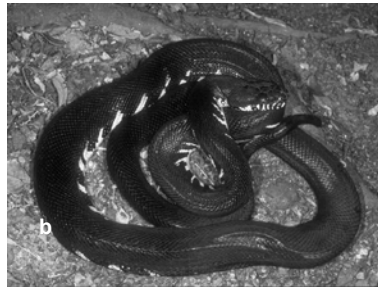
Enam jenis ular piton (Suku Pythonidae) yang terdapat di Papua menyebar luas di Nugini (Gambar 4.4.9) dan empat di antaranya juga terdapat di Australia: *Leiopython albertisii*, *Morelia amethystina*, *M. spilota* dan *M. viridis*. Dua lainnya, *Apodora papuana* dan *Morelia*

HERPETOFAUNA

boeleni (Gambar 4.4.9), merupakan jenis endemik Nugini. Dari suku Boidae terdapat tiga jenis ular di Nugini, semuanya dari marga *Cdanoia* (Smith dkk. 2001, Gambar 4.4.10); *C. carinata* dan *C. aspera* terdapat di Papua. Dua jenis ular dari Suku Acrochordidae terdapat di Papua (McDowell 1979): *Acrochordus granulatus* dan *A. arafurae*. Kedua jenis ini tersebar luas di Nugini.



Gambar 4.4.8. Typhlopidae: *Ramphotyphlops braminus*.

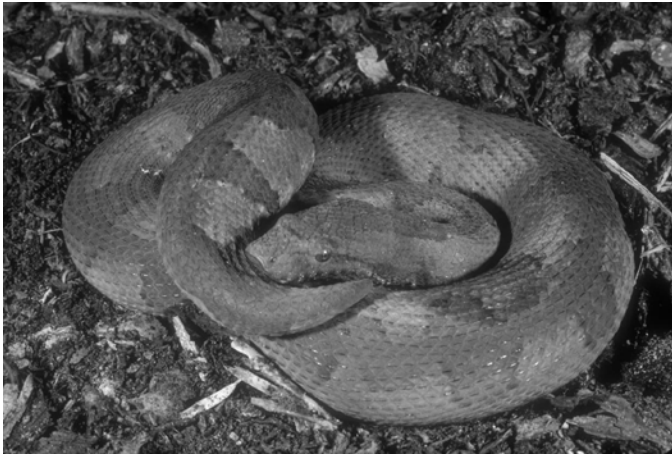


Gambar 4.4.9. Pythonidae: a. *Apodora papuana*; b. *Morelia boeleni*.

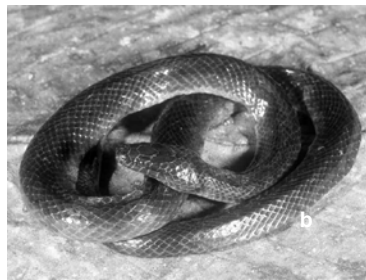
Colubridae merupakan suku ular di Nugini yang terbesar, terdiri dari sekitar 34 jenis dari 11 marga (Gambar 4.4.11). Sekitar separuh dari marga ini adalah anggota dari subsuku Homalopsinae, yang anggotanya menyebar luas di Australasia. Jenis yang ada di Papua termasuk *Cerberus rynchops*, *Enhydris polylepis*, *Fordonia leucobalia* dan *Myron richardsoni*, semuanya juga terdapat di Australia dan *Cantoria annulata* dan *Heurnia ventromaculata*, keduanya endemik di Nugini (Gyi 1970,

EKOLOGI PAPUA

Voris dkk. 2002). Marga *Brachyorrhos*, di mana beberapa marga masuk ke dalam Homalopsinae (McDowell 1987), diwakili di Papua oleh dua jenis: *B. albus*, yang terdapat dari Timor sampai hampir seluruh Maluku ke Nugini dan *B. jobiensis* yang endemik di P. Yapen. Hanya ada empat marga Colubridae darat atau perairan tawar di Nugini: yaitu *Boiga*, *Dendrelaphis*, *Stegonotus* dan *Tropidonophis*.



Gambar 4.4.10. Boidae: *Candoia aspera*.



Gambar 4.4.11. Colubridae: a. *Tropidonophis picturatus*; b. *Fordonia leucobalia*.

Suku Elapidae mencakup ular krait (subsuku Laticaudinae), ular laut (subsuku Hydrophiinae) dan subsuku Elapinae di darat. Ketiga subsuku ini sering dianggap sebagai suku tersendiri (Greer 1997). Dari

HERPETOFAUNA

subsku Elapinae ada tiga marga dan 15 jenis yang diketahui di Papua (Gambar 4.4.12). Empat dari marga ini: *Demansia*, *Furina*, *Oxyuranus*, dan *Rhinoplocephalus* masing-masing diwakili oleh satu jenis yang persebarannya terbatas di Nugini Selatan dan Australia Utara. Marga *Pseudechis*, seperti yang diketahui saat ini, tampaknya diwakili oleh dua jenis endemik di Nugini dan berkerabat dekat dengan jenis yang ada di Australia (O'Shea 1996, Hoser 2000, Wüster dkk. 2005, Kuch dkk. 2005). Marga *Acanthophis* (Gambar 4.4.12a) diwakili oleh dua jenis di Nugini: *Acanthophis rugosus* di Nugini Selatan dan Australia Utara dan *Acanthophis laevis*, yang menyebar luas di Nugini. Beberapa jenis tambahan merupakan endemik di Australia.

Margalainnya, yaitu *Aspidomorphus*, *Toxicocalamus* dan *Micropechis* (Gambar 4.4.12), semuanya endemik di Nugini. *Micropechis* diwakili oleh satu jenis *M. ikaheka* yang menyebar luas dari dataran rendah sampai pegunungan pada ketinggian sekitar 1.500 m (O'Shea 1996). Saat ini terdapat tiga jenis *Aspidomorphus* yang dikenali (McDowell 1967), dua di antaranya terdapat di Papua (tetapi tidak endemik). Ada sembilan jenis *Toxicocalamus* yang dikenal saat ini, empat di antaranya terdapat di Papua dan *T. grandis* adalah jenis endemik (McDowell 1969). Subsku Laticaudinae mencakup dua jenis yang ada di Papua, *Laticauda colubrina* (Gambar 4.4.12c) dan *L. laticauda*. Kedua jenis ini menyebar luas di laut tropis Indo-Pasifik (Heatwole 1999). Dalam kelompok ular laut (subsku Hydrophiinae) terdapat 11 marga dan 16 jenis yang ditemukan di Papua; tidak ada satupun yang endemik Papua (Heatwole 1999).

Jenis Introduksi

Hanya ada tiga jenis amfibi introduksi yang dilaporkan dari Nugini. Selain itu tokek (*Gekko gecko*) telah dilaporkan dari Kep. Aru. Dua dari amfibi introduksi adalah kodok, *Bufo melanostictus* dan *B. marinus* dan satu lagi katak *Limnonectes cancrivorus*. Semuanya, kecuali *Bufo marinus*, dapat dipastikan ada di Papua.

EKOLOGI PAPUA



Gambar 4.4.12. Elapidae:
a. *Acanthophis laevis*;
b. *Micropechis ikaheka*;
c. *Laticauda colubrine*.

Bufo melanostictus tampaknya saat ini memiliki persebaran terbatas di Papua, yaitu di daerah pesisir sekitar Manokwari (Menzies dan Tapilatu 2000). Kemungkinan jenis ini diintroduksi oleh masyarakat transmigran yang datang dari Warmare. *Limnonectes cancrivorus* merupakan jenis asli Asia Tenggara dan didokumentasikan di Nugini oleh Menzies (1992, 1996), yang melaporkan keberadaannya di Sorong dan Jayapura. Jenis ini merupakan makanan di Asia Tenggara dan sering ditangkarkan. Kemungkinan jenis ini diintroduksi ke Nugini sebagai bahan makanan.

Biologi dan Ekologi Herpetofauna

Katak

Di Papua katak terdapat mulai dari dataran rendah sampai dataran rumput alpin di atas 3.200 m. Kekayaan jenisnya bervariasi secara geografis sesuai dengan sejarah iklim dan geologi, tetapi umumnya tertinggi di hutan perbukitan dan hutan-hutan dataran tinggi (Allison dkk. 2004). Jenis yang diketahui dari Papua merupakan katak yang umum di Nugini

HERPETOFAUNA

dan termasuk jenis yang aktif memanjat vegetasi (*scansorial*), tinggal di lantai hutan (*terrestrial*), atau hidup di liang atau lubang-lubang dalam tanah (*fossorial*). Ukurannya bervariasi mulai dari 11,5 mm pada *Oreophryne minuta* (Richards dan Iskandar 2000) sampai lebih dari 250 mm pada *Rana arfaki* (Tyler 1976).

Semua Myobatrachidae di Nugini hidup di permukaan tanah, seperti Ranidae, Hylidae *scansorial* dan kebanyakan jenis Microhylidae. Katak Nugini umumnya nokturnal dan aktif pada beberapa jam di senja hari. Beberapa jenis (misalnya, *Copiula* spp.) bersifat *krepuskular* (aktif saat menjelang fajar dan menjelang malam). Kebanyakan jenis katak Nugini bersuara dan kawin sepanjang tahun selama musim hujan.

Semua jenis katak Hylidae dan Myobatrachidae di Papua memiliki tahapan berudu. Pada umumnya katak kawin di air: di sungai kecil, sungai besar, danau, atau kolam sementara, tergantung jenisnya. Katak Ranidae mempunyai dua macam tipe reproduksi. Semua jenis *Rana* di Nugini meletakkan telur di sungai atau danau, dalam untaian yang menempel pada vegetasi perairan. Sebaliknya, jenis *Platymantis* berkembangbiak dan meletakkan telur di antara serasah daun yang lembab atau pada poros dedaunan. Telur-telur berkembang menjadi katak kecil tanpa melalui tahapan berudu (Menzies 1976, 1987). Biologi perkembangbiakan semua jenis Microhylidae di Nugini yang sudah diketahui sama dengan *Platymantis*. Pada beberapa jenis Microhylidae yang telah dipelajari dengan baik, perilaku perkembangbiakan juga melibatkan pengasuhan anak (Cogger 1964, Bickford 2004, Günther dkk. 2001).

Kebiasaan makan katak Nugini belum banyak diteliti. Kebanyakan diyakini merupakan pemakan oportunistik. Katak yang meliang tampaknya makanannya utamanya adalah cacing tanah (Zweifel 1972). Beberapa jenis yang berukuran besar, misalnya *Asterophrys turpicola*, kadang makan kadal kecil, sementara *Rana arfaki* makan kepiting dan udang (Zweifel dan Tyler 1982). Microhylidae di tempat lain diketahui lebih menyukai semut (Mendes dkk. 1994).

EKOLOGI PAPUA

Allison dan Dwiyahreni (1998) mengoleksi katak sepanjang transek dari dataran rendah ke arah pegunungan di dekat G. Jaya di daerah kontrak karya PT Freeport. Penelitian ini dan penelitian yang sama yang dilakukan di daerah S. Wapoga di Papua Utara (Richards dkk. 2000), menunjukkan bahwa katak Ranidae terbatas di dataran rendah dan pegunungan bagian bawah; lebih dari lima jenis ditemukan di habitat ini. Survei-survei tersebut ditambah survei tambahan di Peg. Cyclops dan DAS Mamberamo Selatan (Richards dkk. 2002) menunjukkan bahwa umumnya di dataran rendah dan hutan perbukitan paling sedikit ada empat atau lima jenis Hylidae dan Microhylidae dan lebih dari sepuluh jenis di daerah pegunungan. Microhylidae umumnya merupakan satu-satunya jenis katak yang ada di pegunungan bagian atas dan habitat subalpin yang memiliki perairan permanen. Lebih dari lima jenis bisa ditemukan di hutan lumut di atas ketinggian 2.500 m.

Observasi di atas secara kasar sesuai dengan analisis awal mengenai kekayaan jenis secara keseluruhan, yang menunjukkan bahwa kawasan terkaya di Nugini, bagian dataran tinggi selatan dan PNG, memiliki lebih dari 35-38 jenis katak (Allison dkk. 2004). Kekayaan jenis juga hampir sama tingginya di sekitar pegunungan tengah dan jalur pesisir utara. DAS Lakekamu di PNG Selatan mungkin merupakan salah satu lokasi yang paling intensif disurvei, tetapi hanya memiliki 30 jenis katak.

Kura-kura dan Penyu

Berbagai jenis kura-kura Chelidae umumnya ditemukan di rawa-rawa dan perairan berarus lambat. *Emydura subglobosa* dan *Chelodina siebenrocki* cenderung menyukai berbagai jenis makanan, seperti ikan, udang, avertebrata dan bahan tumbuhan. Kebanyakan jenis mencapai ukuran maksimum 20-30 cm pada panjang karapas (betina cenderung sedikit lebih besar daripada jantan). Reproduksi cenderung sangat mengikuti musim, bersamaan dengan awal musim hujan. Dalam musim bertelur betina umumnya menghasilkan sekitar sepuluh telur.

Carettochelys insculpta saat ini sedang diteliti di PNG dan telah diteliti secara ekstensif di Australia. Persebarann jenis ini terbatas di beberapa

HERPETOFAUNA

sungai di Arnhemland (Georges dkk. 2000). Usia dewasa pada umumnya mencapai panjang karapas 50 cm dan individu besar bisa mencapai 70 cm (Iskandar 2000). Pilihan habitat di Nugini sama dengan di Australia tetapi meliputi laguna berumput, rawa danau dan kubangan air (Rose dkk. 1982). Dua jenis *Pelochelys* merupakan kura-kura air tawar terbesar di kawasan Nugini; panjang karapasnya mencapai 1 m atau lebih. Jenis ini terdapat di sungai-sungai besar dengan dasar berpasir atau berlumpur dan diperkirakan makan katak, ikan dan avertebrata air. Perilaku reproduksi jenis ini kurang dikenal, namun diperkirakan menghasilkan 20-30 telur sekali bertelur (Iskandar 2000).

Persebaran dan biologi penyu telah dibahas secara ekstensif dalam Groombridge (1982) dan Tomascik dkk. (1997). Penyu hijau (*Chelonia mydas*) mungkin merupakan jenis yang paling umum dari penyu di perairan Indonesia. Jenis ini dan telurnya secara aktif dipanen di banyak lokasi persebarannya sehingga populasinya menurun, termasuk di Papua. Penyu lekang (*Lepidochelys olivacea*) yang ukurannya terkecil menyukai berbagai jenis makanan, termasuk kepiting, udang dan lobster batu, juga ubur-ubur, tunikata dan alga. Penyu sisik (*Eretmochelys imbricata*) berukuran sedang, hidup di lingkungan terumbu karang dan tersebar di kawasan tropis. Penyu belimbing (*Dermochelys coriacea*) berukuran paling besar, panjang karapas dewasanya dapat mencapai hampir 2,5 m dan berat tubuhnya melebihi 900 kg. Penyu ini bersarang di pantai-pantai tropis yang memiliki akses langsung ke perairan dalam dan dilaporkan bersarang dengan kepadatan tinggi di pantai-pantai sepanjang pesisir utara Kepala Burung dan pada pulau-pulau di Teluk Cenderawasih, seperti Yapen (Salm dkk. 1982). Secara global populasi penyu ini menurun drastis.

Buaya

Buaya air-asin (*Crocodylus porosus*) adalah salah satu buaya terbesar dan paling berbahaya di dunia; panjang totalnya mencapai 7 m (Ross 1989). Pada umumnya jenis ini hidup di pesisir sungai dan rawa-rawa, sering di perairan payau, rawa air tawar dan danau. Jenis ini kadang dijumpai di laut terbuka (Jones 1909). Anakan buaya makan avertebrata

EKOLOGI PAPUA

air dan vertebrata kecil; dewasanya memakan berbagai jenis vertebrata, terutama mamalia, burung dan ikan. Selama musim hujan, betina membuat gundukan dari vegetasi busuk untuk bertelur; satu ongkokan bisa memiliki 60-80 butir telur. Betina sering menjaga sarang dan pada beberapa kasus dilaporkan menjaga anaknya.

Buaya Nugini (*Crocodylus novaeguineae*) panjang totalnya mencapai sekitar 3,3 m (Ross 1989). Jenis ini umumnya menghuni sungai, rawa dan danau-danau air tawar dan sering berada bersama *C. porosus*. Populasi *C. novaeguineae* dari bagian selatan (yang mungkin mewakili jenis berbeda, Hall 1989) umumnya bersarang selama musim hujan sementara populasi di bagian utara jajaran pegunungan tengah biasanya bersarang selama musim kering. Kebiasaan bersarang umumnya sama dengan *C. porosus*. Sarang biasanya berada di tempat yang ternaung, seperti di dasar pohon dan dekat dengan kubangan air (Groombridge 1982). Sekali bertelur betina mengeluarkan 27 sampai 45 telur (Jelden 1981). *Crocodylus novaeguineae* terutama memakan ikan, namun juga merupakan pemakan oportunistik dan akan memangsa avertebrata dan vertebrata air, termasuk katak, ular dan burung.

Kedua jenis ini secara luas dieksploitasi karena kulitnya yang berharga. Di kebanyakan wilayah persebarannya, populasinya diketahui telah menurun. Di PNG pemanenan buaya diatur sangat ketat sejak tahun 1960-an dan program penangkaran juga telah dilakukan. Program yang sama saat ini telah dikembangkan di Papua.

Kadal

Informasi mengenai biologi dan ekologi dari reptil Nugini kebanyakan dapat diperoleh dari laporan-laporan yang tidak dipublikasikan dalam literatur taksonomi. Khusus untuk biawak (suku Varanidae) baru-baru ini telah diteliti secara detil oleh Philipp dkk. (1999). Biologi dari banyak jenis kadal, terutama yang terdapat di Nugini bagian selatan, dapat dilihat dari penelitian-penelitian dari jenis atau taksa yang berkerabat dekat dengan yang ada di Australia utara (Greer 1989).

HERPETOFAUNA

Perwakilan satu-satunya dari suku Dibamidae, *Dibamus novaeguineae*, kemungkinan hidup dalam serasah daun dan makan artropoda kecil. Semua jenis Agamidae di Nugini adalah arboreal, walaupun beberapa bertengger di atas bebatuan sepanjang aliran air dan beberapa kadang-kadang turun ke lantai hutan untuk mencari makan. Biologi dan ekologi 26 jenis cecak yang diketahui dari Papua kemungkinan sama dengan jenis dari satu marga yang ada di Australia utara, PNG dan Indonesia. Dalam suku Pygopodidae kebanyakan jenis diperkirakan krepuskular atau nokturnal tetapi *Lialis burtonis* tampaknya juga aktif selama beberapa waktu di siang hari. Cecak adalah predator yang “duduk dan menunggu” yang tampaknya hanya makan kadal kecil (Patchell dan Shine 1986a).

Skink adalah kelompok kadal terbesar dan beragam di dunia; ukuran panjang totalnya berkisar dari 25-30 mm sampai lebih dari 30 cm pada *Tiliqua gigas* dan *Sphenomorphus muelleri*. Beberapa jenis, seperti *Prasinohaema* spp. dan *Lamprolepis smargadina*, sangat arboreal, namun kebanyakan terestrial dan jenis tertentu, seperti *Sphenomorphus*, hidup di liang-liang tanah. Kebanyakan jenis adalah predator yang secara aktif memburu serangga dan artropoda kecil.

Biawak dan buaya merupakan predator terestrial terbesar di Nugini dan satu jenis, *Varanus salvadorii*, telah didokumentasikan mencapai panjang total 2,5 m (Horn 2004) bahkan dilaporkan mencapai 4 m atau lebih (Allison 1982, MacKay 1992). Pada jenis lainnya ukuran panjangnya berkisar di antara 60 cm (*V. similis*) sampai 140 cm (*V. panoptes horni*). Sebagian besar biawak adalah karnivora (memakan serangga, katak, reptil, burung dan telurnya, dan mamalia) dan bahkan memakan bangkai (Bennet 1995).

Sebagian besar jenis biawak menghuni pohon, termasuk *V. salvadorii* yang berukuran sangat besar. Jenis lainnya, yaitu *V. panoptes horni*, *V. jobiensis* dan *V. indicus* lebih banyak hidup di atas permukaan tanah, kecuali jenis terakhir yang hidup di pohon di masa mudanya. Kebanyakan akan naik ke atas pohon saat terganggu tetapi *V. prasinus* bersifat arboreal sepenuhnya (Greene 1986). Jumlah telur bervariasi dan berkisar antara dua sampai empat telur pada beberapa jenis berukuran

kecil seperti *V. prasinus* dan kerabat dekatnya, sampai satu lusin atau lebih pada biawak berukuran lebih besar seperti *Varanus salvadorii* (Horn 2004).

Biawak umumnya menyukai habitat hutan campuran, terutama yang berdekatan dengan perairan tawar dan asin. Misalnya, *V. indicus* dijumpai di hutan mangrove dan payau; jenis ini sering diburu karena memakan anak ayam di dekat perkampungan. Di Papua, delapan jenis biawak merupakan penghuni hutan hujan yang tidak terganggu, misalnya *V. jobiensis* menyukai hutan dataran rendah (Philipp dkk. 2004) yang lebat. Kecuali *V. indicus* yang lebih menyukai hutan mangrove dan payau, sementara dua jenis lainnya *V. panoptes horni* dan *V. similes* yang persebarannya terbatas di bagian selatan, menghuni habitat savana yang lebih kering. *V. p. prasinus* jarang sekali terdapat di dekat pemukiman manusia dan semua jenis biawak umumnya menghindari kontak dengan manusia.

Di banyak tempat di Papua, beberapa jenis biawak terdapat di lokasi yang sama. Misalnya, *V. doreanus*, *V. indicus*, *V. jobiensis*, *V. p. prasinus*, dan *V. salvadorii* tetapi strategi pemisahan relung di antara kelima jenis ini belum dipahami sepenuhnya. Menurut penelitian Philipp (1999) mengenai tiga jenis yang terdapat di tempat yang sama, *V. indicus* cenderung memilih habitat yang dekat dengan air, *V. doreanus* lebih menyukai habitat terbuka di hutan, dan *V. Jobiensis* lebih menyukai habitat yang vegetasinya lebat. Selain itu, *V. jobiensis* lebih bersifat arboreal daripada *V. doreanus*. Sementara *V. jobiensis* lebih memilih bagian pohon di dekat batang atau cabang yang besar, *V. p. prasinus* lebih menyukai batang kecil atau tumbuhan pemanjat di pohon (Greene 1986).

Ular

Berbagai jenis Typhlopidae memiliki panjang, keliling dan bentuk kepala yang sangat bervariasi, namun kebanyakan berukuran kecil (panjang total 30 cm atau kurang) dengan sisik tubuh kecil dan memiliki mata yang lemah. Kebanyakan jenis diduga bersifat meliang namun sering dijumpai di atas tanah pada malam yang lembab (McCoy

HERPETOFAUNA

1980, Gaulke 1975, Das dan Wallach 1998, F. Kraus, kom. pri.). Semua Typhlopidae Nugini diketahui atau diduga bersifat ovipar (bertelur). Ular pipa (Cylindrophiidae) meliang atau hidup di dalam serasah daun yang umumnya nokturnal dan diketahui makan avertebrata dan vertebrata kecil. Jenis ini merupakan ovovivipar (telur menetas dalam saluran telur betina) dan dilaporkan menghasilkan 2 sampai 12 anak (Zug dkk. 2001).

Piton merupakan ular terbesar di Nugini, panjang maksimum yang tercatat mencapai 5 m untuk *Morelia amethystina* (Greer 1997 dan referensi di dalamnya). Walaupun bersifat pemalu dan sulit untuk dipelajari di alam, piton telah banyak diteliti di dalam penangkaran (Ross dan Marzec 1990). Semua piton adalah ovipar; betina mengerami telur dan menghasilkan panas melalui kontraksi otot (Ross dan Marzec 1990). Jumlah telur bervariasi menurut jenis dan ukuran betina, biasanya sekitar 10-20 butir, tetapi pada beberapa jenis bisa mencapai 40 butir (Greer 1997).

Dua jenis *Cdanoia* (Boidae) yang diketahui dari Papua merupakan ular berukuran sedang, panjang total umumnya kurang dari 1,5 m. Betina *C. carinata* dan *C. aspera* ukuran tubuhnya lebih besar daripada jantan. Seperti pada jenis lain anggota suku Boidae, kedua jenis ini ovovivipar, menghasilkan sekitar 15-18 anak. Kedua jenis ini menyukai makanan yang sama, yaitu katak, reptil (kebanyakan kadal) dan mamalia (Harlow dan Shine 1992).

Ular dari suku Acrochordidae hampir semuanya hidup di perairan. Dua jenis yang berukuran besar di Nugini, yaitu *Acrochordus granulatus* (panjang tubuh maksimumnya mencapai 2 m) yang hidup di habitat laut dan air payau seperti mangrove dan *A. arafurae* yang hanya terdapat di air tawar. Kedua jenis ini adalah pencari makan yang aktif dan umumnya memangsa ikan. Jenis ini bisa sangat berlimpah dan di Australia kepadatan populasi bisa mencapai 400/ha permukaan air (Houston dan Shine 1994). Kedua jenis ini bersifat ovovivipar.

Ular dari suku Colubridae memiliki sejarah hidup yang beragam. Di Nugini dan Australia *Boiga* diwakili oleh satu jenis, *B. irregularis*. Ular ini umum sampai berlimpah di sepanjang dataran rendah Nugini

mulai dari permukaan laut sampai ketinggian di atas 1.600 m. Jenis ini arboreal dan nokturnal (Shine 1991b). Semua anggota dari marga *Dendrelaphis* panjangnya dapat mencapai lebih dari 2,5 m. Jenis ini langsing, bergerak cepat dan bermata besar, terutama arboreal dan berburu di siang hari. Empat jenis *Stegonotus*, semuanya terdapat di Papua, merupakan ular darat berukuran sedang yang tersebar luas di Nugini. Dua dari jenis ini, *Stegonotus parvus* dan *S. cucullatus*, juga terdapat di Australia (Shine 1991b). McDowell (1972) mencatat bahwa *S. cucullatus* kadang sangat mirip dengan Elapidae berbisa, *Micropechis ikaheka* dan diduga melakukan mimikri. Jenis *Stegonotus* tampaknya krepuskular dan paling sedikit ada beberapa jenis, seperti *S. cucullatus*, yang bersifat nokturnal. Jenis-jenis ini diduga merupakan pemburu aktif. Jantan cenderung berukuran sedikit lebih besar daripada betina. Semua jenis adalah ovipar.

Kesepuluh jenis *Tropidonophis* yang diketahui di Papua kisaran panjang maksimumnya mulai dari 55 cm sampai 1,3 m. Jenis ini terdapat mulai dari dataran rendah sampai sekitar ketinggian 2.200 m (Malnate dan Underwood 1988). Beberapa jenis tampaknya diurnal, sementara lainnya nokturnal. Jenis *Tropidonophis* sering terdapat di dekat air, tetapi jenis lainnya, seperti *T. statisticus*, terdapat di habitat pegunungan jauh yang dari perairan permanen. *Tropidonophis* terutama memangsa katak (Malnate dan Underwood 1988, Shine 1991b) dan jenis ini relatif umum. Semua jenis merupakan ovipar. Jumlah telur pada *T. mairi* bervariasi dari 2 sampai 18 butir (Malnate dan Underwood 1988, Brown dan Shine 2002, Shine 1991b).

Dalam suku Elapidae, dua jenis ular krait, *Laticauda colubrina* dan *L. Laticauda* yang berekor pipih, ukuran panjang maksimumnya sekitar 1,5 m. Walaupun hidup di perairan, kedua jenis ini menghabiskan banyak waktu di daratan dan kadang dapat dijumpai dalam jumlah banyak berlindung di bawah serasah di sepanjang pesisir pantai berbatu atau berjemur di antara bebatuan. Jenis ini ovipar dan meletakkan telurnya di darat. Ular krait makan di laut sepenuhnya, terutama nokturnal dan tampaknya hanya makan belut (Greer 1997, Tomascik dkk. 1997, Heatwole 1999). Ular laut (subsuku Hydrophiinae) panjangnya berkisar

HERPETOFAUNA

antara 1 m sampai 2 m, umumnya terbatas di habitat perairan dangkal. Beberapa jenis diurnal, beberapa nokturnal dan beberapa memiliki sifat keduanya.

Ular Elapinae membentuk kelompok yang bervariasi. Ular taipan dapat menjadi agresif jika diganggu; bisanya sangat beracun, dan bisa menggigit berulang kali (Masci dan Kendall 1995). Jenis dari marga *Pseudechis* juga agresif jika diganggu dan dianggap sangat berbahaya (Kuch dkk. 2005). Dua jenis yang tercatat dari Papua panjangnya dapat mencapai lebih dari 2 m. Jenis dari marga *Acanthophis* umumnya pendek (panjang total kurang dari 1 m), berbadan gempal dan kebanyakan nokturnal. Jenis ini cenderung lambat, predator “diam dan menunggu”; makanan utamanya vertebrata kecil, terutama kadal dan mamalia kecil (Shine 1980).

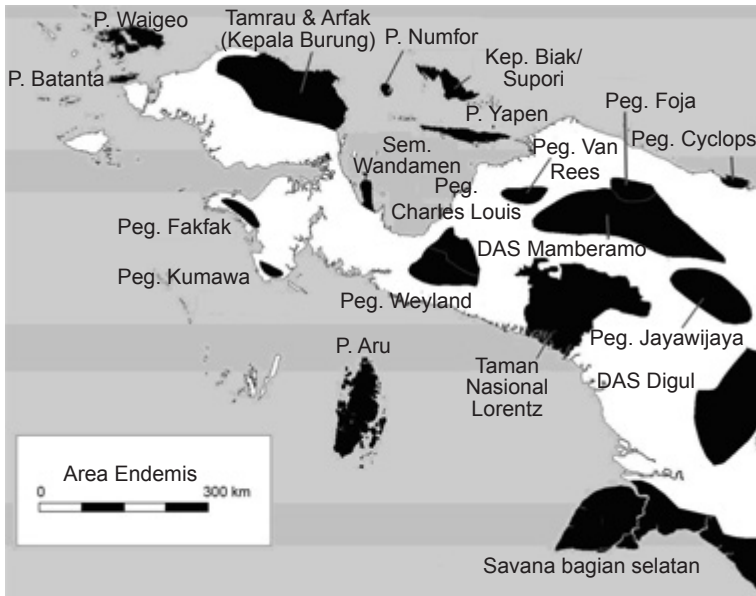
Marga lain dalam subsuku Elapinae semuanya endemik di Nugini. *Micropechis ikaheka* panjangnya dapat mencapai 2 m. Jenis ini dijumpai di berbagai jenis habitat hutan dan juga di daerah terganggu seperti perkebunan kelapa. Jenis ini terutama nokturnal dan semi-fossorial, namun kadang dijumpai di kawasan terbuka di siang hari. *Aspidomorphus* dan *Toxicocalamus* terdapat di dataran rendah sampai ketinggian sekitar 1.500 m. Dua jenis *Aspidomorphus* yang terdapat di Papua merupakan ular darat kecil, menghuni hutan dan habitat semak belukar. Empat jenis *Toxicocalamus* kebanyakan kecil, hidup di serasah daun dan terutama memangsa avertebrata berbadan lunak (O’Shea 1988). Semua jenis tampaknya ovipar.

Pusat-pusat Keendemikan

Pusat-pusat keendemikan fauna utama di Papua meliputi berbagai fragmen geologis di Nugini (misalnya, Peg. Cyclops), jajaran pegunungan yang terisolasi (misalnya, Peg. Fakfak dan Peg. Weyland), pulau-pulau satelit (misalnya, Kep. Raja Ampat dan Kep. Schouten) dan dataran rendah (misalnya, savana di bagian selatan). Kawasan-kawasan ini umumnya memiliki tingkat keendemikan dan kekayaan jenis yang tinggi untuk amfibi dan reptil (Allison 1998). Karena itu, berdasarkan hasil lokakarya Penetapan Kawasan Konservasi Keanekaragaman Hayati Irian Jaya

EKOLOGI PAPUA

(CPSW) tahun 1997 (Allison 1998, CI 1999) kawasan-kawasan ini ditetapkan sebagai wilayah keendemikan penting. Lokakarya ini mengidentifikasi 19 kawasan sebagai wilayah keendemikan penting (Gambar 4.4.13): savana bagian selatan, DAS Digul, Taman Nasional Lorentz, Peg. Charles Louis, Peg. Weyland, Peg. Kumawa, Peg. Fakfak, P. Batanta, P. Waigeo, Peg. Tamrau dan Arfak (Kepala Burung), Sem. Wandamen, P. Numfor, Kep. Biak-Supiori, P. Yapen, Peg. van Rees, DAS Mamberamo, Peg. Foja, Peg. Cyclops dan Peg. Jayawijaya. Kep. Aru juga termasuk dalam wilayah keendemikan karena seperti dijelaskan dalam pendahuluan, kepulauan ini secara biogeografis merupakan bagian dari dataran rendah bagian utara dari Nugini Barat Daya.



Gambar 4.4.13. Wilayah utama keendemikan untuk amfibi dan reptil di Papua, berdasarkan hasil lokakarya Penetapan Kawasan Konservasi Keanekaragaman Hayati Irian Jaya tahun 1997 (lihat Allison 1998), termasuk Kep. Aru.

Jumlah amfibi dan reptil endemik di Papua ada 109 jenis, tidak termasuk dua jenis yang persebaran dan lokasi tipenya tidak diketahui (*Cyrtodactylus irianjayensis* dan *Hypsilurus nigrigularis*). Ada 91 jenis

HERPETOFAUNA

(85%) yang paling sedikit berada di satu wilayah endemik CPSW. Lima puluh empat (50%) merupakan endemik (atau mendekati endemik) di satu wilayah saja dan tujuh merupakan endemik atau mendekati endemik di dua atau lebih wilayah. Tiga puluh jenis tambahan terdapat paling sedikit di satu atau lebih wilayah endemik CPSW tetapi juga terdapat di luar wilayah-wilayah tersebut.

Hanya 16 (15%) jenis amfibi dan reptil endemik Papua yang tidak terdapat di salah satu dari wilayah endemik yang disebutkan sebelumnya. Misalnya, lima jenis katak yang baru dideksripsikan dari DAS Wapoga (Günther 2001, Günther dkk. 2001, Richards 2001, Richards dan Iskandar 2000) tidak diketahui berada di salah satu wilayah keendemikan. Hal ini menunjukkan bahwa DAS ini kemungkinan kaya akan jenis-jenis endemik dan bisa menjadi salah satu wilayah keendemikan tambahan. Penelitian lebih lanjut kemungkinan besar akan menunjukkan bahwa banyak dari jenis-jenis ini juga terdapat di sekitar wilayah endemik Peg. van Rees di dekatnya atau mungkin di daerah lainnya.

Enam wilayah keendemikan memiliki sepuluh atau lebih jenis endemik Papua, yaitu (sesuai urutan kepentingan), Sem. Wandamen, Taman Nasional Lorentz, Peg. Tamrau/Arfak (Kepala Burung), Peg. Weyland, P. Yapen dan Peg. Jayawijaya. Lima daerah terpenting bagi jenis-jenis yang persebarannya terbatas (hanya di satu daerah endemik CPSW) meliputi Sem. Wandamen, P. Yapen, Taman Nasional Lorentz, Peg. Tamrau/Arfak (Kepala Burung) dan Kep. Aru. Namun analisis ini mungkin saja menyesatkan karena ada beberapa wilayah yang amfibi dan reptilnya belum pernah disurvei. Selain itu, wilayah tertentu yang menduduki urutan tinggi dalam hal jenis endemiknya sebagian besar karena kebanyakan katak yang dideskripsi di wilayah-wilayah tersebut saat ini hanya diketahui berdasarkan persebaran tipenya. Secara keseluruhan, wilayah endemik CPSW paling sedikit dihuni oleh 85% jenis herpetofauna endemik Papua.

Wilayah endemik tersebut juga termasuk yang memiliki kekayaan jenis tinggi (Allison, dalam persiapan). Paling sedikit ada sembilan wilayah yang termasuk jajaran pegunungan tersiolasi, yaitu pegunungan

EKOLOGI PAPUA

di pesisir utara seperti Peg. Cyclop dan Sem. Wandamen, yang merupakan fragmen geologi tersendiri. Enam wilayah mencakup kepulauan (termasuk Kep. Aru) yang karena isolasi geografis cenderung menjadi pusat keendemikan. Salah satu wilayah ini adalah Peg. Jayawijaya, yang mewakili jalur pegunungan utama yang secara geografis terpisah dengan pegunungan lainnya. Tiga wilayah lainnya, yaitu TN Lorentz, DAS Mamberamo dan DAS Digul merupakan campuran antara dataran rendah dan dataran tinggi. Tingkat keendemikan yang relatif tinggi di wilayah-wilayah ini kemungkinan mencerminkan keragaman habitat maupun isolasi geografis.

Tabel 4.4.4. Persebaran jenis amfibi dan reptil endemik Papua.

Kawasan	Jumlah jenis yang diwakili	Jumlah jenis endemik
Dataran Rendah Selatan	2	2
Daerah Aliran Sungai Digul	5	1
Taman Nasional Lorentz	19	7
Pegunungan Charles Louis	9	0
Pegunungan Weyland	13	1
Pegunungan Kumawa	0	0
Pegunungan Fakfak	5	1
Pulau Batanta	5	1
Pulau Waigeo	4	1
Pegunungan Tamrau dan Arfak (Kepala Burung)	19	7
Sem. Wandamen	21	13
Pulau Numfor	2	0
Kep. Biak/Supiori	4	2
Pulau Yapen	10	8
Pegunungan van Rees	1	0
Daerah Aliran Sungai Mamberambo	9	1
Pegunungan Foja	0	0
Pegunungan Cyclops	4	2
Pegunungan Jayawijaya	10	3
Kep. Aru	6	4

Wilayah lainnya, yaitu dataran rendah di selatan, mewakili satu zona iklim dengan curah hujan musiman yang tinggi, didominasi oleh vegetasi

HERPETOFAUNA

hutan savana terbuka. Hanya ada dua jenis endemik Papua yang merupakan jenis endemik wilayah ini, salah satunya adalah kura-kura *Chelodina reimanni* dan katak *Litoria quadrilineata*. Namun, tingkat keendemikan yang rendah di daerah ini kemungkinan bukan karena kondisi alami karena vegetasi hutan savana di kedua sisi perbatasan antara Indonesia dan PNG dan banyak jenis yang terbatas pada vegetasi ini juga terdapat di Australia. Analisis lain menunjukkan bahwa kawasan hutan savana di Nugini memiliki kekayaan jenis herpetofauna yang sangat tinggi (Allison dkk. 2004).

Konservasi

Tantangan konservasi paling serius yang dihadapi herpetofauna Nugini meliputi pembukaan lahan, yang menyebabkan hilangnya habitat dan penangkapan secara ilegal untuk perdagangan binatang peliharaan. Khusus bagi kura-kura dan penyu, tantangan utamanya adalah pemanenan telur dan betina yang sedang bersarang. Sumber utama kematian buaya adalah pembunuhan individu dewasa untuk diambil kulitnya.

Dampak berbagai ancaman di atas terhadap herpetofauna sulit untuk dianalisis karena kelangkaan data survei lapang yang pasti. Namun, jelas bahwa sebagian besar kawasan hutan di Papua yang terus ditebang (lihat Bab 7.4) dan pembukaan lahan untuk kegiatan pertanian, seperti untuk perkebunan kelapa sawit dan juga untuk pertanian musiman, terus meningkat. Dampak kegiatan ini paling serius di dataran rendah, namun dengan makin meningkatkan kebutuhan lahan untuk kegiatan penanaman, petani musiman kini bergerak ke dataran tinggi dan mulai mengancam daerah dataran tinggi dekat pusat-pusat pemukiman yang penting bagi keendemikan, seperti di Peg. Cyclops.

Menurut Yuwono (1998), Papua adalah pemasok terbesar untuk reptil dan amfibi hidup di Indonesia. Misalnya, sebagian besar jenis biawak merupakan jenis satwa peliharaan yang populer untuk diperdagangkan. Sebagian besar perdagangan ini didorong oleh tingginya tingkat permintaan untuk taksa-taksa yang dilarang diekspor dari Australia tetapi terdapat di Papua. Daerah penangkapan utama diduga berasal dari

Sorong, Jayapura, Wamena dan Merauke. Perdagangan amfibi dan reptil hidup legal di Indonesia sebenarnya diatur secara ketat, namun perdagangan ilegal dalam jumlah besar masih berlangsung dan terus meningkat, terutama untuk jenis-jenis langka.

Pemanenan telur kura-kura dan penyu serta betina yang bersarang diduga menjadi penyebab penurunan populasi jenis-jenis sasaran, terutama untuk penyu (Putrawidjaja 2000) dan Kura-kura moncong-babi, *Carettochelys insculpta* (Samedi dan Iskandar 2000). Pemanenan buaya pada prinsipnya diatur ketat, namun perdagangan ilegal diduga terus meningkat dan telah menurunkan atau bahkan menghilangkan populasi tersebut di beberapa lokasi.

Karena itu, pemantauan dan pengaturan secara ketat sangat penting, khususnya dalam hal: 1) perdagangan satwa peliharaan hidup untuk memastikan bahwa jenis-jenis langka tidak dipanen sampai punah; 2) pemanenan penyu dan jenis-jenis kura-kura air tawar besar dan telurnya; dan 3) pemanenan buaya. Selain itu, penetapan jaringan kawasan lindung merupakan strategi yang sangat penting. Untuk mendukung semua tindakan ini, survei fauna di seluruh provinsi penting sekali untuk dilakukan, terutama di wilayah-wilayah endemik yang telah diidentifikasi dalam CPSW, sehingga jenis-jenis baru dapat didokumentasikan persebarannya secara lebih baik. Informasi seperti ini diperlukan untuk memberikan arahan bagi penetapan prioritas konservasi dan identifikasi jenis dan kawasan yang memerlukan perlindungan formal.

Keterbatasan pengetahuan merupakan masalah serius di Papua. Berdasarkan pengalaman dari PNG, kemungkinan besar terdapat ratusan jenis katak dan reptil yang belum dideskripsikan di Papua. Komunitas ilmiah, lembaga-lembaga konservasi dan pemerintah Indonesia perlu terus bekerja sama untuk melakukan survei lapang dan memasukkan temuan mereka ke dalam perencanaan konservasi dan penetapan kebijakan untuk memastikan herpetofauna Papua yang sangat menakjubkan dapat dilindungi dan dipelihara.

4.5. *Ikan**

Di Papua terdapat 2.650 jenis ikan atau yang mewakili jenis vertebrata terbanyak. Kekayaan jenis ini dapat dipahami karena lokasi Papua di pusat “Segitiga Terumbu Karang” yang merupakan pusat keanekaragaman hayati laut dunia. Kebanyakan jenis-jenisnya terdapat di daerah terumbu karang di bagian utara Teluk Cenderawasih dan di sekitar perairan P. Biak dan Kep. Raja Ampat. Terumbu karang juga terdapat di sekitar Jayapura, pesisir Fak-Fak dan di antara Teluk Kaimana dan Teluk Etna. Survei ikhtiologi (ilmu tentang ikan) dasar masih perlu dilakukan di Papua terutama di lokasi-lokasi yang masih belum banyak diketahui.

Allen dan Adrim (2003) mencatat ada 1.362 jenis ikan karang di perairan laut Papua. Diperkirakan sekitar 1.500 jenis (73% fauna penghuni terumbu karang di seluruh Indonesia) terdapat di Papua. Berdasarkan penelitian yang dilakukan di PNG, paling sedikit ada 750 jenis ikan yang kemungkinan besar juga ada di Papua, termasuk berbagai jenis Elasmobranchidae (60 jenis), ikan laut dalam (200 jenis), penghuni permukaan dan kolom air (70 jenis), penghuni terumbu karang dalam (70 jenis) dan ikan-ikan dasar pada habitat bukan karang dekat pantai (350 jenis). Bab ini membahas dua komponen utama fauna ikan yaitu ikan karang dan ikan air tawar yang sudah dikaji cukup mendalam. Fokus uraian ini mencakup asal-usul fauna, komposisi, ekologi, biologi dan konservasi.

Ikan Karang

Asal-usul dan Komposisi

Seperti diuraikan dalam Bab 2.1 koleksi awal fauna ikan sudah mulai berlangsung di awal abad ke-18 oleh beberapa ekspedisi dari Prancis, khususnya di Kep. Raja Ampat. Deskripsi 30 jenis ikan dipublikasikan pada tahun 1824. Sejak itu, ekspedisi lainnya telah dilakukan oleh

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “Fishes of Papua”, Gerald R. Allen.

ilmuwan dari Inggris, Belanda, Jerman, Australia dan Amerika. Pada tahun 1956, Munro menerbitkan daftar 1.350 jenis ikan laut yang dikenal di Nugini. Daftar ini kemudian direvisi oleh Kailola (1987-1991).

Perhatian kepada ikan karang Papua sampai sekarang masih terbatas, kecuali di Kep. Raja Ampat yang telah menarik perhatian para ilmuwan dan penjelajah Eropa. Kebanyakan kegiatan yang berkaitan dengan penelitian ikan dilakukan oleh para peneliti Belanda. Weber dan de Beaufort tertarik pada ikan-ikan air tawar dan laut Nugini dan menyumbang pengetahuan tentang ikan di Raja Ampat selama paruh pertama abad ke-20. Kegiatan de Beaufort (1913) adalah usaha penelitian yang paling menyeluruh untuk ikan-ikan Kep. Raja Ampat hingga sekarang dan termasuk 117 jenis ikan yang ditemukan oleh de Beaufort pada rentang antara 1909-1910. Weber dan de Beaufort dan berbagai peneliti lainnya, termasuk Koumans, Chapman dan Briggs, menambahkan 67 catatan-catatan dari P. Waigeo dan P. Misool untuk *Ikan-ikan Kepulauan Indo-Australia* (11 jilid dipublikasikan antara tahun 1921 dan 1962). Ekspedisi Denison-Crockett Pasifik Selatan melakukan koleksi kecil di P. Batanta dan P. Salawati; ada 29 jenis yang dilaporkan oleh Fowler (1939). Koleksi ikan penting lainnya dilakukan oleh Collette (1977), yang melaporkan 37 jenis dari habitat bakau di P. Misool dan P. Batanta. Observasi ikan yang terkini dan terlengkap di Kep. Raja Ampat berlangsung antara tahun 1998 dan 2002 (Allen 2002, 2003).

Sebagai bagian dari komunitas fauna Indo-Pasifik Barat, ikan karang serupa dengan jenis-jenis yang mendiami kawasan yang luas dari Afrika Timur dan L. Merah hingga pulau-pulau Mikronesia dan Polinesia. Kebanyakan suku, marga dan jenis umumnya terdapat di sepanjang kawasan ini, walaupun komposisi jenisnya sangat bervariasi menurut lokasi. Suku yang paling kaya akan jenis di terumbu karang di Papua adalah ikan gobi (*Gobiidae*), napoleon (*Labridae*), ikan gadis (*Pomacentridae*), ikan kardinal (*Apogonidae*), guropa (*Serranidae*), ikan kupu-kupu (*Chaetodontidae*), ikan bedah (*Acanthuridae*), ikan blen (*Blenniidae*), ikan kakatua (*Scaridae*), ikan merah (*Lutjanidae*) dan belut morai (*Muraenidae*). Kesebelas suku ini merupakan 60%-65% fauna karang total di lokasi mana saja di kawasan ini.

IKAN

Papua juga berada di wilayah Indo-Australia dan keanekaragaman jenis laut di pulau ini tertinggi di dunia. Di wilayah Segitiga Terumbu Karang (mencakup Indonesia, Filipina bagian utara dan PNG bagian selatan; Bab 5.2) ini semakin jauh jarak lokasi dari pusatnya, keanekaragaman jenis umumnya cenderung menurun. Misalnya, untuk ikan gadis suku Pomacentridae, Indonesia memiliki jumlah jenis total sekitar 138, dibandingkan dengan PNG (109), Australia bagian utara (95), Thailand bagian barat (60), Kep. Fiji (60) dan Kep. Hawaii (15) (Allen 1991). Kep. Raja Ampat yang sangat dekat dengan pusat segitiga memiliki 114 jenis ikan gadis; merupakan jumlah tertinggi jika dibandingkan dengan pulau lain yang seukuran di dunia.

Di Papua, Kep. Raja Ampat memiliki keanekaragaman ikan karang yang tertinggi. Allen (2001, data belum dipublikasikan) mencatat 1.074 jenis ikan karang yang sebagian besar (60%) tersebar luas di kawasan Indo-Pasifik. Angka ini tidak mengherankan karena hampir semua jenis ikan karang memiliki fase larva yang dapat terbawa arus permukaan dengan variasi waktu tertentu. Selain itu, 17% di antaranya menyebar luas di perairan tropis Pasifik Barat dan 20% menyebar terbatas di kepulauan Indo-Australia. Kelompok jenis terakhir ini umumnya tidak mampu menyebar secara efisien sehingga tidak dapat memanfaatkan berbagai habitat laut.

Pengamatan bawah air yang dilakukan oleh Allen di Indonesia selama lebih dari 30 tahun terakhir ini menunjukkan bahwa sekitar 100-330 jenis ikan karang terlihat selama penyelaman dengan waktu antara satu hingga dua jam. Jumlah ini termasuk jenis-jenis yang teramati pada siang hari oleh pengamat yang terlatih. Ukuran keunggulan suatu lokasi pengamatan umumnya ditentukan berdasarkan jumlah minimum jenis ikan karang yang teramati, yaitu 200 jenis. Kep. Raja Ampat memiliki keanekaragaman yang menakjubkan: tolok ukur tersebut teramati di 52% lokasi penyelaman di kepulauan ini, lebih dua kali lipat dari Kep. Togian dan Kep. Banggai di Sulawesi (Allen 2001, belum dipublikasikan).

Menurut Randall (1998) ada beberapa faktor kunci yang memengaruhi perkembangbiakan jenis ikan karang di kepulauan Indonesia dan

EKOLOGI PAPUA

sekitarnya. Salah satunya adalah bentuk fisik kawasan, sejarah geologi dan pengaruh iklim. Indonesia paling sedikit terbentuk dari tiga lempeng benua berbeda yang bergabung karena gerakan tektonis (Hall 1996, 1998) (Bab 2.1). Jelas bahwa masing-masing lempeng menyumbang kekayaan fauna terumbu karang yang ada sekarang.

Iklim berperan penting karena iklim yang stabil sepanjang sejarah mencegah kepunahan massal seperti yang pernah terjadi di tempat lain. Tingkat permukaan laut yang lebih rendah selama jaman es juga berperan sebagai penghalang sehingga membagi persebaran jenis yang sebelumnya tersebar luas dan memberi peluang untuk evolusi secara mandiri (Bab 4.1) karena adanya jembatan daratan antara Samudra Hindia dan Pasifik selama 700.000 tahun terakhir (Allen 1975, Chappell 1981, Potts 1983). Walaupun penghalang daratan (Randall 1998) tidak lengkap, tampaknya ada penghalang lain yang berperan, seperti salinitas rendah dan kekeruhan yang tinggi karena buangan dari sungai sehingga menghalangi persebaran. Randall menyatakan bahwa sejarah hidup ikan juga berpengaruh. Misalnya, kawasan ini dihuni oleh populasi ikan yang relatif memiliki fase larva yang singkat seperti Pomacentridae yang fase larvanya berlangsung 7-18 hari (Thresher dkk. 1989) sehingga tidak dapat menyeberangi penghalang laut yang dalam. Selain itu, banyak jenis yang berkembang di kawasan-kawasan tepi dan akhirnya terangkut ke kawasan ini oleh gerakan arus (Ladd 1960, Woodland 1983, Donaldson 1986, Jokiell dan Marinelli 1992) sehingga memerkaya komunitas ikan karang Indonesia.

Ekologi

Ikan karang menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Tiap jenis memiliki pilihan habitat tertentu yang dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti ketersediaan pakan dan perlindungan, kondisi fisik seperti kedalaman air, kejernihan, arus dan gelombang. Kelimpahan jumlah jenis ikan di suatu terumbu karang yang mencerminkan variasi habitat di ekosistem ini. Ikan karang juga menunjukkan pemilahan habitat yang lebih tinggi daripada ikan di laut yang lebih dingin. Contoh

yang jelas tentang indikasi ini terlihat pada bulu babi jenis Clingfish (*Diademichthys lineatus*). Jenis ini umumnya ditemui di antara duri-duri bulu babi jenis *Diadema* atau di dekat karang bercabang, utamanya memakan kaki dari inang bulu babi atau jenis moluska penggali karang. Terumbu karang dihuni oleh banyak sekali jenis ikan yang variasi pilihan habitat dan jenis makanannya sangat tinggi. Kedalaman air adalah faktor pembeda yang penting. Ada tiga golongan habitat menurut kedalaman air: dangkal (0-4 m), sedang (5-9 m) dan dalam (> 20 m). Namun batas atas dan bawah zona ini dapat bervariasi di tempat-tempat khusus, sesuai dengan tingkat naungan dan kondisi umum laut.

Lingkungan terumbu karang dangkal dicirikan oleh pergerakan gelombang yang kecil sehingga merupakan daerah yang terlindungi, misalnya teluk dan laguna yang pengaruhnya hanya beberapa sentimeter. Sebaliknya, di daerah karang luar yang terbuka, pengaruh gelombang permukaan dapat mencapai sekitar 10 m. Zona peralihan menampung kelimpahan jenis ikan dan karang yang terbesar karena gerakan gelombang relatif kecil. Walaupun arus terkadang kuat, penetrasi cahaya paling optimal untuk pertumbuhan terumbu karang. Bagian karang luar di bagian dalam dicirikan oleh kurangnya penetrasi cahaya matahari dan kurangnya jenis karang dan ikan. Jumlah jenis ikan berkurang di perairan dalam tetapi jenis ikannya paling menarik di antara semua jenis ikan. Selama 40 tahun terakhir para ilmuwan penyelam telah mengumpulkan banyak jenis ikan baru di daerah terumbu karang. Kecenderungan ini terus berlanjut hingga kini.

Terumbu karang Papua dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama: terumbu karang dekat pantai yang terlindung dan terumbu karang luar (Bab 5.2). Dalam kondisi optimal, kedua habitat ini dapat mendukung tutupan karang yang luas hingga sekitar 100%. Terumbu karang pantai dan dekat pantai sering dipengaruhi oleh aliran air tawar dan sedimentasi sehingga kecerahannya sangat berkurang, terutama di musim hujan saat volume aliran sungainya paling tinggi. Terumbu karang pantai dan laguna juga dicirikan oleh hamparan pasir yang luas atau endapan dasar yang mendukung perkembangan lamun. Umumnya habitat terumbu karang dan laguna jarang melewati 25 m. Selain itu,

pertumbuhan karang umumnya jarang melebihi kedalaman 15 m karena sedimentasi.

Karang luar sering memiliki struktur yang terdiri dari hamparan karang dangkal yang luas, kumpulan ganggang, zona karang depan dan zona luar yang dalam. Di beberapa lokasi di Papua, dasar perairan pantai berbatu langsung berhubungan dengan zona laut dalam. Perairan yang paling jernih ditemukan pada karang luar dan kecerahan bawah air yang dapat mencapai 30 m. Pertumbuhan karang melimpah pada kedalaman 5-15 m. Di perairan dangkal, pertumbuhan karang terhambat oleh gelombang yang kuat, sementara di perairan dalam kendalanya adalah berkurangnya penetrasi cahaya matahari. Walaupun kebanyakan terumbu karang tidak tumbuh subur di kedalaman 30-40 m, sejumlah ikan karang terdapat di kedalaman ini.

Keendemikan dan Pusat Keanekaragaman

Seperti dijelaskan dalam Bab 1.1., istilah “endemik” umumnya digunakan oleh para pakar biogeografi untuk mengacu pada suatu organisme yang persebarannya terbatas di lokasi tertentu. Daerah persebaran bisa jadi sangat kecil seperti danau kecil atau luas seperti di pulau Nugini atau di seluruh Samudra Pasifik. Flora dan fauna endemik di suatu daerah yang sangat terbatas sangat mudah terserang berbagai ancaman, khususnya bila dekat dengan pusat kegiatan manusia. Karena itu, jenis-jenis ini menjadi perhatian para pemerhati konservasi.

Keendemikan regional dan lokal sering digunakan untuk menetapkan pusat-pusat lokasi keanekaragaman (*hotspots*) yaitu daerah-daerah yang memiliki sejumlah jenis organisme endemik. Mengingat kemampuan persebaran ikan-ikan karang yang luas pada fase larva, maka ada lima jenis ikan yang tergolong endemik Papua (Allen dan Adrim 2003), yaitu Hiu Hemiscyllid (*Hemiscyllium freycineti*, Quoy dan Gaimard); dua jenis ikan kardinal (Apogonidae) yaitu *Apogon leptofasciatus* dan *A. oxygrammus* (Allen 2001a); ikan gadis (Pomacentridae: *Chrysiptera pricei*, Allen dan Adrim 1992) dan ikan gobi (Gobiidae: *Eviota raja*, Allen 2001b). Kecuali jenis *Chrysiptera pricei* yang berasal dari P. Yapen,

IKAN

semua jenis lain hanya terdapat di Kep. Raja Ampat. Karena itu, Kep. Raja Ampat merupakan pusat keanekaragaman untuk keendemikan regional Indonesia (Allen dan Adrim 2003).

Biologi

Ikan karang memiliki dua pola reproduksi utama, yaitu pembuahan telur secara eksternal dan jenis yang meletakkan telur di celah-celah batu atau substrat lainnya. Kebanyakan ikan karang menggunakan cara yang pertama. Betina umumnya, termasuk jenis ikan napoleon dan kakatua, menebarkan banyak telur kecil di perairan terbuka yang kemudian dibuahi oleh ikan jantan. Proses perkawinan umumnya didahului oleh iring-iringan yang saling berkejaran, yang diikuti perubahan warna sementara dan perkawinan ditandai oleh sirip yang berdiri tegak. Perilaku ini umumnya berlangsung singkat, sering setelah matahari terbenam. Perilaku ini terlihat pada berbagai kelompok ikan seperti misalnya ikan kadal, ikan peri, napoleon, ikan kakatua dan ikan boks. Telur-telur yang telah dibuahi mengapung di dekat permukaan dan menyebar terbawa gelombang, angin dan arus. Penetasan akan terjadi dalam beberapa hari dan larva yang masih muda sangat bergantung pada kondisi lingkungan yang baik untuk berkembang. Kajian-kajian terkini tentang cincin pertumbuhan harian yang terdapat pada bagian telinga ikan-ikan karang menunjukkan bahwa tahap larva umumnya berlangsung antara 1-8 minggu, sesuai jenis ikan. Periode larva yang panjang diyakini sebagai satu faktor yang menyebabkan ikan karang dapat menyebar luas.

Pola reproduksi kedua adalah dengan meletakkan telur di bagian dasar, sering berada di celah-celah batu, cangkang yang kosong, hamparan pasir, atau di permukaan avertebrata seperti spons atau karang. Jenis-jenis ikan yang termasuk dalam golongan ini adalah ikan gadis, ikan blen, gobi dan ikan penggerak. Jenis-jenis ini sering menyiapkan bagian permukaan sebelum meletakkan telur dengan cara membersihkan detritus dan alga. Pada beberapa jenis kedua induk menunjukkan perilaku menjaga sarang; telur-telur dibebaskan dari kotoran dan dilindungi dari

EKOLOGI PAPUA

potensi bahaya ikan pemakan telur seperti ikan napoleon dan ikan kupu-kupu. Pola perhatian induk umumnya terlihat pada ikan kardinal yang pejantannya melindungi telur-telur di dalam mulutnya. Demikian juga pejantan ikan pipa dan kuda laut yang menjaga telur-telurnya di bagian bawah ekor. Ukuran telur umumnya lebih besar dan jumlahnya lebih sedikit, masa inkubasinya lebih lama dan menetas pada tahap yang lebih sempurna dibandingkan dengan telur dan larva ikan yang memijah di permukaan air. Penetasan membutuhkan waktu hingga satu minggu dan larva akan berkembang dan berada pada kolom air hingga beberapa minggu sebelum menetap di dasar habitat karang yang sesuai.

Informasi tentang umur hidup ikan-ikan karang masih belum banyak diketahui. Hiu lemon kemungkinan dapat mencapai umur 50 tahun. Hiu-hiu lainnya mungkin hidup 20-30 tahun. Jenis ikan-ikan karang yang besar seperti guropa, ikan merah dan ikan emperor cenderung hidup lebih lama dibandingkan jenis ikan-ikan kecil. Kebanyakan pengetahuan tentang ikan-ikan karang kecil berasal dari kajian-kajian yang dilakukan di akuarium. Umur hidup ikan-ikan yang dipelihara dalam karamba mungkin lebih panjang karena kurangnya pemangsaan dan adanya perlindungan buatan.

Konservasi

Kekayaan ekosistem laut Papua memungkinkan kondisinya relatif terlindung karena jumlah penduduknya rendah. Namun ada kecenderungan yang mengkhawatirkan, terutama karena meningkatnya penggunaan cara penangkapan ikan yang merusak, yang menyebabkan penurunan populasi ikan hiu dan ikan-ikan besar lainnya. Ikan hiu dan jenis-jenis ikan besar jarang ada di Papua, khususnya di Raja Ampat. Situasi ini khas di Indonesia karena penangkapan berlebihan yang menggunakan metode yang merusak lingkungan seperti bom dan potasium sianida. Kelangkaan jenis guropa besar (*Cromileptes*, *Epinephelus* dan *Plectropomus*) dan ikan Napoleon wrasse (*Cheilinus undulatus*) disebabkan oleh perdagangan ikan hidup untuk kebutuhan restoran di Hongkong. Indikasi ini terlihat

nyata dengan meningkatnya kedatangan kapal penangkap ikan dari daerah lain di Indonesia ke Papua.

Nelayan luar yang datang jarang menghargai hak-hak penangkapan ikan masyarakat lokal sehingga sering menimbulkan konflik. Situasi yang parah terjadi di daerah yang jauh karena lemahnya penegakan hukum. Masyarakat lokal tersingkir dari daerah penangkapan ikan tradisional oleh pihak luar yang kadang bersenjata dan berbahaya. Pihak luar mengambil hasil dan mengangkut ikan-ikan hidup dalam karamba apung. Karena itu, program-program pemberdayaan masyarakat perlu dirancang agar masyarakat lokal dapat memperoleh kembali hak-hak atas daerah penangkapan tradisional dengan menerapkan denda dan hukuman terhadap siapa saja yang menggunakan cara penangkapan yang merusak. Selain itu, praktik penangkapan ikan hidup seperti guropa dan napoleon di daerah terumbu karang perlu dihentikan atau lebih diawasi agar bermanfaat bagi masyarakat lokal.

Penangkapan ilegal namun juga terjadi di Kep. Raja Ampat, tetapi dampaknya lebih ringan daripada di bagian lain di Indonesia. Kajian cepat yang dilakukan oleh CI tahun 2001 menunjukkan bahwa sebagian besar dari 44 lokasi penyelaman yang diamati dalam kondisi baik, walaupun ada tujuh lokasi yang rusak karena penggunaan bom. Pengamatan terhadap ikan Napoleon wrasse, jenis indikator tekanan penangkapan, menunjukkan bahwa jenis ini telah mengalami eksploitasi berlebihan, situasi yang umum di seluruh perairan Indonesia.

Beberapa kawasan terumbu karang telah ditetapkan sebagai kawasan lindung, namun sebagian besar tidak memiliki perangkat penegakan hukum sehingga menjadi taman laut di atas kertas saja. Karena itu kebutuhan untuk mengembangkan jaringan taman laut yang efektif di Papua perlu segera dilakukan sebelum terlambat. Pengendalian tekanan penangkapan ikan jelas akan memengaruhi laju pertumbuhan populasi ikan karang dan juga ikan-ikan besar lainnya, seperti ikan merah (*Lutjanidae*) dan ikan gading (*Choerodon: Labridae*).

Kegiatan penebangan hutan yang tidak terkendali juga merupakan ancaman terhadap ikan-ikan karang, karena tanah yang tererosi

menutup polip-polip karang dan juga sedimentasi yang menyebabkan pendangkalan. Kegiatan penebangan hutan liar di kawasan lindung terus berlangsung dan menjadi masalah, khususnya di P. Waigeo dan P. Batanta. Walaupun masih dalam skala kecil, kegiatan wisata selam terus berkembang selama beberapa tahun terakhir. Sejumlah kapal pesiar kini beroperasi di Kep. Raja Ampat dan kawasan wisata menyelam juga mulai bermunculan. Karena itu karang perlu dilindungi dari kerusakan karena penggunaan jangkar, demikian juga pengenaan biaya masuk kawasan yang menguntungkan masyarakat di perkampungan sekitar lokasi-lokasi penyelaman yang populer. Industri wisata selam telah terbukti saling mendukung dengan kegiatan konservasi ekosistem karang, jika dikendalikan dengan baik, seperti di Taman Nasional Laut Bunaken di Sulawesi Utara.

Ikan Air Tawar

Nugini merupakan salah satu kawasan terkaya akan fauna ikan laut di dunia, namun jenis ikan air tawarnya hanya sekitar 400 jenis (Allen 1991, data belum dipublikasikan), dibandingkan dengan S. Kapuas di Kalimantan yang memiliki sekitar 300 jenis (Roberts 1989). Meskipun demikian, ikan air tawar di Nugini sangat luar biasa dan perlu mendapat perhatian khusus. Seperti dikutip dalam Bab 2.1 deskripsi pertama tentang ikan air tawar (*Arius leptaspis*) di Papua dilakukan oleh Pieter Bleeker (1868) setelah ekspedisi Belanda di Papua tahun 1903 dan 1920. Kebanyakan koleksinya diringkaskan oleh Weber (1913) dan Weber dan de Beaufort (1911-1962; 11 jilid ikan-ikan di Kep. Indo-Australia).

Kebanyakan spesimen yang terkumpul dalam eksplorasi tersebut sekarang disimpan di Museum Zoologi Amsterdam. Para penjelajah tersebut di atas terhalang oleh keterbatasan sarana di daerah pedalaman dan penyakit, terutama malaria. Akibatnya, koleksi umumnya terbatas dari lokasi-lokasi di dekat pantai atau di pedalaman yang memiliki sungai-sungai besar. Faktor-faktor penghambat ini terus berlangsung hingga kini. Penggunaan helikopter yang meningkat sejalan dengan kegiatan pertambangan dan penebangan juga telah membantu eksplorasi biologi di daerah-daerah yang sulit dijangkau.

IKAN

Kegiatan koleksi pada tahun 1921- 1982 hanya sedikit sekali, kecuali pada tahun 1954-1955. Jenis-jenis ikan yang dikoleksi dalam ekspedisi terakhir ini berasal dari berbagai daerah di Papua, yang akhirnya dilaporkan oleh Allen dan Boeseman (1982). Spesimennya disimpan di National Museum of Natural History (Leiden) dan the Western Australian Museum (Perth).

Antara tahun 1983-2002 Allen berkunjung ke Papua sembilan kali, mengoleksi dari beberapa lokasi berikut: sekitar Jayapura, S. Mamberamo, D. Bira, Nabire, Timika, D. Paniai, S. Wapoga, P. Yapen, P. Biak, D. Yamur, Teluk Etna, D. Triton, Sem. Bomberai, daerah Kepala Burung dan Kep. Raja Ampat. Koleksi-koleksi ini disimpan di Museum Zoologense Bogoriense di Bogor dan the Western Australian Museum (Perth).

Asal-usul, Komposisi dan Persebaran

Karena sejarah geologinya, hampir semua suku, sebagian besar marga dan sekitar 34 jenis ikan air tawar terdapat di Nugini dan Australia. Dua suku yang berkerabat dekat, yaitu ikan pelangi (*Melanotaeniidae*) dan mata biru (*Pseudomugilidae*) merupakan jenis-jenis endemik di kawasan gabungan ini. Fauna ikan di kawasan ini sangat berbeda dengan yang ada di Asia Tenggara, Afrika dan Amerika Selatan yang didominasi oleh suku *Cichlidae* dan divisi utama *Ostariophyidae* seperti jenis ikan mas dan ikan lele. *Cichlidae* baru-baru ini diintroduksi ke kawasan Nugini dan *Ostariophyidae* hanya diwakili oleh *Plotosidae* dan *Ariidae*. Berbeda dengan ikan dari divisi utama yang berkembangbiak sepenuhnya di air tawar, jenis-jenis dari suku terakhir ini diperkirakan sebagai divisi kedua ikan yang berasal dari laut. Pada kenyataannya, semua ikan di kawasan ini, kecuali ikan paru Australia (*Neoceratodus*), arowana (*Scleropages*) dan kemungkinan *Galaxiidae* (suku di Australia Selatan) sebenarnya berasal dari laut. Di sebelah barat Papua, kecuali Timor dan Sulawesi bagian barat, dulu merupakan bagian dari lempeng benua Asia, yang sekitar 20 juta tahun lalu terpisah dari lempeng Nugini-Australia. Sampai sekarang, laut yang dalam berperan sebagai penghalang efektif untuk mencegah

persebaran ikan air tawar. Max Weber menggambarkan batas peralihan persebaran ikan ini pada tahun 1919, dengan menetapkan “Garis Weber” yang berada di sebelah barat Kep. Raja Ampat hingga ke batas timur Garis Wallace yang lebih terkenal.

Informasi terinci tentang evolusi fauna ikan air tawar saat ini masih sangat terbatas. Tidak ada fosil yang mungkin dapat membantu untuk mengetahui asal-usul fauna ikan air tawar. Lempeng selatan Nugini dipastikan merupakan lokasi ikan paru (lungfish), sama dengan di bagian utara Australia selama lebih dari 100 juta tahun (Kemp dan Molnar 1981). Anehnya, jenis ikan ini tidak bertahan hidup di Nugini. Kemungkinan, ikan tertua yang ditemukan adalah *Saratoga (Sclerropages jardinii)*, anggota dari suku primitif Osteoglossidae. Suku-suku lain di laut seperti ikan lele Ariid dan Plotosidae, Atherinidae dan Gobiidae menyediakan inti evolusi fauna ikan sekarang ini. Ikan-ikan ini kemungkinan mencapai lempeng utara yang hanyut (Australia dan Nugini bagian selatan) sesudah lempeng ini mencapai posisinya sekarang, dekat dengan kepulauan Indonesia. Beberapa jenis asli yang mengoloni, yang cukup umum ditemukan jelas telah tiba dalam bentuk telur atau larva seperti yang terjadi pada ikan-ikan di kawasan pesisir. Karena itu, jenis-jenis ikan tertentu dari laut, terutama penghuni perairan payau, dapat mencapai perairan di pedalaman. Setelah berhasil berkembang di habitat yang baru ini, maka proses evolusi mulai berlangsung dan populasi tertentu menjadi terpisah karena berbagai kendala fisik alami yang terjadi akibat kejadian-kejadian geologi yang luar biasa. Kelompok ikan air tawar terbesar di Papua adalah suku Ariidae dan Plotosidae (keduanya mencapai 32 jenis), ikan pelangi, ikan Atherinoidae (53 jenis) dan ikan gobi (90 jenis). Kelompok utama ini mewakili 56% dari jumlah jenis seluruhnya.

Persebaran jenis ikan air tawar sangat berhubungan dengan proses geologi pulau. Wilayah utama distribusi ikan air tawar ada dua, yang dipisahkan oleh jajaran pegunungan tengah. Wilayah selatan memiliki keanekaragaman jenis yang jauh lebih tinggi, yang mencerminkan sejarah evolusi di lingkungan yang stabil, karena dulu merupakan bagian dari Lempeng Australia. Di wilayah ini ada 30 jenis ikan air tawar yang

IKAN

juga terdapat di Australia. Wilayah utara Nugini terbentuk pada masa geologi yang relatif baru (10 juta tahun lalu, Bab 2.1, Loeffler 1977). Hal ini terbukti dari komponen fauna di kawasan utara yang berasal dari fauna selatan yang lebih tua. Jenis-jenis di kawasan utara diperkirakan berkembang dari jenis dari selatan yang kemudian terisolasi karena proses terangkatnya pegunungan tengah sekitar 5-6 juta tahun lalu.

Ikan-ikan asli tidak ada pada ketinggian di atas 1.800 m. Ikan di dataran tinggi umumnya terbatas di kawasan lembah dengan kemiringan rendah, daerah peralihan yang landai di hulu-hulu sungai dan habitat-habitat danau. Ikan-ikan asli umumnya tidak ada di dataran tinggi, kecuali habitat yang sesuai tersedia seperti kawasan lembah Baliem yang luas. Kelangkaan ini kemungkinan bersumber dari kejadian geologi sebelumnya di pegunungan tengah, peristiwa vulkanik dan proses glasiasi sekitar 300.000 tahun lalu. Jenis-jenis ikan yang berhasil mencapai kawasan pegunungan adalah ikan lele Plotosidae dan Gobiidae. Walaupun kawasan utama fauna ikan dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama di Nugini, paling sedikit ada empat wilayah yang berbeda di dalamnya (Allen 1991a,b). Pembagian wilayah ini didasarkan atas keberadaan sejumlah jenis-jenis endemik regional. Tiga dari ke-empat wilayah persebaran, yang sebagian atau seluruhnya terdapat di Papua, diuraikan secara ringkas berikut ini.

Wilayah Selatan

Wilayah ini mencakup bagian Nugini selatan yang luas, dari bagian leher Sem. Kepala Burung Papua hingga Sungai Purari di PNG sepanjang 1.200 km, yaitu di dataran rendah tanah aluvial. Suku-suku yang terutama endemik adalah Ariidae (10 jenis), Eleotridae (6 jenis) dan Plotosidae (5 jenis). Selain 35 jenis yang endemik, wilayah ini juga memiliki 34 jenis yang juga terdapat di Australia bagian utara. Ada 4 marga yang endemik dari suku Ariidae (*Cochlefelis*, *Doiichthys*, *Nedystoma* dan *Tetranesodon*). Di Papua wilayah ini memiliki sekitar 70 jenis. Kep. Aru yang terletak sekitar 120 km di selatan Papua termasuk dalam wilayah ini, tetapi fauna ikan air tawarnya tidak banyak diketahui dan tidak ada koleksi yang dilakukan sejak ekspedisi Belanda di awal tahun 1900.

EKOLOGI PAPUA

Ikan air tawar di kepulauan ini diperkirakan sama dengan yang ada di Nugini, tetapi diperlukan survei untuk mengevaluasi kembali keadaan sekarang karena kemungkinan tingkat keendemikannya tinggi.

Wilayah Utara: Mamberamo-Sepik

Wilayah yang terluas ini mencakup setengah bagian utara pulau Nugini, yang dialiri empat sungai besar: Mamberamo, Sepik, Ramu dan Markham. Dataran rendah di daerah aliran sungai-sungai ini mengalami banjir berkala. Sungai-sungai utama juga memiliki ciri kaki bukit dan pegunungan rendah, tanpa ada penghalang yang berarti. Karena itu fauna ikannya cukup seragam, terdiri dari 145 jenis, 57 jenis di antaranya ikan air tawar murni (termasuk 7 hasil introduksi) dan lainnya adalah ikan laut yang sebagian fase hidupnya berlangsung di laut. Sejumlah jenis yang endemik yaitu Ariidae (5 jenis), Melanotaeniidae (18 jenis), Gobiidae (6 jenis) dan kerabat gobi (8 jenis), juga dua marga endemik (*Chilatherina* dan *Glossolepis*).

Wilayah Barat

Wilayah ini terdiri dari Sem. Kepala Burung, Sem. Bomberai (terletak masing-masing di utara dan selatan Teluk Bintuni) dan juga kawasan pegunungan di sebelah barat Teluk Etna. Wilayah ini merupakan bagian paling barat pulau dan terisolir oleh daerah pegunungan yang sempit. Habitat utamanya adalah hutan hujan tropis dataran rendah dengan kawasan batuan kapur yang luas. Sepanjang pesisir utara Kepala Burung juga terdapat pegunungan tinggi; Kep. Raja Ampat termasuk dalam wilayah ini. Empat pulau terbesar, Waigeo, Batanta, Salawati dan Misool, terhubung dengan pulau utama (Nugini) sekitar 10.000 tahun lalu saat tinggi permukaan laut lebih rendah 100 m dari tinggi sekarang. Sekitar 90 jenis telah diketahui dari wilayah ini termasuk 30 jenis ikan air tawar murni dan lima jenis introduksi. Kelompok endemik yang terbesar adalah ikan pelangi (15 jenis) dan kerabat gobi (6 jenis). Bagian leher burung yang sempit memiliki jenis endemik tinggi, khususnya daerah batuan kapur yang terjal antara Teluk Arguni dan Teluk Etna. Walaupun jenis

IKAN

yang terdokumentasi baru sedikit, kebanyakan jenis endemik di kawasan yang sempit. Tingkat keendemikan yang tinggi terdapat di D. Triton, Lembah Mbutu dan D. Kaifayama, yang terletak tepat di sebelah barat Teluk Etna. Satu jenis endemik ikan pelangi marga (*Pelangia*) diketahui hanya berasal dari Lembah Mbutu.

Ekologi

Perairan tawar dapat digolongkan menjadi habitat 'lotik' (perairan mengalir) dan 'lentik' (perairan tergenang) (Bab 5.3) yang keduanya terdapat di Papua dan merupakan habitat utama ikan air tawar. Di setiap ekosistem utama terdapat variasi yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kejernihan air, kecepatan aliran, suhu, tipe substrat, ketersediaan perlindungan dan penetrasi cahaya. Setiap lokasi perairan tawar di Papua umumnya dihuni oleh beberapa jenis ikan (2-14 jenis per lokasi).

Ikan yang menghuni aliran sungai atau kolam tertentu menyesuaikan diri dengan keadaan lingkungan dan kelangsungan hidupnya yang bergantung pada ketersediaan pakan yang memadai, perlindungan dan kondisi yang memungkinkan terjadinya pemijahan. Ketersediaan pakan sangat bervariasi menurut musim dan daur hidup yang perlu memanfaatkan ketersediaan sumber daya secara maksimum untuk pertumbuhan larvanya. Banyak jenis ikan air tawar di Papua, seperti ikan lele dan ikan kaca melakukan pemijahan selama musim hujan. Strategi ini memberikan kesempatan ikan muda untuk meningkatkan kelangsungan hidupnya karena kondisi luapan air saat hujan yang mencapai vegetasi di pinggir sungai yang dapat menyediakan perlindungan. Selain itu, kekeruhan juga memberikan perlindungan dari burung dan ikan pemangsa.

Rantai makanan di perairan tawar merupakan interaksi yang kompleks antara organisme-organisme yang merupakan produser dan konsumen. Ikan berperan penting karena menggunakan sumber daya makanan yang bervariasi seperti detritus, alga berukuran kecil (diatom), serpihan alga berfilamen, tumbuhan dasar, berbagai ragam plankton (khususnya krustasea), serangga air dan darat beserta larva dan juga berbagai binatang kecil yang umum ditemui di tepi sungai. Pada

gilirannya ikan akan dimangsa oleh berbagai pemangsa, terutama ikan dan manusia. Burung khususnya memangsa ikan dalam jumlah besar selama musim kemarau.

Biologi

Ada beberapa pola reproduksi ikan air tawar di Papua (lihat bagian ikan laut sebelumnya), tetapi pola yang paling umum adalah pembuahan telur secara eksternal. Pemijahan umumnya terjadi di dasar perairan, ikan meletakkan telur di dasar air pada substrat batuan, kerikil, tumbuhan dan serpihan untuk melindungi telur dari pemangsa (terutama ikan-ikan yang memangsa di permukaan dan kolom air) dan melindungi telur dari panas atau benturan yang dapat terjadi bila berada di permukaan air. Perilaku seperti ini sangat berbeda dengan perilaku ikan laut yang mengapungkan telur dan larva di permukaan air.

Ikan umumnya menyebarkan telurnya secara acak di bagian dasar perairan, tetapi jenis ikan lain seperti ikan lele, ikan gobi dan ikan kerabat gobi (Eleotridae) membuat sarang dan memerlihatkan perilaku perawatan sampai anak-anaknya dapat hidup mandiri. *Sarotherodon mossambica* yang diintroduksi menunjukkan perilaku menjaga anak hingga beberapa minggu. Belut air tawar (Anguillidae) dan ikan barramundi (*Lates calcarifer*) melangsungkan siklus hidup katadromus, yang menghabiskan waktu selama masa dewasa di air tawar dan melakukan pemijahan di laut. Kemungkinan perilaku reproduksi yang tidak lazim ditunjukkan oleh sejumlah jenis ikan yang menyimpan telur atau anakannya di dalam mulut atau bagian tubuh tertentu. Contohnya, pada ikan Saratoga (*Scleropages jardinii*), ikan lele ekor garpu (Ariidae), ikan kardinal tawar (Apogonidae) dan jenis ikan Cichlidae (*Sarotherodon mossambica*) yang diintroduksi. Umumnya induk jantan membawa telur-telurnya di dalam mulutnya segera sesudah pemijahan.

Masa inkubasi telur bervariasi menurut jenis, tetapi pada umumnya berkisar antara beberapa hari hingga tiga minggu. Ikan pipa (Syngnathidae) meletakkan telurnya di kantong tubuh. Induk betina menyimpan sel telur di bagian bawah ekor induk jantan hingga telur menetas dan anakan

bisa tumbuh mandiri. Hal yang sama terlihat pada induk pejantan ikan perawat (*Kurtus gulliveri*) yang membawa kumpulan telurnya di bagian seperti kail di bagian depan kepala.

Konservasi

Survei flora dan fauna di berbagai daerah di Papua untuk mengidentifikasi daerah-daerah penting yang memiliki nilai konservasi perlu segera dilakukan. Ikan air tawar, khususnya ikan pelangi (*Melanotaeniidae*), persebarannya diketahui terbatas di danau yang terisolasi atau bagian kecil suatu sistem sungai. Jenis-jenis ikan sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti penebangan hutan, pertambangan dan pembangunan waduk. Di Papua ada lembaga konservasi dengan staf yang berpengalaman, tetapi mereka sering frustrasi ketika dihadapkan dengan kepentingan ekonomi yang lebih diutamakan dibandingkan dengan perlindungan satwa liar asli. Akibatnya, isu-isu konservasi penting sering diabaikan. Kesadaran masyarakat lokal tentang keunikan flora dan fauna perlu ditingkatkan terus, demikian juga kebutuhan untuk melindunginya. Sayangnya, hal ini sering sulit dilaksanakan.

Dari semua habitat perairan tawar di Papua, D. Sentani mungkin adalah yang paling terancam kondisinya karena lokasinya berdekatan dengan pusat kota (Jayapura/Sentani). Akibatnya, jenis-jenis ikannya terancam penangkapan berlebihan dan pencemaran. Danau ini juga mengalami berbagai tekanan, seperti di banyak lokasi di Papua yang banyak penduduk pendatangnya, yaitu introduksi jenis-jenis ikan asing. Jenis-jenis ikan seperti ikan mas (*Cyprinus carpio*), lele (*Clarias batrachus*), mujair (*Oreochromis mossambica*), betok (*Anabas testudineus*) dan kepala ular (*Channa striata*) yang merugikan jenis fauna ikan asli.

Sayangnya, S. Mamberamo yang terpencil juga telah tercemar oleh jenis-jenis ikan asing: 18% jenis fauna eksotik umumnya diintroduksi pada dekade 1970 dan 1980, kini telah berkembang baik. Hampir semua jenis introduksi ke Mamberamo menunjukkan dampak negatif bagi populasi ikan asli di lokasi introduksi karena ikan asing bersaing dengan jenis asli dalam penggunaan ruang dan ketersediaan pakan atau kemungkinan memakan

langsung ikan jenis asli. Ikan mujair (*S. mossambicus*) dan mas (*C. carpio*) sangat terkenal memengaruhi lingkungan, menyebabkan kekeruhan air di danau-danau yang sebelumnya jernih dan memadati perairan karena perkembangbiakan yang cepat. Penyelamatan sistem S. Mamberamo sudah terlambat, karena sekali jenis-jenis yang diintroduksi telah menjadi populasi yang mantap maka tidak mungkin dilenyapkan. Pencegahan introduksi lanjutan ke sistem perairan lain di Papua harus dilakukan dengan segala upaya, tetapi tampaknya tidak ada langkah nyata untuk mengawasi kegiatan ini dan tidak ada perhatian dari pihak pemerintah.

Keendemikan dan Pusat Keendemikan

Keendemikan fauna ikan air tawar Papua sangat tinggi. Kecuali sebanyak 28 jenis memiliki fase hidup di laut, hanya 34 jenis yang bukan endemik karena juga terdapat di Australia. Dengan demikian 84% jenis ikan air tawar Papua hanya ditemukan di Nugini. Persebaran kebanyakan jenis meluas di seluruh pulau dan 64 jenis hanya terdapat di Papua. Ikan pelangi dari suku Melanotaeniidae adalah kelompok endemik Papua yang utama, terdiri dari 30 jenis.

Hasil analisis keendemikan regional Papua menunjukkan adanya enam pusat keanekaragaman utama: bagian utara (21 jenis) dan daerah Leher Burung (17 jenis) yang merupakan kawasan-kawasan terpenting. Kawasan leher burung khususnya memiliki keanekaragaman total yang tinggi sekalipun ukuran kawasan ini jauh lebih kecil (sekitar 15.000 km²) daripada kawasan lainnya. Selain kawasan endemik regional ada juga pusat-pusat endemik sangat lokal seperti D. Triton di kawasan Leher Burung yang tidak tertandingi (memiliki 9 jenis endemik). Lokasi lain yang penting adalah D. Sentani dan sekitarnya (5 jenis endemik), Kep. Raja Ampat (5 jenis endemik), S. Wapoga (4 jenis endemik) dan di sekitar Timika (4 jenis endemik).

4.6. *Burung**

Di kawasan Nugini tercatat sekitar 831 jenis burung (Beehler dkk. 1986, Coates 1985, 1990, Rand dan Gilliard 1967, Sibley dan Monroe 1990) (Tabel 4.6.1), 657 di antaranya tercatat dari Papua. Salah satu kelompok burung yang paling dikenal adalah burung cenderawasih (Paradisaeidae) dengan 24 jenis di Papua, tidak termasuk marga *Cnemophilus* dan Cenderawasih elok (*Macgregoria*) (Cracraft dan Feinstein 2000). Namun ada juga beragam suku burung lain yang dominan di Nugini, misalnya isapmadu (Meliphagidae) dan namdur (Ptilonorhynchidae). Dua suku burung pemakan buah beri, yaitu Melanocharitidae dan Paramythiidae, memiliki 12 jenis (Sibley dan Monroe 1990). Raja udang di Papua ada 23 jenis (4 jenis Alcedinidae dan 19 jenis Dacelonidae). Suku lain yang kaya jenisnya meliputi Columbidae (42 jenis), Meliphagidae (55 jenis), Megapodiidae (9 jenis), Acanthizidae (20 jenis) dan Psittacidae (46 jenis).

Sebagaimana dijelaskan dalam Bab 2.4, pengetahuan tentang biogeografi burung dapat membantu menjelaskan asal-usul suku burung, memahami proses-proses evolusi dan spesiasi dan membantu memutuskan isu-isu praktis seperti mengidentifikasi wilayah-wilayah prioritas bagi konservasi alam. Dalam bab ini fokus pembahasan mengenai avifauna Papua dimulai dengan asal-usul dan komposisinya, sistematika, ekologi, kebutuhan penelitian dan berbagai pertimbangan untuk konservasinya.

Sejarah Eksplorasi Ornitologi

Masyarakat tradisional Nugini telah memanfaatkan burung sebagai makanan, hiasan pakaian, upacara adat, totem atau simbol suku dan sebagai kekayaan untuk diperdagangkan di pulau ini maupun ke luar negeri (Bulmer 1982, Majnep dan Bulmer 1977). Burung dan bulu

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Birds of Papua", Andrew Mack & Jack Dumbacher.

EKOLOGI PAPUA

burung cenderawasih telah diperdagangkan ke Asia sejak 5.000 tahun yang lalu (Frith 1971, Swadling 1995) dan seperti aspek lain dari biota unik Nugini lainnya, telah menarik para penjelajah alam dari Eropa seperti Alfred Russel Wallace untuk mengeksplorasi daratan utama pulau ini.

Tabel 4.6.1. Sebaran jenis burung di Papua dan wilayah sekitarnya.

Sebaran	Jumlah jenis	% avifauna
Dunia	9.702	100*
Pulau Nugini	831	8,6*
Papua	657	6,8*
Jenis daratan dan perairan tawar yang berbiak di Papua	552	5,7*
Endemik Papua	38	5,8•
Terdapat juga di PNG dan Melanesia	285	43,4•
Terdapat juga di Australia	110	16,7•
Terdapat juga di Indonesia bagian timur dan Australia	83	12,6•
Tersebar luas	141	21,5•

Catatan: * menunjukkan persen avifauna dunia (jenis burung), • menunjukkan persen avifauna Papua

Sumber: Klasifikasi mengikuti Sibley dan Monroe (1990). Data persebaran dikumpulkan dari berbagai sumber, Beehler dkk. 1986, Beehler dan Finch 1985, Coates 1985, 1990, Mayr 1941, Rand dan Gilliard 1967, Sibley dan Monroe 1990.

Seperti dibahas dalam Bab 1.2, studi ornitologi secara akademis dimulai sejak awal 1800-an ketika sejumlah penjelajah alam melakukan survei di daerah pesisir pulau-pulau Pasifik dan kemudian memasuki pedalaman Nugini pada pertengahan dan akhir 1800-an. Sintesis pertama tentang burung-burung Papua adalah *Ornitologia della Papuasie e delle Molucche* oleh Count Tommaso Salvadori's yang terbit dalam tiga jilid selama tahun 1880-1882. Setelah jeda eksplorasi selama Perang Dunia I (1914-1918), penelitian ornitologis kembali dilakukan tahun 1920, terutama oleh Ernst Mayr, Pratts, Shaw Mayer dan Stein. Berdasarkan koleksi museum yang sudah ada, tiga ekspedisi Nugini oleh Richard Archbold (1933-1939) menghasilkan kemajuan besar dalam koleksi burung secara intensif, khususnya berbagai taksa dari seluruh wilayah terpenting di Nugini. Ekspedisi yang paling terkenal

BURUNG

ungkinan yang berlangsung di Pegunungan Salju Archbold tahun 1938-1939, yang menghasilkan 4.000 spesimen burung dari Papua. Studi biologi berkembang di Nugini selama pertengahan abad ke-20 dengan banyaknya publikasi di *Bulletin* dan *Novitates* yang diterbitkan oleh American Museum of Natural History.

Setelah Belanda meninggalkan Papua, eksplorasi ornitologi berhenti. Pada pertengahan kedua abad ke-20 sebagian besar studi telah dilakukan dalam kunjungan-kunjungan secara singkat oleh beberapa individu dan tim survei (misalnya Beehler dkk. 1995, Diamond 1982b, 1987, Mack dan Alonso 2000, Mees 1980, 1982). Namun karena kondisi lapangan yang berat dan keterbatasan infrastruktur, banyak wilayah yang belum tereksplorasi dan bagian-bagian yang tidak pernah dikunjungi oleh para ornitologiwan selama lebih dari setengah abad. Mengingat semakin meningkatnya ancaman terhadap hutan Papua akibat pertambangan, pembalakan dan perluasan permukiman (Bab 7.4), eksplorasi avifauna perlu sekali terus dikembangkan (Supriatna 1999) melalui survei-survei dasar serta koleksi spesimen.

Asal-usul dan Komposisi Avifauna

Lembah-lembah di Papua bagian utara, Sem. Kepala Burung dan bagian paling timur PNG merupakan bagian lempeng tektonik yang berasal dari, atau terapung, di suatu tempat sebelum bertumbukan dengan P. Nugini lebih dari 25 juta tahun lalu (Pigram dan Davies 1987, Pigram dan Symonds 1991). Jika suatu suku burung berasal dari Nugini atau dari suatu lempeng benua, bisa diduga suku ini pusat persebarannya adalah di Nugini. Contohnya, beberapa suku endemik atau hampir endemik menunjukkan persebarannya di Nugini atau kepulauan Pasifik, bukan di daratan utama Australia, misalnya atoku (*Aegothelidae*) dan cenderawasih dari marga *Cnemophilus*. Penjelasan alternatifnya adalah burung-burung yang beradaptasi dengan hutan hujan mungkin telah berevolusi di hutan-hutan tropis basah di Australia. Namun ketika iklim Australia semakin panas dan kering, jenis-jenis burung ini pindah ke bagian utara dan timur. Karena hutan hujan ini sekarang jarang ada di

Australia, banyak suku burung ini yang persebaran jenis atau sukunya berpusat di Nugini.

Persebaran Avifauna di Nugini

Topografi pulau Nugini sebagian besar terjal sehingga banyak populasi jenis burung terisolasi oleh sejumlah rintangan geografis. Akibatnya, populasi jenisnya terbagi ke dalam banyak subjenis atau bahkan jenis yang berbeda dan banyak jenis yang memiliki sebaran yang menyerupai “papan catur”, terpecah-pecah, dipisahkan oleh wilayah-wilayah yang tidak dihuni jenis yang bersangkutan. Masing-masing wilayah sebaran utama ini diuraikan secara ringkas di bawah ini.

Wilayah Pegunungan

Habitat pegunungan terdapat di: dataran tinggi Kep. Raja Ampat (Bantanta, Salawati dan Waigeo), Peg. Tamrau dan Arfak di wilayah Kepala Burung, Peg. Fakfak dan Peg. Kumawa di Sem. Bomberai, Peg. Wandamen, Peg. Van Rees, Peg. Foja, Peg. Cyclops, pegunungan di P. Yapen dan pegunungan di jajaran pegunungan tengah (Diamond 1985). Daratan Papua di sebelah barat Teluk Cenderawasih dihuni beberapa burung endemik, seperti Mandar-gunung garis-putih (*Rallina leucospila*), Sericornis vogelkop (*Sericornis rufescens*), Namdur polos (*Amblyornis inornatus*) dan Astrapia arfak (*Astrapia nigra*) (Stattersfield dkk. 1998).

Ada tiga jenis burung endemik di pegunungan Papua Utara: Mandar-gunung mayr (*Rallina mayri*), Isapmadu punggung-karat (*Ptiloprora mayri*) dan Namdur dahi-emas (*Amblyornis flavifrons*). Hanya ada enam burung endemik di Pegunungan Adelbert dan barisan perbukitan Huon, yaitu Melidektes huon (*Melidectes foersteri*), Melipotes huon (*Melipotes ater*), Namdur tengkuk-api (*Sericulus bakeri*), Parotia wahnese (*Parotia wahnese*), Astrapia huon *Astrapia rothschildi* dan Cenderawasih kaisar (*Paradisaea guilielmi*). Jajaran pegunungan tengah yang terbentang dari bagian selatan Teluk Cenderawasih ke arah timur sampai Teluk Milne di PNG memiliki 39 jenis burung endemik, termasuk beberapa jenis yang hanya ada di wilayah padang rumput dataran tinggi alpin di

BURUNG

atas 3.000 m dpl. Jenis-jenis endemik ini mencakup Puyuh Jayawijaya (*Anurophasis monorhonyx*) dan Apung Papua (*Anthus gutturalis*).

Wilayah Dataran Rendah

Wilayah ini sering dibagi menjadi empat wilayah utama: dataran rendah Bintuni, dataran rendah Papua Utara (terdiri dari Lembah Mamberamo dan Sepik-Ramu), lembah Papua Selatan dan dataran Trans-Fly. Kondisi ekologi di tiga wilayah pertama mirip tetapi terpisah oleh pegunungan tinggi atau teluk yang luas, sedangkan Trans-Fly kondisi ekologinya terpisah dari dataran rendah Papua bagian selatan yang berdekatan karena curah hujannya lebih rendah dan jauh lebih bersifat musiman.

Lembah Bintuni yang mencakup pulau-pulau Misool, Salawati dan dataran rendah yang luas dari Sem. Kepala Burung dan Bomberai mendukung empat jenis burung endemik: Maleo kamur (*Talegalla cuvieri*), Mambruk ubiaat (*Goura cristata*), Nuri hitam (*Chalcopsitta atra*) dan Cabai papua (*Dicaeum pectorale*). Jajaran Pegunungan Tengah membatasi persebaran burung antara lembah-lembah di bagian utara dan barat Nugini, yang berfungsi sebagai rintangan alam bagi pergerakan burung. Hanya ada lima jenis endemik di dataran rendah Papua bagian utara: Nuri coklat (*Chalcopsitta duivenbodei*), Nuri-ara edward (*Psittaculirostris edwardsii*), Nuri-ara salvadori (*Psittaculirostris salvadorii*), Cikukua Mamberano (*Philemon brassi*) dan Paruh-sabit paruh-putih (*Epimachus bruijnii*).

Dataran rendah bagian selatan dibagi menjadi dua wilayah ekologi: lembah di Papua Selatan terutama berupa hutan hujan dan Trans-Fly, yang berupa savana dan hutan monsun dan iklimnya sangat musiman. Jenis endemik di lembah selatan mencakup Perkici garis (*Charmosyna multistriata*) dan Cenderawasih besar (*Paradisaea apoda*), jenis endemik Trans-Fly meliputi Cica-koreng mahkota-polos (*Megalurus albolimbatus*) dan Bondol hitam (*Lonchura stygia*).

Banyak jenis dataran rendah memperlihatkan tingkat variasi morfologi di dalam suatu jenis yang mencengangkan dan beberapa jenis dataran rendah memiliki 20 subjenis yang telah dideskripsikan. Misalnya, warna

dan ukuran Pitohui belang (*Pitohui kirhocephalus*) sangat bervariasi dan memiliki 20 subjenis yang dideskripsikan di Nugini dan pulau-pulau benua di sekitarnya (Rand dan Gilliard 1967).

Berdasarkan survei wilayah sebaran 120 subjenis dari 28 jenis burung yang memiliki beberapa subjenis (berdasarkan Rand dan Gilliard 1967), wilayah sebaran subjenis untuk kawasan Nugini ini dapat dipetakan (Gambar 4.6.1). Dari hasil survei tersebut ternyata banyak batas wilayah persebaran subjenis yang bertumpang tindih. Misalnya, hampir 30 wilayah sebaran subjenis berbatasan dengan Peg. Huon yang menunjukkan bahwa Sem. Huon adalah rintangan yang mencegah aliran gen yang penting dan banyak lagi wilayah sebaran terbagi di bagian Leher Burung. Selain itu ada lima batas subjenis tumpang tindih dengan batas pegunungan di dataran rendah Papua Utara dan 15 batas subjenis yang tumpang tindih dengan teluk hipotesis yang disebut “cekungan Aure” (“*Aure trough*”) (Pigram dan Davies 1987). Berdasarkan pemeriksaan perbedaan genetik di antara lembah-lembah dataran rendah tersebut, data awal menunjukkan bahwa ada pemisahan penting antara pantai utara dan selatan pada beberapa jenis, termasuk *Colluricincla megarhyncha*, *Pitohui kirhocephalus* dan *Aegotheles bennettii* (Dumbacher dan Fleischer 2001, Dumbacher dkk. 2003). Perbedaan genetik di antara kelompok *Pitohui kirhocephalus* sangat jelas dan jenis ini mungkin perlu dipisahkan ke dalam jenis-jenis yang berbeda: kelompok Papua bagian barat, kelompok pesisir selatan dan kelompok pesisir utara. Namun yang menarik, jenis-jenis yang ada di pesisir utara dan pesisir selatan juga terdapat di Lembah Bintuni. Hal ini menunjukkan bahwa kedua kelompok ini mungkin telah menginvasi setelah lempeng Bintuni bergabung dengan pulau utama Nugini.

Seperti dijelaskan dalam Bab 2.1 proses pembentukan pulau, kolonisasi pulau dan perluasan pulau memengaruhi kekayaan keanekaragaman hayati Papua, terutama di lembah bagian utara dan rangkaian pegunungan bagian utara. Pulau Nugini juga telah berfungsi sebagai sumber kolonisasi burung bagi ribuan pulau di seluruh Pasifik tropis. Karena itu, sejarah atau asal-usul burungnya sulit sekali diketahui, karena

BURUNG

untuk satu kasus mungkin penjelasannya berbeda-beda. Selain itu, beberapa jenis atau kelompok memiliki pilihan lingkungan sehingga membatasi sebaran geografisnya. Satu jenis, Melampitta besar (*Melampitta gigantea*), menghuni habitat karst kapur yang terbatas. Jenis ini cenderung menyukai lorong-lorong gua yang terletak di dasar atau sisi lubang kapur untuk bersarang dan keluar di siang hari untuk mencari makan (Diamond 1983, J. Dumbacher, obs. pri).

Di lingkungan tropis, persebaran jenis burung sering terpecah, bahkan dalam kaitannya dengan habitat yang disukai dan ini terjadi di Papua. Penyebab ketidaksinambungan ini mungkin karena rintangan aliran gen (Heads 2001a,b,c), pengucilan jenis-jenis yang mirip yang bersaing di lokasi yang berbeda (Diamond 1973), atau semata-mata karena proses alami kepunahan lokal dan rekolonisasi (Diamond 1973).

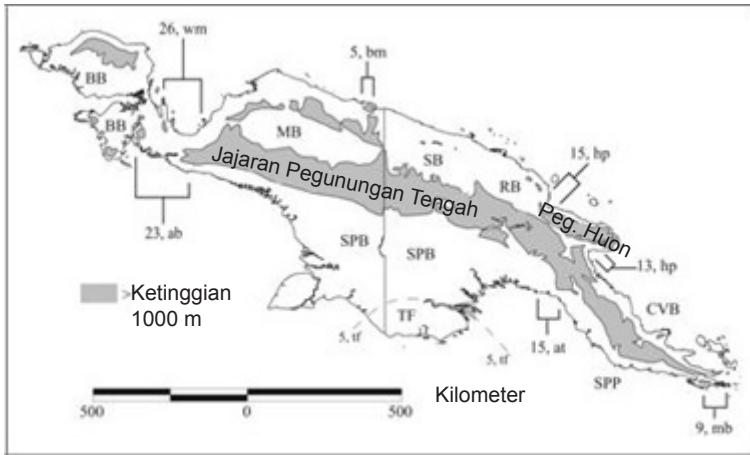
Ekologi

Kebanyakan burung Papua hanya hidup di salah satu kategori habitat utama (Bab 2.4): laut, perairan, savana, hutan tropis basah (dataran rendah sampai pegunungan tinggi) dan habitat alpin (Tabel 4.6.2). Beberapa jenis mungkin ada di beberapa tipe habitat, tetapi kebanyakan jenis memiliki kebutuhan habitat khusus. Dua faktor lingkungan yang memengaruhi persebaran burung adalah ketinggian dan jenis makanan dan relung yang dihuni oleh jenis burung.

Komposisi hutan dan habitat berubah menurut ketinggian (misalnya, Kitayama 1992a, b). Secara umum ketinggian tempat memengaruhi sebaran burung (Lomolino 2001, Patterson dkk. 1998, Rahbek 1997, Sanchez-Cordero 2001) dan ini juga berlaku untuk Nugini (Beehler 1982, Diamond 1972, 1973). Diamond (1972) menemukan bahwa banyak marga yang jenis anggotanya terpisah oleh ketinggian tempat, misalnya jenis-jenis dari *Ptilorrhoa*, *Rhipidura*, *Sericornis* dan *Cratoscelis*. Karena itu, jajaran pegunungan tengah yang bertopografi terjal menciptakan campuran tipe vegetasi hutan yang kompleks di dalam

EKOLOGI PAPUA

wilayah yang relatif sempit (Hyndman dan Menzies 1990, Johns 1976, Pajmans 1970, 1976).



Gambar 4.6.1. Peta dataran rendah Nugini. Wilayah di atas 1.000 m diperlihatkan dengan warna abu-abu. BB: Lembah Bintuni; MB: Lembah Meervlakte; SB: Lembah Sepik; RB: Lembah Ramu; CVB: Lembah Tanjung Burung; SPP: Sem. Papua Tenggara; SPB: Lembah Papua Selatan; TF: Dataran rendah Trans-Fly. Kami melakukan survei terhadap wilayah sebaran 120 jenis dari 28 jenis burung yang memiliki beberapa subjenis dan angka-angka pada gambar ini menunjukkan jumlah subjenis burung yang sebarannya berakhir di lokasi tersebut. Huruf kecil setelah angka menunjukkan rintangan geologi yang diduga atau jalur persebaran di lokasi ini. at: cekungan Aure; mb: Teluk Milne; hp: Sem. Huon; bm: pegunungan batas; wm: pegunungan Wandammen; ab: Teluk Etna. Garis putus-putus abu-abu menggambarkan luas dataran rendah Trans-Fly (tf). Garis vertikal di tengah adalah batas politis antara Papua dan PNG.

Morfologi, fisiologi dan perilaku burung sangat dipengaruhi oleh jenis pakannya (Brandl dkk. 1994, Karasov dan Levey 1990, McNab 1988). Di Nugini, studi yang meneliti hubungan antara pakan dengan morfologi, perilaku dan fisiologi relatif masih sedikit (McNab 2005, Wooller dan Richardson 1988, Wooller dkk. 1990). Meskipun sulit untuk memilah burung menurut pilihan makanannya ke dalam kategori yang terpisah, pembagian secara kasar mengungkapkan beberapa kecenderungan umum (Tabel 4.6.3). Faktor-faktor yang memengaruhi perilaku makan dan persebaran burung dijelaskan dalam berikut ini.

BURUNG

Tabel 4.6.2. Pilihan habitat utama burung-burung Papua.

Habitat pilihan	Jumlah jenis	Persen dari jenis Papua
Pelagis (perairan laut terbuka)	16	2,4
Perairan (termasuk di dataran rendah dan pegunungan)	64	9,7
Pantai (termasuk tepi pantai, pantai, mangrove, hutan pantai, muara sungai)	65	9,9
Savana	59	9
Padang rumput (termasuk padang rumput dataran rendah dan pegunungan)	47	7,2
Hutan hujan dataran rendah	212	32,3
Hutan perbukitan	55	8,4
Hutan pegunungan	130	19,8
Alpin	6	0,9
Perkotaan/lainnya	3	0,5

Karnivora dan Pemangsa

Tidak adanya mamalia pemangsa berukuran besar di Nugini mungkin membuat burung-burung pemangsa (raptor) berukuran besar berperanan sangat penting di pulau ini. Ada 40 jenis burung pemangsa (termasuk burung hantu) di Papua. Selain beberapa biawak dan ular, Rajawali Papua (*Harpyopsis novaeguineae*) adalah satu dari pemangsa terbesar di Nugini. Jenis ini terdapat mulai dari ketinggian permukaan laut sampai ke ketinggian batas pepohonan pada 3.200 m, terutama memakan possum, kuskus dan walabi hutan, bahkan juga makan mamalia lain, megapoda, reptil dan anak kasuari (Beehler dkk. 1992, Watson dan Asoyama 2001). Status burung pemangsa di Papua tidak diketahui dengan baik, tetapi sebagian besar dianggap tidak terlalu terancam seperti burung pemangsa di daerah lain yang lebih padat penduduknya di Indonesia (van Balen 1998). Papua memiliki paling sedikit 15 jenis cangak dan kuntul, kebanyakan makan ikan. Jenis pemakan ikan lainnya meliputi titihan, satu jenis pelikan, pecuk ular, pecuk, elang tiram, camar dan beberapa jenis raja udang.

EKOLOGI PAPUA

Tabel 4.6.3. Spesialisasi trofik burung-burung Papua.

Kategori utama menurut jenis makanannya	Jumlah jenis
Karnivora (n=410)	
Insektivora (dan beberapa avertebrata lain)	214
Insektivora (dan beberapa vertebrata)	26
Insektivora (dan beberapa buah dan biji)	24
Insektivora (dan sedikit nektar)	10
Avertebrata akuatik dan laut	44
Vertebrata darat (dan beberapa serangga)	47
Ikan (dan beberapa avertebrata)	45
Frugivora (n=121)	
Buah-buahan	39
Buah-buahan dan serangga (dan beberapa vertebrata)	54
Buah dan biji (dan beberapa serangga)	38
Granivora (n=37)	
Biji-bijian	22
Biji-bijian dan serangga (dan beberapa buah)	15
Herbivora (n=7)	
Bahan tumbuhan dan serangga (termasuk serangga air)	17
Nektarivora (n= 49)	
Nektar	6
Nektar dan buah	19
Nektar dan serangga (dan beberapa buah)	24
Omnivora(n=18)	
Tak dapat diklasifikasikan *	8

Catatan: Jenis burung Papua yang kami miliki datanya termasuk dalam kategori pilihan makanan yang luas.

*Menggabungkan tiga atau lebih kategori di atas, tanpa menekankan pada salah satu di antaranya.

Sumber: diringkas dari Coates 1985, 1990.

Jenis Pelagis dan Migran

Burung-burung pelagis (jenis yang hidup di lautan terbuka) yang ada di dekat Papua masih sedikit sekali diketahui. Data yang paling relevan berasal dari laut-laut di barat Papua (misalnya, Cadee 1985). Ada 75 jenis burung migran yang terdaftar dalam perjanjian perlindungan burung bermigrasi antara Australia dan Jepang (*Japan-Australia Migratory Bird Agreement*) dan Australia dan China (*China-Australia Migratory Bird Agreement*). Semua jenis burung migran ini diketahui, atau dapat

BURUNG

diharapkan, melalui atau singgah di Papua selama suatu periode singkat. Selain itu, ada sekitar 65 jenis burung darat dan air yang diketahui, atau diduga melewati Nugini dan Australia (Dingle 2004).

Frugivora dan penyebaran biji

Burung-burung Papua dan di Nugini sebagian besar merupakan jenis pemakan buah (Pearson 1977) yang berperan penting sebagai penyebar biji. Sekitar 90% tumbuhan berkayu di hutan hujan Nugini menghasilkan buah berdaging yang disebarkan oleh burung-burung dan kalong Pteropodidae (Mack dan Wright 2005). Banyak pohon hutan hujan Papua yang memiliki buah sangat besar (Mack 1993). Karena itu, beberapa jenis burung: tiga jenis kasuari *C.casuaricus*, *C. unappendiculatus* dan *C. bennetti* serta rangkong *Rhyticeros plicatus*, sangat penting bagi pemeliharaan keanekaragaman flora di hutan-hutan Papua (Mack dan Wright 2005). Beberapa jenis pohon tropis, khususnya suku Myristicaceae dan Meliaceae, hanya dimakan oleh sedikit jenis burung frugivora yang mampu mengambil biji dari buah kapsulnya, sehingga pemeliharaan populasi pohon-pohon ini bergantung pada konservasi beberapa jenis burung frugivora (Beehler dan Dumbacher 1996).

Burung-burung frugivora meliputi merpati dan tekukur. Di beberapa lokasi, 20 atau lebih jenis merpati-merpatian dapat hidup bersama (simpatrik) (Beehler dkk.1995, Bell 1982b, Mack dan Wright 1996). Di Papua, beberapa jenis burung terspesialisasi memakan buah ara (Beehler 1982, 1989, Beehler dan Dumbacher 1996), termasuk Nuri kabare (Mack dan Wright 1998), Manukodia (Beehler 1985, Frith dan Beehler 1998) dan beberapa jenis Bentet-kedasi. Perlindungan sumber buah kunci dan jenis-jenis berbuah penting lainnya penting sekali untuk membantu meningkatkan regenerasi setelah pembalakan (Hamann dan Curio 1999, Holbrook dkk. 2002).

Nektarivora dan Penyerbukan

Pemakan nektar merupakan komponen penting avifauna Papua, khususnya berbagai jenis isap-madu (Meliphagidae: 55 jenis) dan nuri

(Loriinae: 19 jenis). Dalam studi tentang burung pemakan nektar di PNG, kira-kira 20% pohon berbunga dalam suatu plot dikunjungi oleh burung pemakan nektar (Brown dan Hopkins 1996) dan 13% dari jenis burung di lokasi tersebut memakan nektar (Brown dan Hopkins 1995). Proporsi pohon hutan hujan yang dikunjungi dan mungkin diserbuki oleh burung pemakan nektar lebih tinggi di Nugini dibandingkan di kebanyakan hutan hujan tropis. Di Papua, sebagian besar burung pemakan nektar adalah isap-madu dan nuri yang kebanyakan makan di tajuk pepohonan, sementara di Amerika Latin, sebagian besar adalah *hummingbird* yang kebanyakan makan di herba, liana dan epifit (Brown dan Hopkins 1995).

Nektarivora yang berkelompok besar di pepohonan berbunga di Nugini adalah campuran berbagai marga yang morfologinya sangat berbeda, mulai dari *Myzomela* yang berukuran sangat kecil sampai ke banyak jenis nuri besar. Persaingan mungkin berkurang karena jenis isap-madu menggunakan berbagai strategi di pohon yang sama (Collins dan Paton 1989) dan oleh perbedaan morfologi burung (Paton dan Collins 1989). Dua jenis *Myzomela* yang belum lama bertemu (300 tahun) memperlihatkan bukti pergeseran karakter, yang mungkin merupakan akibat persaingan sumber nektar (Diamond dkk. 1989). Persaingan memengaruhi pergerakan serbuk sari, pematapan biji dan perkawinan silang (Ramsey 1988, 1989). Namun faktor-faktor ini belum diteliti di Nugini dan mungkin implikasinya penting bagi jenis-jenis pohon yang bernilai ekonomi penting (Brown dan Hopkins 1995).

Di Nugini hanya sedikit bukti mengenai mutualisme antara jenis tumbuhan dan jenis atau marga burung (Brown dan Hopkins 1995). Kebanyakan nektarivora mungkin makan berbagai taksa tumbuhan dan berbagai tipe bunga, yang lebih merupakan ciri dari sistem hubungan tumbuhan-penyerbuk (Waser dkk. 1996). Nilai kepentingan burung sebagai penyerbuk sulit diketahui karena hampir tidak ada studi yang meneliti burung dan penyerbukan di wilayah ini. Nektarivora dapat menjadi melimpah secara lokal ketika tumbuhan kunci sedang berbunga, kemudian berpindah ketika musim berbunga berakhir (McGoldrick dan MacNally 1998). Skala pergerakan lokal burung-burung yang mengikuti

BURUNG

ketersediaan sumber makanan semacam ini di Nugini tidak diketahui, tetapi ledakan jumlah burung nektarivora nomadik tampaknya sejalan dengan musim produksi bunga besar yang sering tidak bersamaan dengan jenis-jenis yang bunganya kurang melimpah (Bell 1982a, Brown dan Hopkins 1996).

Insektivora

Serangga dan habitatnya sangat beragam sehingga berbagai jenis burung pemakan serangga menempati banyak relung lingkungan sesuai jenis makanannya. Banyak insektivora yang memiliki pilihan makanan khusus dan di Nugini inilah jenis-jenis burung yang tampaknya terpilah berdasarkan ukuran, substrat dan sebaran vertikal (Bell 1982c, 1983a, Croxall 1977). Burung juga memiliki berbagai gaya berburu, mulai dari jenis yang berburu di udara (misalnya, Layang-layang), sampai ke jenis-jenis di tanah yang mengais serasah untuk mencari serangga (misalnya, Paok).

Ada berbagai bukti bahwa berbagai jenis burung insektivora berperan penting dalam mengendalikan hama serangga di lahan wanatani yang ditanami coklat dan kopi (Perfecto dkk. 2004, Philpott dkk. 2004). Meskipun data dari Nugini tidak tersedia, berdasarkan kelimpahan dan keanekaragaman jenis burung insektivora di wilayah ini (Tabel 4.6.3) dan di lokasi-lokasi tertentu (Bell 1982b, Mack dan Wright 1996), burung insektivora mungkin memiliki nilai ekonomi penting di Papua sebagai pengendali serangga hama di sistem pertanian dan wanatani.

Di antara berbagai kelompok burung di Nugini, ada suku utama yang mendapat perhatian khusus dari para peneliti, yaitu burung cenderawasih (Paradisaeidae) dan namdur (Ptilonorhynchidae). Studi perilaku burung di Nugini didominasi oleh studi tentang burung Cenderawasih yang dilakukan oleh B. Beehler, C. Frith, D. Frith, T. Gilliard, M. LeCroy, J. Diamond, T. Pratt, M. Pruett-Jones dan S. Pruett-Jones. Semua karya komprehensif ini telah diringkas dalam Frith dan Beehler (1998). Burung Cenderawasih telah menjadi fokus sekian banyak studi karena suku ini merupakan model untuk mempelajari berbagai topik perilaku

burung, seperti pemilihan seksual yang kuat (Diamond 1981), hibridisasi (Fuller 1995), perilaku percumbuan dan pameran lek (Beehler 1988, Frith dan Frith 1988, Pruett-Jones dan Pruett-Jones 1988), dimorfisme seksual dan bulu jantan yang sangat istimewa (Frith 1981), frugivori, (Beehler 1989) dan poligami (Beehler 1987). Pengetahuan tradisional tentang burung juga banyak (Healey 1993) dan masyarakat setempat menggunakan bulu-bulunya sebagai hiasan (Swadling 1995). Taksa burung ini berkisar dari jenis yang monogami (misalnya, *Manucodia* spp.) sampai ke jenis-jenis poligami (misalnya, *Paradisaea* spp.). Ada jenis yang tergolong sangat frugivora (misalnya, *Paradisaea* spp.) dan lainnya hampir insektivora sepenuhnya (misalnya, *Drepanornis albertisi*). Beberapa jenis bersifat teritorial (memertahankan ruang jelajahnya) sementara sebagian besar tidak demikian.

Suku burung namdur mendapat perhatian khusus dari para pakar burung (misalnya, G. Borgia, J. Diamond, C. Frith, D. Frith, T. Gilliard, M. Pruett-Jones dan S. Pruett-Jones dan kajian lengkap tentang suku ini diterbitkan dalam Frith dan Frith 2004). Burung namdur sangat istimewa karena burung jantan dalam banyak jenis membangun struktur yang berfungsi untuk menarik perhatian betina, sebagai arena pameran dan tempat bercumbu. Struktur yang disebut kubah ini bisa dibuat dari berbagai macam bahan, mulai dari tempat yang dibersihkan dengan beberapa daun diletakkan sebagai hiasan, sampai ke struktur yang besar terbuat dari ranting-ranting, dihiasi ratusan benda warna-warni seperti buah-buahan atau bunga-bunga, yang memakan waktu berbulan-bulan untuk membuatnya.

Persarangan

Kebanyakan burung tropis hanya bertelur satu atau dua butir setiap kali bersarang, tetapi mungkin melakukan upaya bersarang beberapa kali dalam setahun jika upaya pertamanya gagal. Karena laju pemangsaan sarang umumnya tinggi di hutan hujan, banyak burung yang bersarang berulang kali sampai menghasilkan anak yang dapat terbang. Tipe pembangunan sarang pada banyak burung Papua belum pernah dideksrip-

BURUNG

sikan (Coates 1985, 1990) dan studi rinci tentang biologi bersarang dan keberhasilan bersarang (misalnya, Frith dan Frith 1993, 1994) hanya sedikit.

Beberapa burung di Papua, terutama suku Psittacidae, membuat dan memperbesar lubang pada pepohonan. Karena di hutan hujan pulau ini tidak ada burung pelatuk, berbagai jenis binatang lain menempati lubang pohon (dari tikus hingga binatang berkantung arboreal sampai ke rangkong) mungkin bergantung pada beberapa jenis burung yang aktif membuat lubang. Suku burung di Nugini yang memiliki biologi bersarang yang memesonakan adalah megapoda. Suku ini memiliki ciri khas, yaitu semua jenisnya menggunakan panas alami untuk mengerami telurnya; tidak seperti burung lain yang induk jantan atau betinanya mengerami telurnya. Ringkasan tentang informasi megapoda dapat dilihat dalam Jones dkk. (1995), Sinclair (2000, 2001) dan Sinclair dkk. (2002). Karena anak-anak burung berkembang tanpa pemeliharaan oleh induknya, burung betina memusatkan sebagian besar energinya untuk menghasilkan kuning telur yang besar. Telur megapoda adalah telur burung yang paling bergizi sehingga membuatnya sangat berharga bagi manusia untuk memburunya. Karena manfaat ekonominya, populasi megapoda di Nugini yang berada dekat pemukiman mengalami tekanan berat dari manusia. Maleo Waigeo (*Aepyodius bruijnii*), jenis megapoda endemik di dataran tinggi P. Waigeo paling terancam punah di wilayah ini.

Kelompok Jenis Campuran

Berbagai jenis burung, misalnya di kalangan jenis-jenis pemakan nektar dan pemakan buah, sering bergerombol di sekitar sumber daya lokal yang melimpah. Di tempat-tempat yang sumber buah dan madunya melimpah, banyak jenis saling bersaing untuk mendapatkan sumber makanan (Terborgh dan Diamond 1970) dan beberapa jenis akan memertahankan wilayah yang sumber dayanya cukup kaya (Pratt 1984). Lamanya nektarivora dan frugivora berada di sekitar sumber daya yang ada membantu menentukan laju aliran serbuk sari dan pemencaran biji (Pratt dan Stiles 1983).

Kelompok burung yang paling menarik adalah jenis insektivora yang tampaknya bergerak dalam kelompok lepas di hutan tetapi menggunakan berbagai strategi untuk menangkap serangga. Beberapa jenis mencari mangsa di dedaunan, jenis lain pada batang dan cabang, sementara jenis lainnya lagi menyambar dan menangkap serangga terbang (Bell 1983b). Kelompok campuran mungkin memiliki daya hidup yang lebih tinggi karena peluang terhindar dari predator lebih besar (Thiollay 1999) atau burung-burung yang mencari makan berfungsi sebagai “pengusir” banyak serangga yang ditangkap oleh individu lain. Strategi seperti ini menguntungkan bagi insektivora yang mencari makan bersama di dalam kelompok daripada melakukannya sendiri.

Sistematika

Meskipun studi sistematika yang memfokuskan pada burung-burung Papua masih sedikit, banyak kelompok burung yang telah dipelajari memiliki pusat keanekaragaman yang penting di Indonesia dan Australia. Penelitian tentang kelompok-kelompok ini akan membantu menjelaskan pemahaman kita tentang evolusi keanekaragaman burung di Nugini. Dua studi terbaru dan terpenting adalah pengajian sistematika pemisahan pada suku Passeriformes (burung berkicau, atau burung bertenger, Barker dkk. 2002, 2004). Studi ini memperlihatkan bahwa asal keturunan Oscine ternyata berevolusi di Australasia dan banyak dari kelompok asal (Menuridae, Ptilonorhynchidae, Climacteridae, Meliphagoideae) yang memiliki pusat keanekaragaman di Australasia ternyata berpusat di atau dekat Nugini. Duabelas jenis pemakan buah, ditempatkan dalam dua suku, Melanocharitidae dan Paramythiidae (Sibley dan Monroe 1990) yang merupakan kelompok satu-satunya suku burung endemik di Nugini, meskipun beberapa jenis lain di Papua mungkin akan segera dikenali sebagai suku (misalnya, Cnemophilinae, Barker dkk. 2004).

Jumlah jenis yang dikenal di Papua bisa banyak berubah ketika analisis filogenetika modern dilakukan, karena hasil analisis sekarang sebagian merupakan hasil penetapan jenis yang dilakukan secara sangat sempit berdasarkan morfologinya yang sangat umum selama tahun

BURUNG

1960-an dan 1970-an. Misalnya, dua marga (*Aegotheles* dan *Pitohui*) di Nugini yang telah dipelajari menggunakan teknik-teknik filogenetika modern, terungkap tiga atau empat jenis baru (Dumbacher dan Fleischer 2001, Dumbacher dkk. 2003, Pratt 2000). Banyak lagi kelompok yang sekarang masih diperlakukan sebagai jenis mungkin akan terungkap sebagai taksa yang secara genetis jelas berbeda namun selama ini tidak dikenali karena morfologinya sangat mirip atau tidak terwakili di dalam koleksi sistematika. Jenis baru yang belum ditemukan di Papua mungkin relatif sedikit, tetapi tetap ada kemungkinan ilmuwan akan mengungkap jenis baru berdasarkan pemeriksaan spesimen. Misalnya, Atoku jenis baru (*Aegotheles tatei*) telah ditingkatkan menjadi jenis, berdasarkan studi perbedaan ciri genetis dengan jenis lainnya. Beberapa kelompok lainnya mungkin memerlukan revisi (misalnya, *Chaetorhynchus*, *Petroicidae*, *Melampitta*, *Pachycephalidae* dan *Ptilorrhoa*).

Kebutuhan Penelitian

Penelitian lapang telah jauh berkurang di Papua sejak tahun 1960-an dan burung Papua adalah yang paling sedikit diteliti di dunia. Salah satu penyebabnya adalah kesulitan akses ke sebagian besar wilayahnya, tetapi juga kelangkaan pakar burung yang berpengalaman untuk mengenali avifaunanya (Beehler dkk. 1995). Pengetahuan sekarang tentang avifauna Papua kebanyakan berasal dari penelitian-penelitian yang dilakukan di PNG yang beberapa di antaranya sampai sekarang masih berlangsung. Namun survei di PNG tidak dapat digunakan untuk menjelaskan persebaran burung di Papua. Survei formal yang telah dipublikasikan dari Papua selama dua puluh tahun terakhir sangat sedikit (Diamond 1982b, Mack dan Alonso 2000, Richards dan Suryadi 2002) dan hanya ada sedikit data informal yang berasal dari kunjungan-kunjungan singkat ornitologawan dan pengamat burung (misalnya, Eastwood 1996, Gibbs 1994, Melville 1979, 1980). Selain itu, sebagian besar informasi dikumpulkan ketika merencanakan kawasan lindung di Papua (Petocz dkk. 1983, J. Diamond, data tidak dipublikasikan), tetapi kebanyakan berasal dari survei-survei singkat di

wilayah-wilayah yang diusulkan sebagai kawasan lindung. Karena itu, masih ada banyak kesempatan untuk meningkatkan status pengetahuan sebaran burung secara keseluruhan di Papua. Pengetahuan yang lebih baik tentang persebaran burung di Papua (sebagaimana juga untuk taksa lain) diperlukan untuk memandu perencanaan pemanfaatan lahan dan kegiatan konservasi (misalnya, Benayas dan de la Montana 2003). Tanpa pengetahuan mendasar mengenai persebaran keanakeragaman hayati di Papua, intervensi-intervensi konservasi hanya bisa didasarkan pada perkiraan terbaik saja (Supriatna 1999).

Keterbatasan yang ke dua adalah ketidakpedulian tentang sejarah kehidupan dan ekologi, yang akan menghambat kegiatan konservasi dan pengelolaan suatu kawasan. Untuk mengelola perburuan (misalnya, pemanenan telur namdur) diperlukan informasi mendasar seperti sejarah kehidupan, kepadatan populasi, ukuran wilayah jelajah, umur hidup, umur pertama berbiak dan hasil reproduksi tahunan (Alvard dkk. 1997, Novaro dkk. 2000, Robinson dkk. 1999, Sanderson dkk. 2002). Pemanfaatan kasuari oleh masyarakat tradisional mungkin tidak lestari di banyak tempat, tetapi data sejarah kehidupan dasar untuk melakukan analisis kelangsungan populasi dan untuk mengambil keputusan pengelolaan yang berbasis informasi ekologis (Johnson dkk. 2004) tidak tersedia. Pengetahuan dasar ekologi diperlukan untuk mengelola ekosistem, baik di dalam kawasan lindung maupun di zona-zona penggunaan lahan lainnya, untuk meminimumkan dampak (Brussard 1991).

Bidang ke tiga yang akan mendapat manfaat besar dari kegiatan penelitian adalah pengembangan bidang ilmu dasar. Banyak inovasi ilmiah bersumber dari penelitian-penelitian tentang burung di Nugini (Diamond 1973, Diamond dkk. 1989, Mayr 1963, Mayr dan Diamond 1976, Wallace 1869). Karena Nugini memiliki biota unik dengan sejarah evolusi yang independen dari kebanyakan wilayah di dunia, pulau ini menawarkan peluang istimewa untuk menguji dan untuk menghasilkan ide-ide baru yang dapat diterapkan di bagian lain di dunia (Westoby 1988). Pengetahuan yang lebih baik mengenai persebaran burung dapat membantu menjelaskan sejarah evolusi dan biogeografi yang kompleks mengenai kawasan ini (Heads 2001a,b, 2002). Data persebaran

BURUNG

burung di Nugini adalah yang terbaik dibandingkan dengan informasi tentang kelompok organisme lain di pulau ini. Karena itu peningkatan pengetahuan tentang burung memberikan harapan terbaik bagi temuan-temuan baru di bidang biogeografi dan biologi evolusi.

Konservasi

Papua memiliki banyak jenis endemik, khususnya di pulau-pulau kecil atau di wilayah sempit di daratan utama, terutama jenis-jenis pegunungan tertentu (Bab 2.4). Banyak jenis endemik Nugini masuk ke dalam 129 jenis dalam daftar jenis yang memrihatinkan yang diterbitkan oleh IUCN dan Bird Life International; 74,4% dari jenis terdaftar ini endemik di Nugini. Ancaman bagi avifauna Papua bersumber dari lima kegiatan utama, masing-masing dibahas singkat di bawah ini.

Pemanfaatan Burung Secara Tradisional dan Subsisten

Bulu burung, kadang dalam jumlah besar, sering digunakan untuk hiasan dalam upacara-upacara, pernikahan dan ritual (Healey 1986, Heaney 1982). Kelompok yang paling sering digunakan untuk hiasan adalah burung Cenderawasih, yang pernah dieksploitasi besar-besaran untuk ekspor. Penggunaan bulu secara tradisional berdampak pada jenis-jenis yang umumnya populer (misalnya, *Harpyopsis novaeguineae*, *Psittirichas fulgidus*, *Epimachus fastuosus*, Mack dan Wright 1998, Watson dan Asoyama 2001) atau yang mungkin kurang populer, tetapi persebaran populasinya terbatas (misalnya, *Cicinnurus republica*).

Banyak jenis burung yang juga menghadapi tekanan serius dari perburuan (Mack dan West 2005) karena sebagian besar masyarakat pedesaan memperoleh sebagian besar protein mereka dari satwa buruan (Dwyer 1974, 1982, 1983, Morren 1986), terutama dari burung. Perburuan khususnya berpengaruh penting pada burung dengan populasi kecil di sekitar pusat-pusat pemukiman (Mack, obs. pri.). Burung-burung yang paling terancam langsung oleh perburuan dan pengambilan telur adalah kasuari (3 jenis), mambruk (3 jenis) dan jenis-jenis berukuran besar lainnya, rangkong (1 jenis), burung gosong (9 jenis) dan bangsa

itik (paling sedikit 1 jenis). Banyak burung berukuran lebih besar cukup aman dari perburuan menggunakan panah, tetapi menjadi sasaran senjata api dan jerat, misalnya burung kasuari. Populasi burung gosong terancam penurunan populasinya, meskipun telurnya sebenarnya dapat dipanen secara lestari jika pengelolaannya berbasis ilmiah yang tepat. Salah satu jenis burung terlangka dan telah mendekati kepunahan di Papua adalah Maleo waigeo (*Aepyypodius bruijnii*) akibat pemanenan yang tidak lestari.

Pembalakan untuk Industri

Pembalakan skala besar merupakan ancaman utama bagi banyak burung di Papua. Selain dampak langsung penebangan dan pengambilan kayu pengaruh tidak langsungnya juga banyak, seperti meningkatnya perburuan dan introduksi hama. Tingkat pengaruh langsung akan bervariasi menurut intensitas penebangan dan cara-cara yang digunakan. Cara yang paling merusak adalah tebang habis. Tipe pembalakan ini masih jarang di Papua, tetapi proyeksi permintaan kayu dari Asia, terutama China untuk produksi kertas di masa depan akan mendorong peningkatan permintaan sumber kayu dari pulau ini.

Dampak pembalakan pada burung antara lain karena banyak jenis burung memerlukan pohon dan kayu berlubang untuk tempat bertengger dan bersarang (Gibbs dkk. 1993). Cara-cara pembalakan yang mengurangi kerusakan terhadap pohon-pohon tenggeran dapat membantu memelihara populasi burung paruh bengkok dan organisme lain yang menggunakan lubang untuk bersarang di Australia (Brigham dkk. 1998, Gibbons dan Lindenmayer 2002). Dampak pemanenan kayu tingkat sedang pada burung-burung Papua sulit diukur, sebagian karena kesulitan sensus burung di hutan hujan (Driscoll 1984). Walaupun demikian, bukti menunjukkan bahwa sementara beberapa jenis burung bertambah di hutan sekunder dan lainnya berkurang setelah pembalakan, avifauna di kawasan sekunder jauh lebih miskin (Driscoll 1984).

Karena banyaknya burung hutan hujan di Nugini mengandalkan nektar atau buah-buahan sebagai pakan utamanya, cara-cara pembalakan

BURUNG

yang mengurangi pohon-pohon penghasil nektar dan buah berpengaruh penting pada banyak jenis burung. Dampak ini lebih dramatis jika sumber buah atau nektar utama ditebang (van Schaik dkk. 1993) karena diperlukan oleh banyak jenis untuk melangsungkan hidupnya. Karena itu penghilangan sumber daya ini akan berdampak besar bagi kelangsungan ekosistem (Paine 1995, Simberloff 1998). Misalnya, ara atau buah lain yang tersedia di saat kelimpahan buah lainnya rendah berfungsi sebagai sumber daya kunci (Kinnaird dkk. 1999, Patel 1997, Peres 2000, Shanahan dkk. 2001). Untuk melindungi sumber daya ini pembalakan berdampak rendah perlu dirancang, sehingga buah dan nektar cukup tersedia untuk memertahankan populasi burung. Meskipun data dari Papua jarang, sumber daya kunci berupa buah meliputi jenis-jenis *Ficus*, *Elmerrillia* dan *Calophyllum* (Wright 2005).

Regenerasi setelah pembalakan dapat ditingkatkan jika populasi burungnya kuat dan mampu menjaga pola-pola pemencaran biji secara alami. Burung dan frugivora lain menyebarkan biji-biji ke wilayah terganggu dan meningkatkan regenerasi hutan (Gorchov dkk. 1993, Holbrook dkk. 2002, Wunderle 1997). Dengan demikian, burung dan satwa penyebar biji lainnya dapat membantu pertumbuhan kembali vegetasi di wilayah bekas pembalakan melalui proses-proses alami yang akan sangat mahal jika dilakukan oleh manusia. Di dataran bergunung-gunung di Papua, frugivora penyebar biji seperti kasuari penting untuk menyebarkan biji-bijian ke daerah yang lebih tinggi. Tanpa burung penyebar biji ini, banyak populasi tumbuhan yang akan bergeser ke bagian yang lebih rendah karena pengaruh gravitasi (Mack dkk. 1999).

Konversi Lahan untuk Pertanian

Di Papua, lahan yang sangat luas telah dibuka untuk pertanian tanaman industri atau direncanakan untuk pembangunan perkebunan (Supriatna 1999). Di dataran rendah, konversi ini terutama dibangun untuk perkebunan kelapa sawit. Kadang-kadang beberapa burung pemangsa yang besar, khususnya burung hantu, bisa hidup dengan baik di perkebunan kelapa sawit karena adanya banyak tikus yang hidup dari

memakan buah sawit. Namun secara keseluruhan perkebunan kelapa sawit tidak mendukung keanekaragaman jenis yang memadai.

Perdagangan Burung Komersial

Data yang tersedia mengenai jumlah burung yang diekspor dari Papua untuk perdagangan burung hidup hanya sedikit, tetapi informasi yang ada menunjukkan adanya perdagangan burung Papua yang cukup besar di pasar-pasar Asia Tenggara (Nash 1992, 1994, Rumbiak 1984). Perdagangan satwa internasional memiliki andil besar yang dapat mengubah status konservasi ratusan jenis burung terancam dan genting dalam Daftar Merah IUCN (IUCN 2002). Untuk jenis tertentu, terutama burung paruh bengkok, perdagangan satwa peliharaan juga merupakan ancaman penting sehingga diperlukan pemantauan pasar dan ekspor burung dari Papua yang lebih ketat.

Introduksi Jenis Asing

Data mengenai jenis introduksi dan invasif di Nugini hanya sedikit sekali. Tumbuhan dan jamur invasif yang berdampak ekonomi penting telah mendapat perhatian, tetapi introduksi tikus, kucing dan jenis lain yang mungkin memengaruhi burung masih kurang diperhatikan. Di Papua, introduksi monyet menimbulkan keprihatinan (Bab 7.4), karena dampaknya sangat merusak bagi fauna dan flora asli di pulau-pulau yang merupakan habitat barunya. Monyet bersaing dengan satwa lain dengan cara memakan buah-buahan dan sumber daya lain dan secara langsung juga memangsa satwa lain, terutama burung yang bersarang. Karena Nugini tidak memiliki mamalia pemangsa asli, kucing atau monyet yang lepas dan menjadi liar bisa mengancam burung-burung di Papua.

4.7. *Mamalia**

Komposisi biota kawasan Australo-Papua sungguh unik dibandingkan dengan kawasan benua lainnya di seluruh dunia, yang tercermin oleh mamalia aslinya. Tidak ada kawasan lain di dunia yang sekaligus dihuni oleh tiga kelompok mamalia utama, yaitu monotrema (yang bertelur), marsupialia (berkantung) dan placentalia (memiliki ari-ari) seperti di kawasan ini. Demikian juga dari segi keanekaragaman morfologi dan ekologi binatang berkantungnya.

Berdasarkan pengamatan dan eksplorasinya, Alfred Russel Wallace membagi fauna di tengah kepulauan Indonesia menjadi dua: fauna Asia dan Australia (Wallace 1869). Setengah dari bagian barat kepulauan ini, Dangkalan Sunda, yaitu perluasan Benua Asia, dihuni sebagian besar taksa mamalia berplasenta (12 bangsa terdapat di Sumatera, Jawa dan Kalimantan). Di bagian timur, Maluku, Nugini dan Australia mendukung tiga kelompok mamalia Australia, walaupun jumlah kelelawar dan binatang pengeratnya hanya sedikit. Di antara Garis Wallace, yaitu di pulau Sulawesi, fauna-fauna dari kedua kawasan yang luar biasa ini bercampur. Mamalia kecil pemakan buah dan posum pemakan daun menghuni hutan ini bersama primata endemik, tupai, tikus dan musang.

Dalam hal keanekaragaman hayatinya, Nugini merupakan pulau tropis terbesar di dunia. Fauna mamalia moderen di Nugini meliputi monotrema terbesar di dunia, lebih banyak marsupial arboreal dibandingkan di tempat lainnya dan salah satu tempat yang memiliki jenis kelelawar buah Dunia Lama yang terbanyak. Selain itu ada pencabangan jenis di antara binatang pengerat (Muridae), yang ukuran dan habitatnya bervariasi, dari “tikus lumut” yang sangat kecil hingga tikus amfibi yang ukuran badannya terbesar di dunia (*Mallomys*). Namun daftar jenis

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “A Taxonomic and Geographic Overviews of the Mammals of Papua”, Kristofer M. Helgen.

keunikan fauna mamalia Nugini ini tetap belum lengkap dan mamalia Papua secara keseluruhan kurang dikenal daripada yang terdapat di PNG (Flannery 1995a). Upaya-upaya gigih untuk memahami mamalia Papua telah dilakukan sejak awal tahun 1900-an (misalnya, Wollaston 1914, Rümmler 1938, Brass 1941, Tate 1947, 1948a,b, 1951, van Steenis-Kruseman 1950, Laurie dan Hill 1954, Ziegler 1977, 1982, Taylor dkk. 1982, Hill 1990, Menzies 1991, 1993, Flannery 1990, 1995a,b), terutama tahun 1910-an hingga tahun 1950-an yang merupakan puncak periode eksplorasi biologis (Bab 1.2). Namun, studi intensif di Papua masih sangat terbatas sekali daripada yang dilakukan di kawasan tropis lainnya di seluruh dunia.

Berbagai upaya untuk memahami keanekaragaman mamalia Papua telah meningkat lagi (Groves dan Flannery 1994, Flannery 1995a, b, 1999, Flannery dkk. 1995, 1996, Menzies 1996a, Flannery dan Groves 1998, Aplin dkk. 1999, Bergmans 2001, Helgen dan Flannery 2004a,b, Musser dan Carleton 2005, Woolley 2005) tetapi populasi mamalia di daerah pegunungan (Foja, Van Rees, Tamrau, Fakfak, Kumawa dan Wandamen [atau Wondiwoi]), dataran rendah (Sem. Doberai dan Bomberai) dan di pulau-pulau besar (Waigeo dan Misool) sebagian besar belum diketahui dan banyak mamalia di kawasan ini masih menanti temuan baru.

Bab ini menjelaskan keanekaragaman khusus dan keendemikan fauna mamalia asli Papua. Sampai sekarang mamalia asli di Papua yang telah tercatat adalah 191 jenis, meliputi 40 jenis endemik. Jumlah ini setara atau lebih besar dari jumlah mamalia asli yang tercatat di pulau tropis dan subtropis lainnya di seluruh dunia, misalnya Madagaskar (Goodman dan Benstead 2005) dan Filipina (Heaney dkk. 1998). Tingkat keendemikan mamalia Papua lebih rendah daripada fauna lainnya, tetapi jika diperhitungkan sebagai bagian dari Nugini secara keseluruhan, angkanya tinggi dalam konteks global (Flannery 1995a,b, 1996).

Fauna mamalia asli Nugini terdiri dari 16 suku yang diklasifikasikan ke dalam enam bangsa, yaitu Monotremata (diwakili oleh Tachyglossidae), Marsupialia (termasuk ordo Dasyuromorphia, diwakili oleh Dasyuridae), Peramelemorphia (diwakili oleh Peramelidae) dan Diprotodontia (di-

wakili oleh Phalangeridae, Burramyidae, Acrobatidae, Petauridae, Pseudocheiridae dan Macropodidae); Rodentia (diwakili oleh Muridae) dan Chiroptera (diwakili oleh Pteropodidae, Hipposideridae, Rhinolophidae, Emballonuridae, Vespertilionidae dan Molossidae). Anggota dan ciri-ciri ekologis dasar masing-masing suku ini (yang terwakili di Papua) dibahas secara ringkas berikut ini, termasuk mamalia hasil introduksi.

Suku Tachyglossidae – Landak

Ada dua marga dari suku Tachyglossidae yang tersebar luas di Australia dan Nugini: yaitu Landak paruh pendek (*Tachyglossus*) dan Landak paruh panjang (*Zaglossus*) yang endemik di Nugini. Kedua marga ini terwakili di Papua. Bagian punggung landak dipenuhi duri-duri berwarna hitam dan putih, memiliki moncong panjang dan sempit, dan tidak bergigi. Kedua marga adalah pemakan avertebrata darat, dengan menggunakan lidah yang panjang. *Tachyglossus* terutama memakan semut dan rayap, sementara *Zaglossus* khusus memakan cacing tanah.

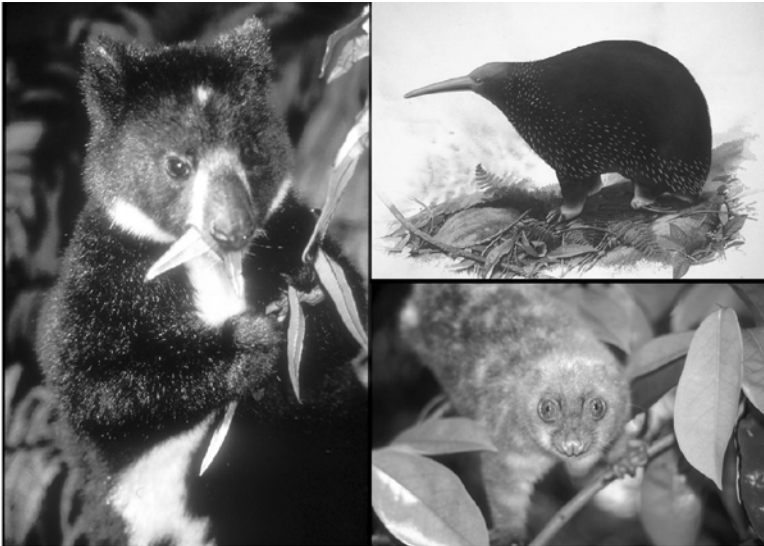
Hanya ada satu jenis *Tachyglossus* (*T. aculeatus*), yang lebih kecil daripada jenis *Zaglossus* dan berbulu lebih pendek, berwarna lebih coklat dan paruh yang lebih lurus dan pendek sekali. Jenis ini mampu berkembang pesat di banyak habitat yang berbeda, mulai dari padang gurun hingga hutan pegunungan di seluruh Australia dan Nugini, tetapi di Papua hanya tercatat dari padang rumput dan hutan rawa di bagian selatan kawasan Trans-Fly. *Zaglossus* bertubuh lebih besar, paruhnya jauh lebih panjang, melengkung ke bawah dan umumnya memiliki bulu yang lebih tebal, lebih kehitaman. Menurut Flannery dan Groves (1998) ada tiga jenis *Zaglossus* di Nugini, semuanya ada di Papua dan dua di antaranya endemik di Papua bagian barat. *Zaglossus bruijnii* adalah jenis endemik di wilayah Kepala Burung. Flannery dan Groves (1998) juga mendeskripsi satu jenis baru *Z. attenboroughi* yang bertubuh kecil, berdasarkan satu spesimen museum yang dikoleksi tahun 1961 di puncak tertinggi Peg. Cyclops. Jenis ini kemungkinan sudah langka atau bahkan punah (Gambar 4.7.1), namun mungkin akan ditemukan di jajaran

EKOLOGI PAPUA

pegunungan terpencil di Papua bagian utara, seperti Peg. Foja dan Peg. Van Rees, di mana kegiatan eksploitasi masih jarang (Helgen 2005).

Suku Dasyuridae

Mamalia berkantung yang berukuran kecil sampai sedang ini adalah insektivora dan karnivora yang tersebar luas di Australia dan Nugini (Krajewski dkk. 2000). Marga dari suku ini mencakup *Sminthopsis* dan *Planigale* yang beratnya kurang dari 40 g dan *Murexia*, *Phascosorex*, *Neophascogale* dan *Myoictis* yang beratnya 30-300 g; serta *Dasyurus* yang beratnya dapat mencapai 1 kg. Dasyuridae yang lebih kecil terutama adalah insektivora, sementara jenis yang lebih besar memakan vertebrata kecil. Empat marga (*Murexia*, *Phascosorex*, *Neophascogale* dan *Myoictis*), semuanya terdapat di Papua dan merupakan marga endemik Nugini dan pulau-pulau penghubung dengan daratan utama.



Gambar 4.7.1. Tiga jenis yang ditemukan baru-baru ini, semuanya endemik di Papua. Kiri: *Dendrolagus mbaiso*, seekor kangguru pohon kedua dari habitat subalpin di Peg. Sudirman, deskripsi oleh Flannery dkk. (1995). Atas kanan: *Zaglossus attenboroughi*, seekor landak kerdil berperuh panjang endemik Pegunungan Cyclop, deskripsi oleh Flannery dan Groves (1998). Bawah kanan: *Spilocuscus wilsoni*, seekor kuskus kerdil bertotol dari pulau-pulau Samudra di Biak-Supiori, deskripsi oleh Helgen dan Flannery (2004b).

Sminthopsis dan *Planigale* yang merupakan marga dari Australia hanya ada di daerah lahan basah di pulau bagian selatan (kawasan Trans-Fly) dan hanya satu jenis (*Sminthopsis virginiae*) yang tercatat dari Papua. *Murexia* tersebar luas di seluruh pulau, lima di antaranya terdapat di Papua: dua jenis di dataran rendah (*M. longicaudata* dan *M. melanura*) dan tiga lainnya di hutan pegunungan di atas 1.000 m.

Marga *Phascolosorex* dan *Neophascogale* yang berukuran sedang dan warnanya lebih cerah merupakan penghuni siang hari hutan pegunungan Nugini yang trampil memanjat (Krajewski dkk. 2004). Jenis *Phascolosorex* berwarna coklat tua dengan ujung bulu berwarna perak, memiliki sebuah garis punggung berwarna hitam dan perutnya oranye. Tiga jenis ada di Papua, dua di antaranya endemik: *P. doriae* di Arfak, Weyland dan Peg. Sudirman dan *P. dorsalis* di Arfak.

Dasyuridae yang memiliki tiga garis (marga *Myoictis*) tersebar luas di hutan dataran rendah dan pegunungan bawah di Nugini (Woolley 2005). Dua jenis yang ada di Papua: *Myoictis melas* tersebar di seluruh habitat berhutan di bawah ketinggian 1.800 m. Dua jenis *Dasyurus* ada di Papua: *Dasyurus albopunctatus* di kawasan berhutan dari permukaan laut hingga garis tumbuh pohon, sedangkan *Dasyurus spartacus* hanya dikenal dari kawasan Trans-Fly (van Dyck 1988), termasuk Taman Nasional Wasur. Di hutan dataran rendah Nugini (600-1.000 m) umumnya hanya ada tiga atau empat jenis Dasyuridae. Namun, ada enam sampai tujuh jenis berada di lokasi yang sama di tempat yang lebih tinggi. Misalnya, di hutan dengan ketinggian 2.800 m di sekitar G. Trikora ada enam jenis (*D. albopunctatus*, *Neophascogale lorentzii*, *Phascolosorex brevicaudata*, *M. habbema*, *M. naso* dan *M. wilhelmina*). Keanekaragaman Dasyuridae berkurang seiring dengan meningkatnya ketinggian, sehingga hanya tiga jenis yang ada di atas 3.000 m dan hanya satu jenis (*N. lorentzii*) yang ada di atas garis tumbuh pohon.

Suku Peramelidae – Bandikot

Bandikot adalah omnivora berkantung yang berukuran kecil hingga sedang. Di Nugini ada empat marga: *Echymipera*, *Peroryctes*, *Micropero-*

ryctes dan *Isoodon*. Semua jenis tersebut hidup di darat, pada umumnya di dalam liang atau sarang di tanah sepanjang siang hari dan mencari makan di malam hari. Bandikot yang berukuran lebih besar tinggal di hutan (*Echymipera*, *Peroryctes* dan jenis *Microperoryctes* yang lebih besar) memakan buah yang jatuh selain avertebrata darat, sementara jenis yang lebih kecil (seperti *Microperoryctes aplini* dan *M. murina*) kemungkinan besar adalah insektivora sepenuhnya.

Meskipun kebanyakan bandikot Nugini hidup di hutan tertutup, satu jenis (*Isoodon macrourus*) hidup di kawasan hutan monsun dan padang rumput dan hanya terdapat di kawasan Trans-Fly. Jenis *Microperoryctes* hanya ada di pegunungan, baik di hutan pegunungan dan padang rumput subalpin di Peg. Arfak. Tiga jenis *Microperoryctes* endemik Papua, yaitu: *M. murina*, tercatat hanya berasal dari G. Sumuri di Peg. Kobowre; *M. aplini* di Peg. Arfak (Helgen dan Flannery 2004a); dan satu lagi tanpa nama, jenis yang agak besar di hutan pegunungan dan padang rumput subalpin di sepanjang Peg. Sudirman. Satu-satunya jenis dari marga *Peroryctes* di Papua adalah *P. raffrayana*, yang tersebar luas di jajaran pegunungan tengah, pegunungan di daerah Kepala Burung dan jajaran pegunungan pesisir utara. Meskipun jenis ini cukup umum di ketinggian sekitar 500 m, jumlahnya berkurang seiring dengan pertambahan ketinggian. Jenis *Echymipera* terutama menempati hutan dataran rendah, biasanya di bawah ketinggian 1.000 m, meskipun kadang terdapat juga di lokasi yang jauh lebih tinggi. Dua jenis (*E. kalubu* dan *E. rufescens*) juga terdapat di seluruh dataran rendah dan di banyak pulau-pulau yang berbatasan dan *E. clara* juga terdapat secara lokal bersama-sama di sepanjang dataran rendah bagian utara. Jenis yang kurang dikenal, *E. Echinista*, hanya diketahui dari S. Fly dan S. Strickland di bagian selatan PNG, tetapi mungkin juga menyebar hingga dataran rendah di Papua bagian selatan. Bandikot mencapai keanekaragaman lokal yang sangat tinggi di hutan di sepanjang lereng jajaran pegunungan tengah.

Suku Phalangeridae – Kuskus

Kuskus berukuran sedang (1.5-7 kg), bersifat nokturnal pemakan buah dan daun, kebanyakan arboreal. Jenis Nugini diklasifikasikan ke dalam

dua marga, *Phalanger* (kuskus) dan *Spilocuscus* (kuskus bertotol). *Phalanger* merupakan salah satu marga yang paling beragam di kawasan Australasian (Flannery 1994b). Ada delapan jenis di daratan utama Nugini, enam jenis terdapat di Papua. Kebanyakan jenis arboreal dan tidur di pohon sepanjang siang hari, namun satu jenis (*P. gymnotis*) hidup di darat dan tidur di dalam liang tanah. Dari lima jenis di Papua, dua jenis (*P. sericeus* dan *P. carmelitae*) terbatas di hutan pegunungan sepanjang Jajaran Pegunungan Tengah; satu jenis (*P. vestitus*) tersebar luas tetapi terpencair di sejumlah kawasan pegunungan, termasuk Peg. Arfak, Peg. Tamrau dan Peg. Kobowre di Papua; satu jenis (*P. gymnotis*) tersebar luas di hutan dataran rendah dan pegunungan hingga 2.700 m, juga menyebar hingga pulau-pulau Yapen, Misool dan Salawati; dan dua jenis menghuni hutan dataran rendah (*P. orientalis* di dataran rendah bagian utara dan barat; *P. mimicus* terdapat di dataran rendah bagian selatan).

Jenis *Spilocuscus* terbatas di hutan dataran rendah di Nugini dan Australia bagian utara dan di sejumlah pulau yang berdekatan. Dua jenis menempati dataran utama Nugini bagian barat: Kuskus totol biasa dengan pola yang cantik (*S. maculatus*), tersebar luas di dataran rendah di Nugini sedangkan Kuskus bertotol hitam (*Spilocuscus rufoniger*) sangat rentan terhadap tekanan lokal perburuan dan terpencair di sepanjang hutan dataran rendah di bagian utara jajaran pegunungan tengah, di Leher Burung dan di Kepala Burung (Flannery 1995a, Feiler 1978, Helgen, data tidak dipublikasikan). Kuskus terbesar, baik *S. maculatus* dan *S. rufoniger* bisa mencapai berat lebih dari 6 kg. Jenis endemik yang lebih kecil *Spilocuscus* terdapat di pulau-pulau Samudra tertentu di sekitar Nugini, termasuk Waigeo dan Batanta (*S. papuensis*) dan Biak-Supiori (*S. wilsoni*) (Helgen dan Flannery 2004b).

Suku Burramyidae dan Acrobatidae – Posum kerdil

Dua suku posum bertubuh kecil terdapat di Nugini, masing-masing diwakili oleh jenis tunggal endemik yang tersebar luas di Nugini. *Cercartetus caudatus* berukuran sangat kecil (kira-kira 20 g) yang ada di

ketinggian di atas 1.000 m di sepanjang jajaran pegunungan tengah dan di Peg. Arfak. Jenis ini merupakan insektivora yang umum di hutan pegunungan dan padang rumput subalpin. *Distoechurus pennatus* ukurannya lebih besar (40-60 g) dengan ekor berbulu. Jenis ini hidup di pohon, memakan serangga dan buah dan tersebar luas di hutan dataran rendah yang tertutup dan hutan pegunungan bawah di seluruh pulau di bawah ketinggian 1.900 m. Jenis ke dua, *Acrobates pennatus*, hanya dikenal dari Australia bagian timur, tetapi mungkin juga terdapat di Nugini (Helgen 2003).

Suku Petauridae – Posum bergaris

Di Nugini, suku Petauridae diwakili oleh posum bergaris atau trioks (*Dactylopsila* dan *Dactylonax*) dan *Petaurus*. Trioks memiliki ukuran tubuh kecil hingga sedang (600 g) merupakan insektivora nokturnal yang khusus memakan serangga penggerak batang dari lubang pohon dan kayu-kayu yang jatuh, dengan empat jari tangannya yang panjang dan sempit, gigi-gigi seri pertamanya nyata sekali membesar dan sebuah pola bergaris hitam dan putih tebal di bagian punggung. Jenis *Dactylopsila* bersifat arboreal dan bersarang di lubang pohon, sementara *Dactylonax* (diwakili oleh jenis tunggal, *D. palpator*) bersarang di lubang pohon dan liang bawah tanah. Tiga posum bergaris terdapat di Papua: *Dactylopsila trivirgata* (tersebar luas, umumnya di hutan pegunungan bawah dan hutan dataran rendah), *Dactylopsila megalura* (di hutan Peg. Sudirman, Bintang dan Weyland) dan *Dactylonax palpator* (di hutan pegunungan di sepanjang jajaran pegunungan tengah dan di Peg. Arfak).

Di Papua, marga *Petaurus* diwakili oleh jenis tunggal (*Petaurus breviceps*) yang umum, bertubuh kecil (50-100 g) dan tersebar di sepanjang Australia, Nugini dari permukaan laut hingga paling sedikit 3.000 m dan di banyak pulau yang berdekatan, termasuk Misool, Salawati, Yapen, Numfor dan Biak-Supiori. *Petaurus breviceps* memakan buah dan daun, serangga, nektar dan getah tumbuhan. Jenis ini nokturnal, arboreal dan bersarang di lubang pohon dan merupakan jenis yang dapat hidup di hampir semua habitat pohon, mulai dari hutan yang

mulai tumbuh dan hutan di dataran banjir hingga hutan pegunungan yang tidak terganggu.

Suku Pseudocheiridae – Posums ekor-cincin

Posum ekor-cincin berukuran kecil, bersifat arboreal, pemakan daun dan hidup terbatas di kawasan hutan di Nugini dan Australia. Di Papua ada dua marga: yang lebih kecil *Pseudochirulus* (1 kg), kemungkinan adalah pemakan daun dan jenis lebih besar *Pseudochirops* (750-2.500 g). Kebanyakan posum ekor-cincin terdapat di hutan yang tidak terganggu. Satu jenis, *Pseudochirulus canescens*, terbatas di hutan pegunungan bawah dan dataran rendah dan beberapa di antaranya kadang menyebar ke dalam hutan dataran rendah, tetapi jenis lainnya terdapat di pegunungan. Umumnya kebanyakan jenis hanya ada di atas ketinggian 1.200 m. Ada lima jenis posum ekor-cincin yang ditemukan di sepanjang transek mulai dari ketinggian 1.000 hingga 2.000 m di sepanjang lereng bagian utara atau selatan jajaran pegunungan tengah Papua. Misalnya, *Pseudochirulus mayeri*, *Pseudochirulus caroli*, *Pseudochirops albertisii* dan *Pseudochirops cupreus* juga terdapat di Peg. Kobowre di hutan dengan ketinggian sekitar 2.000 m. Hanya dua posum ekor-cincin (*P. cupreus* dan *P. mayeri*) terdapat di padang rumput subalpin di atas garis tumbuh pohon. Rupanya karena kebutuhan khusus mereka hanya ada di pegunungan, posum ekor-cincin merupakan jenis yang kurang mampu menyebar melewati kendala perairan sehingga tidak terdapat di pulau-pulau Samudra mana pun.

Kebanyakan dari sembilan jenis posum ekor-cincin di Papua tersebar luas di seluruh pulau, tetapi ada tiga jenis yang endemik di Papua: *Pseudochirops coronatus* dan *Pseudochirulus schlegeli* hanya diketahui dari Peg. Arfak dan *P. caroli* diketahui dari Lembah Baliem hingga Peg. Kobowre. Jenis lainnya (*P. albertisii*) persebarannya terputus di sepanjang pegunungan Arfak, Weyland dan Cyclop dan di P. Yapen). Posum ekor-cincin hanya ada di dua pulau jembatan darat, Yapen dan Salawati.

Suku Macropodidae – Walabi dan Kanguru

Kanguru dan walabi merupakan marsupial herbivora berkaki dua yang dapat melompat. Kebanyakan jenis hidup di darat, tetapi marga tunggal di Papua (*Dendrolagus*, kanguru pohon) sepenuhnya bersifat arboreal. Papua memiliki lima marga: *Macropus*, diwakili oleh jenis tunggal *M. agilis*, yang merupakan mamalia asli yang paling besar di Melanesia (hingga 25 kg). Jenis ini hidup di hutan monsun, padang rumput dan hutan terbuka, di Papua terbatas di kawasan Trans-Fly. Marga *Dorcopsis* terdiri dari walabi kecil (rata-rata 5-6 kg), yang hidup di habitat hutan dataran rendah tertutup di Nugini di bawah ketinggian 800 m. Tiga jenis terdapat di Papua, yang tersebar di bagian utara (*D. hageni*), barat (*D. muelleri*) dan selatan (*D. luctuosa*) dan merupakan jenis endemik. Jenis-jenis ini juga menyebar hingga pulau-pulau jembatan darat seperti Yapen, Misool dan Salawati dan kemungkinan juga terdapat di Batanta dan Waigeo namun tidak ada catatan yang dikonfirmasi hingga sekarang.

Marga *Dorcopsulus*, endemik Nugini, terdiri dari walabi berukuran kecil (2-3 kg) terbatas di hutan pegunungan tertutup di atas 800 m, di mana jenis ini menggantikan *Dorcopsis* yang ada di ketinggian yang lebih rendah. Satu jenis, *Dorcopsulus vanheurni*, ditemukan di Papua, yang tersebar luas di sepanjang jajaran pegunungan tengah. Meskipun punah di kawasan pegunungan terpencil, subfosilnya tetap menunjukkan bahwa jenis ini terdapat di daerah Kepala Burung (Aplin dkk. 1999) hingga sekarang.

Marga *Thylogale* terdapat di Australia, Nugini dan di sejumlah pulau-pulau jembatan darat dan Samudra yang berbatasan. Dua jenis hidup yang diketahui dari Papua: *T. browni* dari dataran rendah utara dan *T. brunii* dari dataran rendah selatan. Satu jenis tambahan (*T. stigmatica*) terdapat di Trans-Fly di PNG dan kemungkinan besar akan ditemukan di habitat-habitat serupa di Papua.

Kanguru pohon yang paling terkenal (*Dendrolagus*) terdiri dari enam jenis di Papua. Jenis-jenis ini termasuk satu jenis endemik di kawasan Kepala Burung (*D. ursinus*), satu jenis tersebar luas di dataran rendah utara dan kawasan Kepala Burung (*D. inustus*), satu jenis diketahui dari

Papua hanya melalui pengamatan dari Peg. Foja Utara yang terpencil (*D. pulcherrimus*), satu jenis hanya diketahui dari pesisir utara Peg. Wandammen (*D. mayri*) dan dua jenis (*D. stellarum* dan *D. mbaiso*) dari kawasan Peg. Sudirman yang lebih luas di bagian barat jajaran pegunungan tengah. Kebanyakan jenis kanguru pohon merupakan penghuni hutan yang bersifat arboreal, tetapi baru-baru ini *D. mbaiso* (Gambar 4.7.1) ditemukan sebagai kanguru pohon yang mengalami adaptasi perkembangan sekunder untuk hidup di darat dan terdapat di hutan pegunungan atas dan padang rumput subalpin (Flannery dkk. 1995, 1996).

Suku Muridae – Tikus

Muridae adalah satu-satunya suku dari bangsa Rodentia yang terdapat di wilayah Australo-Papua dan keanekaragaman jenisnya tertinggi. Suku ini diwakili oleh banyak marga endemik dari berbagai ukuran dan habitat dan juga oleh marga yang lebih tersebar luas (seperti *Rattus* dan *Melomys*). Sampai sekarang sudah ada 23 marga (65 jenis) dari suku Muridae yang telah dikoleksi di Papua. Tidak ada satu marga yang telah dideskripsi terbatas di Papua, tetapi banyak jenis tidak ditemukan di tempat lain. Kajian terkini tentang sistematikanya dapat dilihat dari Musser dan Carleton (2005) dan ekologi dasarnya dalam Flannery (1995a).

Secara garis besar faunatikus di Papua mencakup marga yang dapat hidup di darat dan di air (*Baiyankamys*, *Crossomys*, *Hydromys*, *Parahydromys*), insektivora darat kecil (*Leptomys*, *Mayermys*, *Pseudohydromys*, *Microhydromys*), omnivora kecil (*Lorentzimys*), herbivora arboreal kecil (*Coccyomys*, *Melomys*, *Pogonomys*, *Pogonomelomys*), herbivora dan omnivora darat berukuran kecil dan sedang (*Mammelomys*, *Paraleptomys*, *Paramelomys*, *Rattus*), herbivora berukuran sedang yang hidup di liang tanah (*Anisomys*), herbivora di liang tanah besar (*Mallomys*, *Uromys*) dan herbivora darat besar (*Hyomys*, *Xenuromys*).

Variasi ukuran suku ini sangat besar. Tikus terkecil di Nugini (*Microhydromys* dan *Lorentzimys*) beratnya kurang dari 15 g, sementara jenis

dari beberapa marga (*Uromys*, *Xenuromys*, *Mallomys* dan *Hyomys*) beratnya bisa lebih dari 1 kg, dengan jenis *Mallomys* yang lebih besar (tikus terbesar di dunia yang masih hidup) beratnya bisa lebih dari 2 kg.

Suku Pteropodidae – Codot

Suku ini sangat beragam di Papua, diwakili oleh kalong pemakan buah berbadan besar (*Pteropus*), Nyap (*Rousettus*) pemakan buah berukuran kecil hingga sedang dan kelelawar buah punggung gundul (*Dobsonia*), Paniki (*Nyctimene* dan *Paranyctimene*) yang memakan buah kecil, serangga, dan pemakan nektar bunga (*Syconycteris* dan *Macroglossus*). Batas ketinggian atas untuk kebanyakan jenis kelelawar buah yang besar di Papua di bawah 1.400 m dan kelelawar paling beragam dan melimpah di pesisir dan hutan dataran rendah yang datar. Bahkan, di bawah 1.000 m paling sedikit ada 13 jenis di kawasan yang sama dan berdekatan. Namun empat jenis (*Dobsonia moluccensis*, *Syconycteris australis*, *Rousettus amplexicaudatus* dan *Nyctimene albiventer*) memiliki kisaran ketinggian yang luas dan menyebar hingga ke hutan pegunungan tengah atau lebih tinggi lagi. Sementara itu dua jenis (*Nyctimene cyclotis* dan *Syconycteris hobbit*) hanya ada di hutan pegunungan.

Codot pemakan buah terbesar di Nugini, dari marga *Pteropus*, menghuni habitat dataran rendah, khususnya hutan pesisir dan hutan di pulau-pulau lepas pantai. Hanya tiga jenis *Pteropus* umumnya terdapat di pulau utama Nugini: *Pteropus conspicillatus* umumnya terbatas di kawasan pesisir dan pulau-pulau sekitarnya, termasuk Kep. Raja Ampat dan pulau-pulau di Teluk Cenderawasih, sedangkan *P. neohibernicus* dan *P. macrotis* menghuni pesisir tetapi juga menyebar luas hingga pedalaman, khususnya di sepanjang aliran-aliran sungai. *Pteropus macrotis* juga terdapat di sejumlah pulau kecil (P. Salawati dan Kep. Aru), tetapi tidak menyebar ke pulau-pulau Samudra. *P. neohibernicus* terpencah di P. Gebe dan P. Gag, tetapi tidak terdapat di pulau-pulau di Teluk Cenderawasih dan juga tidak dilaporkan dari Kep. Raja Ampat yang lebih besar (misalnya, Salawati dan Waigeo). Lima jenis kalong tambahan yang dikenal di Papua hanya dari pulau-pulau kecil, dua di

antaranya (*Pteropus pohlei* dan satu jenis yang berkerabat tetapi belum dideskripsi) merupakan jenis endemik Papua.

Kelelawar punggung gundul (marga *Dobsonia*) tersebar di pulau utama Papua dan di Yapen, dua jenis yang ada adalah *D. Moluccensis* dan *D. minor*, tetapi di pulau-pulau lepas pantai lainnya berlaku kombinasi jenis yang berbeda. Misalnya, Biak-Supiori (*D. emersa* dan *D. beauforti*) atau Raja Ampat (*D. beauforti* dan *D. moluccensis*). Dalam masing-masing kombinasi, jenis-jenis yang ada di lokasi yang sama umumnya terpisahkan oleh ukuran dan kebiasaan bertengger (satu jenis terutama di dalam gua, lainnya terutama di daun-daunan). *Dobsonia emersa* (diketahui hanya dari Numfor, Biak-Supiori dan Kep. Padaido) adalah jenis endemik Papua.

Paniki (*Nyctimene* dan *Paranyctimene*) sebagian besar merupakan pemakan buah tetapi juga memakan serangga. Meskipun jenis *Nyctimene* secara luas tersebar di Filipina, Sulawesi dan Nusa Tenggara, marga ini paling beragam di Nugini, di mana tiga sampai empat jenis umumnya terdapat bersama-sama.

Marga *Syconycteris* yang merupakan codot pemakan buah lainnya terpusat di Nugini dan hanya tersebar di tempat lain di Maluku, Kep. Bismarcks dan pulau-pulau di Papua bagian Timur. Dua jenis terdapat di Nugini: *S. australis*, tersebar di berbagai habitat, kebanyakan habitat di bawah 3.000 m dan *S. hobbit*, terpencah di hutan lumut di atas 1.800 m, kebanyakan di sepanjang jajaran pegunungan tengah. Banyak jenis kelelawar buah kecil di Papua (*Syconycteris australis*, *Macroglossus minimus*, *Rousettus amplexicaudatus* dan *Nyctimene albiventer*) yang umum merupakan jenis yang mampu beradaptasi di berbagai habitat, termasuk di hutan tua dan hutan sekunder dan habitat yang lebih rendah seperti kebun-kebun asli dan lingkungan pedesaan. Bahkan hampir semua jenis kelelawar buah berkembang pesat di kebun-kebun dan jenis tertentu (khususnya *M. minimus* dan *R. amplexicaudatus*) memiliki kepadatan tertinggi di habitat-habitat buatan manusia.

Suku Hipposideridae, Rhinolophidae, Emballonuridae, Vespertilionidae dan Molossidae – Kelelawar Pemakan Serangga

Bangsa Chiroptera (yang meliputi semua kelelawar) secara tradisional telah diklasifikasikan ke dalam dua subbangsa: Megachiroptera (atau “kelelawar besar”) mencakup satu suku Pteropodidae (codot Dunia Lama); dan Microchiroptera (atau “kelelawar kecil”), mencakup kawasan Melanesia, yang beranggotakan beberapa suku kelelawar yang umumnya bertubuh kecil dan memakan serangga. Kelelawar kecil di pulau utama Nugini meliputi jenis dari lima suku: Barong (Hipposideridae marga *Aselliscus* dan *Hipposideros*), Prok-bruk (Rhinolophidae: marga *Rhinolophus*), Kelelawar ekor-trubus (Emballonuridae: marga *Emballonura*, *Mosia*, *Saccolaimus* dan *Taphozous*), berbagai marga kelelawar senja hari (Vespertilionidae: marga *Chalinolobus*, *Myotis*, *Philetor*, *Pipistrellus*, *Scotorepens*, *Murina*, *Nyctophilus*, *Pharotis*, *Kerivoula*, *Phoniscus* dan *Miniopterus*) dan kelelawar tanpa ekor (Molossidae: marga *Chaerephon*, *Mormopterus*, *Otomops*, *Tadarida*). Masing-masing suku dan marga memiliki ciri-ciri ekomorfologis khusus (Suyanto 2001, Bonaccorso 1998 dan referensi-referensi yang ada di dalamnya). Meskipun semua marga yang disebutkan di atas tercatat dari PNG, lima jenis (*Taphozous*, *Chalinolobus*, *Pharotis*, *Kerivoula* dan *Otomops*) belum diketahui dari Papua.

Berbagai upaya koleksi spesimen dari banyak lokasi, rekaman suara dan pembaruan taksonomi dan molekular akan sangat membantu menjelaskan status sistematika dan persebaran kelelawar pemakan serangga di Papua. Semua informasi ini akan mengungkap keberadaan kelelawar yang jauh lebih beragam daripada yang diketahui sekarang. Seperti codot, kelelawar kecil mencapai keanekaragaman terbesar dan paling melimpah di pesisir dan hutan dataran rendah yang datar dan sangat banyak jenis Nugini (khususnya Hipposideridae dan Emballonuridae) yang tidak menyebar di atas ketinggian 1.600 m. Namun, tiga jenis, termasuk satu Molossidae (*Tadarida kuboriensis*), satu Hipposideridae (*Hipposideros corynophyllus*) dan satu Vespertilionidae (*Pipistrellus collinus*) hanya ada di hutan pegunungan di sepanjang jajaran pe-

MAMALIA

gunungan tengah dan banyak jenis Vespertilionidae juga menyebar hingga ke hutan yang lebih tinggi (2.000- 3.000 m). Saat ini tidak ada jenis kelelawar pemakan serangga yang diketahui endemik di Papua.

Mamalia Pendatang

Selain 200 jenis mamalia asli, ada juga sejumlah mamalia pendatang di Papua, beberapa di antaranya adalah anjing kampung (*Canis lupus familiaris*), babi (*Sus scrofa*) dan tikus ladang (*Rattus exulans*) yang rupanya diintroduksi pada jaman prasejarah, sekitar 3.500-3.000 tahun lalu (Kirch 1997). Mamalia lainnya, termasuk berbagai binatang pengerat, rusa dan monyet diintroduksi beberapa abad atau dekade lalu. Berbagai dampak ekologis jenis mamalia introduksi pada biota asli Nugini, baik yang potensial dan yang nyata, negatif atau positif, masih sangat sedikit sekali dipelajari hingga kini dan perlu sekali dikaji (Bab 7.4).

Anjing diwakili oleh anjing peliharaan, yang umumnya digunakan untuk berburu di sepanjang pulau dan oleh populasi anjing feral di dataran tinggi, sering disebut sebagai “anjing penyanyi Nugini” (Brisbin dkk. 1994). Anjing-anjing liar kemungkinan ada di pulau ini hanya sekitar 3.000 tahun (Hope 1981).

Babi (*Sus scrofa*) tersebar luas di pulau ini, baik sebagai babi liar dan ternak, merupakan mamalia liar terbesar yang ditemukan di Melanesia saat ini. Catatan fosilnya menunjukkan bahwa babi telah ada di Nugini paling sedikit selama beberapa ribu tahun (Flannery 1995a, Larson dkk. 2005). Babi berperan penting dalam ekonomi dan warisan budaya masyarakat Melanesian (misalnya, Hide 2004) dan sekarang terdapat di seluruh pulau dan hampir di semua ketinggian di Papua.

Tikus ladang (*Rattus exulans*) tesebar luas di seluruh Asia Tenggara, Melanesia dan kebanyakan di kelompok-kelompok pulau di Pasifik Barat Daya (Flannery 1995b). Di Nugini, tikus ladang terdapat mulai dari permukaan laut hingga hampir 3.000 m dan mampu hidup di berbagai habitat. Jenis ini lebih menyukai lahan yang telah dimodifikasi, khususnya di lingkungan pedesaan, kebun-kebun dan padang rumput kunai (Taylor dkk. 1982). Jenis ini sekarang relatif tersebar luas di

EKOLOGI PAPUA

Nugini dan kemungkinan telah ada beberapa juta tahun yang lalu. Muridae lainnya yang tidak asli di Nugini persebarannya terkait dengan pemukiman penduduk dan kemungkinan hanya ada dalam beberapa ratus tahun terakhir ini. Paling sedikit ada dua anggota *Rattus rattus* (diidentifikasi sebagai *R. rattus* dan *R. tanezumi* oleh Musser dan Carleton 1993, 2005) yang terdapat di berbagai desa dan kota di Papua, terutama di dataran rendah (Taylor dkk. 1982). Demikian juga Mencit rumah (*Mus musculus*). Tikus riul (*Rattus norvegicus*), diketahui dari beberapa kota pelabuhan utama di Nugini, termasuk Jayapura dan dua lainnya merupakan tikus umum asia (*Rattus nitidus*) dan Tikus sawah (*R. Argentiventer*) juga ditemukan di Papua (masing-masing di Sem. Kepala Burung dan daerah Jayapura). Munggis rumah (*Suncus murinus*) merupakan insektivora yang hidup bersama manusia di sepanjang selatan dan Asia Tenggara (Corbet dan Hill 1992). Munggis mungkin terdapat di Papua, kemungkinan terbatas di desa-desa dan kota-kota besar di pesisir.

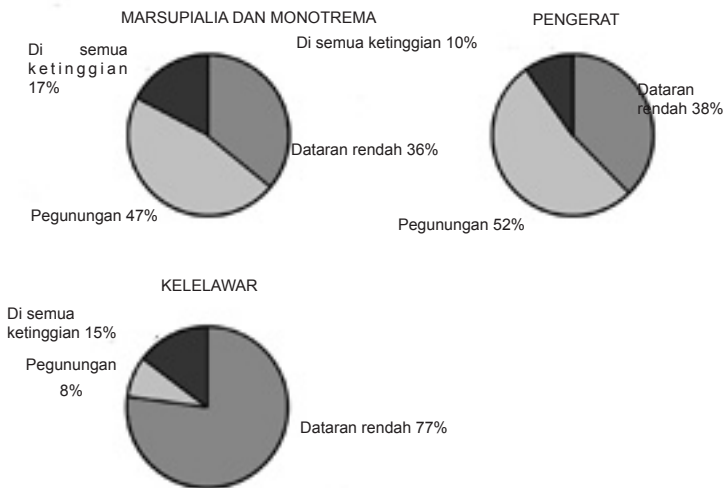
Beberapa jenis mamalia lainnya yang diintroduksi sekarang terbukti ada di Papua. Populasi Rusa timor (*Cervus timorensis*) liar menjadi melimpah di dataran rendah Papua, termasuk Trans-Fly dan seluruh dataran rendah bagian selatan, Sem. Kepala Burung dan sekitar Jayapura (Flannery 1995a). Populasi liar *Macaca fascicularis*, satu jenis monyet asli di Asia Tenggara, terbukti berada di dekat sekitar Jayapura dalam dekade belakangan ini (Kemp dan Burnett 2003, Bab 7.4). Kucing (*Felis [sylvestris] catus*) sekarang kemungkinan terdapat di banyak kawasan di Papua dan jenis ini kemungkinan berdampak negatif pada mamalia kecil asli (Flannery 1995a).

Persebaran Mamalia

Karena kondisi topografi dan geologi pulau Nugini sangat rumit (Bab 2.1), tidak mengherankan jika kekayaan jenis mamalia dan keendemikannya tersebar tidak merata di pulau ini (Flannery 1995a, Heads 2002). Masing-masing jenis mamalia Nugini memiliki persyaratan dan toleransi ekologis yang berbeda, sehingga beberapa taksa tersebar luas secara geografi

MAMALIA

maupun menurut ketinggian, sementara taksa lainnya memiliki kisaran persebaran terbatas, kadang di satu atau beberapa kawasan pegunungan yang berlainan atau pulau-pulau lepas pantai tertentu. Catatan di bawah ini menguraikan berbagai populasi mamalia yang berbeda di Papua, menekankan pentingnya zona-zona biogeografi, terutama zona-zona yang merupakan pusat keendemikan dan menjadi prioritas penting untuk studi lebih lanjut. Sementara kajian ini sebagian besar berfokus pada fauna moderen, perspektif dari catatan fosil mamalia dari Periode Kuartar (khususnya untuk Peg. Salju dan Sem. Vogelkop) dapat dilihat dari karya Hope (1981), Aplin (1998), Aplin dkk. (1999), Pasveer dan Aplin (1998) dan Flannery (1992, 1994a, 1995a, 1999). Karena persebaran kebanyakan jenis kelelawar insektivora di Papua masih sangat sedikit dipahami, pembahasan berikut ini tentang pola geografi mamalia di Nugini diperoleh hanya dari Monotrema, Marsupialia, Rodentia dan Kelelawar Pteropodidae.

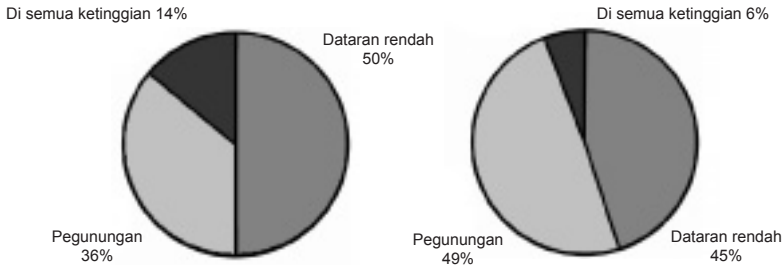


Gambar 4.7.2. Persebaran taksa mamalia menurut ketinggian di Papua. Dataran rendah: kebanyakan di bawah 1.200 m, dengan batas ketinggian atas di bawah 2.000 m. Pegunungan: kebanyakan di atas 1.200 m, dengan batas ketinggian bawah di atas 700 m di pulau utama Nugini dan di atas 300 m di pulau-pulau yang berbatasan. Menyebar luas: kisaran ketinggiannya besar sekali.

Papua Utara: Dataran Rendah di Pesisir Utara dan Pulau-pulau di Teluk Cenderawasih

Mamalia di beberapa kawasan hutan dataran rendah yang tersebar di sepanjang pesisir Papua telah dipelajari secara rinci (Teluk Yos Sudarso dan kaki Peg. Cyclops, P. Yapen, DAS Mamberamo dan lembah Peg. Sudirman dan S. Idenburg). Berdasarkan data inventarisasi di lokasi-lokasi ini, fauna bagian utara disimpulkan secara umum sebagai berikut: komunitas inti 16 jenis marsupial (*Dasyurus albopunctatus*, *Murexia longicaudata*, *Murexia melanura*, *Myoictis melas*, *Echymipera clara*, *Echymipera kalubu*, *Echymipera rufescens*, *Dendrolagus inustus*, *Dorcopsis* sp. [*D. hageni* timur S. Mamberamo, *D. muelleri* hingga ke bagian barat], *Phalanger orientalis*, *Phalanger gymnotis*, *Spilocuscus maculatus*, *Spilocuscus rufoniger*, *Dactylopsila trivirgata*, *Petaurus breviceps* dan *Pseudochirulus canescens*), paling sedikit tujuh jenis pengerat (*Hydromys chrysogaster*, *Mammelomys rattoides*, *Melomys rufescens*, *Paramelomys platyops*, *Pogonomys macrourus*, *Rattus praetor* dan *Uromys caudimaculatus*) dan sepuluh jenis codot (*Dobsonia minor*, *Dobsonia moluccensis*, *Macroglossus minimus*, *Nyctimene aello*, *Nyctimene albiventer*, *Paranyctimene* sp., *Pteropus macrotis*, *Pteropus neohibernicus*, *Rousettus amplexicaudatus* dan *Syconycteris australis*) terdapat hampir di setiap tempat di hutan dataran rendah di kawasan ini dan kebanyakan jenis ini (82%) menyebar juga ke pulau jembatan darat Yapen di Teluk Cenderawasih. Kebanyakan taksa ini terbatas atau sangat umum di bawah ketinggian 1.000 m, meskipun hanya sedikit (misalnya, *Dasyurus albopunctatus*, *Petaurus breviceps*, *Syconycteris australis*) yang berkembang pesat melampaui rentang ketinggian yang tinggi. Dengan berbagai upaya survei yang memadai, seluruh kelompok mamalia ini pada dasarnya mungkin dapat diharapkan di lokasi pulau utama yang berhutan di Papua bagian utara di bawah ketinggian 500 m, meskipun jenis-jenis yang berukuran lebih besar dan menjadi sasaran perburuan (terutama *Dendrolagus inustus* dan *Spilocuscus rufoniger*) secara lokal sekarang sering tidak ada di kawasan yang kepadatan penduduknya lebih tinggi.

MAMALIA

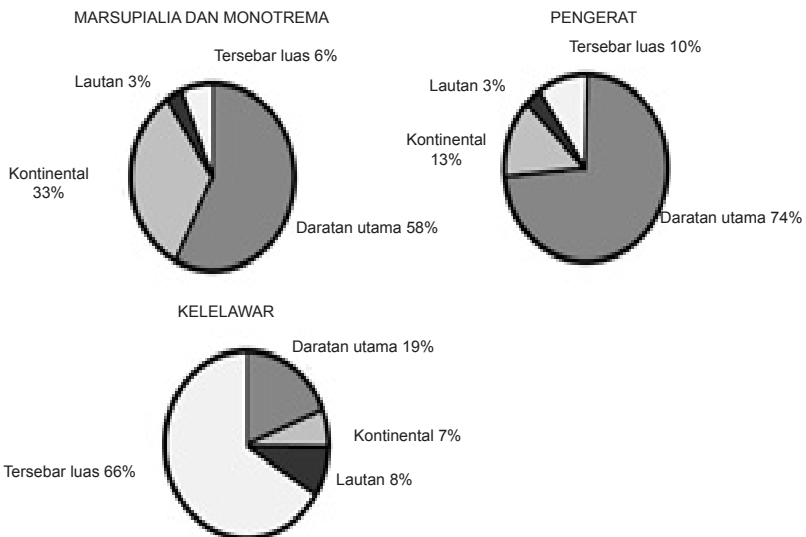


Gambar 4.7.3. Persebaran semua mamalia menurut ketinggian di Papua (atas) dan mamalia endemik di Papua (bawah). Setengah dari mamalia di Papua (atas) merupakan jenis dataran rendah, sementara sepertiganya terbatas di kawasan pegunungan. Mamalia endemik Papua hampir sama rata terbagi menjadi jenis dataran rendah dan jenis pegunungan dan beberapa mamalia endemik terdapat di semua habitat di berbagai kisaran ketinggian. Jenis endemik Papua secara sering merupakan taksa terbatas yang berkembang dalam isolasi di pulau-pulau lepas pantai (habitat-habitat dataran rendah) atau di kawasan pegunungan yang berbeda.

Beberapa mamalia tambahan tersebar secara luas di Nugini bagian utara, tetapi tidak termasuk dalam daftar ini karena berbagai alasan. Misalnya, *Pteropus conspicillatus*, meskipun tersebar luas di dataran rendah utara, umumnya terbatas di kawasan dekat pesisir dan pulau-pulau yang berdekatan. Jenis lainnya kemungkinan tersebar luas dengan baik di dataran rendah bagian utara, tetapi kemungkinan tidak umum, seperti *Melomys leucogaster*, sebelumnya dianggap terbatas di Nugini bagian selatan, tetapi sekarang tercatat baik dari Jayapura dan DAS Mamberamo (Singadan dan Patisellano 2002, Musser dan Carleton 2005); dan kemungkinan *Thylogale browni* yang sekarang tercatat di Papua hanya dari Peg. Cyclop dan dari hutan bukit dan pegunungan di Yapen (Flannery 1995a). Persebaran jenis-jenis terakhir ini menunjukkan tekanan perburuan oleh manusia, sehingga populasinya tetap terpusat di kawasan terpencil hutan dataran tinggi. Jenis yang tersebar luas di Nugini bagian utara di bawah 1.000 m meliputi *Peroryctes raffrayana* dan *Distoechurus pennatus* dan *Pogonomelomys mayeri*, *Uromys nero*, *Lorentzimys nouhuysi* dan *Xenuromys barbatus*. Meskipun kebanyakan jenis ini dikoleksi paling sedikit di satu saat di bawah 100 m, di dataran rendah bagian utara jenis ini biasanya terdapat

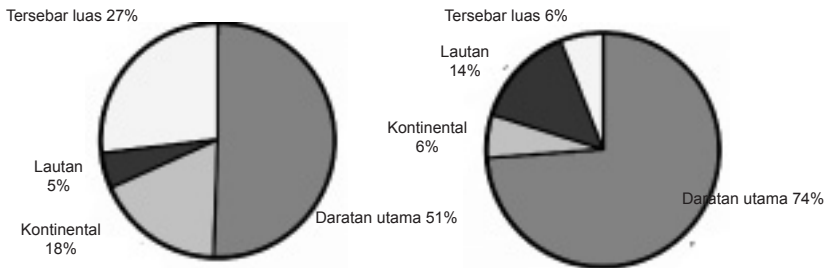
EKOLOGI PAPUA

di pedalaman hutan kaki bukit dan tidak ada di pesisir atau menyebar di hutan dataran rendah datar di bawah ketinggian 200-400 m. Tikus terkecil *Microhydromys richardsoni* merupakan jenis lainnya yang sangat jarang dikoleksi, yang menempati hutan pegunungan bawah dan bukit di Nugini (500-1.500 m). Meskipun tercatat hanya sekali di Papua (S. Idenburg), kemungkinan lebih tersebar luas di dataran rendah utara dibandingkan yang disadari saat ini.



Gambar 4.7.4. Persebaran taksa mamalia Papua. Pulau utama: terdapat hanya di pulau utama Nugini. Benua: terdapat di pulau utama Nugini dan/atau massa daratan benua lainnya (yaitu, pulau-pulau jembatan darat yang berbatasan dan/atau Australia). Samudra: terdapat hanya di pulau-pulau Samudra (yaitu, Biak-Supiori). Tersebar luas: terdapat baik di benua dan massa daratan Samudra. Di Papua, monotrema, marsupialia dan pengerat tersebar luas, tetapi lebih banyak marsupial dan monotrema yang menyebar ke kawasan jembatan darat lainnya (terutama pulau-pulau benua yang berbatasan). Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat kepunahan pengerat di pulau-pulau lebih tinggi daripada tingkat kepunahan marsupialia dan monotrema. Persentase pengerat yang lebih besar di kawasan Samudra dan benua kemungkinan mencerminkan tingkat persebaran yang lebih cepat melalui laut, terutama jika mempertimbangkan tingkat regenerasi pengerat yang tinggi. Persebaran kelelawar sangat berbeda: hanya sekitar seperempat, terbatas di pulau utama atau di kawasan benua yang berbatasan; sisanya menyebar hingga pulau-pulau Samudra. Ini menunjukkan kemampuan menyebar yang lebih besar pada kelelawar daripada mamalia yang tidak dapat terbang, tetapi mungkin juga menunjukkan penyatuan taksonomis bagi kelelawar di Papua karena keterbatasan informasi yang ada sekarang (Gambar 4.7.2).

MAMALIA



Gambar 4.7.5. Persebaran semua mamalia asli (atas) dan mamalia endemik (bawah) di Papua. Dibandingkan dengan fauna mamalia di Papua secara keseluruhan, jenis mamalia endemik Papua cenderung hanya di pulau-pulau Samudra atau kawasan-kawasan yang berbeda di pulau utama, khususnya di pegunungan tertentu.

Secara keseluruhan, tidak ada jenis mamalia endemik di dataran rendah utara Papua, tetapi empat mamalia (*Echymipera clara*, *Dorcopsis hageni*, *Mammelomys rattoides* dan *Pogonomelomys mayeri*) hanya terdapat di hutan dataran rendah dan hutan pegunungan bawah mulai dari P. Yapen ke timur sampai Tanjung Huon di PNG. Di Nugini bagian utara terdapat sejumlah jajaran pegunungan terisolasi (Peg. Van Rees dan Foja), yang seluruhnya hampir masih belum dikenal sampai sekarang, tetapi Peg. Cyclops telah menjadi fokus berbagai upaya survei. Beberapa jenis mamalia dari hutan Peg. Cyclop (sekitar di atas 800 m) relatif tersebar luas di habitat-habitat pegunungan di sepanjang Nugini (misalnya, *Pseudochirops albertisii*, *Parahydromys asper*, *Mammelomys lanosus* dan *Paramelomys rubex*). Meskipun belum tercatat dari jajaran pegunungan Papua bagian utara, dua mamalia pegunungan lainnya (*Pseudochirulus forbesi* dan *Nyctimene cyclotis*) terdapat di perbatasan jajaran pesisir utara PNG dan di masa depan kemungkinan bisa ditemukan terdapat di Van Rees dan Foja jika tidak di Cyclop. Meskipun kebanyakan jenis pegunungan ini khususnya ditemukan di hutan kaki bukit (menurun hingga kira-kira 300-500 m), semuanya hidup di hutan-hutan pegunungan.

Pulau-pulau kecil seperti Biak, Supiori dan Numfor di Teluk Cenderawasih layak dibahas khusus dalam biogeografi mamalia Nugini bagian utara. Seperti avifauna di pulau-pulau ini, seluruh mamalia fauna asli

Biak-Supiori dan Numfor menunjukkan ciri-ciri sebagai jenis endemik (Helgen dan Flannery 2004b). Jenis mamalia endemik (dan kerabatnya di pulau utama) mencakup *Uromys boeadii* (kerabat *U. nero*), *Uromys emmae* (kerabat *U. caudimaculatus*), *Spilocuscus wilsoni* (kerabat *S. maculatus*) dan *Dobsonia emersa* (kerabat *D. moluccensis*; Groves dan Flannery 1994, Helgen dan Flannery 2004b). Mamalia khusus lainnya yang hampir endemik termasuk tikus *Rattus jobiensis* (di P. Yapen), begitu juga codot *Pteropus pohlei* (hanya ada di Numfor dan Yapen) dan jenis kerabat yang ukuran tubuhnya jauh lebih kecil (di Biak-Supiori dan Waigeo) yang sampai sekarang belum dideskripsi. Akhirnya, beberapa jenis mamalia lainnya yang tersebar luas (misalnya, *Echymipera kalubu*, *Petaurus breviceps*) diwakili di Biak-Supiori oleh populasi yang morfologinya berbeda.

Papua Barat: Dataran Rendah, Pegunungan di Sem. Kepala Burung dan Kep. Raja Ampat

Komunitas mamalia mulai dari hutan dataran rendah di Sem. Kepala Burung dan perbatasan kawasan leher burung belum banyak diinventarisasi daripada dataran rendah di Nugini bagian utara. Data yang relevan, diperoleh dari contoh-contoh museum yang terpecah dari beberapa lokasi dataran rendah (terutama koleksi dari Sorong, Manokwari, Oransbari dan Teluk Triton) dan dari catatan subfosil yang luas dari dua lokasi dataran rendah dekat D. Ayamaru (Aplin 1998, Aplin dkk. 1999), mengindikasikan bahwa fauna di dataran rendah Kepala Burung sama dengan kekayaan jenis di dataran rendah bagian utara, tetapi menunjukkan kelompok taksa yang agak berbeda. Inti fauna mamalia asli di pesisir dan dataran rendah bagian barat terdiri dari sekitar 16 jenis monotrema dan marsupialia (*Zaglossus bruijnii*, *Dasyurus albopunctatus*, *Murexia melanura*, *Myoictis melas*, *Echymipera kalubu*, *Echymipera rufescens*, *Dendrolagus inustus*, *Dendrolagus ursinus*, *Dorcopsis muelleri*, *Phalanger orientalis*, *Phalanger gymnotis*, *Spilocuscus maculatus*, *Spilocuscus rufoniger*, *Dactylopsila trivirgata*, *Petaurus breviceps* dan *Pseudochirulus canescens*), paling sedikit enam jenis Rodentia (*Melomys rufescens*, *Paramelomys platyops*, *Pogono-*

MAMALIA

melomys bruijnii, *Pogonomys macrourus*, *Rattus praetor* dan *Uromys caudimaculatus*) dan 10 codot (identik dengan yang di dataran rendah bagian utara), dengan *Pteropus conspicillatus* yang umum ada di daerah pesisir. (Hanya tiga jenis inti ini, *Z. bruijnii*, *D. ursinus* dan *P. Bruijnii* tidak ada di dataran rendah bagian utara). Dengan berbagai upaya inventarisasi memadai yang dilakukan, kebanyakan jenis bertubuh lebih kecil dalam daftar ini kemungkinan dapat diharapkan di hampir setiap lokasi hutan di dataran rendah bagian barat (di bawah ketinggian 500 m). Namun, jenis tertentu yang berukuran lebih besar sudah punah secara lokal di kebanyakan kawasan dataran rendah saat ini dan beberapa jenis (seperti *Zaglossus* dan *Dendrolagus*) sekarang sebagian atau semuanya terbatas di hutan pegunungan yang aksesnya rendah dan jenis lain (*Spilocuscus rufoniger*) seluruhnya telah lenyap dari fauna regional (lihat uraian Phalangeridae, di atas).

Dari enam jenis tambahan yang terdaftar sebelumnya dan tersebar luas di hutan kaki bukit di dataran rendah bagian utara, dua jenis juga ada di fauna moderen di Kepala Burung (*Peroryctes raffrayana* dan *Distoechurus pennatus*), satu jenis tercatat dalam subfosil tetapi fauna moderen bukan dari kawasan ini (*Xenuromys barbatus*) dan tiga jenis (*Lorentzimys nouhuysii*, *Pogonomelomys mayeri* dan *Uromys nero*) semuanya tidak tercatat dari Kepala Burung (Aplin dkk. 1999). Jenis tambahan yang tersebar luas di dataran rendah bagian utara yang tidak tercatat hingga kini dari Kepala Burung meliputi *Echymipera clara*, *Hydromys chrysogaster* dan *Mammelomys rattoides*. Dua dari jenis ini (*E. clara* dan *M. rattoides*) tidak tercatat baik dari fauna sejarah dan subfosil di Kepala Burung dan kemungkinan tidak ada di bagian barat. Jenis lainnya yang tersebar luas dan umum di dataran rendah Nugini, *Uromys caudimaculatus*, dikenal hanya dari rahang yang dikumpulkan oleh para pemburu asli dari Kepala Burung. Ketiadaan catatan untuk jenis-jenis ini dalam fauna regional moderen menunjukkan keterbatasan upaya koleksi mamalia moderen di dataran rendah Kepala Burung hingga sekarang.

Berbeda dengan mamalia di dataran rendah Kepala Burung yang masih kurang dikenal, mamalia di Peg. Arfak relatif diketahui dengan baik, atas upaya inventarisasi ekstensif belakangan ini (Helgen dan

Flannery 2004a). Pegunungan ini mendukung mamalia pegunungan yang beragam dan banyak sekali endemik pegunungan. Secara umum jenis terbatas hutan di atas 700 m di Peg. Arfak meliputi *Phascosorex dorsalis*, *Microperoryctes aplini*, *Pseudochirops coronatus*, *Pseudochirulus schlegeli*, *Rattus arfakiensis* dan jenis tanpa nama *Leptomys* dan *Mallomys*. Pegunungan ini juga mendukung jenis pegunungan yang beradaptasi yang lebih tersebar luas di sepanjang pegunungan Nugini, khususnya di sepanjang jajaran pegunungan tengah (misalnya, *Phascosorex doriae*, *Microperoryctes longicauda*, *Cercartetus caudatus*, *Dactylonax palpator*, *Hyomys dammermani*, *Parahydromys asper*, *Paramelomys mollis*, *Paramelomys rubex*, *Uromys* cf. *anak*). Khususnya, jenis yang terakhir ini tercatat di Arfak untuk pertama kalinya dari rahang yang ditemukan (Flannery 1995a). Namun, banyak jenis mamalia lainnya yang tersebar luas di sepanjang pegunungan tengah tidak terdapat di Peg. Arfak, tanpa digantikan dengan jenis yang sama (misalnya, *Anisomys imitator*, *Coccyzus ruemmleri*, *Macruromys* spp.). Terakhir, dua jenis marsupial lainnya yang baru-baru ini diketahui hanya dari Periode Kuartar tetap ada di Kepala Burung (posum kecil *Dactylopsila kambuayai* dan "*Petauroides*" *ayamaruensis*) tetapi tidak ditemukan di hutan pegunungan (Aplin dkk. 1999). Kedua jenis yang membuat penasaran ini perlu terus diteliti di masa depan.

Dengan upaya-upaya survei baru, banyak jenis mamalia yang tampaknya unik di Peg. Arfak mungkin ternyata ada di jajaran pegunungan lainnya di kawasan Kepala Burung yang lebih besar, terutama di jajaran dekat Tamrau yang luas, tetapi juga di jajaran pegunungan di Fakfak, Kumawa dan Wandammen, yang fauna mamalianya masih sedikit sekali diketahui (Flannery 1995a, Helgen 2005).

Kawasan penting terakhir yang dipertimbangkan di Papua bagian barat adalah Kep. Raja Ampat dan pulau-pulau kecil Kofiau dan Gag. Kecuali P. Salawati, mamalia di pulau-pulau ini sangat kurang dikenal (Flannery 1995b, Meinig 2002), tetapi kondisi umumnya dapat dijelaskan sebagai berikut. Misool dan Salawati merupakan pulau-pulau jembatan darat yang mendukung sebagian jenis yang sama yang ditemukan di dataran rendah bagian barat di pulau utama. Seperti

Salawati dan Misool, pulau-pulau ini terutama mendukung jenis yang mencirikan dataran rendah bagian barat, meskipun paling sedikit satu jenis endemik (*Spilocuscus papuensis*) juga ada di pulau-pulau ini. Satu jenis *Pteropus* yang belum dideskripsi (bersatu dengan *P. pohlei* di Numfor dan Yapen) merupakan jenis tambahan Waigeo yang hampir endemik, ada di Biak-Supiori (Helgen, data tidak dipublikasikan). Codot *Dobsonia beauforti* (kerabat dekat jenis Maluku *D. crenulata* dan *D. viridis*) merupakan jenis lainnya yang hampir endemik di Raja Ampat. Pulau-pulau Samudra, Kofiau dan Gag, meskipun secara politis termasuk wilayah Papua, menunjukkan persamaan dengan fauna Maluku daripada dengan bagian lainnya di Papua. Misalnya, codot *Pteropus chrysoproctus* dan *P. personatus* masing-masing terdapat di Kofiau dan Gag (Flannery 1995b, Maryanto dan Kitchener 1999). Semua pulau di Raja Ampat, terutama Waigeo, Batanta dan Kofiau (yang berpotensi terbesar di antara pulau-pulau di Raja Ampat untuk mendukung jenis mamalia yang belum ditemukan) tetap merupakan prioritas penting dalam inventarisasi biologis.

Papua Selatan: Wilayah Dataran Rendah Trans-Fly

Dataran rendah selatan Papua dikelilingi oleh S. Mimika di bagian barat, jajaran pegunungan tengah di sebelah utara dan batas PNG di sebelah timur. Kondisi fauna dataran rendah selatan dapat dibagi menjadi paling sedikit dua subkawasan khusus, dibagi kurang lebih oleh aliran S. Digul. Hutan dataran rendah dan hutan rawa mendominasi di bagian utara Digul, sebelah selatan Digul merupakan kawasan Trans-Fly, dicirikan oleh mosaik bentang alam yang kompleks dengan berbagai habitat musiman terbuka yang luas, seperti savana, diselingi habitat yang lebih tertutup, terutama hutan monsun.

Mamalia kawasan ini terutama tercatat melalui koleksi-koleksi kecil. Spesimen dari Mimika, Setakwa dan DAS Utakwa yang terdapat di Museum London; koleksi yang lebih besar dari sekitar S. Lorentz ada di Museum Leiden; sementara materi yang terpecah dari kawasan Merauke di Trans-Fly bagian barat disimpan di tiga lokasi (lihat bagian

bawah). Inventarisasi fauna di kawasan ini masih kurang dibandingkan dengan kebanyakan kawasan di Papua. Karena itu, terlalu dini untuk mengidentifikasi secara lengkap jenis-jenisnya seperti yang ada di kebanyakan kawasan. Namun, sejumlah marsupialia (*Myoictis melas*, *Echymipera kalubu*, *Echymipera rufescens*, *Dorcopsis muelleri*, *Phalangermimicus*, *Phalanger gymnotis*, *Spilocuscus maculatus*, *Dactylopsila trivirgata* dan *Petaurus breviceps*) dan pengerat (*Hydromys chrysogaster*, *Melomys rufescens*, *Paramelomys lorentzii* dan *Rattus leucopus*) tersebar luas di Papua, baik di hutan kaki bukit di sepanjang sisi selatan jajaran pegunungan tengah dan di hutan dataran rendah utara Trans-Fly. Codot di dataran rendah terdapat di bagian utara dan barat, juga di dataran rendah bagian selatan (lihat bagian atas). Satu jenis mamalia yang hampir endemik di hutan hujan dataran rendah Papua bagian selatan adalah *Uromys scaphax*, yang dicatat dari Mimika, Setakwa dan S. Lorentz. Jenis lainnya yang secara unik di kawasan bagian selatan adalah *Nyctimene draconilla* dan *Hipposideros wollastoni* (Bonaccorso 1998).

Helgen dan Oliver (2004) baru-baru ini mengkaji ulang mamalia di kawasan Trans-Fly. Selain *Dasyrurus spartacus*, di sini tidak ada jenis mamalia yang endemik. Trans-Fly dikenal mendukung banyak jenis yang diketahui berasal dari Australia, sehingga sering dianggap sebagai sebuah perluasan fauna Australia (Schodde dan Calaby 1972, Norris dan Musser 2001, Bab 5.7). Misalnya, tikus *Sminthopsisarcheri*, *Lagorchestes conspicillatus* dan *Thylogale stigmatica*; *Conilurus penicillatus*, *Pseudomys delicatulus* dan *Xeromys myoides*; dan *Nyctimene robinsoni* dan *Pteropus scapulatus* (Helgen dan Oliver 2004). Mamalia yang tercatat di Trans-Fly terdiri dari banyak jenis yang tersebar secara luas (monotrema *Tachyglossus aculeatus*, marsupialia *Dactylopsila trivirgata*, *Dorcopsis luctuosa*, *Echymipera kalubu*, *E. rufescens*, *Isoodon macrourus*, *Macropus agilis*, *Myoictis wallacei*, *Petaurus breviceps*, *Sminthopsis virginiae*, *Spilocuscus maculatus* dan *Thylogale brunii*; tikus *Melomys muscalis*, *Melomys rufescens*, *Paramelomys lorentzii*, *Paramelomys moncktoni*, *Pogonomelomys brassi*, *Pogonomys cf. macrourus*, *Rattus leucopus*, *Rattus sordidus*; dan codot *Dobsonia mo-*

luccensis, *Pteropus macrotis* dan *Syconycteris australis*). Pada dasarnya semua berkas catatan mamalia di Trans-Fly bagian barat berasal dari kawasan Merauke dan disimpan di Museum di Leiden, Cibinong dan New York.

Pegunungan di Papua Tengah

Jajaran pegunungan tengah merupakan tulang punggung pegunungan Nugini, tersusun dari jajaran pegunungan yang tinggi, bersambungan yang merentang jauh dari sumbu timur-barat dan membagi pulau ini menjadi kawasan-kawasan dataran rendah selatan dan utara yang terpencil. Pegunungan ini menyebar dari Jajaran Maneau Range di Provinsi Milne Bay (PNG) di tenggara sampai ke jajaran pegunungan Kobowre di Papua. Dari segi zoogeografi mamalia, bagian pegunungan Papua dapat dibagi menjadi tiga bagian utama: kawasan Peg. Jaya Wijaya, kawasan Peg. Sudirman dan Peg. Kobowre.

Kawasan Peg. Jaya Wijaya tidak membentang batas politik Papua dan PNG, mencakup Peg. Jaya Wijaya di Papua dan Peg. Victor Emanuel dan Hindenburg di bagian barat PNG (Flannery dan Seri 1990; Bab 1.1). Kawasan ini mendukung komunitas mamalia pegunungan yang sangat beragam. Berdasarkan berbagai survei lapangan yang ekstensif dan berbagai studi di berbagai museum di seluruh dunia, Morren (1989) dan Flannery dan Seri (1990) mampu mencatat 62 jenis mamalia dari hutan dan padang rumput di atas 1.500 m di Peg. Sudirman. Studi-studi tentang spesimen disimpan di Bishop Museum (Honolulu), National Museum of Natural History (Leiden) dan Papua Nugini National Museum (Port Moresby) yang menunjukkan bahwa sejumlah jenis tambahan yang tidak tercatat oleh Morren (1989) atau Flannery dan Seri (1990) juga menempati hutan di lokasi yang tinggi di kawasan ini. Jenis-jenis ini meliputi *Murexia habbema*, *Murexia wilhelmina*, *Neophascogale lorentzii*, *Phascolosorex brevicaudata*, *Mallomys istapantap*, *Parahydromys asper*, sebuah jenis yang belum dideskripsikan *Microperoryctes* dan sebuah marga baru dan jenis tikus lumut (salah diidentifikasi sebagai *Pseudohydromys occidentalis* oleh

Flannery dan Seri 1990). Sebagian besar jenis mamalia ada di hutan di Peg. Jaya Wijaya tersebar luas di sepanjang jajaran pegunungan tengah. Beberapa jenis mamalia diketahui hanya dari kawasan Peg. Jaya Wijaya (*Phalanger matanim*, *Pogonomys championi* dan tikus lumut tanpa nama), tetapi tidak satu pun jenis ini tercatat dari Papua. Kebanyakan spesimen mamalia yang dikumpulkan berasal dari Peg. Jaya Wijaya di Papua disimpan di Naturalis Museum, Leiden.

Lembah Baliem yang berpenduduk padat membentuk batas antara kawasan Peg. Jaya Wijaya dan Peg. Sudirman. Meskipun bertindak sebagai batas kedua wilayah dan berpotensi sebagai lokasi pertukaran fauna kedua wilayah, mamalianya masih sedikit sekali diketahui. Berbagai studi pendahuluan tentang mamalia di wilayah ini menunjukkan berbagai temuan yang tidak terduga. Misalnya, *Crossomys moncktoni* (sebelumnya tidak tercatat dari Papua) ternyata menyebar jauh ke barat dibandingkan yang diketahui sebelumnya (Musser dan Carleton 2005). Selanjutnya, beberapa spesimen *Pseudochirulus* dari Bokondini, sebelumnya diidentifikasi sebagai *P. caroli* (Flannery 1995a), kemungkinan mewakili satu jenis yang masih belum dideskripsi (Hoogenboezem dan Helgen, data tidak dipublikasikan).

Daftar fauna mamalia kawasan Peg. Sudirman lebih lengkap dibandingkan dengan kawasan lainnya di Papua dan kekayaan jenisnya tinggi sekali. Koleksi-koleksi penting yang mewakili dibuat oleh para kolektor Belanda, Amerika dan Inggris selama empat dekade pertama di abad ke-20, khususnya di lereng-lereng bagian utara di sepanjang S. Idenburg, di sebelah D. Habbema dan G. Trikora, di lereng-lereng bagian selatan di sepanjang S. Lorentz dan S. Utakwa dan di sekitar D. Paniai (Wollaston 1914, Brass 1941, Tate 1951, Musser dan Piik 1982, Flannery 1995a). Koleksi terkini dari spesimen moderen dan subfosil bersumber dari Tembagapura, Kwiyawagi dan G. Jaya, yang telah menghasilkan banyak temuan baru yang penting untuk melengkapi berbagai upaya sebelumnya (Hope 1981, Flannery 1995a, 1999, Flannery dkk. 1995, 1996).

Pegunungan Sudirman juga dihuni banyak jenis yang relatif tersebar luas di hutan pegunungan di sepanjang jajaran pegunungan tengah. Beberapa jenis tambahan menyebar di tempat lain hanya di pegunungan di Kepala Burung (misalnya, *Phascosorex doriae*, *Rattus unicolor*). Pegunungan ini juga mendukung banyak jenis endemik. Kebanyakan jenis ini terbatas di habitat alpin dan subalpin yang relatif luas (misalnya, pengerat *Mallomys gunung*, *Coccymys albidens*, *Rattus omichlodes* dan *Rattus richardsoni*; dan walabi *Thylogale christenseni*. Satu jenis endemik Peg. Sudirman diketahui bukan hanya dari Periode Kuartar saja, Hope 1981) atau di hutan pegunungan atas dan subalpin (misalnya, kanguru pohon *Dendrolagus mbaiso*, tikus *Baiyankamys habbema*, jenis yang belum dideskripsikan *Pogonomys* dan *Microperoryctes*). Dari dua jenis endemik yang ada, satu jenis tersebar luas di kawasan terbuka di berbagai ketinggian di atas 1.500 m (tikus kecil *Melomys frigidicola*) sementara yang lainnya (*Hydromys hussoni*) diketahui hanya dari D. Paniai (sekitar 1.800 m; Musser dan Piik 1982, Helgen 2005). Meskipun studi taksonomi mamalia Peg. Sudirman telah mendapat perhatian besar dari para pakar taksonomi awal dan pertengahan abad ke-20, banyak jenis endemik kawasan ini baru dideskripsikan belakangan ini.

Pegunungan Kobowre yang relatif kecil di ujung terbarat jajaran pegunungan tengah diperlakukan secara terpisah, karena berdasarkan bukti yang ada mamaliannya benar-benar berbeda daripada kawasan Peg. Sudirman. Seperti Peg. Sudirman, Peg. Kobowre juga layak dipelajari dengan baik. Berbagai koleksi ekstensif di jajaran pegunungan ini dilakukan tahun 1930-an dan spesimennya disimpan di museum-museum di Berlin dan London. Meskipun banyak jenis yang dilaporkan berasal dari Kowbore relatif tersebar luas di sepanjang pegunungan tengah, pegunungan ini mendukung mamalia endemik: bandikot *Microperoryctes murina*, tikus *Macruromys elegans* dan *Paramelomys steini* (Helgen dan Flannery 2004a, Menzies 1996a, Musser dan Carleton 2005). Ketiga jenis ini tampaknya merupakan sisa-sisa di kawasan ini dan masing-masing merupakan kerabat dari taksa lain yang tersebar lebih luas.

Jajaran Peg. Kobowre memiliki jenis khas yang umumnya ada di kawasan pegunungan lainnya di Nugini. Namun ketiadaan jenis landak

EKOLOGI PAPUA

tidak mudah ditolak sebagai akibat kurangnya upaya survei, karena mamalia di kawasan ini merupakan salah satu yang telah diinventarisasi terbaik di seluruh Nugini. Kondisi ini mungkin merupakan akibat kepunahan lokal dan juga mengungkapkan keberagaman jenis landak di Nugini bagian barat yang belum diketahui sampai sekarang. Misalnya, *Zaglossus bartoni* (dari jajaran pegunungan tengah) yang terdapat di kawasan D. Paniai hingga dekat timur Peg. Kowbore, sementara *Zaglossus bruijnii* (khas di Kepala dan Leher Burung) terdapat di dekat barat daya Peg. Charles Louis (Flannery dan Groves 1998).

BAGIAN V
EKOSISTEM ALAMI

*5.1. Keanekaragaman Ekosistem dan Konservasi**

Istilah “ekosistem” mengacu pada suatu komunitas biologis dan lingkungan fisiknya. Definisi ini dikembangkan dari kenyataan bahwa untuk memahami proses-proses ekologis dengan benar kita harus mempertimbangkan organisme dan habitatnya sebagai suatu kesatuan sistem (Tansley 1935). Beberapa pakar ekologi berpendapat bahwa ekosistem harus diperlakukan sebagai unit dasar penelitian ekologi (Evans 1956, Rowe 1961), walaupun penelitian ekologi modern dapat dilakukan pada berbagai skala (dari populasi satu jenis hingga bentang alam dan ekoregion, atau bahkan seluruh biosfer). Pertimbangan ekosistem sebagai unit fungsional telah menghasilkan pengetahuan penting tentang banyak proses ekologi penting, seperti produksi primer, aliran energi dan daur hara. Dalam bab ini lingkungan Papua dipandang dari tingkat ekosistem untuk membahas keanekaragaman hayati, konservasi dan kesejahteraan manusia dari perspektif yang lebih luas daripada skala spasial yang lebih kecil.

Dalam ekologi, seperti juga disiplin ilmu lainnya, terminologi merupakan berkah sekaligus beban. Ketika didefinisikan dan digunakan dengan jelas, istilah teknis spesifik mengungkapkan arti jelas dan memberi peluang perdebatan yang relevan. Istilah “ekosistem” sering digunakan dalam berbagai konteks yang luas tanpa definisi yang tegas. Dalam buku ekosistem digunakan untuk menjelaskan bagian lingkungan tertentu dan seluruh organisme yang mendiaminya. Misalnya, hutan pegunungan bawah adalah tipe ekosistem khusus yang mencakup struktur fisik di gunung dengan tinggi sekitar 650- 1.500 m dpl, dengan seluruh fauna dan flora hidup di dalamnya (Bab 5.5). Ekosistem ini berbeda

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “The Diversity and Conservation of Papua’s Ecosystems”, Andrew J. Marshall.

dari ekosistem alpin yang khas pada ketinggian yang lebih tinggi dan tipe ekosistem hutan dataran rendah pada ketinggian yang lebih rendah. Istilah “ekosistem” tidak sama dengan habitat yang didiami oleh jenis khusus, karena habitat satu jenis mungkin mencakup banyak tipe ekosistem, sementara jenis lain mungkin hanya ditemukan dalam satu bagian tertentu dari suatu tipe ekosistem (misalnya, satu jenis pohon terbatas pada satu tipe tanah tertentu).

Klasifikasi Ekosistem

Salah satu kesulitan dalam ekologi adalah menetapkan batas fisik suatu ekosistem, apakah mencakup batasan yang jelas untuk suatu tipe ekosistem tertentu atau mencakup seluruh proses dan interaksi ekologis yang relevan (Whittaker 1970). Walaupun batas yang sepiintas tampak jelas ternyata ketika dikaji lebih mendalam sangat dinamis. Misalnya, ekosistem daratan sepanjang garis pantai sekilas jelas berbeda dengan ekosistem laut. Namun, ketika dilihat lebih mendalam, ada perbedaan di antara ekosistem dalam hal aliran energi dan hara, organisme yang keluar masuk, serta kesehatan dan stabilitas satu ekosistem dapat sangat memengaruhi ekosistem lainnya. Interaksi ini membuat pembagian ekosistem sebagai wilayah yang memiliki ciri-ciri tersendiri tampak tidak alami. Untuk menjelaskan tipe ekosistem di Papua, bagian ini mengelompokkannya ke dalam 12 kategori umum. Namun perlu diingat bahwa klasifikasi ini adalah penyederhanaan untuk memudahkan pembahasan, karena dalam kenyataannya berbagai ekosistem saling berhubungan dan saling bergantung satu dengan yang lain.

Prinsip dasar pembagian tipe ekosistem perairan adalah perbedaan salinitas air. Karena itu, ada ekosistem air asin (laut) dan ekosistem air tawar. Berbagai tipe ekosistem dalam kedua kategori ekosistem besar ini didasarkan pada ciri-ciri fisik seperti substrat, suhu, kedalaman air dan tipe vegetasi dominan (Smith dan Smith 2000). Dalam buku ini ada empat kategori utama ekosistem perairan di Papua: terumbu karang, padang lamun, mangrove dan ekosistem perairan di pedalaman. Tipe ekosistem daratan utama (bioma) dikelompokkan berdasarkan tipe

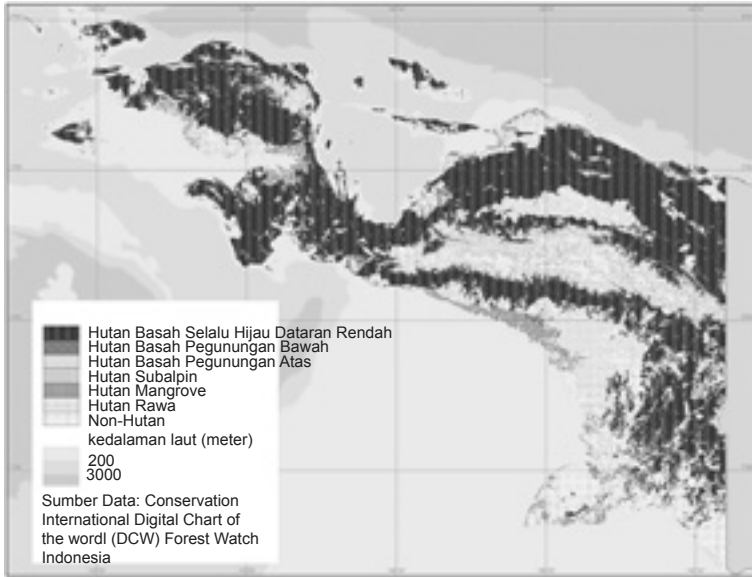
vegetasi, yang sebagian besar bergantung pada curah hujan dan suhu (Whittaker 1970). Di dalam bioma ini, tipe ekosistem dapat juga didasarkan pada komposisi dan struktur komunitas tumbuhan. Sesuai kriteria ini ada enam formasi vegetasi (ekosistem) yang berbeda di hutan tropis menurut perubahan ketinggian, dari pesisir hingga vegetasi alpin. Ekosistem padang rumput monsun dan savana yang luas juga terdapat di bagian selatan pulau, serta ekosistem gua yang unik dan hanya sedikit diketahui.

Keanekaragaman Ekosistem di Papua

Banyak tipe ekosistem yang dibahas dalam bagian ini lebih lanjut dibagi lagi berdasarkan vegetasi dominan, ketinggian, tipe tanah dan tingkat gangguan manusia. Berbagai tipe ekosistem di Papua membantu menjelaskan mengapa kawasan ini begitu tinggi keanekaragaman hayatinya dan merupakan pusat keendemikan untuk banyak flora dan fauna, seperti diuraikan dalam bab-bab berikutnya dalam bagian ini. Beberapa ekosistem telah dipahami dengan baik (misalnya, ekosistem padang lamun dan vegetasi pantai), sementara lainnya hampir tidak diketahui (misalnya, ekosistem gua). Namun, setiap tipe ekosistem jelas unik, rumit dan beragam sehingga membuat Papua sebagai kawasan yang secara biologis terpenting di dunia (Supriatna 1999). Keanekaragaman ekosistem yang tinggi di daratan berada di berbagai ketinggian walaupun ukuran persis luas masing-masing tipe ekosistem di Papua sulit dihitung, karena kesulitan dalam menggolongkan ekosistem dan kerumitan untuk mengenali tipe ekosistem dari citra yang diperoleh dari penginderaan jauh. Berdasarkan klasifikasi tutupan lahan secara umum (Hansen dkk. 1998) dan citra Landsat 7ETM Papua terbaru (1999-2000), luas lahan utama di Papua dapat dipetakan (Gambar 5.1.1). Jika hutan secara umum dikategorikan sebagai seluruh tutupan lahan dengan tingkat tutupan tajuk atau semak lebih dari 10%, maka 85% wilayah Papua berhutan pada tahun 2000 (Tabel 5.1.1). Lebih dari 60% kawasan hutan ini adalah hutan dataran rendah yang selalu hijau, yang membuat Papua memiliki hutan dataran rendah terluas di Indonesia.

EKOLOGI PAPUA

Ekosistem hutan mangrove rawa dan hutan pegunungan yang sangat luas juga terdapat di pulau ini, masing-masing lebih dari 1% dari kawasan berhutan di Papua (Tabel 5.1.1).



Gambar 5.1.1. Tutupan hutan di Papua. Gambar ini adalah interpretasi dari citra Landsat 7ETM Papua, menggunakan kombinasi gambar yang diperoleh pada tahun 1999 dan 2000.

Sumber: Forest Watch Indonesia-Conservation International-Departemen Kehutanan.

Pentingnya Keanekaragaman Ekosistem untuk Fauna Papua

Bentang alam yang memiliki beberapa tipe ekosistem kekayaan jenisnya lebih tinggi daripada kawasan yang luasnya sama tetapi hanya memiliki satu tipe ekosistem. Karena itu keanekaragaman ekosistem yang tinggi di Papua membantu menjelaskan keanekaragaman flora (Bagian 3) dan fauna (Bagian 4) yang tinggi. Selain itu, banyak jenis vertebrata mengandalkan lebih dari satu tipe ekosistem untuk berkembang biak, bersarang dan mencari makan. Misalnya, beberapa jenis penyu mencari makan di laut terbuka dan di padang lamun, tetapi memerlukan pesisir

KEANEKARAGAMAN EKOSISTEM DAN KONSERVASI

pantai untuk bertelur. Banyak jenis mamalia, serangga dan burung berkembang biak di hutan mangrove, tapi sebagian besar hidup dan mencari makan di perbatasan habitat daratan atau laut. Karena itu, menjaga keseimbangan tipe ekosistem di Papua secara utuh sangat penting, baik untuk melindungi keanekaragaman hayatinya yang tinggi maupun menyediakan keperluan habitat untuk sejumlah vertebrata yang terancam punah.

Tabel 5.1.1. Pembagian lahan utama di Papua.

Tipe lahan	Kawasan (m ²)	% lahan berhutan	% lahan total
Hutan Mangrove	15.124	4,3	3,6
Rawa	7.465	2,1	1,8
Semak rawa	10.559	3,0	2,5
Hutan rawa	50.288	14,3	12,1
Hutan hujan dataran rendah (selalu hijau)	213.627	60,8	51,3
Hutan hujan pegunungan bawah	8.658	2,5	2,1
Hutan hujan pegunungan atas	27.373	7,8	6,6
Hutan subalpin	4.266	1,2	1,0
Semak	4.490	1,3	1,1
Savana	9.298	2,6	2,2
Tutupan hutan total	351.147		84,4
Lahan kosong, sawah, pemukiman transmigrasi	64.982		15,6
Kawasan lahan total	416.129		100,0

Jumlahnya mungkin tidak persis dengan data yang ada di bab lain dalam bagian ini, karena perbedaan dalam klasifikasi habitat dan metode yang digunakan untuk memerkirakan luas setiap tipe habitat. Data yang tersedia adalah estimasi dari interpretasi citra Landsat 7ETM Papua, menggunakan kombinasi gambar yang diperoleh pada tahun 1999 dan 2000.

Sumber: Forest Watch Indonesia-Conservation International-Departemen Kehutanan.

Seperti banyak aspek dalam ekologi, semakin banyak kita belajar tentang ekosistem semakin banyak kita menyadari hubungan dan saling ketergantungan berbagai ekosistem. Seperti disebutkan di atas, klasifikasi ekosistem ke dalam “tipe” yang berbeda menutupi fakta bahwa banyak interaksi penting antara berbagai ekosistem. Misalnya, ekosistem padang lamun merupakan penghubung dan penyangga yang penting bagi ekosistem terumbu karang dan ekosistem mangrove (Bab

5.2) dan ekosistem hutan yang menyediakan kebutuhan hara penting bagi ekosistem perairan dan ekosistem gua (Bab 5.6). Saling ketergantungan ini menunjukkan bahwa ketika satu ekosistem rusak, akibatnya akan serius dan sering tak terduga bagi ekosistem di dekatnya. Demikian pula asap yang disebabkan oleh pembakaran hutan dataran rendah dan hutan rawa gambut dalam skala besar akan berdampak penting bagi ekosistem lainnya.

Konservasi Papua dengan Perspektif Ekosistem

Pakar konservasi harus mempertimbangkan keputusan konservasi mereka dalam berbagai skala spasial. Setiap pendekatan konservasi dapat menghasilkan pengetahuan berharga dan implikasinya penting untuk pelestarian keanekaragaman hayati. Konservasi ekosistem secara keseluruhan sangat relevan karena adanya hubungan antara keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem, perwakilan ekosistem yang berbeda dalam jaringan kawasan konservasi di Papua dan implikasi perspektif ekosistem pada isu-isu konservasi Papua, seperti yang akan dijelaskan berikut ini.

Berbagai Jasa Lingkungan

Ekosistem menyediakan berbagai jasa lingkungan yang penting bagi kesehatan dan kesejahteraan manusia dan banyak di antaranya diremehkan atau tidak dihargai sama sekali. Jasa lingkungan ini mencakup pemurnian udara dan air minum, pengurangan tingkat keparahan musim kemarau dan banjir, peremajaan dan pemeliharaan tanah serta kesuburan tanah, penyerbukan tanaman, daur hara, stabilisasi cuaca, penyerapan karbon, kontrol penyakit menular dan perlindungan erosi (Daily 1997, Krebs 2001). Ekonomi sumber daya alam, bidang yang relatif baru telah membantu meningkatkan kesadaran tentang nilai finansial jasa lingkungan yang sangat tinggi (Balmford dkk. 2002, 2003, Balmford dan Whitten 2003, Costanza 1991, Costanza dkk. 1997, James dkk. 1999, Peet 1992, Bab 6.5), tetapi manfaat dan harga

KEANEKARAGAMAN EKOSISTEM DAN KONSERVASI

sebenarnya dari jasa ekosistem dan kehilangannya jarang dimasukkan dalam keputusan pengelolaan sumber daya alam, terutama di negara-negara berkembang. Biaya finansial yang terkait dengan hilangnya jasa ekosistem yang disebabkan oleh degradasi, jarang (atau tidak pernah) diganti kerugiannya oleh pihak yang menyebabkan degradasi, sedangkan biaya sosial dan kesehatan, biasanya ditanggung oleh masyarakat miskin.

Ekosistem Papua menyediakan berbagai jasa lingkungan untuk kepentingan lokal, regional dan global. Misalnya, hutan memelihara kualitas air dan mencegah erosi tanah untuk banyak masyarakat lokal, mangrove menyediakan tempat berkembangbiak penting untuk vertebrata terancam punah dan avertebrata laut yang penting secara komersial, menyerap pencemar dan kontaminasi lingkungan, melindungi dari erosi pantai dan bahkan menyediakan sebagai penghalang fisik yang melindungi manusia dari tsunami (Alongi 2002, Danielsen dkk. 2005). Di tingkat global, ekosistem hutan dan padang lamun yang luas menyerap karbon yang membantu untuk mengatasi perubahan iklim global. Karena itu, pengelolaan dan konservasi ekosistem Papua yang kokoh akan memastikan berbagai jasa lingkungan berharga yang tersedia tersebut terjaga untuk meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan manusia untuk generasi mendatang.

Keanekaragaman dan Fungsi Ekosistem

Karena ekosistem menyediakan berbagai jasa yang penting untuk kesehatan manusia, banyak teori dan studi empiris serta percobaan penting yang difokuskan pada hubungan antara keanekaragaman (khususnya kekayaan jenis) dan fungsi ekosistem, terutama karena relevansi praktisnya belakangan ini (MacArthur 1955, May 1972, Statzner dan Moss 2004, Cameron 2002, Kinzig dkk. 2001, Loreau dkk. 2001, 2002, Naeem dkk. 1994, Schwartz dkk. 2000). Perdebatan mengenai peran keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem khususnya berkisar pada: (1) perbedaan fungsi ekosistem bagi kesejahteraan manusia, termasuk produktivitas primer dan sekunder, stabilitas, perlawanan terhadap invasi

dan ketahanan. Tentu saja pengaruh hilangnya keanekaragaman hayati akan berbeda untuk setiap fungsi yang berbeda ini (Hooper dkk. 2005, Loreau dkk. 2001, Schwartz dkk. 2000); (2) banyak sekali mekanisme yang berperan untuk menjelaskan hubungan antara keanekaragaman dan fungsi ekosistem yang teramati (Loreau dkk. 2002), yang menunjukkan salah satu kesulitan yang sering dihadapi oleh pakar ekologi dalam menyimpulkan contoh-contoh proses yang teramati; dan (3) banyak percobaan yang selama ini fokusnya pada sistem berskala kecil dengan kekayaan jenis yang relatif rendah (McGrady-Steed dkk. 1997, Petchey dkk. 1999, The'ault dan Loreau 2003, Tilman 1999), padahal sebagian besar pakar konservasi bekerja pada skala besar yang rumit sehingga relevansi hasil studi berskala kecil diperbantahkan (Aarson 1997, Carpenter 1996, Hooper dan Vitousek 1997, Huston 1999, Huston dan McBride 2002, Rosenfeld 2002, Strivastava dan Vellend 2005).

Dari perspektif konservasi, pertanyaan kuncinya terkait dengan prinsip “pengangguran ekologis” (Lawton dan Brown 1993, Rosenfeld 2002) yang menyatakan bahwa tidak seluruh jenis dalam suatu ekosistem dibutuhkan untuk menjalankan fungsi normal suatu ekosistem dan sebagian besar jasa ekosistem dihasilkan oleh beberapa jenis saja. Hampir tidak mungkin hubungan antara keanekaragaman dan fungsi ekosistem berlaku sama untuk seluruh tipe dan fungsi ekosistem (Hooper dkk. 2005, Naeem dkk. 1994). Beberapa studi menunjukkan bahwa tingkat “pengangguran ekologis” cukup tinggi dan hilangnya keanekaragaman hayati tertentu mungkin memengaruhi fungsinya untuk menghasilkan jasa ekosistem tertentu, khususnya pada skala waktu dan ruang yang kecil (Hooper dkk. 2005, Loreau dkk. 2001, Schwartz dkk. 2000, Rosenfeld 2002). Namun perlu dicatat bahwa studi-studi ini menggunakan definisi fungsi ekosistem secara terbatas sehingga hasilnya terbatas pada analisis hilangnya keanekaragaman hayati dalam satu tingkat trofik (tingkatan pada jaring-jaring kehidupan) saja. Untuk skala waktu dan ruang yang lebih besar, jumlah jenis yang dibutuhkan untuk memelihara jasa ekosistem bertambah (Hooper dkk. 2005, Loreau dkk. 2001, 2002).

Studi mengenai hubungan antara keanekaragaman hayati dengan fungsi ekosistem memang masih banyak kekurangannya, tetapi sangat

KEANEKARAGAMAN EKOSISTEM DAN KONSERVASI

relevan untuk konservasi (Hector dkk. 2001, Lawler dkk. 2001, Schwartz dkk. 2000, Srivastava dan Vellend 2005). Hasilnya dapat menjelaskan informasi tambahan untuk mendukung konservasi (Hector dkk. 2001) dan menyediakan pemahaman penting untuk merumuskan kebijakan konservasi di masa depan (Lawler dkk. 2001, Srivastava dan Vellend 2005) serta membantu pakar ekologi untuk mengidentifikasi jenis dan kelompok fungsional mana yang tidak tergantikan sehingga mereka dapat menerapkan pendekatan pencegahan dalam pengelolaan keanekaragaman hayati di Papua. Luas jaringan kawasan konservasi mencakup sekitar 66.500 km² habitat daratan (Tabel 5.1.2 dan Bab 7.3).

Tutupan lahan yang terlindungi paling baik adalah hutan pegunungan bawah dan hutan subalpin, yang mencakup luasan di atas 45% ekosistem ini di kawasan yang sudah dilindungi. Hutan dataran rendah selalu hijau merupakan tipe ekosistem paling dominan (61% total lahan) namun proporsinya di dalam kawasan konservasi hanya sedikit (14,5%, berupa taman nasional dan cagar alam). Hal ini cukup memprihatinkan karena hutan dataran rendah yang merupakan tipe ekosistem yang paling menderita kerusakan berat akibat pembangunan masyarakat, pembalakan dan pertambangan yang tidak terkendali (Bab 7.4). Di wilayah lain di Indonesia hampir seluruh hutan dataran rendah yang berada di luar kawasan konservasi telah hilang atau rusak berat (Fuller dkk. 2004, Holmes 2002, Jepson dkk. 2001, van Schaik dkk. 2001, World Bank 2001), sementara yang ada di dalam kawasan konservasi mengalami tekanan dan tingkat kehilangan yang besar (Curran dkk. 2004). Hilangnya habitat tidak dapat dihindari di Papua dan sepertinya tidak mungkin sistem kawasan konservasi cukup untuk melindungi jenis, proses ekologi dan fungsi ekosistem yang ada sekarang. Potensi dampak perubahan iklim global dan regional akan sangat memengaruhi berbagai ekosistem yang ada.

Pendekatan Konservasi Berbasis Ekosistem

Banyak strategi yang sekarang diterapkan dan diperjuangkan oleh ilmuwan, organisasi konservasi dan badan pemerintah yang terlibat dalam

pengelolaan sumber daya alam (Bab 7.2). Strategi ini mencakup (1) “Biodiversity Hotspot” untuk melindungi kawasan terancam punah yang memiliki kekayaan jenis dan keendemikan tinggi (Myers dkk. 2000); (2) melestarikan kawasan hutan belantara luas yang masih utuh dan jarang penduduknya (Myers 1980, Noss 1991, Mittermeier dkk. 2003); (3) pemaduan konservasi dan pengelolaan lahan yang terkena dampak kegiatan manusia (misalnya oleh pembangunan atau pembalakan, Fimbel 1994, Fimbel dkk. 2001, Frumhoff 1995, Johns 1983, Marshall dkk. 2006, Meijaard dkk. 2005), seperti proyek konservasi dan pembangunan terpadu yang menjanjikan perlindungan keanekaragaman hayati dan meningkatkan kesejahteraan manusia, kesehatan dan pengurangan kemiskinan secara serempak (Goodwin dan Swingland 1996, McShane dan Wells 2004, Salafsky dkk. 2001); dan (4) melestarikan hidupan liar dan habitat secara ketat dan tidak mengizinkan pemukiman di kawasan konservasi (Terborgh 1999).

Berbagai strategi konservasi di atas dapat diterapkan di Papua dan karena berbagai ekosistem Papua menyediakan jasa bagi kepentingan lokal, regional dan global, maka pendekatan konservasi berbasis ekosistem sangat diperlukan. Grumbine (1992, 1994) menyatakan lima tujuan dasar pengelolaan ekosistem yang dapat dijadikan pedoman untuk mencapainya: (1) melindungi habitat untuk memastikan kelangsungan hidup populasi seluruh jenis asli dalam jangka panjang; (2) melindungi seluruh tipe ekosistem asli di seluruh wilayah variasi alaminya di dalam kawasan konservasi; (3) mengelola ekosistem pada skala ruang yang cukup besar untuk memelihara proses-proses ekologis yang penting; (4) membuat rencana pengelolaan ekosistem untuk skala waktu yang cukup panjang (misalnya abad) untuk memberikan kesempatan evolusi alami; dan (5) mengizinkan pemanfaatan dan kepemilikan oleh manusia pada tingkat yang tidak menyebabkan kemerosotan ekologis. Rencana konservasi berbasis ekosistem di Papua sangat menantang untuk dilaksanakan secara efektif dan memerlukan dukungan politik dari seluruh tingkat pemerintah. Bentuk dukungan termasuk menetapkan tata batas ekosistem secara legal yang dapat diterima oleh kelompok-kelompok etnik yang beragam dan menanamkan mekanisme untuk memantau

KEANEKARAGAMAN EKOSISTEM DAN KONSERVASI

Tabel 5.1.2 Gambaran pembagian lahan di dalam kawasan lindung di Papua.

Pembagian tutupan hutan	Kawasan (km ²)	Cagar Alam		Suaka Margasatwa		Taman Nasional		Taman Wisata Alam		Total	
		km ²	% tutupan lahan	km ²	% tutupan lahan	km ²	% tutupan lahan	km ²	% tutupan lahan	km ²	% tutupan lahan
Hutan mangrove	15.124	718	4,7	1.508	10,0	2.122	14,0	1	0,0	4.349	28,8
Rawa	7.465	51	0,7	617	8,3	474	6,4	0	0,0	1.142	15,3
Semak rawa	10.559	28	0,4	1.963	18,6	591	5,6	0	0,0	2.592	24,6
Hutan rawa	50.288	106	0,2	7.171	14,3	2.397	4,8	1	0,0	9.675	19,2
Hutan hujan dataran rendah selalu hijau	213.627	12.539	5,9	11.309	5,3	6.785	3,2	296	0,1	30.928	14,5
Hutan hujan pegunungan bawah	8.658	2.216	25,6	974	11,2	777	9,0	0	0,0	3.966	45,8
Hutan hujan pegunungan atas	27.373	2.317	8,5	2.171	7,9	4.042	14,8	0	0,0	8.531	31,2
Hutan subalpin	4.266	47	1,1	355	8,3	1.523	35,7	0	0,0	1.925	45,1
Semak	4.490	211	4,7	276	6,2	388	8,6	0	0,0	875	19,5
Savana	9.298	0	0,0	1.237	13,3	1.346	14,5	0	0,0	2.583	27,8
Total	351.147	18.242	5,2	27.581	7,9	20.445	5,8	298	0,1	66.567	19,0

Tidak termasuk lahan tak berhutan. Analisa GIS mengenai peta kawasan lindung yang tumpang tindih dengan citra Landsat 7 ETM Papua, menggunakan citra kombinasi yang diperoleh pada tahun 1999 dan 2000.

Sumber: Forest Watch Indonesia-Conservation International-Departemen Kehutanan

EKOLOGI PAPUA

intervensi konservasi. Pada akhirnya, upaya-upaya konservasi di Papua tidak akan berhasil kecuali kalau isu-isu konservasi dalam skala besar dapat dipecahkan.

Kepadatan penduduk Papua saat ini masih rendah, tetapi ancaman pada ekosistem di pulau ini terus berlangsung. Perlindungan ekosistem Papua tidak akan mudah dan sederhana. Investasi yang mahal dalam bentuk upaya-upaya untuk melindungi hutan dataran rendah Indonesia lainnya sebagian besar gagal (Curran dkk. 2004, Fuller dkk. 2004, van Schaik dkk. 2001, Whitten dkk. 2001) karena strateginya gagal menghadapi permintaan sah dan mendesak penduduk miskin Indonesia dan ketamakan raja-raja pembalakan liar. Papua masih memiliki sedikit kesempatan yang tersisa untuk aksi konservasi secara proaktif di Indonesia. Menghindari kehilangan keanekaragaman hayati di hutan dataran rendah luas di Papua membutuhkan dukungan politik yang sejauh ini terbukti sulit diperoleh di Indonesia. Tetapi risikonya terlalu tinggi untuk membiarkan Papua perlahan akan hancur seperti Sumatera dan Kalimantan.

5.2. *Ekosistem dan Vegetasi Pesisir**

Terumbu Karang

Terumbu karang adalah struktur di perairan laut dangkal yang sebagian terbentuk oleh karang, alga dan alga hijau yang mengandung karang. Terumbu karang dibentuk oleh kalsium karbonat (CaCO_3) yang diproduksi oleh makhluk hidup. Ukuran karang sangat bervariasi, dari berdiameter beberapa meter sampai sangat besar seperti *Great Barrier Reef* di Australia, yang panjangnya sekitar 2.000 km dan luasnya sekitar 128.000 km², serta mengandung sekitar 2.500 individu karang. Terumbu karang dapat sangat tebal dan ada beberapa yang merupakan ciri geologi utama planet Bumi. Misalnya, terumbu karang di Atol Enewetak di Kep. Marshall tebalnya mencapai 1.400 m; bagian dasar karangnya diperkirakan berumur 65 juta tahun.

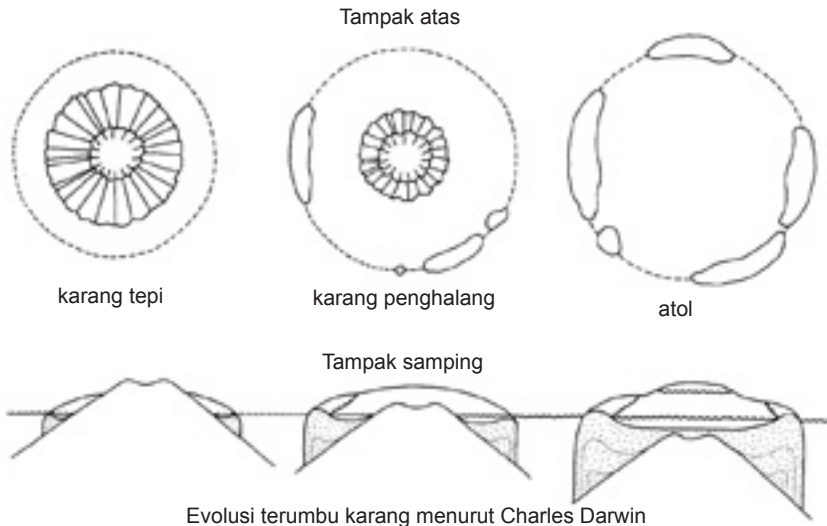
Ada tiga bentuk terumbu karang yang dikenal luas: karang tepi, karang penghalang dan atol. Karang tepi tumbuh di sepanjang pantai daratan yang luas. Karang penghalang berada sejajar garis pantai, dengan laguna di antara karang penghalang dan pantai. Laguna ini biasanya relatif dangkal (dalamnya sekitar 10 m) dan dasarnya berpasir. Nama karang penghalang menggambarkan fungsinya jika tumbuh bersambung dan mencapai permukaan menjadi penghalang bagi navigasi. Atol adalah karang berbentuk cincin tanpa daratan, kecuali sedikit pasir di dalam cincin karang. Di dalamnya terdapat laguna. Bentuk karang lain mencakup karang meja di lepas pantai yang tidak mencapai permukaan dan karang petak, yaitu karang sempit di dalam laguna. Masih ada

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "The Ecology of Papuan Coral Reefs", Douglas Fenner; "Seagrass Ecosystems of Papua", Len Mckenzie, Rob Coles & Paul Erfemeijer; "Mangrove Forest of Papua", Daniel M. Alongi; dan "Coastal Vegetation of Papua", Robert J. Johns, Garry A. Shea & Pratito Puradyatmika.

banyak bentuk karang lainnya di antara kategori umum ini (Andréfouët 2004, Guilcher 1988, Hopley 1982, Tomascik dkk. 1997).

Evolusi Terumbu Karang

Menurut teori Charles Darwin, terumbu karang berawal dari karang tepi, lalu menjadi karang penghalang dan akhirnya menjadi atol (Darwin 1842, Tomascik dkk. 1997). Teori ini berlaku di kepulauan vulkanik. Darwin menguraikan bahwa setelah letusan gunung berapi di laut dan membentuk pulau, terumbu karang tepi akan tumbuh di sekitar garis pantai pulau vulkanik yang perlahan-lahan akan turun atau tenggelam. Seiring dengan tenggelamnya pulau, karang akan tumbuh ke arah atas. Jika karang tumbuh ke atas secepat pulau tenggelam, akhirnya karang akan dipisahkan dari pulau oleh laguna. Karang kemudian akan menjadi karang penghalang dan akan menandai lokasi garis pantai asli pulau tersebut. Akhirnya pulau akan tenggelam dan tidak terlihat di bawah pasir laguna. Hasilnya adalah atol (Gambar 5.2.1).



Gambar 5.2.1. Skema pembentukan karang atol. Charles Darwin mengemukakan bahwa tepi karang berkembang di atas kepulauan vulkanik berubah seiring waktu untuk menghasilkan karang penghalang yang akhirnya membentuk karang atol.

Terumbu Karang Papua

Provinsi Papua memiliki banyak karang tepi, beberapa karang penghalang dan sangat sedikit atol. Misalnya, di Kep. Raja Ampat, kebanyakan karang adalah karang tepi atau karang meja. Dalam sebuah studi dilaporkan adanya 36 karang tepi dan sembilan karang meja di kepulauan ini (McKenna dkk. 2002). Pesisir selatan Sem. Kepala Burung memiliki karang tepi sempit, dengan garis pantai sepanjang 450 km yang sesuai untuk karang. Tomascik dkk. (1997) mendata sembilan karang penghalang di Papua, dengan panjang total 601 km dan mencakup kawasan seluas 2.366 km² dan satu atol di Teluk Irian, sembilan di Laut Halmahera dan lima di Samudra Pasifik.

Luas terumbu karang di Papua mungkin kurang diperhitungkan karena asumsi bahwa terumbu karang tidak dapat hidup di sepanjang pesisir yang memiliki mangrove. Garis pantai berlumpur di kawasan mangrove sering tidak cocok bagi terumbu karang, namun di Nugini terdapat tempat-tempat yang terumbu karangnya tumbuh di dekat mangrove dan mangrove bahkan tumbuh di atas karang meja (P. Dalzell, kom. pri). Karang tepi dilaporkan ada di pesisir utara Sem. Kepala Burung dan di sebelah timur Jayapura sampai perbatasan PNG, sementara karang tepi ada di sebelah barat Jayapura sepanjang 100 km, mungkin dapat bertambah menjadi 160 km (Tomascik dkk. 1997). Jumlah dan luas terumbu karang di Papua mungkin beberapa kali dari yang diketahui sekarang dan kondisinya terlindungi dari ombak besar. Data tentang karang mencakup 13 lokasi di Kep. Padaido di Teluk Cenderawasih telah tersedia (Tomascik dkk.1997). Penutupan karang umumnya mencapai 25-50%. Di 44 lokasi di Raja Ampat, rata-rata penutupan karang mencapai 28% (McKenna dkk. 2002).

Perubahan Permukaan Laut

Indonesia bagian timur dan Nugini merupakan kawasan geologis yang aktif, karena tumbukan lempeng Indo-Australia, Eurasia, Caroline, Filipina dan Pasifik yang masih terus berlangsung. Selama jaman es, sejumlah besar air diserap dari lautan dan terkunci dalam bongkahan

EKOLOGI PAPUA

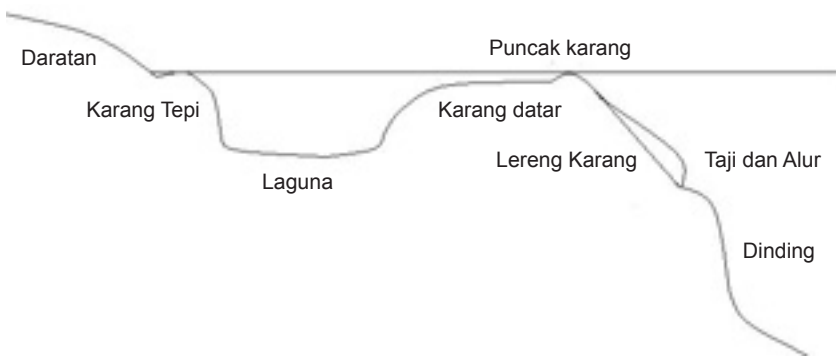
es raksasa di daratan Amerika Utara, Eropa dan Asia, yang sangat mirip dengan Antartika sekarang. Selain itu, suhu yang lebih rendah di lautan menyebabkan air menyusut. Kedua proses yang bersamaan ini menyebabkan permukaan laut turun sangat jauh selama jaman es, yang terakhir memuncak sekitar 22.500 tahun lalu dan menyebabkan permukaan laut turun sekitar 120 m. Penurunan ini jauh di bawah ambang batas (biasanya sekitar 30 m) dari semua terumbu karang yang hidup. Akibatnya, saat itu semua terumbu karang yang hidup tersingkap dan mati. Di kawasan seperti Sem. Huon yang daratannya terus meningkat, terumbu karang berkembang di sepanjang pantai yang permukaan airnya pada tingkatan yang hampir sama dengan peningkatan daratan. Ketika permukaan laut turun, karang tertinggal di luar perairan dan karang yang baru berada jauh di bawah. Karena perubahan yang berlangsung dari waktu ke waktu, perbukitan di pesisir Sem. Huon menunjukkan tanda-tanda terumbu karang di atas dan di bawah lerengnya. Terumbu karang tepi yang hidup adalah di perairan di sepanjang pantai dan serangkaian karang yang terungkit di perbukitan mulai dari yang termuda di dasarnya dan menjadi semakin tua ke arah atas. Ada sembilan fosil karang, dengan rentang waktu 95.000 tahun (Pandofi 1996). Kawasan karang terungkit serupa di Papua mungkin mengalami rangkaian kejadian yang sama dan memiliki fosil karang yang mirip.

Zonasi

Terumbu karang memiliki beberapa zona yang dapat dilihat saat seseorang bergerak ke darat dari pantai (Gambar 5.2.2). Pada karang penghalang, zona terdekat dengan pantai adalah laguna, yang memiliki dasar berpasir dan mungkin memiliki rumput laut dan alga di dasarnya, serta petak-petak karang. Lebih keluar, dasar batuan kapur keras (terbentuk dari kalsium karbonat) yang lebih dangkal disebut dataran karang dan mungkin memiliki karang yang tersebar. Puncaknya adalah di mana gelombang pecah di atas karang dan biasanya didominasi oleh alga. Dari puncak, lereng karang mengarah turun, yang disebut lereng karang depan. Pada lereng karang bisa terdapat serangkaian tonjolan dan parit menuruni lereng

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

yang disebut taji dan alur, lidah dan alur, atau tonjolan dan saluran pasir. Di beberapa karang lereng berakhir dengan turunan vertikal yang dapat disebut dinding. Dinding umumnya memiliki juntaian yang bergantian dengan bagian-bagian lereng curam. Beberapa karang memiliki gua di lereng atau dindingnya dan kebanyakan karang memiliki lubang-lubang kecil dalam karang yang dapat meluas simpang-siur melalui karang. Di dasar dinding biasanya ada lereng pasir dan reruntuhan, tetapi karang yang hidup hanya sedikit atau tidak ada.



Gambar 5.2.2. Zona-zona pada karang penghalang.

Masing-masing zona ini merupakan habitat yang berbeda karena mendapatkan pengaruh yang berbeda dalam hal kekuatan ombak dan arus, laguna yang paling terlindung dari ombak dan kadang sirkulasinya terbatas. Keanekaragaman terumbu karang biasanya tertinggi di lereng karang, sedang pada puncak karang dan terendah di dataran karang (Karlson dkk. 2004). Di dinding karang, hantaman ombak biasanya tidak ada dan radiasi matahari menurun cepat seiring dengan kedalaman. Di lereng curam sinar matahari di dinding cukup banyak bagi organisme yang pertumbuhannya memerlukan sinar matahari, seperti karang dan alga. Juntaian biasanya didominasi terumbu karang lunak dan alga karang (yang memerlukan cahaya tetapi dapat tumbuh dengan kadar sinar rendah daripada kebanyakan karang lainnya). Kadar cahaya di dalam gua terus menurun seiring dengan jarak dari mulut gua.

EKOLOGI PAPUA

Terumbu karang tumbuh tercepat di antara kedalaman sekitar 10-30 m. Dinding karang sering mulai pada kedalaman sekitar 20 m. Penutupan karang biasanya terbanyak pada kedalaman 5-20 m. Penutupan karang menurun pada kebanyakan karang di bawah kedalaman sekitar 30 m, tetapi tingkat penurunannya sangat bervariasi. Karang menjadi sangat jarang di bawah kedalaman sekitar 50 m. Karang yang terdalam yang membutuhkan sinar matahari pernah disebutkan ada di kedalaman sekitar 100 m, tetapi di Hawaii karang hidup pernah ditemukan sedalam 187 m (Chave dan Malahoff 1998). Kedalaman terendah karang ditentukan oleh habitat, dengan karang berakhir di lereng berpasir. Lereng berpasir juga terdapat di semua kedalaman, beberapa mulai pada kedalaman kurang dari 10 m dan bahkan sedangkal 5 m.

Banyak karang terdapat pada kedalaman relatif beragam, namun beberapa sangat terbatas pada kisaran kedalaman tertentu. *Acropora aspera* hanya berada pada karang datar kurang dari 1 m dalamnya di Samoa Amerika dan *Acropora cf. pinguis* di Malaysia sangat terbatas di kedalaman kurang dari 2 m. *Acropora digitifera* hanya umum di perairan dangkal (sekitar 0-3 m). *A. robusta* dan *A. pulchra* sangat jarang kecuali di perairan dangkal (sekitar 0-7 m). *Acropora nana*, jenis dengan cabang-cabang lembut sangat langsing, terbatas di perairan dangkal (sekitar 0-2 m) dan paling umum hidup di zona yang sering merupakan tempat berselancar. Marga *Leptoseris* sangat terbatas di kawasan yang tingkat sinar mataharnya rendah, seperti perairan dalam dan juntaian, seperti karang hitam (*Antipatharia*). Kima raksasa, *Tridacna* sp. dan *Hippopus* sp. paling umum di perairan dangkal dan kerapatannya berkurang dengan cepat seiring perubahan kedalaman. Komunitas karang di laguna mungkin didominasi oleh karang yang jarang ada di lereng karang, demikian juga sebaliknya.

Sedimentasi dan Suhu

Terumbu karang terdapat di perairan tropis Asia yang hangat, dangkal dan jernih. Karang hanya dapat hidup di air asin dan tidak ada yang hidup di air tawar atau bahkan air payau. Karang sangat jarang terdapat di muara sungai dan hampir tidak pernah ditemukan di sungai besar. Di Papua,

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

karang terdapat di sekitar pulau-pulau kecil dan di sepanjang pesisir daratan utama bagian barat, tetapi tidak ada di bagian timur provinsi ini, yang daratannya luas dan sungai-sungai besar seperti Mamberamo dan Digul berakhir di laut. Karena Nugini merupakan pulau yang sangat tinggi, secara geologis masih muda dan mendapatkan curah hujan sangat tinggi (lebih dari 3.000 mm/tahun di Papua, Tomascik dkk. 1997) maka tingkat aliran air permukaan dan sedimennya sangat tinggi.

Terumbu karang terbatas di perairan yang hangat, dengan suhu minimum di atas 18 °C. Papua terletak di kawasan dekat dengan khatulistiwa yang suhunya hangat sepanjang tahun (27,5-28,5 °C di L. Jawa, Tomascik dkk. 1997) dan merupakan lingkungan yang ideal bagi terumbu karang.

Zooxanthellae

Tingkat hara yang rendah di perairan tropis yang hangat, jernih, dan dangkal merupakan paradoks bagi terumbu karang. Karang adalah binatang yang berkerabat dengan anemon laut dan ubur-ubur. Karang memiliki polip kecil yang hampir identik dengan anemon laut, tetapi karang mengandung alga mungil bersel satu yang dikenal sebagai *zooxanthellae*, anggota dari kelompok yang disebut dinoflagellata. Alga dan binatang karang hidup bersimbiosis mutualisme (hidup berdampingan dan saling menguntungkan). Hasil buangan dari binatang mengandung nitrogen dan fosfor yang dibutuhkan oleh alga. Alga melakukan fotosintesis dan hasilnya digunakan oleh sel-sel binatang di sekitarnya (sekitar 80%); hara ini bahkan didaur ulang secara ketat dari alga ke sel-sel karang dan kembali ke alga lagi.

Tumbuhan pada Terumbu Karang

Pada kebanyakan terumbu karang, binatang jelas terlihat dan sangat umum, sementara tumbuhan jarang tampak. Tumbuhan memang agak tersembunyi tetapi *zooxanthella* terdapat di karang keras, karang lembut, kerang raksasa dan beberapa binatang lain di terumbu karang. *Zooxanthella* ini menyediakan sejumlah besar produksi makanan di terumbu karang, walaupun tidak jelas terlihat. Selain itu, alga yang

terlihat di terumbu karang termasuk beberapa jenis yang kecil dan sulit dilihat tetapi sangat produktif. Kelompok ke dua alga adalah alga benang yang terbuat dari benang sel mungil yang memiliki kemampuan untuk tumbuh sangat cepat.

Keanekaragaman Jenis

Terumbu karang adalah ekosistem laut yang dikenal paling beragam dalam hal jenis binatang yang hidup di dalamnya. Diperkirakan ada 93.000 jenis telah ditemukan di terumbu karang, tetapi totalnya mungkin sepuluh kali lebih tinggi (Reaka-Kudla 1995a,b). Namun, pada tingkatan kelompok-kelompok binatang terbesar, yaitu pada tingkat filum (seperti Mollusca, Arthropoda dan Chordata) terdapat lebih banyak binatang bersel banyak di laut (sekitar 29 dari 32) daripada yang di darat (sekitar 13) dan di air tawar (sekitar 16) (Rupert dan Barnes 1994) dan terumbu karang mungkin memiliki lebih banyak filum daripada ekosistem lain manapun (sekitar 26).

Hubungan dengan Organisme Lain

Terumbu karang memiliki jumlah jenis yang sangat besar dan hidup bersama dan berinteraksi dalam jejaring hubungan yang sangat rumit. Ada banyak contoh jenis yang hidup di terumbu karang yang bersimbiosis saling menguntungkan dengan jenis lain, seperti ikan anemone (*Amphiprion*) yang hidup di antara tentakel anemon laut; ikan pembersih, seperti *Labroides dimidiatus* dan udang, seperti *Periclimenes*, yang membersihkan parasit pada ikan; udang Alpheidae yang menggali liang dan menjadi penjaga ikan gobi (Gobiidae) dan ketam penjaga (*Trapezia*) yang hidup di cabang-cabang karang (*Pocillopora*).

Jenis-jenis pada terumbu karang juga melakukan simbiosis komensalisme, yaitu salah satu organisme hidup menumpang dan diuntungkan, sementara organisme tuan rumahnya membantu dan tidak dirugikan dengan hubungan ini. Contohnya adalah udang *Periclimenes* yang hidup pada anemon laut, bintang laut, siput laut dan binatang lain. Tipe ke tiga simbiosis adalah parasitisme, yaitu salah satu organisme diuntungkan

dari kerugian yang dialami organisme lain. Satu cacing pipih parasit *Plagioporus*, hidup di karang, *Porites*, pada satu tahap dari hidupnya, menyebabkan polip tuan rumah membesar dan berwarna merah jambu. Polip merah jambu yang membesar menonjol keluar dan sering dimakan oleh ikan kupu-kupu (Chaetodontidae). Hal ini membuat cacing pipih pindah ke tuan rumah berikutnya (Aeby 1991). Siput *Dendropoma maxima* adalah parasit pada karang dan mengganggu pertumbuhan karang sekitarnya.

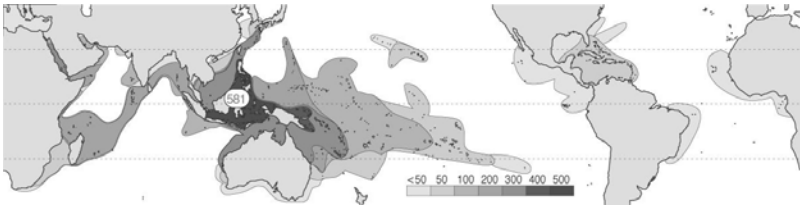
Penyakit infeksi mirip dengan parasit, hanya saja agen perantaranya umumnya adalah mikroorganisme seperti protozoa, bakteri dan virus. Selama survei di Kep. Raja Ampat terumbu karang yang terdeteksi penyakit mencapai 10 dari 45 (22%) lokasi yang diteliti (McKenna dkk. 2002).

Hampir semua binatang di terumbu karang adalah predator atau herbivora, kecuali tuan rumah alga yang bersimbiosis seperti karang. Dua predator karang terpenting adalah bintang laut (*Acanthaster planci*) dan siput dari marga *Drupella*. Serangan bintang laut pertama dilaporkan terjadi di Indonesia pada tahun 1995 di selatan Papua (Tomascik dkk. 1997). Di Kep. Raja Ampat, hanya 3 dari 45 (6,7%) lokasi yang diserang bintang laut (McKenna dkk. 2002). Beberapa serangan siput *Drupella* juga dilaporkan di Indo-Pasifik (Moyer dkk. 1982), tetapi tidak menyebabkan kerusakan separah bintang laut. Dalam penelitian terakhir di Raja Ampat *Drupella* hanya ditemukan di satu lokasi.

Segitiga Terumbu Karang: Puncak Keanekaragaman Jenis

Papua terletak di dalam kawasan yang disebut “Segitiga Terumbu Karang” atau STK (Allen 2002a, Wells 2002) yang keanekaragaman terumbu karangnya tertinggi di dunia (Gambar 5.2.4). Kawasan ini meliputi Filipina, Indonesia bagian tengah dan timur dan PNG. Jumlah jenis karang di kawasan ini paling tinggi di dunia (Hughes dkk. 2002, Veron 1995), demikian dalam hal jenis ikan (Allen 2002a, Hughes dkk. 2002, Bab 4.5), moluska (Gosliner 2002, Wells 2002) dan spons (van Soest 1997).

EKOLOGI PAPUA



Gambar 5.2.3. Peta keanekaragaman jenis karang. Keanekaragaman karang menurun pada semua sisi menjauhi Segitiga Terumbu Karang (digambarkan dengan warna lebih gelap), yang mengandung 581 jenis karang.

Sumber: Direproduksi dari Veron (2000) dengan ijin dari penulis.

Gradien Keanekaragaman

Jumlah jenis menurun di semua sisi menjauh dari STK (Gambar 5.2.3). Gradien ke utara dan selatan STK disebut Gradien Keanekaragaman Latitudinal. Gradien yang membentang ke arah timur dari STK, dengan jumlah jenis menurun ke timur di Pasifik yang hanya memiliki sekitar 33 jenis di seluruh wilayah yang sangat besar. Gradien ini disebut Gradien Keanekaragaman Longitudinal. Kedua gradien keanekaragaman jenis karang ini telah didokumentasikan untuk beberapa kelompok organisme.

Penelitian belum lama ini (Karlson dkk. 2004) membandingkan kekayaan jenis karang di gradien longitudinal antara Indonesia, PNG, Kep. Solomon, Samoa Amerika dan Kep. Society Prancis Polinesia. Di setiap negara ada tiga lokasi yang diteliti; salah satu lokasi di Indonesia adalah pulau di sebelah barat Sem. Kepala Burung. Walaupun data lereng karang menggambarkan bahwa karang PNG dan Kep. Solomon sama beragamnya dengan di Indonesia, data dataran karang dan khususnya data puncak karang menunjukkan bahwa Indonesia memiliki keanekaragaman tertinggi dari semua kawasan ini dan gradien keanekaragaman longitudinal dimulai di antara Papua dan PNG. Data untuk Papua tidak dipilah dari dua lokasi Indonesia lain di Sulawesi, tetapi data terakhir yang terbaik menunjukkan bahwa Papua merupakan kawasan dengan keanekaragaman karang tertinggi, tetapi keanekaragaman mulai menurun ke arah timurnya.

Mengapa Keanekaragaman Karang Sangat Tinggi?

Penyebab puncak keanekaragaman laut di STK dan gradien keanekaragaman latitudinal dan longitudinal masih diperdebatkan. Pemikiran awalnya adalah bahwa pusat keanekaragaman dulunya merupakan pusat formasi jenis (Briggs 1994). Pandangan ke dua adalah bahwa kepunahan lebih cepat di kawasan yang menjauh dari STK mengurangi jumlah jenis di tempat itu. Pemikiran lain adalah arus di kawasan tropis Pasifik mengalir ke arah barat, membawa jenis baru dan menyebabkan akumulasi jenis di STK (Jokiel dan Martinelli 1992). Namun ada pemikiran lain, yaitu banyaknya pulau yang saling berdekatan memberikan populasi lokal yang hampir punah dengan cepat pulih kembali karena larva dari pulau-pulau di dekatnya. Pada ekosistem dengan keanekaragaman rendah, setiap jenis dapat diwakili oleh individu dalam jumlah yang besar. Sebaliknya, di kawasan tropis jumlah jenisnya besar tetapi jumlah individunya kecil dan sebagian besar langka. Sebuah contoh dari terumbu karang adalah siput laut (opisthobranchidae): di bagian barat Pasifik terdapat banyak jenis (lebih dari 500), yang sebagian besar sangat langka.

Hilangnya anggota dari ekosistem yang keanekaragamannya rendah mungkin berdampak jauh lebih besar, khususnya jika hanya terdapat satu anggota dalam kawanan itu sehingga kehilangan anggota membuat fungsi kawanan tidak dapat berlangsung lagi. Demikian juga, menurut Bellwood dkk. (2004) keanekaragaman karang yang rendah akan lebih rentan terhadap kehilangan individu jenis daripada ekosistem yang lebih beragam. Misalnya, kehilangan satu jenis teripang (*Diadema antillarum*) di Karibia tahun 1983-1984 (Lessios 1988, Lessios dkk. 1984) menyebabkan perubahan fase utama di beberapa karang dari karang yang didominasi terumbu karang menjadi tanah keras yang didominasi alga. Jumlah individu jenis pada ekosistem dengan keanekaragaman rendah juga membuatnya lebih rentan terhadap penyakit dan predator tertentu. Pada terumbu karang yang beragam, kebanyakan jenisnya langka, sehingga penularan penyakit jauh lebih sulit. Hal ini mungkin memiliki andil dalam stabilitas keanekaragaman terumbu karang yang tinggi.

Dampak Penangkapan Ikan

Penangkapan ikan dapat menghilangkan ikan yang penting bagi kesehatan karang. Pemanenan ikan pemakan tumbuhan di Jamaika menjadikannya sangat rentan, sehingga saat penyakit melenyapkan herbivora terakhir (teripang), karang dikuasai oleh alga (Hughes dkk. 1987). Ikan besar seperti hiu (*Cheilinus undulatus*) dan ikan kakatua (*Bulbometopon muricatum*) khususnya sangat rentan; ikan kakatua telah punah di beberapa tempat di Indo-Pasifik (Bellwood dkk. 2003, Dulvy dkk. 2003). *Cheilinus undulatus* juga menghadapi tekanan berat karena perdagangan ikan hidup untuk makanan. Ikan ini dikenal sebagai pemakan avertebrata beracun seperti bintang laut, sehingga penangkapan ikan berlebihan akan membuat karang rentan serangan bintang laut. Walaupun karang Papua termasuk terpencil dan di bawah tekanan manusia yang relatif rendah, penangkapan ikan membuat ikan-ikan herbivora tersebut jarang terlihat. Hanya dua *Cheilinus undulatus* dewasa terlihat di 45 lokasi (Allen 2002b, McKenna dkk. 2002).

Keendemikan dan Kelangkaan

Dalam program konservasi daratan keendemikan umumnya digunakan sebagai ukuran untuk melindungi kawasan (Allen 2003). Jenis endemik lebih rentan karena setiap gangguan lokal dapat menyebabkan kepunahan global dan juga karena populasi jenis endemik biasanya kecil. Kebanyakan organisme terumbu karang yang lebih besar persebarannya luas dan sangat sedikit jenis yang endemik. Sekarang tidak ada jenis endemik karang yang dikenal di Filipina atau Indonesia, yang masing-masing memiliki 535 dan 581 jenis karang yang dikenal (Turak 2003, Veron 2002) dan hanya satu jenis endemik dikenal di PNG (494 jenis karang). Tingkat keendemikan ikan karang juga relatif rendah (Hughes dkk. 2002) dan proporsi ikan karang yang endemik lebih rendah di STK daripada di kawasan terpencil lain (Randall 1998). Kemungkinan besar Papua memiliki sangat sedikit jenis besar endemik di terumbu karangnya.

Ancaman bagi Terumbu Karang Papua

Terumbu karang menghadapi berbagai ancaman kegiatan manusia. Program “Karang Berisiko” (Burke dkk. 2002) mengidentifikasi enam ancaman utama bagi terumbu karang dan mengevaluasi lima dari ancaman tersebut, yaitu pembangunan di pesisir, pencemaran di laut, sedimentasi dan pencemaran dari sumber di daratan, penangkapan ikan berlebih dan penangkapan ikan yang merusak. Ancaman yang ke enam adalah perubahan iklim dan pemutihan karang (*coral bleaching*).

Di Indonesia penangkapan ikan yang merusak (seperti penangkapan ikan dengan bahan peledak) merupakan ancaman terbesar bagi terumbu karang, diikuti oleh penangkapan ikan berlebih, sedimentasi, pencemaran di laut dan pembangunan di pesisir. Perubahan iklim tidak dievaluasi karena kurangnya data dan ketidakmampuan memprediksi variasi lokal yang kuat dari ancaman yang relatif baru ini.

Program “Karang Berisiko” mengidentifikasi Indonesia bagian timur sebagai terumbu karang yang berisiko tertinggi (Burke dkk. 2002). Di Papua, karang di kawasan Raja Ampat sampai barat laut dari bagian paling barat Sem. Kepala Burung berisiko sedang, sementara kepulauan di bagian selatan dan paling barat semenanjung ini (mulai dari Kep. Fam dan P. Batanta) berada dalam ancaman berat atau bahkan sangat berat. Biak dan Kep. Yapen di utara Teluk Cenderawasih menunjukkan risiko sedang sementara di bagian paling timur Biak berisiko ancaman ringan. Karang di sepanjang sisi bagian barat Teluk Cenderawasih menunjukkan ancaman ringan, sementara pada sisi timur Teluk menunjukkan ancaman berat atau sangat berat. Karang di sepanjang Sem. Onin dan tepat di timur dari situ di pantai selatan Papua menunjukkan ancaman sedang sampai rendah. Kep. Aru menunjukkan ancaman berat atau sangat berat. Ancaman utama dan berdampak langsung pada terumbu karang Papua adalah penangkapan ikan yang merusak, yaitu menggunakan racun dan bahan peledak. Sekarang sianida digunakan untuk membuat ikan pingsan dan memudahkan penangkapan, sedangkan penangkapan ikan dengan bahan peledak yang terbuat dari pupuk di dalam botol.

EKOLOGI PAPUA

Penilaian Cepat yang dilakukan oleh Conservation International 2002 untuk karang di Kep. Raja Ampat menemukan bukti penangkapan ikan yang merusak sebanyak 13% dari lokasi yang dikunjungi. Tekanan penangkapan ikan rendah jelas terlihat di 32 dari 45 lokasi dan tekanan sedang teramati di satu lokasi. Secara keseluruhan hanya tujuh hiu, dua pari manta (*Manta birostris*) dan satu penyu laut (*Erectmochelys imbricata*) teramati oleh tim peneliti di 45 lokasi ini. *Humphead Wrasses* sangat jarang daripada di lokasi yang kurang banyak penangkapan ikan (Tabel 5.2.1). Enam belas lokasi mengalami sedimentasi ringan dan satu lokasi mengalami sedimentasi sedang, dengan tujuh dari lokasi ini juga mengandung air tawar. Bukti eutrofikasi terlihat di delapan lokasi. Usulan penambangan nikel telah diajukan untuk P. Gag dan pembalakan hutan juga sudah mulai berlangsung. Tekanan lain seperti penyakit karang, predator karang dan pemutihan karang jarang teramati (McKenna dkk. 2002). Metode penangkapan ikan ilegal digunakan oleh masyarakat yang lebih miskin (Amarumollo dan Farid 2002). Walaupun penangkapan ikan yang merusak merupakan ancaman utama bagi terumbu karang Papua, kita tidak dapat berasumsi bahwa ancaman lain belum berdampak terhadap terumbu karang di sana. Kep. Raja Ampat sampai ke barat laut Sem. Kepala Burung memiliki stok ikan relatif baik. *Humphead Wrasses* jarang dan kebanyakan individu panjangnya di bawah 30 cm. Jenis ini secara intensif dipanen di kawasan ini untuk kebutuhan ekspor ikan hidup. Populasi ikan karang juga tidak didominasi oleh predator puncak, seperti hiu. Populasi predator puncak yang rendah di Raja Ampat menunjukkan bahwa tekanan penangkapan ikan telah mendorong perubahan besar terhadap struktur populasi ikan di sana, sementara biomassa total menggambarkan penangkapan ikan yang belum mengakibatkan perubahan drastis pada populasi ikan, seperti yang terjadi di banyak tempat lain di kawasan ini.

Ancaman jangka panjang bagi karang Papua di masa depan tidak terbatas pada kedua bentuk ancaman yang disebutkan di atas. Jika pertumbuhan penduduk dan transmigrasi ke Papua terus berlanjut atau meningkat, tekanan terhadap terumbu karang akan meningkat karena peningkatan pembangunan ekonomi. Deforestasi sekarang terjadi dengan

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

cepat di hampir semua bagian di Indonesia, dengan pembakaran hutan selama musim kemarau yang menyebabkan kabut asap tebal. Pada kebakaran hebat tahun 1997, asap dari kebakaran di Sumatra menghasilkan besi yang menyebabkan peristiwa ombak merah yang menjadi penyebab kematian terumbu karang karena tercekik asap pencemaran.

Tabel 5.2.1. Frekuensi Napoleon Wrasse (*Cheilinus undulatus*) untuk berbagai lokasi di Indo-Pasifik.

Lokasi	Jumlah lokasi jenis ini terlihat	% lokasi total	Jumlah rata-rata yang pernah terlihat
Kep. Phoenix (2002)	47	83,92	412
Teluk Milne, PNG (2000)	28	49,12	90
Teluk Milne, PNG (1997)	28	52,83	85
Kep. Raja Ampat (2002)	9	18,00	14
Kep. Raja Ampat (2001)	7	15,55	7
Kep. Togian/Banggai (1998)	6	12,76	8
Pulau Calamianes, Filipina (1998)	3	7,89	5
Pulau Weh, Sumatera (1999)	0	0,00	412
Kep. Phoenix (2002)	47	83,92	90
Teluk Milne, PNG (2000)	28	49,12	0

Padang Lamun

Padang lamun merupakan habitat pesisir yang penting di Papua. Habitat ini membentang dari perairan yang dipengaruhi pasang surut air laut, sepanjang garis mangrove, muara-muara sungai dan teluk-teluk dangkal, bahkan di dataran terumbu karang, dasar laut di antara karang dan pulau. Berdasarkan fungsinya, lamun adalah kelompok tumbuhan berpembuluh dan berbunga, yang telah beradaptasi pada lingkungan laut yang lunak dekat pantai di seluruh dunia. Hampir seluruh jenisnya berada di laut, walaupun ada beberapa jenis yang tidak dapat berkembang biak, kecuali di tempat-tempat yang bisa muncul saat pasang rendah.

Lamun dapat bertahan hidup di berbagai kondisi lingkungan, mulai dari air tawar, muara sungai, laut atau pada kondisi salinitas tinggi. Secara global lamun memiliki sekitar 60 jenis, yang termasuk dalam 13

EKOLOGI PAPUA

marga dan lima suku. Keanekaragaman lamun yang tertinggi terdapat di wilayah Indo-Pasifik. Menurut kajian persebaran lamun di dunia, Short dkk. (2001) mengidentifikasi pulau-pulau di barat daya Samudra Pasifik dan Samudra Hindia, termasuk Papua, sebagai kawasan yang habitat lamunnya masih belum banyak diketahui. Menurut Short dkk. (2001) ada 13 jenis lamun di PNG, 16 jenis dari Filipina dan 16 jenis dari Australia bagian utara. Humoto dan Moosa (2005) melaporkan ada 8 marga dan 13 jenis lamun di pesisir Indonesia, yaitu *Cymodocea serrulata*, *Cymodocearotundata*, *Enhalus acoroides*, *Syringodium isoetifolium*, *Halodule pinifolia*, *Halodule uninervis*, *Halophila spinulosa*, *Halophila decipiens*, *Halophila ovalis*, *Thalassiahemprichii*, *Halophila minor*, *Thalassodendron ciliatum* dan *Ruppia maritima*.

Nilai Penting Padang Lamun

Secara global, padang lamun menempati urutan ke tiga sebagai ekosistem yang paling berharga (berdasarkan ukuran per hektar, setelah muara sungai dan rawa-rawa/dataran tergenang) dan nilai global rata-rata untuk jasa siklus haranya serta produk mentah yang dihasilkannya diperkirakan senilai US\$19.004/ha/tahun (berdasarkan nilai dollar tahun 1994) (Costanza dkk. 1997). Lamun juga merupakan makanan bagi Penyu hijau (*Chelonia mydas*) dan Dugong (*Dugong dugon*) yang terancam punah (Lanyon dkk. 1989) dan juga digunakan oleh masyarakat tradisional sebagai bahan makanan dan untuk upacara adat. Lamun di kawasan tropis sangat penting karena interaksinya dengan mangrove dan terumbu karang melalui aliran bahan-bahan yang terlarut, interaksi fisik dan migrasi binatang. Sepanjang garis pantai yang didominasi oleh hutan mangrove, padang lamun sering menjadi penghubung dan sebagai penyangga antara karang yang berada di laut dengan mangrove di tepi pantai.

Faktor-faktor yang Memengaruhi Persebaran Lamun

Informasi mengenai persebaran lamun di Indonesia masih belum lengkap, karena wilayah yang sangat luas belum disurvei, termasuk pesisir Papua. Paling sedikit luas padang lamun di sepanjang kepulauan Indo-

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

nesia mencapai 30.000 km² (Kuriandewa dkk. 2003). Short dkk. (2001) mengidentifikasi sembilan faktor yang memengaruhi persebaran lamun, yaitu cahaya, kedalaman air, pergerakan air dan pasang, salinitas, suhu, dampak manusia, perubahan iklim, ketersediaan struktur vegetatif dan persaingan dengan tanaman lainnya. Habitat lamun di Papua ditentukan oleh banyak faktor, sesuai wilayah dan musimnya, tetapi tidak banyak yang diketahui dari wilayah ini. Namun dapat diasumsikan bahwa dari kesembilan faktor tersebut, dampak manusia, ketersediaan struktur vegetatif dan perubahan iklim akan memberikan pengaruh terbatas dan menunjukkan bahwa persebaran lamun sangat dipengaruhi oleh jenis dasar laut yang cocok, ketersediaan cahaya (kedalaman dan kekeruhan), suhu dan keterpaparan terhadap kekeringan, serta pergerakan air dan pasang (termasuk perlindungan dari gelombang). Karena kepadatan penduduk di Papua rendah, dampak manusia terhadap lamun tidak begitu besar daripada pulau-pulau lain di Indonesia. Namun ada beberapa laporan mengenai perusakan padang lamun yang disebabkan oleh penangkapan ikan yang menggunakan pukat di Teluk Cenderawasih, serta adanya migrasi Dugong besar-besaran ke Selat Torres karena kematian padang lamun di Papua secara mendadak dalam jumlah yang cukup besar (Marsh dkk. 1997, Putrawidjaja 2000).

Sebagian besar lamun di Papua terdapat di perairan yang kedalamannya kurang dari 10 m dan padang lamun hanya memiliki jenis tunggal atau beberapa jenis dan bisa mencapai sepuluh jenis dalam satu lokasi. Di perairan Indonesia umumnya terdapat 13-14 jenis lamun (Humoto dan Moosa 2005) dan paling sedikit ada 11 jenis yang tercatat di Papua (*S. isoetifolium*, *C. serrulata*, *C. rotundata*, *H. pinifolia*, *H. uninervis*, *H. minor*, *H. spinulosa*, *H. ovalis*, *T. hemprichii*, *E. acoroides* dan *T. ciliatum*); lihat Tabel 5.2.2. Di Papua padang lamun didominasi jenis yang cukup besar (marga *Thalassia*, *Enhalus* dan *Cymodocea*). Pemakan lamun berukuran besar, yaitu Dugong dan Penyu hijau, juga merupakan bagian penting dalam membentuk komunitas lamun di Papua.

EKOLOGI PAPUA

Tabel 5.2.2. Lamun yang tercatat di perairan Papua.

<p>Cymodoceaceae:</p> <p><i>Cymodocea rotundata</i> Tersebar luas dan umum terdapat di perairan jernih di dataran terumbu karang; jenis menengah yang dapat bertahan hidup dari gangguan tingkat menengah; sering tumbuh dalam komunitas jenis campuran, tetapi dapat membentuk padang lamun jenis tunggal yang penting; daerah asuhan penting bagi juwana ikan, udang dan invertebrata lainnya; pertumbuhannya relatif cepat, yang diketahui merupakan makanan Dugong dan Penyu hijau di Indonesia bagian timur.</p> <p><i>Cymodocea serrulata</i> Tersebar luas dan banyak terdapat di dataran terumbu yang berlumpur; sering dijumpai di perairan dangkal subtidal, di mangrove yang menghadap ke laut; biasanya terdapat dengan bercampur dengan lamun karang lainnya; marga menengah yang dapat bertahan hidup dari gangguan tingkat menengah.</p> <p><i>Halodule uninervis</i> Menempati kisaran habitat yang luas, mulai dari perairan berlumpur yang dipengaruhi pasang surut sampai puncak-puncak terumbu; sering membentuk padang lamun jenis tunggal di dataran terumbu bagian dalam yang terganggu dan lereng-lereng sedimen yang curam; dapat bertoleransi dengan fluktuasi salinitas yang tinggi; merupakan jenis perintis yang berumur pendek tetapi dapat tumbuh kembali dengan cepat serta benih tunasnya banyak, dapat beradaptasi dengan baik pada kondisi gangguan yang tinggi maupun tingkat penyengutan yang tinggi; merupakan jenis yang penting yang secara aktif menstabilkan sedimen di kawasan yang tingkat gangguannya sangat tinggi; merupakan makanan yang disukai Dugong.</p> <p><i>Halodule pinifolia</i> Terdapat di kawasan berpasir yang</p>	<p>Hydrocharitaceae:</p> <p><i>Enhalus acoroides</i> Secara struktur merupakan jenis lamun tropis yang terbesar (dalam hal ketinggian); pada umumnya terdapat di habitat-habitat laguna di pesisir, teluk yang terlindungi, muara sungai dan kadang di hutan-hutan mangrove tepi; umum terdapat di atas sedimen berukuran sedang sampai kasar yang berlumpur; membentuk padang lamun jenis tunggal dan mendominasi komunitas campuran, yang biasanya tumbuh bersama <i>T. hemprichii</i>; jenis yang tumbuh lambat dan memiliki ketahanan rendah terhadap gangguan. Keberadaan jenis ini menunjukkan bahwa habitat pesisir tertentu selama ini lebih stabil; tempat bernaung penting bagi juwana ikan.</p> <p><i>Halophila decipiens</i> Merupakan sejenis lamun tropis; pada umumnya terdapat di perairan subtidal pada kedalaman 10 m di pasir yang berukuran halus sampai sedang; sering tumbuh dalam padang lamun jenis tunggal besar atau kadang bersama-sama <i>H. spinulosa</i>; dapat bertoleransi dengan kondisi cahaya yang kurang; diketahui sebagai makanan Dugong.</p> <p><i>Halophila minor</i> Terdapat di area-area tempat berlindung dan lingkungan laguna dangkal dengan substrat berpasir dan berlumpur; tumbuhan ini bisa bertoleransi dengan sedimentasi berat; biasanya membentuk padang lamun jenis tunggal.</p> <p><i>Halophila ovalis</i> Terdapat di seluruh tipe habitat, tetapi merupakan jenis dominan di perairan yang dipengaruhi oleh pasang surut; memiliki kisaran lingkungan terluas dari seluruh jenis; terdapat mulai dari perairan dengan salinitas rendah sampai tinggi; kisaran kedalaman luas mulai dari perairan pasang surut sampai kedalaman</p>
---	--

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

dipengaruhi pasang surut atau substrat berlumpur; dijumpai di teluk-teluk yang terlindungi, atau di dataran terumbu karang dan di lokasi-lokasi berenergi tinggi; sering membentuk padang lamun jenis tunggal; merupakan jenis perintis yang dapat tumbuh dengan cepat dengan benih tunas tinggi/banyak, dapat beradaptasi baik pada kondisi gangguan yang tinggi maupun tingkat penyengutan yang tinggi; merupakan makanan yang disukai Dugong.

Syringodium isoetifolium

Pada umumnya terdapat di perairan dangkal subtidal dengan substrat pasir/lumpur/endapan lumpur atau pasir; membentuk padang lamun yang bervariasi tinggi, kadang membentuk tegakan jenis tunggal yang tebal dan tinggi, atau kadang merupakan padang lamun jenis campuran yang berpenjaran dan sangat kecil; marga menengah dan dapat bertahan hidup dari gangguan tingkat menengah; dapat tumbuh cepat bila ketersediaan zat hara berlebih; kadang merupakan makanan Dugong bila tidak terdapat jenis lamun yang disukai Dugong.

Thalassodendron ciliatum

Hanya terdapat di daerah berbatu dengan arus yang kuat, dapat bertoleransi baik dengan gerakan gelombang; sering mendominasi perairan bagian atas sublitoral dan berasosiasi dengan terumbu karang; memiliki kisaran kedalaman mulai dari puncak karang hingga kedalaman sekitar 4 m; tidak toleran dengan masukan air tawar; umum terdapat di laguna atol dan membentuk padang lamun jenis tunggal yang luas; banyak dimakan oleh bulu babi.

30 m; menunjukkan morfologi daun yang berubah-ubah; jenis perintis yang berumur pendek dan cepat tumbuh kembali serta benih tunasnya banyak, beradaptasi dengan baik pada tingkat gangguan dan penyengutan tinggi; sering merupakan jenis yang pertama tumbuh kembali setelah terjadi gangguan; merupakan makanan yang disukai dugong.

Halophila spinulosa

Terdapat di perairan subtidal di kedalaman 10 m pada substrat pasir berukuran halus sampai sedang; membentuk padang lamun meluas bercampur dengan *H. ovalis*/*H. decipiens*; merupakan unsur pembangun penting di dasar laut dalam, membentuk habitat yang khas; sangat toleran dengan lingkungan bercahaya rendah; diketahui sebagai makanan dugong; kadang-kadang dikira sebagai dua jenis alga hijau, *Caulerpa sertularioides* dan *C. taxifolia*.

Thalassia hemprichii

Merupakan jenis yang paling berlimpah dan tersebar luas di Papua; pada umumnya terdapat di dataran terumbu dan laguna-laguna dangkal; sering mendominasi komunitas campuran; berperan penting dalam menstabilkan sedimen pada dataran terumbu; dapat tumbuh pada berbagai jenis substrat, seperti pasir berendapan, pasir berukuran sedang atau pada reruntuhan terumbu karang yang kasar; tidak toleran dengan masukan air tawar; merupakan makanan penting bagi penyu.

EKOLOGI PAPUA

Padang lamun di sepanjang garis pantai Papua dan karang yang berasosiasi umumnya dapat dikelompokkan menjadi empat habitat utama (Tabel 5.2.3), yaitu: muara sungai, pesisir, terumbu karang dan perairan dalam. Masing-masing tipe habitat ini memiliki proses dominan yang memengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup lamun beserta komunitas keanekaragaman hayatinya.

Tabel 5.2.3. Padang lamun di Papua.

Habitat	Faktor pembatas	Jenis lamun	Keterangan/Ancaman
Sungai/muara sungai (termasuk laguna-laguna dangkal yang luas)	Sedimentasi akibat erosi tanah Kejernihan air	<i>Cymodocea rotundata</i> <i>Cymodocea serrulata</i> <i>Halodule uninervis</i> <i>Enhalus acoroides</i> <i>Halophila minor</i> <i>Halophila ovalis</i>	Produktivitas tinggi Kerapatan tinggi, Keragaman rendah Sering terkait dengan mangrove Ancaman tinggi
Pesisir	Gangguan secara fisik	<i>Cymodocea rotundata</i> <i>Cymodocea serrulata</i> <i>Halodule uninervis</i> <i>Halodule pinifolia</i> <i>Syringodium isoetifolium</i> <i>Enhalus acoroides</i> <i>Halophila ovalis</i> <i>Thalassia hemprichii</i>	Sangat beragam Produktivitas tinggi Penting untuk perikanan Mendukung keberadaan Dugong Dinamis Terancam oleh pembangunan
Terumbu karang (termasuk karang tepi, karang penghalang atau karang yang terisolasi)	Kandungan hara rendah	<i>Cymodocea rotundata</i> <i>Halodule uninervis</i> <i>Syringodium isoetifolium</i> <i>Thalassodendron ciliatum</i> <i>Halophila ovalis</i> <i>Thalassia hemprichii</i>	Mendukung keanekaragaman hayati yang tinggi Sedimen dangkal yang tidak stabil Lingkungan fisik berubah-ubah Tidak banyak dipelajari Sedikit ancaman
Perairan dalam	Cahaya rendah	<i>Halophila decipiens</i> <i>Halophila spinulosa</i>	Kedalaman 10 m Memiliki jenis tunggal Pergantian tinggi Habitat tidak banyak diketahui Ancaman tidak diketahui

Muara sungai dapat merupakan bagian yang dipengaruhi pasang surut, memiliki banyak jenis lamun dan produktivitasnya tinggi. Di

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

Papua, habitat ini berdekatan dengan hutan mangrove, yang dicirikan oleh adanya sedimen halus dan cenderung terdapat sedimentasi tinggi dan keadaan yang sangat kurang oksigen. Pada sistem muara sungai, perbedaan strategi kehidupan lamun akan menghasilkan berbagai jenis lamun. *E. acoroides* merupakan jenis yang lambat berganti, jenis yang tangguh dari gangguan (Bridges dkk. 1981, Walker dkk.1999). *C. serrulata*, *H. uninervis* dan *H. ovalis* merupakan jenis yang hidupnya cukup singkat (Birch dan Birch 1984). *H. uninervis* dan *H. ovalis* diyakini sebagai jenis perintis yang tumbuh dengan cepat dan bertahan baik di lingkungan yang tidak stabil dan terdapat endapan lumpur (Bridges dkk. 1981, Birch dan Birch 1984). *C. serrulata* tumbuh di sedimen yang lebih dalam dan memiliki hubungan dengan meningkatnya penambahan sedimen (Birch dan Birch 1984).

Habitat pesisir yang dipengaruhi pasang surut mendukung keragaman lamun terbesar di semua tipe habitatnya. *Cymodocea* dan *Syringodium* terlihat sebagai marga menengah yang dapat bertahan hidup dari gangguan tingkat menengah, sementara *Halophila* dan *Halodule* digambarkan sebagai jenis yang berumur pendek, tetapi cepat tumbuh kembali dan benih tunasnya banyak, dapat beradaptasi baik dengan tingkat penyengutan dan gangguan tinggi (Walker dkk. 1999).

Habitat karang mendukung komunitas lamun yang keanekaragaman hayati dan produktivitasnya tinggi. Gangguan sedimentasi oleh udang bisa merupakan suatu hal yang biasa di beberapa lingkungan karang sebagai cara untuk mencegah tumbuhnya lamun (Ogden dan Ogden 1982, Tomascik dkk. 1997). Suatu kawasan berupa pasir terbuka sering menjadi pembatas antara kepala karang dengan padang lamun; hasil penelitian terdahulu menyebutkan bahwa hal tersebut dilakukan oleh ikan kakatua dan ikan sekartaji yang berasosiasi dengan karang (Randall 1965).

Lamun perairan dalam terdapat di kedalaman subtidal (lebih dari 10 m) dan kejernihan airnya tinggi serta memungkinkan cahaya menembus untuk melakukan fotosintesis. Lamun di perairan dalam dapat tumbuh meluas dan didominasi oleh jenis *Halophila* (Lee dkk. 1993, Lee

dkk.1996). Walaupun peran ekologi lamun perairan dalam masih belum banyak dipahami, beberapa di antaranya merupakan tempat mencari makan yang penting bagi Dugong (Lee dkk.1996, Marsh dan Saalfeld 1989, Anderson 1994). Dari semua tipe habitat lamun di Papua, baik jenis muara sungai (termasuk laguna besar yang dangkal) dan habitat lamun di pesisir harus mendapat perhatian utama untuk masalah kualitas air, karena lokasinya sangat berdekatan dengan daerah tangkapan air.

Lamun di Papua

Kep. Raja Ampat dengan ratusan pulau yang lebih kecil merupakan habitat penting bagi *T. hemprichii*, *C. rotundata* dan *H. uninervis* di P. Sayang, di teluk bagian tenggara Kawe, Hitipeuw 2003). Di bagian selatan kepulauan ini, dilaporkan terdapat padang lamun *E. acoroides* dan *S. isoetifolium* yang luas di dataran terumbu P. Batanta (Tomascik dkk. 1997, Scheltze-Westrum 2001). Lamun juga terdapat di pulau-pulau kecil lainnya, seperti Kri, Pef, Waigeo, Wruwarez, di sebelah barat laut Batanta, Batang Pele, Wofah dan Yeben Kecil (McKenna dkk. 2002).

Lamun yang dilaporkan terdapat di pantai bagian utara Kepala Burung mencakup jenis *S. isoetifolium*, *C. serrulata*, *C. rotundata*, *H. pinifolia*, *H. spinulosa*, *H. ovalis*, *T. hemprichii* dan *E. acoroides* (Tomascik dkk. 1997, Kuriandewa dkk. 2003, lihat Tabel 5.2.4). Sebuah kajian singkat mengenai ekologi lamun di Biak dan Kep. Supiori pada tahun 1996 menemukan adanya sembilan jenis lamun (*T. hemprichii*, *C. rotundata*, *C. serrulata*, *H. uninervis*, *H. pinifolia*, *E. acoroides*, *H. ovalis*, *H. minor* dan *S. isetofolium*, MREP 1996), di mana jenis *C. rotundata* dan *T. Hemprichii* merupakan jenis yang penyebarannya sangat luas dan membentuk padang lamun jenis tunggal dengan kerapatan tinggi (1.276 pucuk/m², Kuriandewa dkk. 2003).

Suatu gambaran yang mencolok di terumbu karang di P. Padaido (di selatan P. Biak) adalah adanya padang lamun puncak terumbu yang meluas (530 ha), yang didominasi oleh *Cymodocea* spp., *E. acoroides* dan *T. hemprichii* (Tomascik dkk. 1997). Di pelosok bagian barat pulau

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

ini terdapat lamun dengan tutupan yang sangat lebat (95-100%) seluas lebih dari 529 ha di dataran terumbu dangkal, yang terdiri atas tujuh jenis, yaitu *T. hemprichii*, *C. rotundata*, *C. serrulata*, *H. uninervis*, *H. pinifolia*, *E. acoroides* dan *H. ovalis*. Sama halnya, padang lamun puncak terumbu yang luas (*T. hemprichii*, *C. rotundata*, *H. ovalis* dan *H. pinifolia*) dilaporkan terdapat di P. Numfor (Tomascik dkk. 1997) dan di sepanjang pantai bagian selatan P. Yapen.

Tabel 5.2.4. Persebaran jenis lamun di Papua, termasuk di Kep. Aru, Provinsi Maluku.

Jenis	Sorong (termasuk Raja Ampat)	Manokwari	Nabire	Yapen-Waropen	Biak Numfor	Jayapura	Fakfak	Mimika	Mearuke	Kep. Aru
<i>Cymodocea serrulata</i>	•				•	•				•
<i>Cymodocea rotundata</i>	•	•		•	•	•				•
<i>Enhalus acoroides</i>	•	•			•	•				•
<i>Syringodium isoetifolium</i>	•				•					•
<i>Halodule pinifolia</i>	•	•		•	•					
<i>Halodule uninervis</i>	•	•			•					
<i>Halophila spinulosa</i>	•									
<i>Halophila decipiens</i>										•
<i>Halophila ovalis</i>	•	•		•	•					•
<i>Thalassia hemprichii</i>	•	•		•	•	•				•
<i>Halophila minor</i>					•					
<i>Thalassodendron ciliatum</i>	•					•	•			•

Padang lamun (*T. hemprichii*, *C. rotundata*, *H. uninervis*, *E. acoroides* dan *H. ovalis*) di laguna-laguna yang meluas terdapat di sepanjang pantai daratan utama di bagian barat daya Teluk Cenderawasih, terutama di Teluk Wandammen (Nietschmann dkk. 2000). Padang lamun yang luas di teluk ini dilaporkan didiami oleh populasi Dugong yang cukup besar (Petocz 1989). Sebenarnya belum ada yang diketahui mengenai ekosistem laut di sepanjang pantai utara Papua. Tomascik dkk. (1997) melaporkan ada 6 jenis lamun (*C. rotundata*, *E. acoroides*, *H. ovalis*, *C.*

serrulata, *T. ciliatum* dan *T. hemprichii*) di dekat terumbu karang tepi mulai dari Jayapura sampai ke perbatasan dengan PNG.

Padang lamun di sepanjang pantai Papua bagian selatan tidak banyak diketahui. Teluk Bintuni, yang memiliki mangrove seluas lebih dari 1,1 juta ha merupakan mangrove terluas ke tiga di dunia dan terluas ke dua di Asia. Namun, satu-satunya lamun yang diketahui di teluk ini hanya bersumber dari laporan tidak resmi dari Teluk Berau (sebelah barat Teluk Bintuni) (Jamartin H. S. Sihite, kom. pri.). Kemungkinan besar lamun juga terdapat di sepanjang wilayah ini karena padang lamun terdapat di sekitar Kep. Aru (95 pulau-pulau yang tidak terlalu tinggi seluas 8.563 km²). Padang lamun ini didominasi oleh *E. acoroides*, *T. hemprichii*, *C. rotundata* dan *S. isoetifolium*. *H. decipiens* dilaporkan juga tercatat di perairan yang lebih dalam di sebelah utara kepulauan ini (Nietschmann dkk. 2000) dan mungkin meluas hingga ke bagian utara pesisir daratan utama Papua. Padang lamun yang meluas, yang mendukung populasi penyu hijau yang penting, juga terdapat di sekitar Kep. Kai, Kai Kecil dan Kai Besar yang berdekatan (Suárez 2001).

Johnstone (1982) meyakini bahwa zonasi lamun, bila ada, cukup serupa dengan yang terdapat di seluruh Nugini dan dikelompokkan dengan membandingkan antara parameter-parameter biotik dan abiotik. Dari bagian yang dipengaruhi pasang surut sampai yang tergenang, pola zonasi lamun biasanya dimulai dengan suatu zona satu atau dua jenis lamun (kebanyakan jenis *H. uninervis*, *H. pinifolia*, atau *H. minor*). Kemudian, di zona yang lebih rendah, jenis lamun lain yang bergabung di padang lamun campuran biasanya didominasi oleh *C. rotundata*, *H. uninervis* dan *T. hemprichii*, dengan petak-petak *H. ovalis* yang terisolasi. Di zona yang lebih tinggi, padang lamun campuran didominasi oleh *T. hemprichii* dan *E. acoroides*, dengan petak-petak *S. isoetifolium*, *C. serrulata* dan *H. uninervis* yang terisolasi. Di tepi padang lamun yang lebih rendah terdapat kombinasi dari dua sampai empat jenis lamun (bila terdapat dataran karang), atau jenis tunggal *H. Decipiens* atau *H. spinulosa* di bagian terdalam lereng sublittoral yang berpasir. Jenis lamun yang tersisa kurang umum dan tidak tersebar luas.

Kondisi lokal juga dapat menentukan jenis lamun yang ada. Padang lamun campuran yang meluas merupakan tipe komunitas yang mendominasi teluk, pelabuhan dan semenanjung yang terlindung di sepanjang pantai pulau utama. Padang lamun yang luas ini didominasi oleh *T. hemprichii* dan/atau *E. acoroides*, dengan sembilan jenis lamun yang terdapat di berbagai tingkat kedalaman. Padang lamun *H. decipiens* kadang-kadang terdapat di daerah yang lebih dalam sedangkan *E. acoroides* terdapat di laguna dangkal yang berbatasan dengan lereng mangrove yang landai di teluk-teluk yang terlindungi. Di seluruh kawasan Papua lainnya, kebanyakan lamun terdapat di laguna-laguna dangkal atau di atas dataran terumbu dan di pantai yang terlindungi dari tiupan angin di pulau yang bervegetasi kecil. Komunitas-komunitas ini didominasi oleh jenis menengah dan mengolonisasi, seperti *T. hemprichii*, *C. rotundata* dan *H. uninervis*, yang dapat bertahan dari gangguan tingkat menengah. *E. acoroides* terdapat di teluk-teluk kecil yang terlindung atau di belakang puncak karang di atas dataran terumbu sublittoral dan memiliki ketahanan rendah dari gangguan (Walker dkk. 1999). Pulau-pulau yang lebih kecil biasanya dicirikan dengan adanya dataran karang tepi yang relatif kecil, yang komunitas lamunnya didominasi oleh *C. rotundata* dan *T. hemprichii*, dengan sejumlah kecil *H. ovalis*, yang hanya terdapat di laguna-laguna dangkal (kedalaman 0-2 m).

Di sisi padang lamun yang menghadap ke darat umumnya didominasi oleh *H. uninervis* berbentuk garis sempit, bercampur dengan *C. rotundata*. Di sisi yang menghadap ke laut biasanya merupakan kombinasi dua sampai empat jenis dan menjadi jenis tunggal *H. decipiens* di tempat yang lebih dalam. Persebaran *E. acoroides* berpencaran atau membentuk petak kecil terisolasi di belakang puncak karang.

Flora dan Fauna yang Berasosiasi dengan Padang Lamun

Fauna besar yang mencolok adalah jenis tripang (Holothuroidea) yang melimpah, jenis yang paling umum adalah tripang hitam *Holothuria atra*. Jenis Echinoidea (bulu babi dan dolar pasir) umum terdapat di daerah dangkal sampai sedang, sedangkan marga *Tripneustes* cukup melimpah. Jenis Asteroidea (bintang laut) melimpah, terutama di

EKOLOGI PAPUA

padang lamun dengan substrat berpasir. Padang lamun di atas dataran karang mendukung sejumlah besar jenis moluska, ikan, tripang dan dekapoda (udang, lobster dan kepiting). Jenis gastropoda biasa (siput) juga berasosiasi dengan lamun, di antaranya Strombidae, Cypridae dan Conidae. Kebanyakan jenis ini terdapat di daerah yang dangkal dan sedang. Jenis moluska lainnya seperti lola *Trochus niloticus* di padang lamun sering ditangkap sebagai sumber pendapatan. Hal serupa juga terjadi pada tripang, sebagai sumber pendapatan, walaupun saat ini telah dipanen secara berlebihan (Uthicke dan Conand 2005).

Keberadaan tambak udang di perairan pesisir Kep. Aru didukung oleh padang lamun yang meluas. Fauna besar seperti Penyu hijau dan Dugong sangat bergantung pada padang lamun yang terdapat di sepanjang pantai Papua, yang merupakan tempat mencari makan yang penting. Beberapa kawasan padang lamun lainnya adalah Teluk Cenderawasih, bagian barat daya P. Biak. Populasi Dugong dan penyu yang besar di kawasan ini juga didukung oleh padang lamun, namun juga sering diburu secara tradisional.

Selain itu ada berbagai jenis ikan yang berlimpah yang menggunakan masa pasang yang berbeda di padang lamun untuk menjalani sebagian fase kehidupannya. Maruanaya (2000) mempelajari hubungan lamun dengan ikan di Teluk Cenderawasih dan mencatat ada 55 jenis ikan lamun yang didominasi oleh jenis sardin (*Stolephorus bucanieri*), ikan kelinci (*Siganus canaliculatus*) dan *Gerres kapas*. Ada indikasi bahwa padang lamun Pasifik tropis digunakan oleh sekitar 154 jenis ikan dan avertebrata tropis yang langsung memakan lamun (Klump dkk. 1989). Coles dkk. (1993) juga membuat daftar dan menggolongkan 134 taksa ikan dan 20 jenis udang yang terdapat di padang lamun Australia tropis. Padang lamun di seluruh Papua sangat penting bagi usaha perikanan subsisten, seperti Siganida (ikan kelinci), Hemirhamphidae, tripang dan kerang-kerangan.

Kemerosotan dan Berbagai Ancaman

Perubahan terbesar di padang lamun Papua terjadi sejak Perang Dunia II dan terkait dengan adanya pembangunan kawasan pesisir, tata guna lahan pertanian dan pertumbuhan penduduk. Dampak lokal berasal dari sedimentasi, yang meningkatkan kekeruhan air laut (terkait dengan kegiatan pertanian di pesisir dan perkebunan kelapa sawit) dan pembukaan lahan (untuk pembalakan di dataran tinggi dan penambangan), pembakaran semak belukar dan dari buangan limbah penambangan (contohnya, dari Freeport-McMoran Copper & Gold Inc., di Timika, Coles dan McKenzie 2005). Konstruksi atau pembangunan kawasan pesisir yang tidak sesuai sering menyebabkan erosi pantai. Dampak-dampak besar berasal dari pengambilan pasir pantai untuk bahan konstruksi, pembangunan bandara, hotel-hotel dan struktur lainnya yang terlalu dekat dengan pantai atau di perairan lepas pantai dan juga kegiatan penambangan pasir. Faktor lain yang berdampak negatif pada ekosistem lamun adalah pembuangan sampah ke laut, pencemaran industri dan penangkapan ikan yang berlebih. Misalnya, ada beberapa laporan mengenai menghilangnya Dugong dari Taman Nasional Teluk Cenderawasih karena padang lamun di perairan dangkal dirusak oleh penangkapan ikan yang menggunakan kapal pukat dan juga karena sedimentasi akibat penggundulan hutan (Putrawidjaja 2000). Kebanyakan dampak ini bersifat lokal dan relatif kecil sehingga masih dapat diatasi bila mengikuti petunjuk lingkungan yang sesuai. Namun, di masa depan, dampak perubahan iklim dan hal terkait lain yang akan meningkatkan aktivitas badai, suhu air, atau naiknya permukaan air laut, akan berpotensi merusak lamun di wilayah ini atau memengaruhi persebaran lamun.

Konservasi

Saat ini tidak ada peraturan di Indonesia yang secara khusus menetapkan bahwa fungsi ekosistem lamun harus dijaga (Indonesian Seagrass Committee 2002). Perlindungan habitat lamun sangat penting bagi jenis-jenis yang terancam atau terhadap kepunahan (misalnya, Dugong dan Penyau hijau). Selain itu, kepentingan lamun sebagai habitat juwana

ikan dan krustasea merupakan basis usaha perikanan komersial dan untuk mata pencaharian yang secara ekonomi sangat berharga. Semuanya ini dapat menjadi faktor yang mendorong upaya perlindungan lamun.

Peraturan di Indonesia yang secara langsung atau tidak langsung relevan dengan pengelolaan ekosistem lamun masih sangat kurang memberikan perlindungan yang memadai bagi ekosistem lamun. Namun, ada kebutuhan mendesak untuk mendapatkan pemahaman, visi dan misi yang dibutuhkan untuk menerapkan peraturan-peraturan ini di lapangan. Upaya penegakan hukum masih lemah dan tidak efektif; sementara pencemaran dan degradasi ekosistem lamun berlangsung terus (Indonesian Seagrass Committee 2002).

Berdasarkan kajian Indonesian Seagrass Committee pada tahun 2002 tentang aspek legal yang terkait dengan pengelolaan lamun di Indonesia ada lima langkah yang direkomendasikan. Pertama, penunjukan satu lembaga yang mempunyai wewenang khusus untuk koordinasi kampanye penolakan pencemaran dan penurunan kualitas laut. Ke dua, perbaikan berbagai undang-undang dan peraturan (termasuk perikanan, pengelolaan lingkungan hidup dan mengenai sumber daya alam dan ekosistemnya). Ke tiga, pemaduan rencana tata ruang daratan dengan rencana tata ruang laut dan pesisir yang berdasarkan pada integrasi ekosistem. Ke empat, pembagian wewenang antara pemerintah daerah tingkat provinsi dan kabupaten dalam aspek administrasi yang harus diumumkan, sehingga pengelolaan ekosistem dapat dinilai secara menyeluruh dan terintegrasi, serta bebas dari komplikasi birokrasi. Ke lima, pencegahan penebangan hutan, yang berdampak pada ekosistem laut dan pesisir (termasuk ekosistem pinggir sungai, jalur hijau bendungan-bendungan, danau, sungai dan garis pantai).

Walaupun tidak ada peraturan internasional yang secara spesifik mengatur perlindungan lamun, ada konvensi internasional yang menyebutkan pentingnya lahan basah dan pesisir, yaitu Konvensi Ramsar mengenai Lahan Basah. Dalam beberapa hal, padang lamun secara tidak disengaja telah dilindungi, karena letaknya di dalam kawasan yang dilindungi, seperti di Taman Nasional Teluk Cenderawasih dan Suaka Margasatwa

Kamiali. Pengakuan global atas pentingnya suatu kawasan, seperti Raja Ampat, termasuk lamunnya, diharapkan dapat memberikan perlindungan yang nyata di kemudian hari. Petunjuk pengelolaannya dapat mencakup pembentukan Kawasan Perlindungan Laut.

Langkah lain yang penting untuk melindungi lamun di wilayah ini adalah dengan memperoleh data yang lebih baik mengenai persebaran dan kelimpahannya, serta mengembangkan pemahaman yang lebih baik mengenai perubahan-perubahan musiman dan ekosistem lokal. Informasi yang ada sekarang tidak lengkap dan sepertinya sejumlah besar kawasan padang lamun dapat hilang tanpa ada catatan resminya. Dari yang telah tercatat di Papua, diperlukan informasi mengenai pola-pola persebaran lamun yang dapat dibandingkan dengan lamun yang terdapat di kepulauan Indonesia lainnya, PNG dan kepulauan Pasifik bagian barat, Filipina dan Australia bagian utara (Coles dan Lee Long 1999, Coles dkk. 2003, Green dan Short 2003). Ancaman-ancaman terhadap lamun yang dibahas dalam bab ini relatif umum. Kepadatan penduduk dan tingkat pembangunan di Papua saat ini masih rendah, tetapi pembangunan infrastruktur transportasi akan memengaruhi lamun di mana saja lokasinya di Papua. Perubahan iklim tampaknya merupakan elemen terbesar dalam jangka menengah dan panjang. Pembentukan jaringan pemantauan lokasi-lokasi di Papua akan memberikan informasi berharga tentang kecenderungan kesehatan padang lamun di wilayah ini dan memberikan bantuan bagi para pengambil keputusan dalam menyetujui tindakan-tindakan perlindungannya.

Hutan Mangrove

Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem utama di zona pesisir Indonesia. Mangrove tumbuh dengan baik di tempat yang energi gelombang lautnya rendah dengan sedimen halus dan merupakan satu-satunya tumbuhan berkayu yang hidup di tempat pertemuan antara darat dan laut. Tidak seperti hutan-hutan tropis lainnya, arsitektur mangrove sangat sederhana, hanya terdiri atas beberapa jenis pohon dan sering tidak memiliki lapisan semak dan paku-pakuan (Gambar 5.2.4). Pepohonan

EKOLOGI PAPUA

mangrove memiliki ciri-ciri morfologi dan fisiologi yang membuatnya beradaptasi dengan zona pasang surut, termasuk memiliki akar nafas, daun-daun yang dapat mengeluarkan garam dan “melahirkan” benih yang siap tanam yang disebarkan oleh air (biji-bijinya sudah berkecambah saat masih menempel di pohon induknya).

Hutan mangrove secara tradisional banyak dimanfaatkan sebagai sumber bahan makanan, tempat berlindung, diambil kayunya, bahan bakar dan obat-obatan. Mangrove merupakan daerah asuhan penting dan tempat berbiaknya bagi berbagai jenis ikan, reptil, burung, krustasea, kerang dan mamalia; juga sebagai tempat akumulasi sedimen, bahan terkontaminasi, karbon dan zat hara; perlindungan terhadap erosi pesisir; dan merupakan sumber kayu terbarukan (Alongi 2002).



Gambar 5.2.4. Hutan campuran *Rhizophora-Bruguiera* dewasa di Delta Fly, Papua Nugini. Foto: P. Dixon.

Persebaran

Pulau Nugini memiliki hutan mangrove yang sangat luas dengan keanekaragaman jenis tertinggi di dunia. Jumlah jenisnya mencapai 43 (Tabel 5.2.5), tetapi di pantai utara jumlah jenisnya lebih rendah daripada di pantai selatannya. Hutan mangrove Nugini yang terletak antara pusat keanekaragaman Australasia dan Indo-Malesia (Duke 1992) luasnya 34.739 km², 13.820 km² di antaranya di Papua (Darsidi

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

1984, Soemodihardjo 1987, Soemodihardjo dkk. 1993, Spalding dkk. 1997, Tomascik dkk. 1997). Papua memiliki hutan mangrove terluas di Indonesia (69-80%).

Hutan-hutan mangrove di Nugini terletak di delta-delta sungai-sungai besar dan di sepanjang tepi 253 sungai berukuran sedang dan kecil. Sungai-sungai besar di pulau ini adalah Mamberamo, Sepik, Ramu, Markham, Purari, Kikori, Bamu, Fly, Digul dan Palau-Palau, yang secara kumulatif telah membuang 1,7 miliar metrik ton sedimen ke pesisir laut yang berdekatan (Milliman 1995). Tingginya buangan ke sungai disebabkan oleh curah hujan yang tinggi di pulau ini dan sangat memudahkan pembentukan delta sungai yang luas. Delta-delta ini dikolonisasi oleh hutan mangrove yang dapat menembus sampai jauh ke pedalaman.

Tabel 5.2.5. Jenis-jenis mangrove dan tumbuhan yang berasosiasi dengan mangrove yang tercatat di Nugini.

Jenis tumbuhan mangrove	Persebaran
<i>Acrostichum aureum</i>	Pesisir utara
<i>Acrostichum speciosum</i>	Tersebar luas
<i>Aegialitis annulata</i>	Pesisir selatan
<i>Camptostemon schultzei</i>	Pesisir selatan
<i>Heritiera littoralis</i>	Tersebar luas
<i>Diospyros ferrea</i>	Pesisir utara
<i>Aegiceras corniculatum</i>	Tersebar luas
<i>Cynometra iripa</i> ¹	Tersebar luas
<i>Lumnitzera racemosa</i>	Tersebar luas
<i>Lumnitzera rosea</i>	Pesisir selatan
<i>Lumnitzera littorea</i>	Tersebar luas
<i>Pemphis acidula</i> ¹	Tersebar luas
<i>Osbornia octodonta</i>	Pesisir selatan
<i>Sonneratia ovata</i>	Pesisir selatan
<i>Sonneratia alba</i>	Tersebar luas
<i>Sonneratia gulgai</i>	Pesisir utara
<i>Sonneratia caseolaris</i>	Pesisir utara
<i>Sonneratia merauke</i>	Pesisir selatan
<i>Sonneratia lanceolata</i>	Pesisir selatan
<i>Sonneratia xurama</i>	Pesisir selatan

EKOLOGI PAPUA

<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	Tersebar luas
<i>Bruguiera sexangula</i>	Tersebar luas
<i>Bruguiera exaristata</i>	Pesisir selatan
<i>Bruguiera hainesii</i>	Pesisir selatan
<i>Bruguiera parviflora</i>	Tersebar luas
<i>Bruguiera cylindrica</i>	Tersebar luas
<i>Ceriops tagal</i>	Tersebar luas
<i>Ceriops decandra</i>	Tersebar luas
<i>Ceriops australis</i>	Pesisir selatan
<i>Rhizophora stylosa</i>	Tersebar luas
<i>Rhizophora lamarckii</i>	Pesisir selatan
<i>Rhizophora apiculata</i>	Tersebar luas
<i>Rhizophora mucronata</i>	Tersebar luas
<i>Excoecaria agallocha</i>	Tersebar luas
<i>Xylocarpus granatum</i>	Tersebar luas
<i>Xylocarpus mekongensis</i>	Tersebar luas
<i>Avicennia marina var eucalyptifolia</i>	Pesisir selatan
<i>Avicennia alba</i>	Pesisir utara
<i>Avicennia rumphiana (A. lanata)</i>	Tersebar luas
<i>Avicennia officinalis</i>	Pesisir selatan
<i>Acanthus ebracteatus</i> ¹	Pesisir selatan
<i>Acanthus ilicifolius</i> ¹	Tersebar luas
<i>Dolichandrone spathacea</i> ¹	Tersebar luas
<i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	Tersebar luas
<i>Nypa fruticans</i> ¹	Tersebar luas

Catatan: ¹ adalah jenis tumbuhan yang berasosiasi dengan mangrove.

Sumber: Fosberg (1975), Frodin dan Huxley (1975), Percival dan Womersley (1975), Floyd (1977), Kartawinata dkk. (1979), Johnstone dan Frodin (1982), Duke dan Jackes (1987), Duke (1991, 1992, 1994), Soemodihardjo dkk. (1993), Long dan McLeod (1997).

Struktur Hutan Mangrove dan Zonasinya

Kondisi fisik hutan mangrove didasarkan pada ciri-ciri penting yang mendominasi, yaitu sungai, pasang surut, gelombang, tipe dan asal sedimen (Woodruffe 1992). Sebagian besar hutan mangrove di Nugini berada di kawasan yang dipengaruhi oleh sungai dan pasang surut (Cragg 1987) dan variasi dari gabungan faktor yang memengaruhi ini juga sudah diketahui (Johnstone dan Frodin 1982). Mangrove tersebar mulai dari permukaan laut hingga pasang laut tertinggi dengan perubahan jenis, baik yang jelas ke arah pedalaman maupun yang sejajar dengan pantai.

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

Mangrove di Nugini sering terdiri dari pepohonan bertajuk sempit dan dapat mencapai ketinggian 30-40 m, walaupun jenis yang menjulang umum di antara tegakan Nipah (*Nypa fructicans*). *Rhizophora stylosa* dan *Rhizophora apiculata* merupakan jenis yang menjulang di hutan *Bruguiera cylindrical* dan *Bruguiera exaristata* dan lapisan lebat di bawahnya adalah Nipah yang dekat dengan tepi sungai. Hal yang sama juga terjadi pada jenis *Avicennia* yang menjulang di hutan *Ceriops tagal*. Lapisan di bawahnya, bila ada, sering terdiri dari *Acanthus ilicifolius*, *Acrostichum speciosum*, *Excoecaria agallocha*, *Dalbergia candenatensis* dan *Maytenus emarginata*, serta berbagai jenis liana dan tumbuhan pemanjat (Johnstone dan Frodin 1982).

Pola-pola persebaran jenis yang kompleks dan terselubung di seluruh bentang laut pasang surut dan di hulu-hilir, yang terkait dengan toleransi individu suatu jenis dengan faktor-faktor abiotik (seperti, salinitas tanah, status kandungan hara, tingkat kurangnya oksigen, tingkat kebasahan tanah) dan faktor-faktor biotik, seperti persaingan dan pemangsaan. Untuk individu jenis pohon, beberapa faktor juga memengaruhi pertumbuhan pohon, termasuk suhu, zat hara, radiasi sinar matahari, oksigen dan air.

Hutan mangrove di Nugini secara alami sering terkena gangguan badai, petir, gelombang pasang dan banjir dan membutuhkan waktu puluhan tahun untuk pulih. Di delta-delta sungai, zonasi dan persebaran hutan mangrove dapat disamakan dengan zonasi klasik, yaitu sejajar dengan pantai, tetapi kebanyakan tidak demikian.

Untuk mangrove di Nugini, Johnstone dan Frodin (1982) menyajikan pola zonasi yang lebih realistis berdasarkan faktor-faktor berikut ini: kisaran pasang surut dan frekuensi tergenang, tingkat kekuatan gelombang, pengeringan, salinitas, tipe substrat dan komposisi biota. Pola-pola zonasi ini tidak tampak jelas di daerah yang datar, tetapi akan tampak jelas dengan meningkatnya kelerengan tanah, di mana kedalaman air dan frekuensi penggenangan karena pasang mengontrol batas mangrove yang menghadap ke laut. Pengeringan dan tipe substrat tampaknya merupakan faktor penting yang memengaruhi persebaran

EKOLOGI PAPUA

mangrove. Pinggiran sungai kecil yang kering yang dihuni oleh jenis *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia officinalis*, sedangkan *Sonneratia caseolaris* pada umumnya terdapat di pinggir sungai yang tidak begitu kering. *Aegialtis annulata* dan *Osbornia octodonta* banyak terdapat di substrat berbatu dan berbutiran kasar. *Heritiera littoralis*, *Acrostichum speciosum* dan *Acanthus ilicifolius* sering terdapat di struktur biogenik seperti di gundukan-gundukan udang karang (*Thalassina anomala*) yang bisa mencapai ketinggian hingga 1-2 m. Di habitat berpasir, *Avicennia marina*, *Heritiera littoralis*, *Ceriops tagal*, *Ceriops decandra*, *Lumnitzera racemosa*, *Lumnitzera littorea*, *Avicennia rumphiana* dan *Xylocarpus mekongensis* sering ada, walaupun jenis yang terakhir lebih sering ada di tempat yang berlumpur.



Gambar 5.2.5. Tenaga gelombang pasang yang merusak di Delta Fly, Papua Nugini.
Foto: D. M. Alongi.

Salinitas adalah faktor utama yang mengatur komposisi komunitas mangrove di Papua. Di sepanjang permukaan tepi sungai yang luas dan salinitasnya rendah didominasi oleh Nipah dan permukaan yang tidak begitu luas didominasi oleh *Sonneratia caseolaris*. Di tempat yang salinitasnya tinggi karena curah hujannya rendah, *Ceriops tagal* merupakan jenis mangrove yang terdapat di daerah transisi menuju daerah terbuka (Frodin dan Huxley 1975).

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

Terlepas dari fakta tidak adanya faktor tunggal yang mengatur persebaran dan zonasi mangrove di Papua, ada pola-pola umum yang telah ditetapkan pada suatu lokasi tertentu di sekitar Nugini. Pola “pesisir terbuka” (sangat dipengaruhi gerakan gelombang) ditunjukkan di sisi barat laut Laguna Hood (Johnstone dan Frodin 1982) dan juga di Kep. Raja Ampat (Takeuchi 2003). Pola “delta” (didominasi oleh tanah berlumpur dan tidak bergerak) ditunjukkan di berbagai delta sungai dan di teluk yang terlindung, seperti Delta Purari dan Fly yang keluar menuju Teluk Papua (Cragg, 1983, Robertson dkk. 1992), Teluk Bintuni (Erfteimeijer dkk. 1989) dan di tepi muara S. Ajkwa dan S. Tipoecka di sebelah barat daya Papua (Ellison 2005).

Mangrove di Teluk Bintuni merupakan yang terluas (618.500 ha) dan paling berkembang di Papua. Tegakan yang menghadap ke laut didominasi oleh *Avicennia marina* dan *Sonneratia alba*. Lebih ke arah hulu, vegetasinya didominasi oleh pohon *Rhizophora apiculata*, *Bruguiera parviflora* dan *Bruguiera gymnorrhiza*. Pulau-pulau kecil di sekitarnya dikoloni oleh *Rhizophora apiculata* dan di tempat yang tidak begitu luas didominasi oleh *Bruguiera parviflora* sedangkan *Bruguiera gymnorrhiza* berlimpah di daerah teluk.

Di muara S. Ajkwa dan S. Tipoecka, Ellison (2005) mengidentifikasi lima tipe hutan mangrove yaitu, hutan yang didominasi oleh *Bruguiera* (terdiri dari *Bruguiera cylindrica*, *Bruguiera parviflora* dan *Xylocarpus mekongensis*), kebanyakan di sebelah utara mulut S. Ajkwa. Nipah *Nypa fruticans* di hutan campuran mangrove-dataran tergenang, mendominasi bagian yang menuju ke darat yang salinitasnya rendah dan lokasinya lebih tinggi. Di tepi yang menghadap ke laut didominasi oleh hutan *Rhizophora* (terdiri dari *R. stylosa*, *R. apiculata* dan *R. mucronata*) dan bagian yang berlumpur semakin membesar dan dikolonisasi oleh tegakan perintis *Avicennia marina* dan *Sonneratia caseolaris*. Di dalam aliran sungai keanekaragaman pohonnya tinggi dan tampak jelas dalam hubungannya dengan topografi skala mikro. Menurut Ellison (2005) ada *Bruguiera* dan *Rhizophora* yang tingginya lebih dari 25 m. Selain itu, ada beberapa jenis alga laut besar yang terdapat di mangrove, terutama yang di akar tunjang *Rhizophora* dan di akar napas *Avicennia*

dan *Sonneratia* (Coppejans dan Meinesz 1988, King 1990). Di Teluk Bintuni, alga merah *Gracillaria crassa* banyak terdapat di akar napas *Sonneratia alba*.

Produksi dan Biomassa Hutan

Hutan mangrove di Nugini merupakan yang terluas di dunia, bahkan menyamai ketinggian dan massa hutan basah tropis yang terluas. Biomassa hutan mangrove berkisar antara 48-580 metrik ton/ha berat kering dan di hutan mangrove dewasa biomasannya antara 100-400 metrik ton/ha. Biomassa rata-rata mangrove di seluruh Nugini adalah 285 metrik ton/ha. Ada lima metode yang telah digunakan untuk mengukur produksi primer hutan mangrove, yaitu: serasah yang jatuh dan pertumbuhan batang yang meningkat, pemanenan, pertukaran udara di dedaunan, cahaya yang melemah/pertukaran udara di bawah tajuk dan pengukuran tingkat pertumbuhan pohon.

Berdasarkan metode pelemahan cahaya yang telah dimodifikasi sebagai perkiraan yang paling komprehensif untuk menghitung produktivitas primer bersih mangrove, rata-rata produktivitas primer bersih mangrove di Nugini dan sekitarnya adalah 51 ton berat kering/ha/tahun (Tabel 5.2.7). Memang nilai produktivitas mangrove bervariasi, tetapi kisarannya menunjukkan bahwa mangrove merupakan produsen primer yang penting. Hubungan antara produktivitas mangrove dengan lokasinya pada garis lintang menunjukkan bahwa semakin jauh dari garis khatulistiwa produktivitas mangrove akan berkurang, tercermin dengan adanya penurunan biomassa mangrove dan serasah yang jatuh (Saenger dan Snedaker 1993). Karena itu hutan mangrove di Papua yang berada di kawasan yang iklim dan geografinya baik akan tumbuh meluas dan produktivitasnya juga sebaik hutan-hutan tropis lainnya di dunia.

Fauna

Hutan mangrove di Papua mendukung keanekaragaman biota yang cukup luas, mulai dari bakteri sampai buaya. Kebanyakan mangrove juga

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

merupakan rumah berbagai jenis satwa darat maupun laut. Informasi mengenai fauna mangrove Papua sangat sedikit dan kebanyakan informasi yang ada berasal dari survei-survei fauna di sepanjang pantai selatan PNG dan pantai barat Papua. Sejauh ini vertebrata mangrove yang tercatat adalah 30 jenis reptil, 12 jenis amfibi, 250 jenis burung, 50 jenis mamalia dan 195 jenis ikan.

Hutan-hutan mangrove di Papua juga mendukung kekayaan fauna moluska dan krustasea, berturut-turut sebanyak 95 dan 80 jenis (Kartawinata dkk. 1979, Sabar dkk. 1979, Kastoro dkk. 1991). Dalam hal jumlah, gastropoda merupakan kelompok moluska yang dominan, dengan jenis *Littorina scabra* yang terdapat dalam jumlah besar di tepi yang menghadap ke laut, bersama dengan jenis *Monodonta labio* (Soemodihardjo 1987). Sebagai perbandingan, kerang hanya diwakili oleh beberapa jenis saja, dengan marga *Enigmonia* yang mendominasi berbagai wilayah pasang surut di pulau ini.

Di seluruh kawasan mangrove Indo-Pasifik, jenis *Telescopium telescopium* mendominasi bagian pasang surut atas yang tidak ada alganya. Jenis kepiting Ocypodidae dan Grapsidae mendominasi fauna di perairan teluk bersama-sama dengan jenis *Uca* yang tersebar luas, diikuti oleh jenis *Sesarma*. Sekitar separuh dari 60 jenis *Uca* yang ada di dunia terdapat di Indonesia. Jenis yang memperlihatkan pola-pola relung (*niche*) yang kompleks ini akan menjaga keanekaragaman jenis yang tinggi dibandingkan dengan avertebrata lainnya (Susetiono 1989). Sebagian besar jenis *Uca* yang ada di Indonesia mungkin terdapat di Papua, tetapi sejauh ini hanya *Uca dussumieri dussumieri*, *U. vocans vocans*, *U. coarctata coarctata*, *U. lacteal annulipes* dan *U. seismeela* yang telah tercatat di kawasan mangrove Papua (Moosa dan Aswandy 1983).

Sejenis kepiting yang penting dan bernilai komersial tinggi, *Scylla serrata*, merupakan karnivora besar pemakan bangkai yang hidup di liang-liang dalam di lantai hutan dan di sepanjang tepian sungai di seluruh Indonesia. Warna kepiting ini berubah-ubah, di bagian barat kepulauan Indonesia warnanya hijau tua, sedangkan di Papua warnanya

coklat tua. Jenis ini menghuni mangrove pada masa dewasanya, tetapi betinanya akan bermigrasi ke perairan lepas pantai untuk bertelur. Megalopa (larva kepiting) akan pindah ke perairan mangrove dan pada tahapan pascalarva sampai masa dewasa dihabiskan di lingkungan mangrove. Tidak ada kajian ekologi kuantitatif yang tersedia untuk fauna bentik di Papua. Tabel 5.2.6 menyajikan jenis moluska yang tercatat sejauh ini di Papua.

Persebaran fauna di hutan mangrove dapat digolongkan menjadi empat kategori (Cragg 1983) yaitu: jenis penetap permanen; binatang yang juga terdapat di hutan yang berdekatan; binatang yang hanya terdapat di muara sungai dan laut; dan binatang yang menghabiskan masa awal hidupnya di mangrove. Di antara jenis penetap permanen adalah ikan glodok (*Periophthalmus* spp.), Udang lumpur (*Thalassina anomala*), Kepiting bakau (*Scylla serrata*) dan juga beberapa jenis isopoda (*Ceratolana papuae*, Bruce 1995) serta kepiting Sesarmidae (*Paracleistostoma laciniatum*, *Baruna trigranulum*, Rahayu dan Ng 2003, *Perisesarma foresti* dan *Perisesarma cricotus*, Rahayu dan Davie 2002) merupakan jenis endemik Nugini dan pulau-pulau lain di Indonesia.

Berbagai binatang yang terdapat di mangrove dan rawa-rawa serta hutan yang berdekatan termasuk dalam kategori ke dua. Fauna yang ada di sini kebanyakan adalah serangga, burung dan mamalia, termasuk tikus air, babi semak, walabi, bajing terbang, *possum*, kelelawar dan burung-burung, seperti Angsa boiga, kasuari dan Maleo. Salah satu hubungan yang kompleks dalam kategori ini adalah antara semut *Philidris* dan epifit *Hydnophytum moseleyanum* di hutan mangrove di bagian utara Nugini (Maeyama dan Matsumoto 2000). Dalam kategori ke tiga, organisme yang hanya terdapat di mulut sungai dan laut masuk ke celah-celah dan sungai-sungai kecil di kawasan mangrove pada saat pasang naik dan sampai saat pasang surut. Ikan adalah binatang yang mendominasi kategori ini. Beberapa jenis ikan tersebar luas, seperti Ikan sumpit (*Toxotes chatareus*). Buaya muara (*Crocodilus porosus*) yang hanya hidup di sungai yang berbatasan dengan laut, sedangkan Buaya air tawar (*Crocodilus novaeguineae*) terdapat di sungai menuju ke hulu. Kategori ke empat meliputi beberapa avertebrata laut, seperti

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

udang Penaideae (Tabel 5.2.8) dan Udang galah (*Macrobrachium rosenbergii*), yang memanfaatkan mangrove sebagai daerah asuhan selama masa awal kehidupannya. Jenis yang berlimpah dan tersebar luas adalah Udang putih (*Penaeus merguensis*) yang bernilai komersial.

Tabel 5.2.6. Berbagai jenis moluska yang tercatat dari hutan mangrove di Papua dan di kepulauan sekitarnya (di wilayah Indonesia).

<i>Assiminea corpulenta</i>	<i>M. granifer</i>
<i>A. lentula</i>	<i>M. luteus</i>
<i>A. navigorum</i>	<i>M. nucleolus</i>
<i>A. nitida</i>	<i>Ellobium auris-judae</i>
<i>A. radiata</i>	<i>E. auris-midae</i>
<i>A. sinensis</i>	<i>E. helvaceum</i>
<i>A. sorocula</i>	<i>Cassidula auris-felis</i>
<i>Cerithidea ornata</i>	<i>C. lutescens</i>
<i>Terebralia sulcata</i>	<i>C. mustellina</i>
<i>T. palustris</i>	<i>C. sowerbyana</i>
<i>Telescopium mauritsi</i>	<i>C. sulculosa</i>
<i>T. telescopium</i>	<i>C. triparietalis</i>
<i>Melampus caffra</i>	<i>C. turgida</i>
<i>M. cristatus</i>	<i>Auriculastra helvacea</i>
<i>M. fasciatus</i>	<i>A. oparica</i>
<i>M. obtusus</i>	<i>A. subula</i>
<i>M. ornatus</i>	<i>Nerita planospira</i>
<i>Pythia chrysotoma</i>	<i>Clithon qualaniensis</i>
<i>P. crassidens</i>	<i>Neritodryas cornea</i>
<i>P. imperforata</i>	<i>N. dubba</i>
<i>P. latidentata</i>	<i>Littorina scabra</i>
<i>P. obesula</i>	<i>L. undulata</i>
<i>P. obscura</i>	<i>Crassotrea cucullata</i>
<i>P. pantheriana</i>	<i>Polymedosa cyprinoids</i>
<i>P. pollex</i>	<i>P. divaricate</i>
<i>P. proxima</i>	<i>P. expansa</i>
<i>P. pyramidata</i>	<i>P. kochi</i>
<i>P. scarabaeus</i>	<i>P. nitida</i>
<i>P. striata</i>	<i>P. papua</i>
<i>P. undata</i>	<i>P. subtriangulata</i>
<i>P. variabilis</i>	<i>P. viridescens</i>
<i>P. verreauxi</i>	

Sumber: Data dari Budiman (1991).

Dinamika Rantai Makanan

Dinamika rantai makanan di kawasan mangrove Papua diasumsikan serupa dengan yang terjadi di kawasan mangrove tropis lainnya. Rantai makanan pada mangrove sebagian besar berasal dari detritus, dengan kebanyakan aktivitas trofik berpusat pada interaksi antarfauna, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang memakan materi pohon, baik itu daunnya, bunga, struktur vegetatif, kayu/batang, kulit kayu dan akarnya (Robertson dkk. 1992).

Tabel 5.2.7. Perkiraan produksi primer bersih hutan-hutan mangrove di pulau-pulau di Indonesia dan di Australia bagian tropis.

Jenis	Lokasi	Produksi Primer Bersih	Metoda
<i>R. mucronata</i>	Indonesia	23,4	Serasah/peningkatan
<i>R. stylosa</i>	Australia	40,5	Pelemahan cahaya
<i>A. marina</i>	Australia	30,6	Pelemahan cahaya
<i>Mixed Rhizophora sp.</i>	Australia	29,2	Pelemahan cahaya
<i>R. apiculata, B. paviflora</i>	Papua Nugini	30,5	Pelemahan cahaya
<i>Nypa fruticans</i>	Papua Nugini	30,1	Pelemahan cahaya
<i>A. marina, Sonneratia lanceolata</i>	Papua Nugini	24,4	Pelemahan cahaya
<i>R. apiculata, A. marina</i>	Indonesia	104,6	Pelemahan cahaya
<i>R. apiculata, A. marina</i>	Indonesia	96,9	Pelemahan cahaya
<i>A. officinalis, A. marina</i>	Indonesia	103,2	Pelemahan cahaya
<i>C. tagal, R. apiculata</i>	Indonesia	106,1	Pelemahan cahaya
<i>C. tagal, R. apiculata</i>	Indonesia	109,4	Pelemahan cahaya
<i>R. stylosa, S. alba</i>	Indonesia	63,7	Pelemahan cahaya
<i>R. apiculata</i>	Indonesia	74,3	Pelemahan cahaya

Catatan: Produksi primer bersih dalam satuan ton berat kering per hektar per tahun

Sumber: Data dari Boto dkk. (1984), Atmadja dan Soerojo (1991), Robertson dkk. (1992), Amarasinghe dan Balasubramaniam (1992), Sukardjo (1995), Clough (1998), Alongi dkk. (2000)

Pemanfaatan langsung jaringan mangrove, kebanyakan oleh serangga dan kepiting yang tinggal di atas pohon, umumnya membentuk sebagian kecil aliran energi. Baru-baru ini, ada bukti pentingnya alga sebagai sumber bahan makanan pada ekosistem mangrove, yang ditun-

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

jukkan oleh beberapa kelompok fauna penting yang bergantung pada fitoplankton, bentik mikroalga, atau makroalga yang tumbuh di akar-akar yang ada di permukaan tanah maupun di bagian pohon mangrove lainnya, untuk bahan makanan. Beberapa jenis mamalia, serangga dan burung ada yang tinggal di tajuk mangrove, baik secara permanen maupun sementara. Ekologi antara mangrove dan burung telah cukup dipahami. Komunitas burung secara ruang dan trofik cukup kompleks dapat dibagi atas delapan kelompok cara makan: pemakan biji-bijian, pemakan buah-buahan, pemakan ikan, berburu di udara, makan sambil melayang, terbang antara ranting untuk memakan serangga dan pemakan serangga yang ada di kulit kayu (Kathiresan dan Bingham 2001).

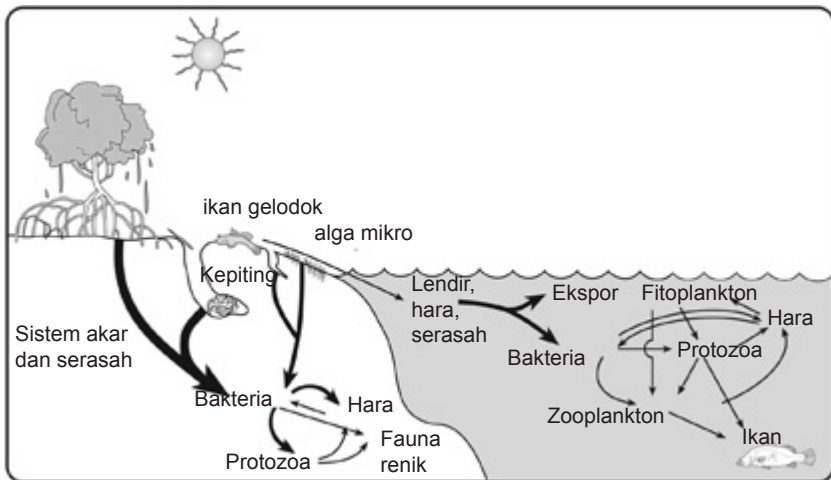
Tabel 5.2.8. Jenis udang Penaideae yang tercatat di mangrove di Papua dan Papua Nugini.

<i>Penaeus merguensis</i>	<i>Metapenaeus affinis</i>
<i>Penaeus monodon</i>	<i>Metapenaeus lysianassa</i>
<i>Penaeus indicus</i>	<i>Metapenaeus intermedius</i>
<i>Penaeus chinensis</i>	<i>Parapenaeopsis coromandelica</i>
<i>Penaeus penicillatus</i>	<i>Parapenaeopsis coromandelica</i>
<i>Penaeus semisulcans</i>	<i>Parapenaeopsis hardwickii</i>
<i>Penaeus esculentus</i>	<i>Parapenaeopsis hungerfordi</i>
<i>Metapenaeus ensis</i>	<i>Parapenaeopsis maxillipedo</i>
<i>Metapenaeus brevicornis</i>	<i>Parapenaeopsis tenella</i>
<i>Metapenaeus elegans</i>	<i>Trachypenaeus fulvis</i>
<i>Metapenaeus dobsoni</i>	<i>Metapenaeopsis palmensis</i>

Sumber: Data dari Tomascik dkk. (1997).

Di atas dan di bawah lantai hutan, kepiting merupakan kelompok yang penting dalam mengendalikan jaring-jaring makanan. Kepiting Grapsidae merupakan organisme yang mencolok, tetapi kepiting biola (Ocypodidae) juga berlimpah dan merupakan pengguna bentik mikroalga yang paling efisien. Jalur dinamika trofik utama pada sedimen mangrove adalah melalui detritus/alga ke mikroba lalu ke kepiting. Tentu saja jalur ini adalah gambaran yang sangat sederhana dari hubungan antara bakteri, jamur, protozoa, nematoda dan jenis cacing lainnya,

alga, detritus, kepiting dan avertebrata lainnya yang sangat rumit (Gambar 5.2.6). Di perairan mangrove, organisme besar yang berenang seperti ikan dan udang berada di puncak rantai makanan yang cukup kompleks, di mana “Lingkaran Mikroba” membentuk bagian yang sangat penting (Gambar 5.2.6) karena berisi sari pati fitoplankton yang terlarut, yang berasal dari berbagai alga yang sel-selnya dirusak karena cara makan zooplankton yang banyak mengeluarkan lendir. Tingkat aktivitas mikroba di perairan mangrove terkait erat dengan tingkat produksi fitoplankton.



Gambar 5.2.6. Model konsep rantai makanan di hutan mangrove dan di sungai yang berdekatan, didominasi oleh pepohonan, kepiting dan lingkaran mikroba.

Binatang yang lebih besar seperti burung dan buaya sangat mencolok tetapi umumnya tidak berperan penting dalam aliran energi di ekosistem mangrove. Perairan mangrove biasanya didominasi oleh zooplankton dan ikan, yang kepadatannya lebih besar dari kepadatan di habitat yang berdekatan. Tingginya jumlah organisme di mangrove dibandingkan dengan habitat di sekitarnya menunjukkan ketersediaan makanan yang lebih besar, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap predator besar. Walaupun jenis-jenis kepiting dan avertebrata lainnya

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

mengolah sejumlah besar detritus mangrove (Wada dan Wowor 1989), sebagian besar penguraian bahan-bahan ini dilakukan oleh jamur (Ulken 1981) dan bakteri, terutama bakteri anaerob (yang tidak memerlukan oksigen).

Keterkaitan dengan Zona Pesisir Perikanan

Ada tiga tipe penangkapan ikan di daerah mangrove yang terdapat di Teluk Papua, yaitu: jala insang untuk ikan Barramundi, jaring pukat untuk udang; dan tombak untuk menangkap lobster. Usaha perikanan di Teluk Papua didominasi oleh udang putih (*Penaeus merguensis*) dan yang lebih kecil kegiatannya adalah Udang windu *Penaeus monodon*. Daerah asuhan utama bagi jenis-jenis tersebut adalah di padang lamun; karena pada saat udang dewasa, mereka akan bergerak menuju perairan yang lebih dalam. Larva *Penaeus merguensis* akan bermigrasi ke arah pantai dan tinggal di dasar sampai mereka mencapai fase pascalarva. Daerah asuhan penting perikanan ini adalah di mangrove yang mengelilingi pulau dan di saluran air antara S. Purari dan S. Kikori (MacFarlane 1980, Evans dan Kare 1996).

Table 5.2.9. Fauna ikan di Delta Purari, berdasarkan zona trofik dan kelompok makanannya.

Tipe trofik	Zona air tawar	Zona Nipah	Zona mangrove di muara sungai	Zona pesisir pedalaman
Omnivora	5 (2)	3 (2)	3 (2)	5 (3)
Pemakan ikan	20 (8)	17 (10)	21 (15)	23 (14)
Pemakan moluska	10 (4)	7 (4)	6 (4)	10 (6)
Pemakan udang	37 (15)	37 (20)	29 (20)	24 (15)
Pemakan kepiting	0	13 (8)	16 (11)	10 (6)
Insektivora	10 (4)	7 (4)	6 (4)	0
Frugivora	5 (2)	3 (2)	4 (3)	5 (3)
Pemakan tumbuhan lainnya	2 (1)	2 (1)	3 (2)	3 (2)
Detritivora	13 (5)	15 (9)	13 (9)	21 (13)

Catatan: Angka-angka pada kolom menunjukkan persentase dari seluruh jenis fauna ikan. Angka dalam tanda kurung adalah jumlah jenis.

Sumber: Dimodifikasi dari Haines (1983).

Lobsters batu (*Panulirus ornatus*) berukuran kecil, namun merupakan jenis perikanan penting di Papua. Lobster ditangkap di akhir kedua jalur migrasinya. Karena jenis ini mudah terjaring dengan pukat, lobster yang merupakan tangkapan sampingan yang dapat mencapai 200 ton/tahun. Namun karena adanya penurunan stok yang siap memijah dan efek penangkapan sampingan ini, maka udang yang merupakan tangkapan sampingan tidak lagi diperbolehkan (Pitcher 1991). Di daerah Daru juga terdapat perikanan tripang (*Holothuria scabra*) yang pada tahun 1995 menghasilkan produk total 55 ton, tetapi biologi tripang masih belum banyak diketahui, demikian pula dengan kelanjutan usaha budidayanya.

Berdasarkan perkiraan sumber daya ikan di L. Arafura di sepanjang pantai selatan Papua (Dalzell dan Pauly 1989) potensi hasil usaha perikanan laut berskala kecil setara dengan yang terdapat di Teluk Papua, dengan rincian dari Teluk Papua dan L. Arafura berturut-turut untuk hasil perikanan laut lepas berskala kecil adalah 2,5- 2,8 ton/km²/tahun sedangkan untuk hasil perikanan laut dalam adalah 1,1-1,5 ton/km²/tahun.

Masukan Hara dan Sedimen

Kawasan mangrove sering dianggap sebagai lokasi penimbunan partikel hara dan sedimen. Hasil kajian geologi hutan mangrove yang membatasi Teluk Papua dan S. Ajkwa dan S. Tipoeka di Papua barat (Thom dan Wright 1983, Barham 1999, Walsh dan Nittrouer 2004, Ellison 2005) menunjukkan perluasan kawasan mangrove. Ellison (2005) memkirakan tingkat sedimentasi hutan mangrove di Papua barat berkisar antara 0,6-1,5 mm/tahun, angka ini serupa dengan hasil pengukuran Thom dan Wright (1983) untuk kawasan mangrove Purari. Tingkat penimbunan bersih di pesisir mangrove di sebelah barat Teluk Papua diperkirakan mencapai 2%-14% dari total sedimen yang masuk ke teluk. Semua tingkat sedimentasi ini merupakan bukti sedimentasi di sungai yang berasal dari daratan di pesisir Nugini. Pembuangan air dan sedimen dari dataran tinggi Nugini ke dataran pesisir tidak hanya membawa endapan materi partikel ke dalam mangrove, tetapi juga

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

mengekspor kandungan hara ke zona pesisir yang berdekatan. Ekspor materi partikel dan materi yang terlarut diyakini telah mendorong rantai makanan pelagik dan bentik di perairan pesisir dan mendukung kegiatan perikanan seperti yang telah digambarkan di atas.

Berbagai Dampak Kegiatan Manusia

Sebagian besar hutan mangrove di Papua relatif masih asli. Selain karena kepadatan manusianya rendah, pemanfaatan mangrove oleh manusia juga masih dalam skala kecil. Mangrove yang terkena dampak kegiatan manusia adalah yang berada di dekat industri dan proyek pembangunan, seperti penambangan tembaga, perikanan tangkap, ekstraksi kayu kepingan dan beberapa proyek minyak di lapangan. Hilangnya mangrove di Papua masih tergolong kecil (10%) tetapi untuk pulau-pulau di pinggir L. Timor, kehilangan hutan mangrove mencapai 5%-50% (Morrison dan Delaney 1996). Muara S. Ajkwa dan Teluk Bintuni terkena dampak manusia yang telah terdokumentasi dengan baik. Sumber dampak utama pada muara S. Ajkwa adalah limbah buangan dari penambangan tembaga-emas yang berlokasi sekitar 3.700 m dpl di Peg. Moake. Di Teluk Bintuni, dampak pada hutan mangrove semakin meningkat dengan adanya pengambilan kayu, usaha perikanan, pembangunan minyak dan gas (Brotoisworo 1991, Ruitenbeek 1992, 1994). Tabel 5.2.10 menyajikan berbagai pemanfaatan hutan mangrove oleh manusia di Papua.

Vegetasi Pesisir

Vegetasi pesisir berkisar dari komunitas herba (tumbuhan tidak berkayu) perintis (pionir) di pantai sampai hutan campuran yang tinggi di daratan. Papua memiliki vegetasi pesisir terluas di Indonesia (3.819 km² atau 65,2% luas total nasional), yang didominasi oleh herba, semak dan hutan pasang surut. Peralihan dari satu komunitas ke komunitas lainnya tidak selalu tampak jelas, karena beberapa unsur formasi ini kadang berbaur. Komunitas di rawa pasang surut memiliki hubungan fisiografi yang erat dengan komunitas pantai lainnya. Selain komponen daratan ada juga komponen pasang surut di vegetasi pesisir, yang terdiri dari

EKOLOGI PAPUA

komunitas padang lamun. Tebing pesisir dan cekungan rawa memanjang di sepanjang kawasan pantai yang terbuka dan di punggung bukit pantai tua di muara-muara sungai. Pola lapisan bukit dan dataran sulit terlihat di permukaan tanah, tetapi tampak jelas dari udara karena perbedaan ketinggian, komposisi dan warna hutannya. Permukaan ekosistem ini biasanya dilewati oleh cekungan permanen berawa yang sejajar dengan tebing pantai. Vegetasi di bagian yang berair berkisar dari jenis tanaman yang mengapung dan yang terendam di bawah permukaan air, sampai rerumputan rawa, alang-alang, sagu, pandan dan rawa berpohon di perairan yang makin mendangkal. Mangrove terdapat di bagian berair payau di dalam kawasan pasang surut.

Tabel 5.2.10. Pemanfaatan mangrove oleh manusia saat ini di Papua.

Potensi pemanfaatan lestari

- Bahan makanan
- Bahan pewarna dan resin
- Obat-obatan dan bioproduk lainnya
- Kayu
- Kerajinan pancing
- Arang
- Keramba
- Pemanfaatan tradisional lainnya

Pemanfaatan tidak lestari

- Modifikasi/perusakan/penghilangan habitat (tambak budidaya perairan, tambak garam)
 - Pembuatan bendungan
 - Pembuangan bahan-bahan beracun
 - Introduksi jenis eksotik dari pencucian badan kapal
 - Pembusukan oleh sampah
 - Pelepasan hidrokarbon dari minyak bumi
 - Erosi garis pantai/pelumpuran
 - Tailing penambangan
-

Komunitas di Sepanjang Pesisir

Seperti dibahas di bagian padang lamun, Nugini termasuk kaya akan jenis, yaitu memiliki 10-13 jenis. Padang lamun umumnya merupakan campuran antara enam sampai tujuh jenis dan *Thalassia hemprichii*

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

sering merupakan jenis yang dominan, diikuti oleh *Enhalus acoroides* dan *Cymodocea rotundata*. *Cymodocea serrulata*, *Halophila ovalis*, *Halodule uninervis* dan *Syringodium isoetifolium* yang mungkin melimpah di tingkat lokal.

Lamun merupakan tempat mencari makan bagi banyak jenis ikan, dugong, penyu dan bulu babi yang memiliki bakteri pencernaan selulosa. Produktivitas padang lamun cukup tinggi (Whitten dkk. 1987, dikutip dalam MacKinnon dkk. 1996) tetapi hanya 5% lamun yang langsung dikonsumsi; sisanya masuk dalam rantai makanan laut lepas sebagai materi yang membusuk. Produktivitas primer bersih di padang *Thalassodendron ciliatum* di dekat Sulawesi tercatat sebesar 16,4 ton/ha, lebih tinggi dari tingkat produktivitas di kebanyakan hutan dataran rendah. Banyak jenis ikan dan avertebrata pada tahapan usia dewasa dan juwana yang menghabiskan sebagian siklus hidupnya di padang lamun, termasuk untuk makan atau untuk tempat bernaung. Misalnya, beberapa jenis ikan komersial penting dan ikan untuk konsumsi lokal, seperti ikan kelinci dan ikan kambing (Polunin 1983, Burbridge dan Maragos 1985) dan jenis avertebrata yang dapat dimakan seperti kepiting, udang, kerang dan tripang. Beberapa jenis avertebrata lainnya seperti bintang laut, siput dan kadang binatang karang. Beberapa jenis rumput laut di padang lamun juga dapat dimakan. Karena banyak terdapat di perairan dangkal yang tidak jauh dari pantai dan biasanya mudah dicapai, padang lamun di Indonesia merupakan tempat favorit untuk memancing (MacKinnon dkk. 1996).

Padang lamun juga berfungsi penting lainnya, yaitu menahan pasir dan mengangkut pasir karbonat ke sistem pantai yang dinamis di dekat tepi pantai. Padang lamun merupakan sumber alga yang bernilai komersial dan baik untuk budidaya rumput laut (Burbridge dan Maragos 1985). Karena ekosistem pesisir terletak di daerah dangkal dan perairan yang mendapat cahaya dengan baik, maka padang lamun mudah rusak akibat peningkatan sedimentasi, pengerukan, serta pencemaran arus panas dan bahan kimia (Zieman 1975) dan juga oleh eksploitasi yang berlebihan.

Vegetasi Herba Pantai

Vegetasi herba yang mendominasi pantai memiliki akar dan toleran dengan kadar garam, angin dan suhu tanah yang tinggi. Kebanyakan jenis ini memiliki benih yang mengapung sehingga mampu menyebar luas di seluruh Malesia dan Australia bagian utara (Rand dan Brass 1940). Vegetasi ini biasanya didominasi oleh jenis *Ipomea pescapraea* yang merambat, terutama di lereng yang menghadap ke laut. Jenis ini kadang bercampur dengan jenis merambat lainnya, seperti *Canavallia maritime* dan *Vigna marina*. Jenis rumput pesisir banyak terdapat di bagian puncak dan belakang bukit pasir, seperti *Ischaemum muticum*, *Fimbristylis* dan *Remirea maritime* (*Cyperus pedunculatus*). Van Balgooy (1996) menggambarkan situasi di Merauke sebagai daerah bervegetasi semak rendah yang didominasi oleh *Wedelia* dan *Stachytarpheta* yang tumbuh di atas bukit-bukit pasir. Jenis pepohonan dan semak muda umumnya tumbuh di antara rerumputan di pantai. Komunitas jenis campuran yang diberi nama sesuai dengan jenis yang mendominasi (contohnya, *Ischaemum muticum-Fimbristylus sericea-Cyperus*).

Komunitas Semak

Di belakang vegetasi herba merupakan zona peralihan yang ditumbuhi semak belukar dan pepohonan rendah yang berpenjarangan di antara vegetasi herba. Jenis yang mendominasi komunitas semak adalah *Pemphis acidula*, *Messerschmidia* (*Tournefortia*), *Scaevola* dan *Allophylus cobbe*, yang berasosiasi dengan herba dan tumbuhan pemanjat dan menjalar berkayu. Di tempat tertentu, keadaan ini akan menciptakan semak lebat, yang terdiri dari *Hibiscus tiliaceus* dan *Desmodium umbellatum* serta jenis pemanjat berkayu seperti *Flagellaria indica* dan *Hibiscus tiliaceus*.

Komunitas Semak dan Pepohonan Pesisir

Komunitas semak pantai kadang terdapat dalam formasi serupa dengan *Barringtonia*, tetapi tidak banyak terdapat pada pepohonan besar. Beberapa jenis yang umum adalah *Clerodendron inerme*, *Morinda citrifolia* dan *Wedelia biflora*. Jenis *Cycas rumphii*, dengan batang beranting,

hanya terdapat di atas karang yang mencuat dan batuan beku. Hutan pantai Nugini serupa dengan hutan pantai di Malesia dan Australia bagian utara. Struktur dan komposisi jenisnya berbeda di setiap lokasinya. Beberapa komunitas dapat diidentifikasi berdasarkan jenis yang ada dan mendominasinya, seperti *Barringtonia asiatica*, *Calophyllum inophyllum*, *Terminalia catappa*, *Barringtonia asiatica-Calophyllum inophyllum*. Formasi *Barringtonia* terdapat di pantai berpasir dan berbatu cadas (van Balgooy 1996) tetapi tidak umum di daerah Merauke.

Hutan litoral atau hutan pantai campuran biasanya berada di atas tebing pantai daratan atau di atas daratan rata. *Pterocarpus indicus*, *Terminalia* spp. dan *Syzygium* spp. sering merupakan jenis yang dominan. Kebanyakan jenis yang tercatat sebagai komunitas hutan pantai juga terdapat di sini. Hutan pantai campuran dicirikan oleh jenis palem yang berlimpah di lapisan semak dan pohon yang lebih rendah dan dengan banyaknya jenis pohon yang bentuk batangnya kurang baik. Jenis-jenis pemanjat juga banyak dan di banyak tempat batang-batang pohon tertutup oleh pakis pemanjat *Stenochlaena*. Jenis substrat dan pengaruh percikan garam mencegah komunitas ini berkembang menjadi komunitas klimaks.

Komunitas Hutan Campuran atau Hutan Terbuka

Jenis-jenis khas yang terdapat dalam komunitas ini adalah: *Ardisia elliptica*, *Caesalpinia bonduc*, *Calophyllum inophyllum*, *Casuarina equisetifolia*, *Cocos nucifera*, *Colubrina asiatica*, *Crinum asiaticum*, *Cycas rumphii*, *Desmodium umbellatum*, *Dodonaea viscosa*, *Erythrina variegata*, *Guettarda speciosa*, *Heritiera littoralis*, *Hernandia nymphaeifolia*, *Hisbiscus tiliaceus*, *Mammea odoratus*, *Maranthes corymbosa*, *Messerschmidia argentea*, *Morinda citrifolia*, *Pandanus bibur*, *Pandanus tectorius*, *Pluchea indica*, *Pongamia pinnata*, *Premna corymbosa*, *Scaevola taccada*, *Sophora tomentosa*, *Tacca leontopetaloides*, *Terminalia catappa*, *Thespesia populnea* dan *Wedelia biflora*.

Calophyllum inophyllum, *Terminalia catappa*, *Thespesia populnea* dan *Hernandia peltata* dapat membentuk vegetasi pesisir yang me-

manjang dan sempit. Marga lain yang cukup umum adalah *Cerbera* dan *Aegiceras*. Jenis pepohonan dan semak subtajuk kecil seperti *Vitex trifolia*, *Hibiscus tiliaceous*, *Scaevola* dan *Pandanus odoratisimus*. Jenis lain yang umum adalah *Myristica hollrungii*, *Diospyros* spp., *Pandanus tectorius* dan *P. pedunculatis*. *Finschia chloroxantha* terdapat di lokasi tertentu. Di beberapa lokasi jenis pohon lapisan bawah didominasi oleh *Wedelia biflora*, *Crinum asiaticum* dan *Wedelia biflora*. Di atas karang yang terangkat umumnya ditumbuhi oleh *Pandanus dubius*. Di P. Waigeo, hutan pesisir didominasi oleh *Intsia bijuga*, *Pongamia pinnata*, *Homalium* sp., *Ficus prasinicarpa*, *Glochidion*, *Syzygium* dan *Timonius*. Di daerah pesisir yang lebih rata, jenis *Hibiscus tiliaceous* dan *Scaevola sericea* cukup umum. Di pulau-pulau kecil berbatu gamping terdapat tegakan asli *Vandopsis lissochiloides*, *Paphiopedilum praestans*, *Ficus prasinicarpa*, *Glochidion* dan *Pongamia pinnata*. Pulau-pulau kecil bertanah lempung ditumbuhi oleh tegakan *Dicranopteris linearis* yang lebat.

Hutan *Casuarina*

Casuarina equisetifolia merupakan jenis perintis yang umum di tepi pantai, sering membentuk tegakan yang rapat di atas tanda air tertinggi di pantai-pantai berpasir, di muara sungai dan di batas-batas laut lepas, biasanya di belakang kawasan vegetasi herba sempit yang pantainya tidak terlalu terjal. Hutan ini dicirikan oleh dedaunan yang berwarna hijau keabu-abuan. Pesisir Papua barat daya, di sekitar Kokenau, dicirikan oleh barisan panjang *Casuarina* yang tinggi, sehingga pantainya disebut "Pantai Casuarina." Daerah pesisir di Mamberamo dibatasi oleh barisan panjang *Casuarina equisetifolia*. Hutan *Casuarina* juga terdapat di sebelah barat dan timur dari muara S. Mamberamo di pantai yang berpasir dan berbatu cadas di Kep. Aru (van Balgooy 1996).

Casuarina tidak dapat tumbuh kembali di atas serasahnya sendiri. Karenanya, *Casuarina equisetifolia* perlahan akan digantikan oleh berbagai pepohonan berdaun lebar, yang akan membentuk tegakan hutan campuran. Beberapa pohon *Casuarina* yang besar dan menjulang akan bertahan sebagai sisa-sisa hutan sebelumnya. Lapisan tajuk utama dan lapisan

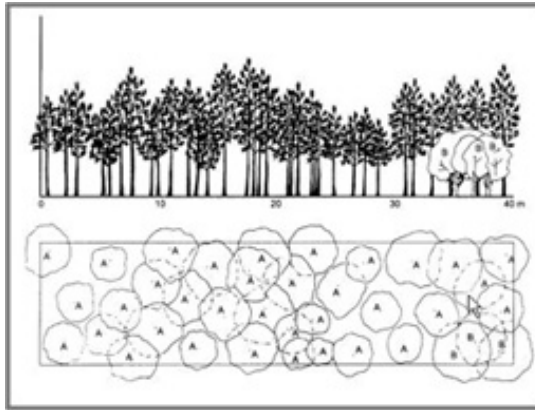
EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

pohon di bawahnya terdiri dari jenis-jenis yang umum di komunitas hutan pantai campuran, seperti komunitas yang terdapat sekitar 1 km di sebelah barat muara S. Unurupa di pantai yang menghadap ke laut. Komunitas perintis *Casuarina* terdapat di pulau-pulau pasir atau tanjung yang menjorok di dekat muara sungai di sebelah barat daya P. Puriri. Struktur vertikal dan horizontal yang khas dari komunitas ini disajikan pada diagram profil pada Gambar 5.2.7. Survei di hutan campuran *Casuarina* telah dilakukan oleh Shea dkk. (1996) di muara S. Unurupa. Hasilnya menunjukkan bahwa marga dan jenis yang menjadi dasar kombinasi “Nilai Kepentingan” adalah *Lumnitzera littorea*, *Heritiera littoralis*, *Hibiscus tiliaceus*, *Sterculia* sp., *Sonneratia alba*, *Heritiera littoralis*, *Terminalia catappa* dan *Intsia* sp. *Casuarina* merupakan jenis pohon menjulang yang sudah tua. Struktur vertikal dan horizontal yang khas dari komunitas ini disajikan pada diagram profil pada Gambar 5.2.8. Jenis pohon yang berada dalam petak ini adalah *Sterculia* sp., *Intsia acuminata*, *Manilkara* sp., *Intsia* sp., *Sonneratia alba*, *Terminalia* sp., *Lumnitzera* sp., *Hibiscus* sp., *Casuarina equisetifolia*, *Diospyros* sp., *Heritiera* sp. dan *Osbornia* sp. Jenis mangrove *Lumnitzera*, *Sonneratia* dan *Heritiera* menempati sisi bagian dalam tebing pantai, tapi juga dapat berupa pohon besar yang tersisa di bagian pantai yang menghadap ke laut (contohnya, di sepanjang pantai di sebelah selatan Pasir Hitam).

Vegetasi Kelapa

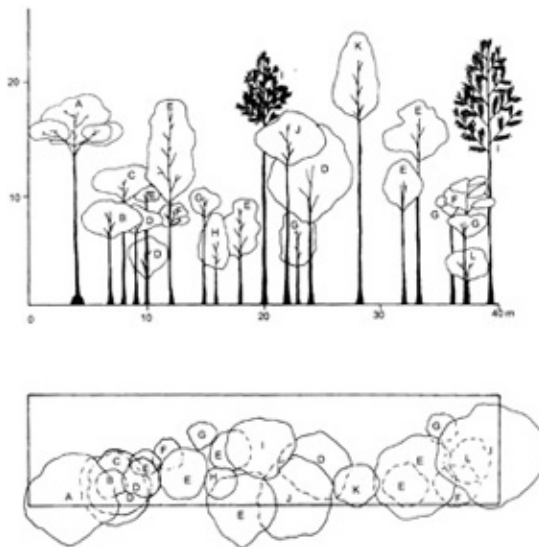
Kelapa (*Cocos nucifera*) sudah ditanam sekitar dua abad, terutama untuk produksi kopra. Analisis kuantitatif yang dilakukan untuk vegetasi di tebing pantai yang berdekatan dengan sebuah desa yang telah ditinggalkan di Pasir Hitam di muara S. Minajerwi menunjukkan jenis-jenis dominan yaitu *Cocos nucifera*, *Casuarina equisetifolia*, *Terminalia catappa* dan *Hibiscus tiliaceus* (Shea dkk. 1996). Struktur vertikal dan horizontal yang khas untuk komunitas ini ditampilkan pada diagram profil pada Gambar 5.2.9. Jenis pohon lain yang tercatat di lokasi ini adalah *Cocos nucifera*, *Hibiscus tiliaceus*, *Casuarina equisetifolia*, *Barringtonia* dan *Terminalia catappa*.

EKOLOGI PAPUA



Gambar 5.2.7. Hutan perintis *Casuarina equisetifolia*-*Hibiscus tilaceus* di atas pulau pasir di muara S. Minajerwi, di Papua bagian selatan. A. *Casuarina equisetifolia*; B. *Hibiscus tilaceus*.

Sumber: Shea dkk. (1996).

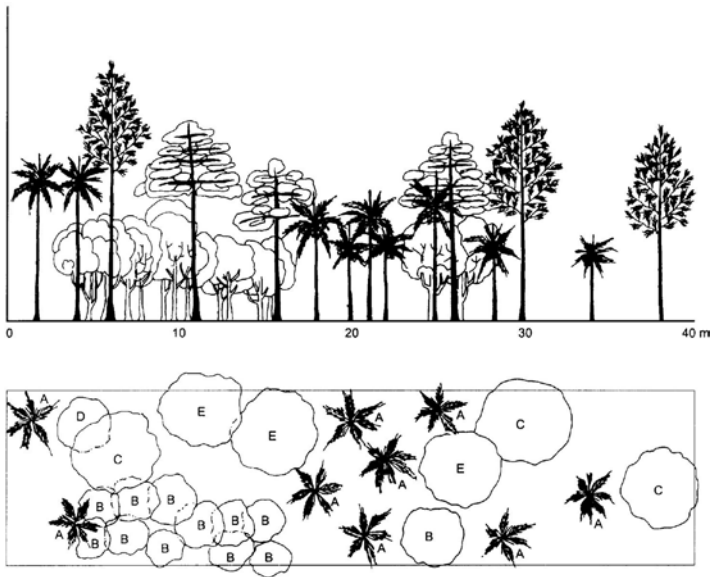


Gambar 5.2.8. Diagram profil komunitas hutan pantai campuran. *Casuarina equisetifolia* di atas *Lumnitzera littorea*-*Sonneratia alba*-*Adenanthera-Sterculia*. A. *Sterculia* sp.; B. *Intsia acuminata*; C. *Manilkara* sp.; D. *Intsia* sp.; E. *Sonneratia alba*; F. *Terminalia* sp.; G. *Lumnitzera* sp.; H. *Hibiscus* sp.; I. *Casuarina equisetifolia*; J. *Diospyros* sp.; K. *Heritiera* sp.; L. *Osbornia* sp.

Sumber: Shea dkk. (1996).

EKOSISTEM DAN VEGETASI PESISIR

Di sekitar Merauke terdapat daerah luas yang didominasi oleh *Cocos nucifera*. Hal ini dapat dijelaskan oleh pergerakan garis pantai perlahan ke arah laut atau karena penanaman. Di bawah tegakan kelapa yang meluas di Merauke biasanya banyak terdapat flora permukaan tanah seperti *Crinum*, *Cenchrus*, *Fimbristylis*, *Setaria* dan *Euphorbia*.



Gambar 5.2.9. Pantai yang didominasi oleh *Cocos nucifera*-*Casuarina equisetifolia*-*Terminalia catappa*-*Hibiscus tiliaceus* di Pasir Hitam, di Papua selatan. A. *Cocos nucifera*; B. *Hibiscus tiliaceus*; C. *Casuarina equisetifolia*; D. *Barringtonia* sp.; E. *Terminalia catappa*.

Sumber: Shea dkk. (1996).

5.3. *Ekosistem Perairan Tawar**

Karena ukuran pulau dan kisaran ketinggian yang luas serta topografinya yang menakjubkan, Nugini mendukung berbagai ekosistem perairan tawar. Semua tipe ekosistem perairan utama terdapat di Papua, mulai sungai besar (S. Mamberamo dan S. Digul), danau besar (D. Paniai dan D. Yamur), ribuan anak sungai dan danau yang terletak di cekungan dataran rendah dan dataran tinggi, daerah resapan air dan mata air yang tak terhitung banyaknya, serta lahan basah pesisir yang luas. Banyaknya ekosistem perairan tawar di Papua tentunya akan meningkatkan kekayaan dan biota endemiknya.

Paling sedikit ada 15 tipe ekosistem perairan tawar yang dikenal di seluruh kisaran ketinggian di Papua. Berbagai ekosistem ini dapat dibagi atas dua bagian besar, yaitu ekosistem permukaan dan di bawah tanah. Ekosistem bawah tanah di Papua sangat jarang diteliti, dan tidak dibahas mendalam dalam bab ini. Ekosistem perairan permukaan, yang sangat berbeda dengan ekosistem bawah tanah, telah banyak mendapat perhatian, dan dapat dibagi atas dua kelas ekosistem utama, yaitu yang airnya mengalir (lotik) dan yang airnya tergenang (lentik), masing-masing dibahas di bawah ini.

Ekosistem Lotik

Ekosistem lotik di Nugini dapat dibedakan menurut flora penyusunnya yang kebanyakan adalah lumut, alga berfilamen, dan diatom (alga bersel tunggal). Berbagai serangga perairan endemik yang sangat banyak mencakup Diptera, Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Coleoptera, dan Heteroptera, tetapi hanya ada sedikit Plecoptera dan Megaloptera. Selain itu, beberapa sungai mendukung fauna besar seperti ikan, krustasea, dan moluska. Beberapa survei fauna komprehensif telah dilakukan di

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Inland Water Ecosystems in Papua: Classification, Biota and Threats", Dan A. Polhemus & Gerald R. Allen.

EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR

beberapa daerah aliran sungai utama di Papua, terutama di S. Ajkwa di Timika (Polhemus dan Polhemus 2000d, Allen dkk. 2000); S. Wapoga (Polhemus 1998, Allen dan Renyaan 2000); dan di bagian bawah S. Idenburg (Taritatu) di sekitar Dabra (Polhemus 2002, Allen dkk. 2002).

Sungai-sungai yang Berair Sepanjang Tahun

Sungai yang berair sepanjang tahun merupakan tipe ekosistem lotik yang tersebar luas di Papua. Walaupun sebagian sungai alirannya terus berlanjut, di beberapa daerah karst, terutama yang terletak di barisan pegunungan tengah dan di Sem. Kepala Burung dan Bomberai, ada beberapa sungai yang aliran airnya secara alami akan terganggu. Di kota-kota yang lebih besar atau di dekat pembangunan industri, aliran sungai dapat terganggu karena alirannya dibelokkan sebagian atau seluruhnya. Tipe sungai yang mengalami perubahan di dataran rendah kerap merupakan habitat pilihan bagi jenis perairan invasif. Karena hutan-hutan alami di Papua relatif utuh, kejernihan air di sungai-sungai yang tidak terganggu biasanya sangat tinggi dan oksigen terlarutnya biasanya mendekati jenuh di sepanjang badan airnya.

Sungai-sungai yang berair sepanjang tahun di Papua dapat dibagi menjadi tiga zona besar: hulu, bagian tengah, dan hilir. Secara alami, sungai-sungai yang terganggu memiliki keanekaragaman fauna diadromous yang tidak begitu banyak, tetapi ada marga ikan gobi tertentu yang dapat mencapai hulu sungai saat hujan/banjir sehingga membentuk hubungan aliran sementara dengan laut, kemudian ikan tersebut akan tinggal di hulu sungai sampai ada banjir selanjutnya.

Daerah Hulu

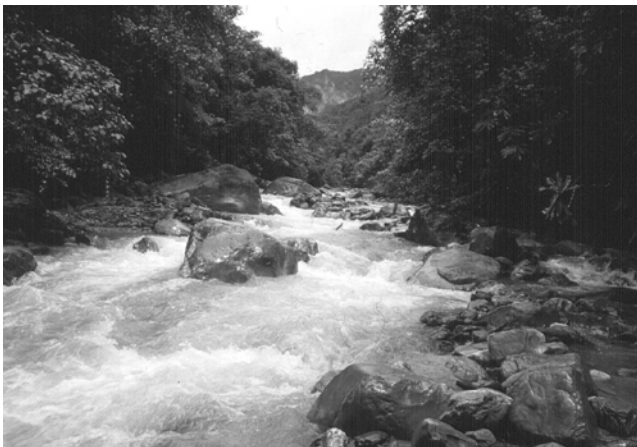
Cabang pertama dan ke dua hulu sungai terletak pada ketinggian di atas 800 m atau memiliki kemiringan lebih dari 30%; sungai-sungai di wilayah pegunungan memiliki kedua ciri tersebut. Lapisan dasar sungai biasanya dari bebatuan atau aluvium kasar seperti batu-batu besar dan batu yang terkikis air; kecepatan arus tinggi; suhu air kurang dari 18 °C (12-15 °C); konduktivitas kurang dari 50 mhos (dengan materi padat terlarut kurang

EKOLOGI PAPUA

dari 40 mg/l); dan pH sering sedikit asam. Fauna yang terdapat di sungai-sungai kecil dan curam didominasi oleh serangga, jarang ditemukan krustasea, dan ikan-ikan biasanya tidak ada di ketinggian di atas 2.000 m (Allen 1991). Sungai-sungai pegunungan di ketinggian di atas 3.000 m kekurangan sebagian besar unsur biotik ini, kecuali Trichoptera dan Diptera yang sering berkumpul dalam jumlah yang sangat terbatas.

Bagian Tengah

Zona tengah (Gambar 5.3.1) adalah kondisi lingkungan pertengahan antara hulu dan hilir. Zona ini bisa sangat pendek atau merupakan sebagian besar panjang sungai. Lapisan dasar sungai biasanya campuran aluvium yang terdiri dari batu besar yang terkikis air, batu-batuan dan batu kerikil, kadang-kadang pasir atau batu-batu kerikil membentuk batas-batas bagian dalam kelokan sungai, dan suhu air 18-24° C. Fauna di sungai-sungai di Nugini sangat beragam, termasuk jenis ikan lele Plotosidae, ikan pelangi (Melanotaenidae), ikan gerot-gerot (Terapontidae), dan ikan gobi (Gobiidae dan Eleotridae), krustasea, Ephemeroptera, Trichoptera, Zygoptera, Anisoptera, Lepidoptera, Diptera, Coleoptera, dan Heteroptera.



Gambar 5.3.1. Bagian tengah Sungai Minajervi di kaki perbukitan jajaran pegunungan tengah di sebelah utara Timika menunjukkan aliran air yang deras yang merupakan ciri sungai-sungai di daerah yang bergunung-gunung di Nugini.

Foto: D.A. Polhemus.

EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR

Tabel 5.3.1. Definisi istilah dan unit limnologi.

Pengukuran Fisiokimia

‰: bagian per seribu, satuan untuk salinitas

% gradien: ukuran kemiringan relatif berdasarkan unit perubahan ketinggian per 100 unit horizontal (satuan m/100 m)

mhos: atau megohms, satuan untuk konduktivitas air

Kondisi perairan

Lakustrin (seperti danau): perairan tergenang terbuka yang agak dalam dan terdapat di daerah cekungan; danau-danau dan kolam-kolam

Lentik (tergenang): perairan yang tidak dipengaruhi oleh gravitasi langsung, walaupun mungkin terdapat arus internal

Limnokren (kolam mata air): kolam yang jelas memiliki sumber air dari bawah tanah

Lotik (mengalir): air bergerak satu arah karena pengaruh kemiringan; tidak termasuk perairan yang bergerak karena pengaruh arus angin, gelombang dan pasang surut

Palustrin (seperti rawa-rawa): perairan tergenang dangkal dan secara visual didominasi oleh vegetasi yang timbul seperti lumut, rumput-rumputan, tumbuhan air, pepohonan, dll.

Rheokrin (mata air mengalir): perairan lotik berasal dari bawah tanah tetapi tidak terdapat di saluran air yang dibangun dengan baik, dan mengalir dalam volume yang relatif rendah dan konstan

Mineral-mineral terlarut

Aspek-aspek kualitatif

Halin (halinitas): Kondisi air payau atau asin di mana ion-ion terlarut berasal dari air laut

Salin (salinitas): terminologi umum untuk air dengan kandungan garam tertentu

Aspek-aspek kuantitatif

Limnetik: air tawar, kandungan garamnya 0,5 ‰

Misohalin: air payau, kandungan garamnya 0,5-30 ‰

Euhalin: air laut, kandungan garamnya 30-40 ‰

Hiperhalin: air asin, kandungan garamnya 40 ‰

Konsentrasi/kepekatan vs waktu

Homiohalin: konsentrasi garam stabil atau berfluktuasi hanya dalam kisaran sempit

Poikilohalin: konsentrasi garam berfluktuasi luas

Ciri-ciri ekologis

Migrasi dan pergerakan

Amfidromous: tipe binatang diadromous (lihat di bawah) yang bermigrasi antara perairan tawar dan laut tetapi tidak untuk berbiak (misalnya, ikan gobi dari subsuku Sicydiinae)

Catadromous: tipe binatang diadromous yang mendiami perairan tawar tetapi berbiak di laut (misalnya, sidat air tawar Anguillidae)

Diadromous: secara umum merujuk pada binatang (misalnya, jenis ikan tertentu) yang harus bermigrasi antara perairan tawar dan laut selama siklus kehidupannya

Itineran: ialah binatang yang kadang bermigrasi antara perairan tawar dan laut (misalnya, ikan-ikan laut halin sering dijumpai di sungai-sungai)

Toleransi garam oleh biota

Euryhalin/salin: terdapat di seluruh kisaran materi padat terlarut total

Stenohalin/salin: terdapat di kisaran materi padat terlarut total yang lebih sempit

Hubungan dengan substrat

Bentos: hidup di atas atau di dalam dasar badan air

Epigeal: hidup di atas permukaan bumi

Hipogeal: hidup di bawah permukaan bumi

Hilir

Hilir sungai merupakan bagian badan air di bawah gradien pertama yang tajam yang menghalangi migrasi ikan laut untuk bergerak ke arah hulu, seperti ikan ekor bendera (*Kuhlia*). Ketinggian biasanya kurang dari 50 m dan kemiringannya kurang dari 5%. Lapisan dasar di sungai-sungai yang lebih besar sebagian besar adalah sedimen halus, bercampur pasir, kerikil dan batu-batuan. Suhu air lebih dari 24°C (25-27°C); konduktivitas lebih dari 80 mhos (umumnya 100-150 mhos); materi padat terlarut 60-100 mg/l; dan pHnya netral sampai agak basa (6,5-7,8). Fauna yang menghuninya termasuk Barramundi (*Lates calcarifer*), suku Ariidae, ikan gobi (Gobiidae dan Eleotridae), Ephemeroptera dari suku Palingeniidae (*Plethogenesia*), Odonata dari suku Coenagrionidae (*Agriocnemis*, *Argio-cnemis*, *Pseudagrion*, *Xiphiagrion*) dan Libellulidae (*Agrionoptera*, *Huonia*, *Neurothemis*, *Orthetrum*, *Rhyothemis*, *Tetrathemis*), Coleoptera dari suku Gyrinidae (*Spinodineutes*), Heteroptera dari suku Gerridae (*Rhagdotarsus*, *Limnometra*, *Limnogonus*, *Ciliometra*), Veliidae (*Microvelia*), Mesoveliidae (*Mesovelia*), Notonectidae (*Nychia*) dan Corixidae (*Micronecta*).

Sungai-sungai yang Tidak Selalu Berair

Sungai-sungai yang tidak selalu berair atau hanya mengalir secara musiman debit airnya menurun dan perlahan akan mengering. Beberapa contoh ekosistem ini mencakup sungai-sungai kecil di hutan aluvial dataran rendah, seperti di dekat Kuala Kencana di Timika, dan secara berkala membanjiri saluran-saluran yang berhubungan dengan sungai-sungai yang lebih besar (Gambar 5.3.2). Aliran air berlangsung cepat ketika banjir, atau air datang pada waktu yang lebih lama selama musim hujan. Dari segi lingkungan, kondisi sungai ini berbeda dengan sungai yang selalu berair, demikian juga kondisi biologisnya. Sungai sementara tidak banyak jenis diadromousnya tetapi sebaliknya sering dihuni serangga dan avertebrata kecil yang melimpah yang mungkin di tempat lain sangat jarang.

EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR



Gambar 5.3.2. Luapan banjir seperti yang terjadi di Sungai Doorman di bagian tengah Papua berfungsi sebagai sungai sementara yang hanya berair selama musim hujan dan mengering selama musim kemarau. Foto: D.A. Polhemus.

Rheokrin

Rheokrin adalah “mata air mengalir,” yang merupakan daerah rembesan dan mata air yang mengalir dalam jarak dekat di atas permukaan berbatu atau di dalam saluran-saluran yang tidak jelas. Sejumlah daerah rembesan kecil yang ada dimana-mana ini (yang merupakan “kebocoran” dari batuan akuifer yang terungkit) umumnya terdapat secara alami pada permukaan bebatuan atau pada pinggiran sungai-sungai yang teriris dalam (terutama yang bersebelahan dengan air terjun), demikian juga di sepanjang jalan yang sengaja dipotong. Kualitas air pada ekosistem ini bervariasi, kadang-kadang airnya kaya zat besi yang menunjukkan adanya pengendapan bakteri hidroksida besi oranye. Ada dua bagian rheokrin yang diketahui: termal, dengan suhu air rata-rata (paling sedikit 10° C) di atas suhu udara rata-rata tahunan pada lokasi yang sama, dan nontermal, dengan suhu air mendekati atau di bawah suhu udara rata-rata tahunan. Rheokrin nontermal sejauh ini merupakan tipe yang paling umum, memiliki biota endemik yang tinggi dan istimewa, terdiri dari flora alga, lumut, pakis dan serangga. Rheokrin termal secara umum cenderung sangat memiskinkan fauna yang ada, hal ini merupakan ciri perairan termal yang terdapat di seluruh Papua.



Gambar 5.3.3. Rheokrin seperti di permukaan batuan di dekat Teluk Etna cukup banyak terdapat di pegunungan Nugini dan mendukung serangga khusus seperti capung dan lalat. Foto: D.A. Polhemus.

Parit dan Saluran Air Buatan

Parit dan saluran air merupakan sungai buatan yang dibangun oleh manusia untuk mengalirkan air ke tempat yang bukan tempat aliran alaminya. Beberapa saluran sering melintasi punggung bukit, dan melewati saluran air alami. Karakter lingkungan dan biota di parit dan saluran air berbeda dengan lokasinya dan tingkat penggunaannya, tetapi di dataran tinggi Papua kadang kualitas airnya lebih baik daripada air di sungai bagian tengah. Kurangnya tempat berlindung dan aliran air yang lambat umumnya menyebabkan rendahnya keanekaragaman fauna, dengan unsur biotik yang paling mencolok adalah moluska air, Diptera, Heteroptera, Odonata, dan kadang-kadang udang grago, dan jarang ada ikan.

***Ekosistem Lentik* Sistem Lakustrin**

Ekosistem lakustrin (danau dan kolam) tergenang di cekungan, dengan batasan yang jelas dan terutama merupakan perairan terbuka dengan

EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR

kedalaman umumnya lebih dari 2 m. Ekosistem ini banyak terdapat di Papua dan ukurannya sangat beragam, mulai dari kolam pegunungan kecil sampai danau dataran rendah yang luas, atau bahkan kawah-kawah bekas bom pada Perang Dunia II yang tergenang.

Danau dan Kolam Alami

Walaupun relatif tidak umum di Pasifik tropis, ekosistem ini terwakili dengan baik di Papua karena topografinya masih muda dan tidak rata dan paparan karst yang luas. Sistem danau di Papua sangat luas, dan masing-masing memiliki ciri-ciri lingkungan dan biota aslinya. Biota alami pada sistem danau dan kolam di dataran rendah termasuk berbagai jenis ikan, terutama Melanotaeniidae dan ikan belontok, demikian juga Zygoptera dari suku Lestidae (*Lestes*) dan Coenagrionidae (*Agriocnemis*, *Ischnura*) dan Heteroptera dari suku Gerridae (*Limnogonus*), Mesoveliidae (*Mesovelia*), dan Veliidae (*Microvelia*), dan tempat berkumpulnya berbagai unggas air (Erfmeijer dan Allen 1989). Sistem ini sering terdegradasi oleh jenis ikan introduksi untuk konsumsi, terutama jenis mujair/nila (lihat diskusi di akhir bab ini). Sebaliknya, danau-danau pegunungan, seperti D. Andersen di dekat penambangan Grasberg (Gambar 5.3.4), yang mendukung keberadaan biota serangga tertentu dalam jumlah terbatas seperti Diptera dari suku Chironomidae, dan Coleoptera dari suku Dytiscidae (etnik Bidessini), dan juga merupakan habitat penting bagi unggas air asli seperti Itik noso.

Waduk

Di Papua tidak banyak waduk berskala besar yang dibangun dengan membendung aliran sungai, walaupun beberapa waduk kecil telah dibangun untuk berbagai kebutuhan di seluruh provinsi. Ada juga beberapa kolam atau kawah-kawah bom di sepanjang pesisir utara yang terbentuk pada waktu perang. Selain itu, pembuatan jalan-jalan pembalakan sering secara tidak disengaja membentuk waduk yang tidak direncanakan dalam berbagai ukuran dan waktunya karena penyumbatan sungai-sungai oleh parit-parit di bawah jalan dan jembatan sementara.

EKOLOGI PAPUA

Walaupun struktur dan asal cekungannya merupakan ekosistem buatan, waduk sering dikolonisasi oleh jenis serangga dataran rendah asli yang tersebar luas, terutama Anisoptera dari suku Libellulidae (*Pantala*, *Diplacodes*) dan Aeschnidae (*Anax*), dan Heteroptera dari suku Belostomatidae (*Appasus*), Nepidae (*Ranatra*), Notonectidae (*Anisops*), Veliidae (*Microvelia*), dan Mesoveliidae (*Mesovelia*). Waduk juga merupakan tempat yang aman bagi ikan pelangi dan beberapa jenis ikan asli lainnya, tetapi di dalamnya juga sering terdapat jenis-jenis ikan yang beranak dan pengontrol nyamuk serta jenis-jenis ikan konsumsi seperti ikan nila.



Gambar 5.3.4. Danau Andersen di dekat penambangan Grasberg adalah danau di zona alpin yang umumnya terbentuk di daerah kapur. Danau-danau kecil yang berada di cekungan pada ketinggian yang semakin rendah di bagian barat lembah, yang dihuni berbagai serangga air seperti Coleoptera dan Trichoptera dan merupakan habitat penting bagi Itik noso (*Anas waigiensis*). Tidak ada ikan di danau seperti ini. Foto: D.A. Polhemus.

Danau Berair Asin

Informasi tentang danau berair asin (salin) di Papua belum terdokumentasi. Di tepi beberapa danau, yang memiliki salinitas lebih dari 0,5‰ (dan di beberapa kasus lebih dari 100‰), mendukung keberadaan biota

EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR

halofitik (beradaptasi terhadap garam) yang sangat terbatas, terutama dari kelompok serangga tertentu seperti Diptera dari suku Ephydriidae dan Heteroptera dari suku Saldidae (*Pentacora*, *Micracanthia*, *Sal-dula*).

Lahan Basah

Ekosistem palustrin, yang biasa disebut “lahan basah” terdiri dari berbagai tipe rawa dan paya yang tergenang dengan kedalaman kurang dari 2 m, terdapat di cekungan yang tidak beraturan atau tidak menentu (Gambar 5.3.5). Ekosistem palustrin mencakup lahan basah pada ketinggian rendah dan tinggi, masing-masing dengan beberapa tipe. Lahan basah yang terangkat, yang terletak di daerah terpencil, sebagian besar merupakan ekosistem alami yang didominasi oleh biota asli. Misalnya, rawa-rawa yang terdapat di lembah dataran tinggi di barisan pegunungan tengah. Lahan-lahan basah di lokasi yang rendah di Asia-Pasifik telah banyak dimodifikasi oleh manusia (IUCN 1991), tetapi di Papua umumnya masih memertahankan sifat-sifat aslinya terutama karena tidak ada sawah dan saluran irigasinya. Namun di Merauke dan Jayapura situasi ini telah berubah, karena perubahan fisik struktur lahan basah dan introduksi jenis ikan invasif cepat mengubah ekosistem alami.

Rawa Gambut di Dataran Tinggi

Rawa gambut di dataran tinggi terdiri dari perairan kecil terbuka yang bersifat asam pada tanah datar, topografinya terangkat pada ketinggian di atas 2.000 m di daerah yang bercurah hujan tinggi (300 cm/tahun). Lapisan tanah di bawah rawa gambut, sebagian besar cenderung organik, menghasilkan air yang jernih dan dingin (16° C) dan mineral terlarutnya rendah (konduktivitasnya 30 mhos), berwarna kuning kecoklatan dengan partikel humus terlarut, dan bersifat asam (pH 5,5). Rawa gambut ini tersebar luas di dataran tinggi Papua, dan dapat dibedakan menurut kimia airnya yang sangat asam. Fauna avertebrata di sini sangat miskin, termasuk Diptera perairan dari suku Ephydriidae dan Dolichopodidae. Karena lokasinya di dataran tinggi, rawa gambut ini biasanya jarang ada ikannya.



Gambar 5.3.5. Lahan basah yang sangat luas di daerah aliran sungai Mamberamo merupakan mozaik ekosistem lotik dan lentik yang sangat kompleks. Foto: D.A. Polhemus.

Rawa dan Paya di Dataran Tinggi

Paya di dataran tinggi ada yang berair sepanjang tahun atau hanya musiman. Lahan basah tidak berhutan di dataran tinggi (100-1.200 m) ini mendapat curah hujan sedang sampai tinggi, tetapi pengalirannya lebih baik daripada rawa gambut. Airnya jernih dan kadang agak kekuningan, dengan kandungan mineral terlarutnya rendah sampai sedang (konduktivitasnya 30-80 mhos), dan agak netral (pH 5,5-7,5). Tumbuhan perairan yang menjulang (rerumputan) biasanya berlimpah, termasuk *Drosera*, *Gentiana*, *Utricularia*, *Brachyposium*, *Carex*, dan *Scirpus*. Faunanya serupa dengan di rawa gambut, tetapi lebih berlimpah dan lebih beragam.

Rawa dan Paya di Dataran Rendah

Ekosistem ini secara alami terdapat di perairan limnetik yang dangkal dan berair sepanjang tahun, tergenang di dataran rendah pada ketinggian 100 m, yang menggenangi cekungan yang berbatasan langsung dengan garis pantai. Ekosistem ini didominasi oleh flora yang menjulang. Keberadaan ekosistem ditentukan oleh aliran masuk dari sungai dan dari permukaan

EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR

air bawah tanah alami yang muncul keluar. Kualitas air pada sistem ini bervariasi, salinitasnya 0,5‰ (konduktivitas 100-300 mhos), dengan pH hampir netral (6,0-7,5).

Ciri-ciri fauna ekosistem alami dan buatan mencakup beberapa jenis ikan (terutama ikan mata biru, ikan pelangi, ikan kaca dan belontok), beragam jenis Odonata, dan berbagai Heteroptera. Berbeda dengan paya, rawa dataran rendah merupakan lahan basah dataran rendah berhutan (Gambar 5.3.6), dengan kedalaman air yang berfluktuasi berdasarkan musim dan masukan air limnetik dari sungai-sungai yang selalu berair. Kategori ekosistem ini mencakup keanekaragaman botani dataran pesisir dan lahan-lahan basah berhutan di tepi sungai, termasuk rawa sagu, rawa pandan, dan hutan rawa gambut, yang semuanya terdapat secara meluas di Papua, terutama di sepanjang perbatasan pesisir bagian selatan L. Arafura. Termasuk juga di sini adalah hutan-hutan “mangrove air tawar”, yang floranya didominasi oleh *Myristica*, *Callophyllum*, *Syzygium*, *Camp-nosperma*, *Palaquium*, *Intsia* dan *Diospyros*, dan hutan tepi sungai yang serupa *Sonneratia caseolaris*. Ekosistem ini merupakan habitat utama bagi ikan-ikan tertentu seperti ikan mata-biru (*Pseudomugil*), dan belontok (*Oxyeleotris* dan *Mogurnda*).

Rawa-Paya

Paya dataran rendah yang berair asin merupakan lahan basah dataran rendah tidak berhutan yang didominasi oleh vegetasi yang menjulang *Batis maritima* yang merupakan ciri khasnya. Sebaliknya, rawa-paya dataran rendah berhutan atau lahan basah tepi sungai berair asin yang didominasi oleh berbagai jenis mangrove, dan sering berubah bentuk menjadi muara sungai mangrove euhalin sejati. Rawa-rawa miksohalin ini mendukung komunitas flora campuran *Avicennia*, *Nypa*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, dan *Sonneratia*.

Kolam-kolam Ankhialin

Nama ankhialin (dari bahasa Yunani *anchialos*, “dekat laut”) diusulkan oleh Holthuis (1973) untuk mendefinisikan “kolam-kolam yang permu-

EKOLOGI PAPUA

kaannya tidak berhubungan dengan laut, mengandung air payau atau asin, yang berfluktuasi sesuai kondisi pasang surut.” Kolam seperti ini memiliki biota yang berbeda, terdiri dari avertebrata yang berasal dari laut yang telah menginvasi sampai ke celah bawah tanah, dan sering mendukung keberadaan taksa yang tidak terdapat di tempat lain, terutama udang merah. Jenis ikan sangat jarang atau tidak ada. Kolam-kolam ini biasanya berukuran kecil, sebagian besar luasnya kurang dari 100 m². Permukaannya biasanya merupakan perpanjangan permukaan air bawah tanah di laut ke arah darat. Kadar garamnya biasanya kurang dari 10%, yang biasanya merupakan hasil dari pengenceran oleh penyaringan air tanah yang menghadap ke laut. Tipe ekosistem ini kadang disebut “danau laut” yang terdapat di Mansuar dan Misool di Kep. Raja Ampat.



Gambar 5.3.6. Ekosistem rawa di dataran rendah di Pulau Gam, Kep. Raja Ampat. Ekosistem ini semula sangat luas di Papua tetapi mengalami kerusakan akibat pembalakan hutan. Ekosistem ini merupakan habitat ikan mata biru dan ikan gelontok. Foto: D.A. Polhemus.

Ekosistem Perairan Bawah Tanah

Kolam-kolam ankhialin yang diuraikan di atas merupakan bagian permukaan ekosistem perairan bawah tanah yang besar dan luas yang di

EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR

seluruh bentang tanah karst tropis. Ekosistem ini dapat bersifat lotik, seperti S. Baliem yang menghilang di bawah tanah pada jarak tertentu di dekat G. Trikora, atau bersifat lentik, dalam bentuk kolam tergenang di dalam sistem gua. Terlepas dari keberadaan ekosistem ini di Papua, eksplorasi faunanya masih sangat terbatas.

Penghubung ke Arah Laut

Ekosistem perairan pedalaman pada titik-titik tertentu akan berubah menjadi sistem laut. Ekosistem yang terpenting adalah rawa dan paya asin, dan muara sungai yang menghadap ke laut di bagian hilir. Tingkat permukaan air yang menunjukkan fluktuasi pasang surut juga dapat membentuk aliran air masuk dan keluar yang kuat, dan umumnya dengan stratifikasi halinitas (konsentrasi sodium klorida) yang jelas, suhu, dan konsentrasi oksigen. Ada dua tipe muara sungai alami yang ditetapkan menurut aliran masuk air tawar dan fauna diadromousnya.

Muara Sungai Sejati

Muara sungai sejati adalah cekungan yang selalu tergenang oleh air limnetik yang berasal dari limpasan sungai yang berair sepanjang tahun. Keberadaannya meluas sampai ke pedalaman karena fluktuasi pasang dan topografi, sehingga tipe muara sungai ini cenderung lebih luas di pantai selatan Papua daripada di pantai utaranya. Di sepanjang beberapa pesisir di Papua, muara sungai sejati sering didominasi oleh mangrove, yang menyediakan jalur migrasi penting bagi larva dan juwana ikan-ikan diadromous dan binatang lainnya (Erfteimeijer dkk. 1989).

Muara Sungai Limnokren

Tipe muara sungai ini terdiri dari cekungan di dekat pantai dengan sumber air limnetik dari bawah tanah (biasanya mata air basal) dan memiliki hubungan terbuka dengan laut. Berbeda dengan muara sungai sejati, air muara sungai limnokren adalah homiohalin, karena aliran air tahunan yang stabil. Biota umumnya serupa dengan yang ada di muara

sungai sejati, tetapi termasuk juga tumbuhan berpembuluh di bawah permukaan air, dan fauna sungai diadromousnya kurang.

Berbagai Ancaman terhadap Ekosistem Perairan Pedalaman

Bentuk ancaman dapat dikelompokkan dalam tiga kategori umum: perubahan fisik habitat, pemanfaatan sumber daya alam biotik, dan jenis invasif.

Perubahan Fisik Habitat

Pembalakan, Perladangan Berpindah dan Perkebunan Kelapa sawit

Pembangunan jaringan jalan sekunder yang meluas dan tidak direncanakan dengan baik dalam kegiatan pembalakan menimbulkan sedimentasi yang meluas dan pembendungan sungai. Pembalakan cenderung meningkatkan jumlah aliran air yang terhambat, sehingga meningkatkan jumlah habitat kolam dan menurunkan bagian sungai yang dangkal dan beraliran deras. Membuka tajuk hutan juga meningkatkan paparan terhadap sinar matahari yang akan meningkatkan suhu air. Efeknya secara keseluruhan akan menciptakan sungai yang airnya lebih hangat, aliran airnya melambat dan lebih banyak sedimen yang terjebak. Munculnya pembalakan skala kecil yang menggunakan “penggergajian kayu berjalan” menimbulkan kerusakan yang agak ringan dan bersifat sementara terhadap sungai dan daerah resapan air.

Dampak perladangan berpindah serupa dengan pembalakan tebang habis tetapi dalam skala sangat lokar. Dalam lingkungan desa tradisional, dampak kegiatan ini semakin berkurang, ditandai oleh petak-petak kebun yang berukuran lebih kecil dan berpencaran.

Serupa dengan pembalakan tebang habis, perkebunan kelapa sawit menyebabkan perubahan ekosistem pada skala besar, yang berdampak luas di seluruh daerah resapan air. Pembentukan perkebunan memerlukan pembukaan lahan yang serupa dengan kegiatan pembalakan tebang habis, sebelum struktur tajuk kelapa sawit yang baru terbentuk. Limpasan unsur hara dari perkebunan ke dalam sungai-sungai yang berdekatan tampaknya cukup tinggi, mungkin karena pemakaian pupuk dan

EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR

limpasan bahan kimia pertanian lainnya. Hal ini akan menyebabkan jumlah alga di sungai berlimpah dan berdampak pada biota bentos.

Penambangan, Perminyakan dan Pembangunan Bendungan

Kegiatan penambangan berskala besar telah berdampak lokal yang jelas pada sistem sungai tertentu di Papua, terutama S. Ajkwa, yang terletak di daerah hilir penambangan tembaga dan emas Grasberg Freeport. Walaupun penambangan berskala besar telah menghasilkan dampak lokal yang terlihat jelas, kegiatan untuk mengatasi dan mengurangi dampak-dampak ini, termasuk di dalamnya dampak pengendapan sungai, kontaminasi bahan kimia, dan penggelontoran pipa-pipa dari endapan, telah banyak dilakukan di Grasberg. Dampak yang lebih buruk lagi kadang muncul dari kegiatan penambangan emas skala kecil yang berlangsung di seluruh Nugini. Dampak terbesar kegiatan penambangan skala kecil pada ekosistem air tawar adalah buangan merkuri yang digunakan dalam proses penambangan.

Pembangunan industri perminyakan berdampak relatif terbatas pada perairan di pedalaman, karena gangguan terhadap lingkungan yang terkait dengan kegiatan tersebut cenderung kecil, berpencar dan sangat terlokalisir. Selain kemungkinan terjadi tumpahan atau kebocoran pada jaringan pipanya, ancaman terbesar dari pembangunan industri perminyakan justru terjadi akibat kerusakan atau pembukaan hutan yang bersebelahan dengan jaringan jalan-jalan penunjangnya. Karena kegiatan perminyakan hanya terbatas di daerah tertentu di Papua, seperti di Sem. Kepala Burung, ancaman berskala luas pada ekosistem air tawar di Papua tampaknya tidak terlalu besar bahkan jika dibandingkan dengan kegiatan pembalakan atau penambangan.

Pembangunan bendungan dan pembangkit listrik tenaga air Papua sangat jarang, sehingga dampaknya pada sistem air tawar sekarang masih minim.

EKOLOGI PAPUA

Ternak

Dampak kegiatan ternak pada sistem perairan di Papua tidak terlalu besar, tetapi dapat meluas di dataran tinggi dan dataran rendah. Di dataran tinggi, penyengguatan oleh ternak telah diamati, dan menimbulkan teras-teras lereng yang meluas dan mengubah dasar lembah menjadi rawa-rawa berlumpur, sehingga meningkatkan pengendapan di sungai dan kekeruhan air. Introduksi rusa berdampak serupa pada habitat savana dataran rendah di Papua tenggara. Babi hutan yang tersebar luas di Nugini tidak berdampak merusak yang sama terhadap hutan asli, seperti yang diamati di pulau-pulau di Polinesia yang lebih kecil.

Pemanfaatan Sumber Daya Alam

Perdagangan Ikan Akuarium Hidup

Sejauh bisa dipastikan, penangkapan ikan liar untuk perdagangan komersial ikan akuarium masih sangat sedikit, kecuali untuk perdagangan ilegal Saratoga atau Arwana irian (*Scleropages jardinii*: suku Osteoglossidae), yang terdapat di perbatasan Papua Tenggara. Ada bukti yang diamati masyarakat yang tinggal di sepanjang S. Bensbach bahwa pada musim penangkapan Saratoga selama sepuluh tahun terakhir menyebabkan jumlah populasinya di alam menurun drastis. Karena itu diperlukan kajian tentang masalah ini secara lebih rinci, termasuk membuat rencana pengelolaannya untuk memastikan usaha penangkapan ikan ini dilakukan secara lestari.

Informasi mengenai pemanenan jenis ikan hias lainnya di Papua tidak cukup banyak. Ikan pelangi (*Melanotaeniidae*) merupakan satu-satunya kelompok ikan Nugini yang secara teratur terlihat di perdagangan ikan akuarium internasional. Paling sedikit ada satu penjual di Sorong sejak enam tahun lalu. Jenis yang diperdagangkan kebanyakan ikan pelangi, terutama *Melanotaenia boesmani* yang warnanya sangat cerah, dan merupakan jenis endemik D. Ayamaru. Pada tahun 1989 penduduk Ayamaru menangkap jenis ini dalam jumlah besar untuk perdagangan ikan akuarium, sehingga menjadikan jenis ini terancam punah (Allen 1995).

EKOSISTEM PERAIRAN TAWAR

Pemanenan Jenis Ikan Konsumsi dan Dampaknya pada Jenis Ikan Asli
Belum ada data mengenai pemanenan jenis ikan asli untuk dikonsumsi atau dampak pemanenan jenis ikan konsumsi pada jenis ikan asli secara umum. Masyarakat yang tinggal di sepanjang sungai-sungai besar sangat bergantung pada ikan air tawar sebagai makanan utamanya. Desa-desa yang lebih besar kebanyakan telah memiliki pasar ikan, dan jenis yang dijual kebanyakan dari jenis patin, belontok besar (*Eleotris* dan *Oxyeleotris*), dan berbagai ikan introduksi, khususnya ikan mas dan mujair. Ada 21 jenis ikan dari suku Ariidae di perairan tawar Nugini dan jenis ini merupakan ikan konsumsi penting di habitat ini.

Metoda penangkapan ikan secara tradisional tampaknya tidak berdampak berarti bagi fauna ikan asli. Jaring insang harus dilarang di daerah-daerah yang penting secara biologi, seperti di D. Sentani dan D. Yamur. Penggunaan jaring insang merupakan penyebab utama kematian Cucut banteng (*Carcharinus leucas*) di D. Yamur dan Hiu gergaji (*Pristis microdon*) di D. Sentani.

Jenis Invasif

Dibandingkan dengan luasnya, keberadaan jenis ikan air tawar invasif di Nugini cukup rendah. Allen (1991) melaporkan keberadaan 22 jenis dari 19 marga, 11 suku, dan berasal dari keenam benua. Sejak itu, paling sedikit ada enam jenis introduksi yang tercatat, dan lebih banyak lagi yang diperkirakan, terutama di Papua. Pola persebaran ikan introduksi, erat kaitannya dengan daerah transmigrasi di Papua, terutama di pusat-pusat pemukiman besar seperti di Jayapura dan Timika. Berbagai jenis ikan invasif penting yang telah terdokumentasi di wilayah Nugini dan berbagai tingkat, dampak ekologinya yang diketahui saat ini diuraikan sebagai berikut.

Ikan mas (Cyprinus carpio). Ikan ini umumnya terdapat di beberapa daerah seperti di S. Baliem bagian atas di Papua (Allen 1991). Jenis yang tersebar luas di seluruh dunia ini dianggap sebagai ikan hama karena kesukaannya menghabiskan dan merusak vegetasi perairan, yang akan

meningkatkan kekeruhan dan kemerosotan habitat (Fuller dkk. 1999). Ikan mas juga memakan telur-telur ikan asli di perairan lokal.

Mujair/Nila (*Oreochromis* atau *Sarotherodon* spp.). Jenis ikan yang sangat invasif ini sangat melimpah di Timika dan telah menjadi ikan konsumsi penting di Papua (Allen dkk. 2000). Ikan ini berdampak ekologis serupa dengan ikan mas, karena menghabiskan tumbuhan perairan, memakan keladi di lahan basah, dan mengurangi pasokan makanan bagi jenis-jenis burung asli. Ikan ini juga mampu bertahan pada lingkungan air payau dan asin sehingga tersebar sampai sepanjang garis pantai (Englund dan Eldredge 2001).

Ikan Gabus (*Channa striata*). Ikan ini merupakan jenis asli Indonesia di sebelah barat Garis Weber, yang saat ini terdapat di P. Waigeo (Allen dkk. 2000), di sungai-sungai kecil dekat Bintuni (Allen 1991), di Timika (Allen dkk. 2000); dan di sekitar Merauke (Hitchcock 2002). Jenis dari marga *Channa* sangat rakus dan merupakan predator yang efektif. Bila jenis ini menetap di Nugini, dampaknya akan sangat merugikan bagi semua biota air tawar.

Ikan Poeciliidae. Paling sedikit ada tiga jenis suku Poeciliidae yang tercatat di Nugini: ikan pemakan larva nyamuk (ikan cere *Gambusia affinis*), ikan guppy/ikan seribu (*Poecilia reticulata*), dan ikan pedang hijau (*Xiphophorus helleri*). Poeciliidae invasif telah terdokumentasi sebagai penyebab kepunahan lokal avertebrata perairan asli, seperti jenis capung jarum Hawai'i endemik yang menakjubkan dari marga *Megalagrion* (Englund 1999). Karena itu, staf dari badan pembangunan internasional perlu dididik bahwa jenis asli seperti ikan pelangi sering sama baiknya atau lebih baik daripada jenis introduksi untuk mengontrol populasi nyamuk.

Lele (*Clarias batrachus*). Sejak tahun 1997, jumlah ikan lele di sekitar Timika telah meningkat, dan kini cukup umum (Allen dkk. 2000). Dampak jenis ikan ini terhadap biota asli masih belum diketahui (Fuller dkk. 1999), tetapi lele diketahui mampu menyebar luas karena kemampuan tambahannya bernapas di luar air.

Ikan kepala timah (*Aplocheilichthys panchax*). Ikan kepala timah adalah jenis ikan hias akuarium yang awalnya diintroduksi untuk mengontrol nyamuk dan kini telah menyebar luas di rawa gambut dan daerah yang terganggu di Timika (Allen dkk. 2000). Serupa dengan ikan pemakan larva nyamuk, jenis ini toleran dengan air payau dan memangsa avertebrata asli Papua. Dampak jenis ikan ini pada biota asli saat ini masih belum diketahui.

Betok dan Gurame. Pertama diintroduksi di Papua, Betok adalah salah satu jenis ikan invasif yang sangat tersebar luas di pulau ini, mulai dari wilayah Timika ke S. Morehead di PNG (Allen dkk. 2000). Jenis ini sangat mudah menyebar karena kemampuannya yang luar biasa untuk bertahan hidup selama enam hari tanpa air (Fuller dkk. 1999, Allen dkk. 2000) dan siripnya dapat membantu bergerak dalam jarak jauh di darat. Jenis ikan ini terdapat di perairan tawar dan payau tetapi dampaknya pada biota aslinya belum diketahui.

Jenis gurame yang diintroduksi untuk keperluan bahan makanan ada dua suku dan tiga jenis di Nugini. Dua jenis dari suku Belontiidae, Sepat siam (*Trichogaster pectoralis*) dan Sepat biru (*Trichogaster trichopterus*), sebarannya terbatas sehingga tidak terlalu menginvasi (Allen 1991). Gurame dari suku Osphronemidae (*Osphronemus gouramy*) diintroduksi sejak tahun 1957 (Werry 1998). Dampak gurame pada biota asli hanya minimal sebab jenis ini tidak tersebar luas atau bahkan hanya berhasil menjadi jenis penetap di beberapa tempat saja.

Berbagai Akibat Introduksi Jenis Invasif

Kebanyakan jenis ikan invasif di atas telah tercatat sebagai penyebab kepunahan atau sangat menurunkan populasi dan persebaran ikan dan avertebrata asli di berbagai wilayah di dunia, tetapi dampaknya di Nugini masih bersifat perkiraan. Hal serupa terjadi pada Kodok tebu (*Bufo marinus*) yang terdapat di Papua, tetapi dampaknya terhadap biota perairan asli belum dapat dipastikan. Saat ini, belum ada jenis serangga air tawar atau moluska introduksi yang ditemukan di Papua, dan menunjukkan bahwa sebagian besar jenis invasif saat ini adalah jenis ikan.

5.4. *Ekosistem dan Vegetasi Dataran Rendah**

Rawa Dataran Rendah dan Vegetasi Gambut

Vegetasi rawa, termasuk rawa gambut, terdapat di semua ketinggian di Papua. Namun komunitas ini sangat sedikit diteliti dan penelitian mengenai vegetasi rawa Nugini (Paijmans 1976, Johns 1982) tidak banyak menghasilkan informasi tentang vegetasi ini. Hutan rawa banyak terdapat di dataran rendah di sepanjang pantai selatan Papua. *Camponosperma* yang merupakan jenis pohon hutan yang dominan dapat mencapai ketinggian 30-35 m di rawa-rawa ini. Vegetasi rawa umumnya ditumbuhi oleh sagu (*Metroxylon sagu*) dan pandan (*Pandanus* spp.).

Karena hutan rawa terisi bahan aluvial, permukaan tanahnya akan naik dan perlahan akan terjadi perubahan dari hutan rawa menjadi hutan tropis basah dataran rendah campuran. Kondisi flora hutan rawa sangat beragam dan berkembang baik dengan komposisi jenis yang beragam, termasuk beberapa jenis pohon yang biasa berada di hutan basah. Karena vegetasi mangrove telah dibahas dalam bagian ekosistem pesisir, bab ini hanya membahas rawa air tawar secara singkat, seperti *Sonneratia* yang terdapat di rawa yang telah mengering dan bukan di rawa-rawa pasang surut. Endapan gambut yang dalam, sampai ketebalan 10 m, telah tercatat di Papua bagian selatan (Shea dkk. 1998).

Hutan rawa merupakan komunitas tumbuhan dominan di rawa-rawa di bagian belakang sungai-sungai besar, seperti anak-anak S. Mamberamo, sementara petak-petak hutan rawa berpencaran terdapat di rawa padang rumput di tanggul dan kelokan sungai utama. Di daerah peralihan antara hutan rawa dan rawa berpohon, hutannya cenderung menempati

*Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Lowland Swamp and Peat Vegetation of Papua", Robert J. Johns, Garry A. Shea & Pratito Puradyatmika.

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

lokasi yang sistem pertukaran udara dan penyalirannya baik. Hutan rawa merupakan hutan yang tinggi, tahan dengan naik turunnya air, permanen dan ketika berada di rawa yang tenang dan jauh dari sungai berukuran lebih rendah, batangnya lebih ramping dan biasanya lebih terbuka. Di PNG hutan rawa didominasi oleh *Terminalia brassii*, tetapi jenis ini tidak tumbuh di Papua. Namun jenis ini berpotensi menjadi tanaman untuk penghutan kembali rawa dataran rendah. Dalam bab ini hutan rawa di Papua dikelompokkan menurut jenis yang mendominasinya, seperti diuraikan sebagai berikut.

Hutan Rawa Dataran Rendah

Komposisi jenis di hutan rawa bervariasi menurut luas lokasi awalnya dan ketersediaan benihnya. Komunitas hutan rawa tersebar luas. Hutan rawa bertajuk rata dan agak terbuka, kadang rapat di beberapa tempat dan sebatang pohon dapat mencapai ketinggian 30 m. Pepohonan bertajuk umumnya dari jenis *Camptosperma*, *Terminalia canaliculata*, *Nauclea coadunata*, *Syzygium*, *Alstonia scholaris*, *Bischofia javanica* dan *Palaquium*. Beberapa jenis pohon lainnya berpencaran dan ada jenis pohon subtajuk yang langka, tetapi beberapa jenis cukup umum, seperti *Alstonia spatulata*, *Barringtonia*, *Diospyros*, *Garcinia* dan *Gymnotroches axillaris*. Ketika hutan rawa terendam cukup lama, akan muncul beberapa jenis semak dan perdu, seperti liana yang ramping, pemanjat yang gemuk dan paku-pakuan pemanjat. Hutan rawa dataran rendah yang terluas terdapat di Papua Selatan dan di DAS Mamberamo.

Hutan Rawa Dataran Rendah Campuran

Ketika hutan rawa tergenang tidak terlalu dalam akan terbentuk vegetasi rawa terbuka dengan alang-alang sampai setinggi 1 m. Beberapa jenis yang ada antara lain *Acacia*, *Banksia dentata*, *Borassus*, *Calophyllum*, *Eucalyptus*, *Garcinia*, *Livistona*, *Licuala*, *Litsea*, *Timonius*, *Tristania suaveolens* dan sesekali terdapat *Dillenia alata*. Beberapa jenis tumbuhan bahwa antara lain rumput, seperti *Aristida*, *Eragrostis*, *Eriachne*,

Imperata cylindrica, *Ischaemum*, *Pseudopogonatherum* dan *Saciolepis*. Marga lain yang ada seperti *Desmodium*, *Melastoma*, *Merremia* dan *Nepenthes* (van Royen 1963).

Beberapa tipe hutan rawa telah disurvei oleh Shea dkk. (1998) di Papua Selatan, terutama di wilayah Kontrak Kerja Freeport. Contoh pertama adalah hutan rawa yang tajuknya didominasi oleh jenis *Alstonia scholaris*, *Hopea novoguineensis*, *Garcinia dulcis* dan *Terminalia copelandii*. Jenis pepohonan lainnya adalah *Dillenia alata*, *Pandanus tectorius*, *Gmelina* dan *Rhus taitensis*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 5 cm dsd adalah 15,6 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 62,7 m³/ha. Hutan rawa campuran juga terdapat antara jalan tanggul timur dengan S. Minajerwi. Tajuk pohon didominasi oleh *Vatica papuana*, *Stemonurus*, *Terminalia copelandii* dan *Camptosperma brevipetiolata*. Marga lain yang juga terdapat adalah *Linociera*, *Intsia bijuga*, *Palaquium*, *Cerbera*, *Dillenia alata*, *Myristica*, palem, *Mallotus*, *Syzygium* dan *Hopea novoguineensis*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih dari 10 cm dsd adalah 21,0 m²/ha dengan volume totalnya 169,7 m³/ha. Pada tegakan kedua, *Hopea novoguineensis*, *Terminalia copelandii*, *Pandanus tectorius* dan *Alstonia scholaris* tercatat sebagai jenis tajuk yang dominan. Pepohonan lain pada komunitas ini adalah *Canarium decumanum*, *Dillenia alata*, *Poikilospermum papuana* dan *Myristica*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 5 cm dsd adalah 11,8 m²/ha dan volume batang total bersih sebesar 65,9 m³/ha. Hutan ini telah menjadi miskin; hanya ada delapan jenis yang tercatat, mungkin karena keterbatasan sumber benihnya.

Hutan rawa lainnya tajuknya didominasi oleh *Hopea novoguineensis*, *Terminalia copelandii*, *Alstonia scholaris* dan *Polyosma*. Jenis pepohonan lainnya antara lain *Garcinia dulcis*, *Pandanus tectorius* dan *Rhus*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih dari 5 cm dsd adalah 22,8 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 106,3 m³/ha.

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

Hutan Rawa *Camptosperma*

Jenis yang mendominasi hutan ini adalah *Camptosperma brevipetiolata*, yang tersebar luas terutama di rawa gambut dan aluvial di Papua Selatan. Jenis ini umumnya mendominasi lokasi yang selalu tergenang dan tanahnya bergambut dengan lapisan bahan organik tebal di permukaan. *C. brevipetiolata* merupakan hutan yang pepohonannya bisa mencapai tinggi 30-35 m, batangnya tegak dan besar, tajuknya rapat dan rata, serta daunnya besar (panjang 17-18 cm).

Dari udara, tegakan *Camptosperma* sering disalahartikan sebagai tegakan *Calophyllum suberosum*, yang juga tumbuh di rawa-rawa atau daerah tergenang air secara berkala dan di tepi sungai yang sering terkena pasang surut. Beberapa koleksi *C. suberosum* berasal dari Asmat dan S. Digul. Beberapa pohon berakar banir; yang lainnya berakar tunjang (*C. suberosum* berakar tunjang setinggi 2 m) dan akar lutut. Pepohonan di hutan tertutup rapat oleh epifit dan tanaman pemanjat. Di hutan ini lapisan subtajuk umumnya didominasi oleh pohon sagu yang rapat.

Lundquist (1942) melakukan penelitian lapang di beberapa daerah di bagian barat laut, utara, timur dan selatan Teluk Bintuni. Selama musim hujan, hutan *Camptosperma* terendam sampai dalam. Lundquist mengamati daerah seluas 45.000 ha dan 29.000 ha di antaranya berupa hutan yang sangat rapat. Sagu biasanya terdapat di lapisan bawah, semakin terbuka tajuk hutannya kerapatan sagu akan semakin besar. Vink (kom. pri.) mengamati area hutan *Camptosperma* yang luas sepanjang pesisir utara Papua.

Hutan Rawa *Melaleuca*

Hutan rawa di Papua Tenggara didominasi oleh *Melaleuca leucadendra*. Hampir sepanjang tahun hutan-hutan ini terendam air (van Royen 1963). *Melaleuca*, yang kulit kayunya seperti kertas, hutannya hanya memiliki satu lapisan tajuk yang merata dan murni sampai setinggi 30 m (Paijmans 1976).

Tegakannya biasanya terbuka, dengan batang yang ramping sampai setinggi 30 m. Komunitas ini membentuk kelompok yang sempit di

EKOLOGI PAPUA

sepanjang rawa-rawa musiman di Papua Tenggara (van Royen 1956, 1963). Banyak pohon yang batangnya hangus karena kebakaran berulang-ulang selama musim kemarau. Pohon *Melaleuca* memiliki sistem perakaran ganda: Di musim kemarau ada sistem perakaran yang keluar sekitar 2-3 m di atas tanah. Sistem ini juga bekerja selama musim penghujan (R.J Johns, obs. pri.). *Melaleuca leucadendra* memiliki ciri khas batangnya putih. Hampir sepanjang tahun hutannya tergenang, selama musim kemarau tanahnya sering masih basah. Daerah-daerah yang lebih basah mendukung vegetasi mengambang yang didominasi oleh *Azolla* dan *Ceratophyllum erythrina*. Beberapa jenis epifit juga terdapat di hutan ini, seperti *Myrmecodia*, *Hydnophytum* dan *Dendrobium*.

Hutan Rawa *Erythrina*

Hutan rawa ini didominasi oleh *Erythrina fusca*, yang membentuk tegakan rapat tanpa lapisan subtajuk yang jelas. Jenis-jenis pohon yang terpencah meliputi *Buchanania*, *Carota*, *Corynocarpus australasica*, *Garcinia* sp., *Glochidion* sp., *Hibiscus tiliaceous*, *Sarcocephalus* sp. dan *Vitex cofassus* (van Royen 1963). Jenis pemanjat yang umum adalah *Microsorium* dan *Stenochlaena*. Sedangkan epifit yang berlimpah terdiri dari *Myrmecodia*, *Hydnophytum* dan *Dendrobium*.

Hutan Rawa *Barringtonia* dan *Leptospermum*

Hutan rawa ini kurang berkembang, terdiri dari *Barringtonia tetraptera* dan *Leptospermum abnorme*, dengan beberapa *Alyxia*, *Rhodamnia* dan *Syzygium* yang tersebar. Van Royen (1963) mencatat beberapa jenis tumbuhan bawah seperti *Fimbristylis griffithii*, dengan beberapa jenis *Eriocaulon*, *Helminthostachys zeylanica*, *Ilysanthes* dan *Xyris complanata*. Di hutan rawa ini terdapat jenis epifit yang berlimpah, seperti *Amylothea*, *Cyclophorus*, *Dischidia*, *Dendrobium*, *Eria*, *Hoya*, *Pyrrosia* dan *Psilotum nudum*.

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

Hutan Rawa *Pandanus*

Rawa yang didominasi oleh *Pandanus* banyak terdapat di Papua dan berada di habitat yang serupa dengan habitat pohon sagu. *Pandanus* membentuk komunitas terbuka yang tinggi (8-10 m) di lokasi yang selalu atau secara berkala tergenang air tawar dan air paya. Di rawa-rawa air tawar dan di hutan rawa terdapat beberapa jenis *Pandanus*, seperti: *P. holhrungii*, *P. hystrix*, *P. kaernbachii*, *P. lauterbachii*, *P. leiophyllus*, *P. scabribracteatatus* dan di daerah savana dan pesisir umumnya terdapat jenis *P. tectorius*. Beberapa pohon bermunculan menembus tajuk, tetapi komunitas ini tidak banyak diketahui mengenai *P. scabribracteatatus* terdapat di sebelah selatan perbatasan Papua dengan PNG. Di rawa-rawa dangkal, jenis ini sering berkelompok dan membentuk tajuk setinggi 10-14 m.

Shea dkk. (1998) membedakan beberapa komunitas rawa di Papua Selatan berdasarkan komposisi jenis pohon yang ada dan sering didominasi oleh *Pandanus tectorius*: Komunitas ini terdiri dari *Terminalia copelandii*, *Hopea novoguineensis*, *Garcinia dulcis*, *Polyosma*, *Rhus taitensis*, *Gmelina* dan *Pandanus tectorius* dan *Hopea novoguineensis*, *Terminalia copelandii*, *Alstonia scholaris*, *Polyosma*, *Garcinia dulcis*, *Pandanus tectorius*, serta *Rhus taitensis*. Hutan rawa dapat juga didominasi oleh *Terminalia copelandii*-*Hopea novoguineensis*-*Garcinia dulcis*-*Polyosma*. Jenis pepohonan lainnya adalah *Rhus taitensis*, *Gmelina* dan *Pandanus tectorius*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 5 cm dsd adalah 18,2 m²/ha dan volume batang total bersihnya 89,4 m³/ha.

Beberapa tegakan di sepanjang jalan PT Freeport Indonesia (PTFI) menuju dok kargo di Mile 23 memiliki lebih banyak lapisan subtajuk pandan daripada sagu. Satu tegakan yang diambil contohnya dari luar jalan PTFI menuju dok kargo dekat Mile 18 didominasi oleh *Pandanus*, *Nauclea*, *Cryptocarya*, *Palaquium*, *Camposperma* dan *Syzygium*. Komunitas tumbuhannya diwakili oleh keempat marga yang paling dominan, yaitu: *Pandanus*, *Nauclea*, *Cryptocarya* dan *Palaquium*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 15 m²/ha dan volume totalnya adalah 63 m³/ha.

Rawa *Metroxylon sagu*

Rawa sagu murni dan sagu di hutan campuran menutupi sebagian besar Teluk Bintuni dan DAS Mamberamo (Lundquist 1942). Tegakan sagu yang sangat luas terdapat di Papua Tenggara. Eksploitasi rawa sagu oleh penduduk lokal hanya menimbulkan dampak minimum terhadap vegetasi sagu. Rawa sagu tetap tergenang untuk waktu lama dan tajuknya sangat rapat. Tumbuhan bawah hanya *Fimbristylis*, dengan beberapa petak *Lemna* yang mengambang di perairan terbuka.

Pohon sagu (*Metroxylon sagu*) tumbuh baik di hutan berawa permanen yang dangkal dan secara teratur mendapat pasokan air tawar. Dalam kondisi baik, pohon sagu dapat mencapai ketinggian 15 m dan batang yang menghasilkan tepung bisa mencapai ketinggian 10 m. Pohon sagu umumnya memperbanyak diri dengan membentuk tumbuhan baru (dari akar) di sekitar dasar batang tuanya, biasanya setelah berbunga. Namun, sagu juga bisa berbiak dengan biji dan menunjukkan adanya variasi dan perkawinan silang. Semua perubahan ini terjadi di berbagai tegakan sagu dari tegakan murni. Di bawah lapisan sagu yang sangat lebat tidak ada jenis tumbuhan bawah; tanah bergambut tertutup oleh daun-daun sagu yang mati dan di permukaan tanah tertutup membentuk akar napas yang masih kecil (Paijmans 1976).

Luas rawa sagu mungkin dipengaruhi oleh kegiatan manusia, karena sagu cepat berkembang biak ketika penduduk menebangi hutan rawa campuran dataran rendah dan mengambil kayunya untuk kayu bakar dan bahan bangunan untuk rumah. Sekali pepohonan di hutan basah ditebangi, rawa-rawa akan cepat didominasi oleh sagu, yang juga karena kepadatannya, akan menghambat perkembangbiakan pohon-pohon lain di hutan basah. Komunitas hutan rawa lainnya didominasi oleh *Hopea novoguineensis*, *Terminalia copelandii*, *Alstonia scholaris* dan *Garcinia dulcis*. Pepohonan lain yang ada seperti *Ardisia*, *Calophyllum papuana*, *Glochidion*, *Canarium indicum*, *Rhus taitensis*, *Garcinia dulcis*, *Myristica*, *Polyosma* dan *Metroxylon sagu*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih dari 5 cm dsd adalah 24,2 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 114,2 m³/ha. Di hutan-hutan yang

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

didominasi oleh *Metroxylon sagu*, tajuknya didominasi oleh *Terminalia copelandii*, *Alstonia scholaris* dan *Hopea novoguineensis*. Pepohonan lainnya seperti *Myristica fatua*, *Garcinia dulcis*, *Rhus taitensis* dan *Dillenia alata*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 5 cm dsd (atau diameter dasar pada kasus pohon-pohon sagu yang batangnya pendek) adalah 35,3 m²/ha dan volume batang total bersihnya 53,6 m³/ha.

Di hutan rawa sagu lapisan tajuk mungkin terdiri dari *Terminalia copelandii*, *Syzygium argentea* dan *Alstonia scholaris*. Jenis pepohonan lainnya adalah *Rhus taitensis*, *Polyosma*, *Canarium*, *Garcinia dulcis* dan *Pandanus tectorius*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 5 cm dsd adalah 41,7 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 88,9 m³/ha. *Terminalia copelandii* juga dapat bercampur dengan *Hopea novoguineensis* dan *Garcinia dulcis*. Beberapa marga yang saling berhubungan antara lain *Polyosma papuana*, *Alstonia scholaris* dan *Dillenia alata*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 5 cm dsd adalah 104 m²/ha dan volume batang total bersihnya 161 m³/ha.

Rawa-rawa gambut juga sering didominasi sagu. Beberapa komunitas ini terbuka dengan beberapa pohon yang tinggi, beberapa komunitas lainnya akan terganggu bila pepohonan yang tinggi mati karena banjir dan pengendapan yang berlebihan. Dua contoh tegakan yang disurvei di dok kargo dekat Mile 21 didominasi oleh marga *Metroxylon*, *Camptosperma*, *Intsia* dan *Pandanus*. Marga lainnya yang penting adalah *Palaquium*, *Diospyros*, *Ficus* dan *Garcinia*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 12 m²/ha dan volume totalnya 54 m³/ha. Jenis yang dominan pada tegakan ke dua adalah *Metroxylon sagu*, *Palaquium*, *Octomeles sumatrana* dan *Diospyros*. Tegakan ini terdapat di ujung jalan PTFI menuju dok kargo sekitar Mile 18 di Papua selatan. Pepohonan lain yang mendominasi adalah *Palaquium*, *Camptosperma*, *Syzygium*, *Aglaiia*, *Terminalia canaliculata*, *Pandanus*, *Endospermum*, *Intsia* dan *Garcinia*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 31,5 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 158,4 m³/ha.

EKOLOGI PAPUA

Di beberapa hutan rawa gambut terdapat lapisan pepohonan atas dengan lapisan sagu di bawahnya yang rapat. Jenis pohon yang umum seperti *Alstonia scholaris*, *Camptosperma*, *Nauclea coadunata*, *Terminalia canaliculata*, *Mitragyna ciliata*, *Timonius*, *Syzygium*, *Mangifera*, *Garcinia*, *Palaquium*, *Bischofia javanica*, *Barringtonia* dan *Gynotroches axillaris*. Sagu mungkin bercampur dengan *Pandanus* spp. dan membentuk komunitas hutan yang rapat. Mungkin juga ada berbagai jenis *Pandanus*, tetapi taksonominya masih belum jelas. Di lokasi-lokasi yang selalu basah, komunitas rawa sagu membentuk lapisan di atas pepohonan yang kerdil, seperti *Palaquium* spp., *Octomeles sumatrana*, *Diospyros* spp., *Camptosperma* spp., *Syzygium* spp., *Terminalia canaliculata*, *Aglaia* sp., *Alstonia scholaris*, *Intsia bijuga*, *Nauclea coadunata*, *Myristica* sp., *Litsea* spp., *Garcinia* spp. dan *Teijsmanniodendron* sp.

Vegetasi Rawa Gambut

Hutan-hutan gambut di Malesia terdapat di empat wilayah, yaitu: Sumatera (54.990 km²), Kalimantan (49.300 km²), Sulawesi (1.320 km²) dan Papua (22.570 km²) (Dick 1991). Vegetasi rawa gambut di New Guinea berada pada ketinggian 3-35m dpl. Vegetasi gambut berkisar dari vegetasi perairan terbuka sampai hutan rawa gambut berukuran sedang sampai tinggi dengan lapisan bawah sagu. Tanahnya bergambut bercampur dengan aluvial yang halus (sepanjang sungai). Sejak tahun 1990 hutan rawa gambut di Papua telah dipetakan dari citra satelit namun pengecekan di lapangannya masih terbatas.

Dalam penjelasannya mengenai zonasi tumbuhan, Johns (1982) tidak menyebutkan adanya formasi rawa gambut, tetapi Whitmore (1984a) mencatat bahwa hutan rawa gambut hanya terdapat dalam petak-petak kecil bercampur di dalam rawa-rawa air tawar yang luas di seluruh New Guinea (Reynders 1962, Jacobs 1974). Whitmore (1984a,b) menyatakan bahwa rawa-rawa gambut di New Guinea ini bentuk permukaannya tidak berupa kubah dan memiliki hubungan yang kompleks dengan tipe-tipe hutan rawa gambut lainnya di Malesia barat.

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

Formasi gambut berawal dari bagian mangrove yang mengarah ke pedalaman. Endapan halus yang dibawa ke hilir oleh sungai-sungai terpe-rangkap di belakang akar-akar mangrove yang kusut dan membentuk lahan baru. Majunya garis pesisir ke arah laut karena endapan dari proses erosi di pegunungan menyebabkan penggenangan oleh air pasang surut semakin jarang, salinitas pinggiran mangrove yang mengarah ke daratan berkurang dan komunitas tumbuhan lainnya muncul di belakangnya. Karena pengaruh pasang-surut dan meluapnya air tawar di muara-muara sungai, permukaan air tanah menjadi tinggi dan tanah terus-menerus terge-nang. Organisme mikro yang biasanya menguraikan sisa-sisa tumbuhan yang jatuh tidak mampu memertahankan diri dalam kondisi tanpa oksigen, sehingga bahan organik yang sebagian telah terurai menimbun dan membentuk lapisan gambut di atas tanah liat mangrove. Sungai-sungai mengendapkan aluvium di sepanjang pinggirannya, membentuk tanggul yang bertambah tinggi dan membentuk rawa-rawa. Karena terpisah dari air sungai oleh tanggul-tanggul tersebut, gambut menerima masukan air hanya dari curah hujan. Jenis-jenis pohon di rawa gambut menggantikan jenis-jenis yang lebih khas di formasi mangrove.

Karena rawa-rawa gambut di Papua masih belum banyak diteliti, deskripsi umum mengenai ekologi rawa gambut berikut ini didasarkan pada rawa gambut yang ada di Kalimantan, yang telah banyak dipelajari secara rinci. MacKinnon dkk. (2000) memberikan keterangan berikut ini mengenai hutan rawa gambut dan tanahnya. Tanah gambut mengandung 65% atau lebih bahan organik. Endapan gambut luas yang terdapat di belakang hutan bakau di pesisir Kalimantan, di daerah pesisir serta delta di Serawak dan Brunei merupakan rawa gambut tadah hujan. Permukaan rawa gambut dataran rendah yang sangat luas memiliki ciri seperti kubah yang mencolok dan tidak mudah terkena banjir. Tebal endapan gambut biasanya lebih dari 50 cm, tetapi dapat sangat dalam mencapai ketebalan lebih dari 20 m. Permukaan gambut berupa suatu lapisan kerak yang padat, berserat dan kadang lunak, yang menutupi bagian dalam yang bersifat setengah cair yang mengandung cukup banyak potongan-potongan kayu dan sisa-sisa tumbuhan lainnya. Sebagian besar air yang masuk berasal dari air hujan, karena itu sangat

kekurangan hara mineral. Gambut dan air yang menyaliri bersifat sangat asam (pH 4 atau kurang) dan miskin akan hara (oligotrof), khususnya kalsium. Banyak sungai kecil yang menyaliri rawa gambut berwarna seperti air teh dan sering disebut sebagai sungai-sungai air hitam.

Vegetasi yang terdapat di rawa-rawa gambut membentuk rangkaian yang tak terputus mulai dari perairan terbuka hingga hutan rawa campuran yang tinggi. Vegetasi di atasnya bergantung pada kedalaman dan kualitas air, serta kondisi pada saat kekeringan dan saat terendam. Di perairan yang cukup dalam, pertumbuhan tanaman dimulai dari komunitas perairan yang mengapung bebas. Ketika air berkurang kedalamannya, tumbuhan air yang berakar akan memantapkan posisinya. Air yang tergenang akan didominasi oleh komunitas herba, seperti rumput-rumputan, perdu dan paku-pakuan, sementara jenis alang-alang akan mendominasi rawa dengan air yang mengalir. Semak-semak dan pepohonan akan muncul di rawa-rawa yang lebih dangkal dan membentuk berbagai komunitas berpohon yang berbeda ketinggian dan kerapatannya. Hutan rawa merupakan tahapan akhir dalam rangkaian ini. Di rawa-rawa yang ditumbuhi herba, yang tinggi permukaan airnya hampir menyamai permukaan tanah, permukaan tanah pada komunitas sagu terbuka ditutupi oleh semak *Pandanus*, *Hanguana malayana*, rumput-rumputan, atau *Phragmites karka*. Beberapa jenis yang dominan seperti *Metroxylon sagu-Pandanus*, *Metroxylon sagu-Hanguana malayana*, *Metroxylon sagu-Scirpus grossus* dan *Metroxylon sagu-Phragmites karka*. Ketika permukaan air tanah berada di bawah permukaan tanah selama beberapa waktu, maka permukaan tanah akan dilapisi oleh berbagai rerumputan, jahe-jahean dan paku-pakuan. Beberapa jenis yang umum mendominasi adalah *Metroxylon sagu-Stenochlaena*, *Metroxylon sagu* dan *Nephrolepis*.

Kebanyakan anggota ke tiga suku hutan dataran rendah selalu hijau juga terdapat di hutan rawa. Di daerah pinggiran hutan rawa campuran yang sistem pengairannya baik, komposisi jenisnya akan serupa dengan jenis di hutan dataran rendah. Di hutan rawa gambut hanya terdapat sedikit jenis tumbuhan endemik, mungkin karena asal habitat yang berumur kurang dari 11.000 tahun.

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

Hutan Rawa Gambut Capuran Dataran Rendah

Komunitas rawa gambut campuran banyak terdapat di Papua Selatan. Tajuk pohon biasanya terbuka, tetapi kadang cukup rapat. Dalam kondisi baik, tajuk pohon dapat mencapai ketinggian 30 m. Tinggi tajuk biasanya seragam dengan beberapa jenis pohon yang menjulang. Jenis pohon yang umum di lapisan tajuk adalah *Alstonia scholaris*, *Terminalia canaliculata*, *Nauclea coadunata*, *Palaquium*, *Syzygium*, *Intsia* dan *Camptosperma*. Lapisan pohon di bawahnya umumnya terbuka dan terdapat jenis *Alstonia spatulata*, *Barringtonia*, *Diospyros*, *Garcinia* dan *Gynotroches*. Jenis yang umum membentuk lapisan subtajuk adalah *Pandanus* dan sagu. Pada saat jenis pandan dan sagu membentuk lapisan rapat, tidak ada tumbuhan lain yang tumbuh di bawahnya. Tegakan terbuka bisa saja memiliki lapisan permukaan tanah yang rapat dari jenis *Hanguana malayana* dan jenis rerumputan tinggi. Liana yang kurus, jenis pemanjat yang gemuk dan paku-pakuan pemanjat sering menutupi batang pohon. Ketika banjir berlangsung lama dan dalam, maka akan terdapat beberapa jenis semak dan perdu saja. Umumnya, akar-akar banir tidak terlalu jelas, tetapi akar tunjang, akar yang merambat ke permukaan, akar tongkat dan akar lutut banyak terdapat. Karena kebanyakan jenis ini terendam air secara musiman atau permanen, komunitas klimaks karena faktor iklim tidak dapat dicapai. Karena itu komunitas paling berkembang adalah komunitas klimaks karena faktor tanah. Jenis yang mendominasi bervariasi di lokasi yang berbeda, seperti *Alstonia*, *Camptosperma*, *Nauclea* dan *Syzygium*; *Camptosperma*, *Intsia*, *Nauclea* dan *Palaquium*; atau *Syzygium*, *Alstonia*, *Palaquium* dan *Garcinia*.

Hutan-hutan rawa gambut campuran juga terdapat di dekat S. Minajerwi. Satu tegakan yang terletak di ujung timur di seberang jalan tanggul pada Lokasi Penelitian Keanekaragaman hayati No. 3 telah diteliti. Marga/jenis tajuk yang dominan adalah *Vatica russak*, *Stemonurus*, *Terminalia complanata*, *T. copelandii*, *Camptosperma brevipetiolata*, *Linociera*, *Intsia bijuga*, *Palaquium*, *Cerbera*, *Dillenia alata* dan *Myristica*. Taksa lain yang umum adalah *Mallotus*, *Syzygium* dan

EKOLOGI PAPUA

Hopea novoguineensis. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih dari 10 cm dsd (atau diameter di atas akar banir) adalah 21,0 m²/ha dan total volumenya 169,7 m³/ha. Tegakan yang ke dua terletak di belakang tanggul, di sebelah timur S. Minajerwi yang mengalir di daratan rawa gambut. Gambut di rawa ini masih belum terbentuk. Marga yang mendominasi seperti *Pimelodendron*, *Vatica russak*, *Sloanea* dan *Myristica*. Jenis pepohonan lainnya seperti *Pimelodendron*, *Vatica*, *Sloanea*, *Myristica*, *Elmerrillia*, *Aglaiia* dan *Syzygium*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 40 m²/ha. Perkiraan total volumenya 438 m³/ha.

Shea dkk. (1998) menetapkan Lokasi Penelitian Keanekaragaman Hayati No. 4 di sebelah timur S. Minajerwi di sebelah selatan pertemuan dengan S. Kopi di Papua Selatan. Lokasinya di tepi sungai yang lebih tinggi dan tidak sering terkena banjir, yang airnya menyalir rawa-rawa. Gambut masih belum terbentuk di tepi-tepi sungai. Marga yang mendominasi seperti *Pometia*, *Celtis*, *Octomeles* dan *Syzygium*, sedangkan jenis pepohonan lainnya mencakup *Artocarpus*, *Canarium*, *Vatica*, *Tetrameles*, *Aglaiia*, *Myristica*, *Homonoia* dan *Cryptocarya*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 36 m²/ha. Perkiraan total volumenya adalah 346 m³/ha.

Beberapa tegakan hutan rawa memiliki lapisan subtajuk *Pandanus* dan bukan sagu. Marga yang mendominasi adalah *Pandanus*, *Nauclea*, *Cryptocarya*, *Palaquium*, *Camptosperma* dan *Syzygium*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih dari 10 cm dsd adalah 15 m²/ha dan total volumenya 63 m³/ha.

Di tempat-tempat yang tepi sungainya menjadi lebih tinggi dan jarang terkena banjir, di belakang tanggulnya akan didominasi hutan rawa musiman. Di lokasi-lokasi ini cenderung tidak ada gambut yang dalam, karena letaknya jauh dari sungai. Hutan ini struktur tajuknya serupa dengan hutan kering yang mencapai klimaks, tetapi berbeda komposisi jenis dan tutupan permukaan tanahnya. Setiap lokasi didominasi oleh jenis yang berbeda dan komunitasnya digolongkan berdasarkan jenis yang dominan di masing-masing lokasi. Satu komunitas yang terletak

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

di belakang tepi timur S. Minajerwi didominasi oleh *Aglaiia*, *Elmerillia tsiampaca*, *Syzygium*, *Myristica*, *Palaquium*, *Pimeleodendron*, *Pometia*, *Sloanea*, *Teysmanniodendron*, *Vatica* dan *Xanthophyllum*. Jenis pohon lain yang mendominasi lokasi yang jarang terkena banjir adalah *Artocarpus altilis* dan *Octomeles sumatrana*, yang dapat tumbuh bersama-sama dalam tegakan murni atau campuran. Pada tahap suksesi awal, banyak jenis herba dan tumbuhan pemanjat berkayu yang ramping, kadang menutupi pepohonannya. Di tempat-tempat yang kerap terkena banjir, tanahnya relatif lebih terbuka. Di beberapa tempat terdapat kumpulan paku-pakuan, jahe-jahean dan rerumputan yang lebat.

Komunitas Perairan

Jenis yang terendam di bawah permukaan air yang umum seperti *Blyxa* spp., *Hydrilla verticillata*, *Ceratophyllum* spp. dan jenis alga *Chara* spp., *Lychnothamnus barbatusm*, serta *Nitella* spp., dapat membentuk komunitas jenis tunggal atau merupakan bagian komunitas campuran. Komunitas yang didominasi jenis tunggal adalah *Blyxa*, *Hydrilla*, *Ceratophyllum*, *Chara*, *Lychnothamnus* dan *Nitella*. Komunitas di bawah permukaan air juga dapat memiliki komposisi jenis campuran. Jenis *Enhalus acoroides* biasa terdapat di sepanjang muara sungai di pesisir utara Papua, tetapi tidak dijumpai di sungai-sungai yang memiliki endapan besar lempung halus, seperti yang terdapat di sepanjang pesisir selatan Papua (van Royen 1963).

Jenis tumbuhan yang mengapung bebas didominasi oleh *Lemna*, *Spirodela polyrhiza*, *Pistia stratiotes* (diintroduksi), *Utricularia*, *Hydrocharis dubia*, *Ludwigia adscendens*, *Eichhornia crassipes* dan *Azolla pinnata*. Jenis-jenis ini juga dapat tumbuh dalam komunitas campuran. Komunitas tumbuhan air berakar terdapat pada kedalaman air kurang dari 3 m. Kebanyakan tumbuhan air berakar ini memiliki batang yang terendam di dalam air, tetapi daunnya mengambang di permukaan air, contohnya *Nymphoides aurantiaca*, *Nymphoides exiliflora*, *Nymphoides germinata*, *Nymphoides indica*, *Nelumbo nucifera*, *Nymphaea nouchali*, *Nymphaea pubescens* dan *Nymphaea violacea*.

EKOLOGI PAPUA

Jenis-jenis ini dapat tumbuh dalam komunitas campuran, dalam bentuk mosaik, atau membentuk komunitas jenis tunggal. Kangkung *Ipomoea aquatica* kerap tumbuh dalam hamparan yang rapat di tepi perairan terbuka atau di rawa-rawa. Batang dan daun *Ipomoea* merupakan sumber sayuran yang penting bagi penduduk setempat.

Komunitas herba dapat tumbuh sampai 2,5 m di atas permukaan air yang berwarna gelap. Tidak seperti komunitas akuatik perairan lainnya, tanaman ini akarnya menempel pada hamparan mengapung di kolam gambut atau pada serpihan bahan organik. Beberapa jenis yang umum dalam komunitas ini termasuk rerumputan dari *Cyperus* spp., *Thoracostachyum Sumatranum*, *Eleocharis dulcis*, *Scirpus* spp. dan *Scleria* sp.; serta jenis herba berdaun lebar, tinggi dan gemuk, seperti *Hanguana malayana*; dan *Typha orientalis*. Paku-pakuan seperti *Stenochlaena* spp., *Nephrolepis* spp., *Ceratopteris thalictroides*, *Ampelopteris prolifera* dan *Cyclosorus interruptus* umum di tempat-tempat tertentu, baik dalam komunitas campuran atau jenis tunggal. Di dataran lempung di sebelah barat Merauke *Tecticornia cinerea* membentuk komunitas yang berbeda: *Tecticornia cinerea* dan *Batis argillicola* keduanya tumbuh di celah sempit di atas tanah liat, yang secara berkala tergenang di musim hujan tetapi masih mendapat air tawar dari sungai-sungai (van Royen 1956).

Rawa Alang-alang dan Rerumputan

Archbold dkk. (1942) membahas berbagai macam rawa alang-alang, yang ditumbuhi *Adina*, *Barringtonia*, *Timonius* dan *Dillenia (Wormia)*. Van Royen (1956, 1963) juga membahas komunitas rawa di Papua Tenggara dan menyebut komunitasnya berdasarkan perwakilan jenis utamanya seperti *Phragmites karka* dan *Scleria orzoides*. *Hanguana malayana* juga merupakan jenis mencolok yang membentuk vegetasi yang meluas, kadang bersama dengan *Nephrolepis*.

Penelitian terkini mengenai berbagai komunitas di atas telah dilakukan oleh Shea dkk. (1998). Komunitas rerumputan tersebar luas di Papua Selatan dan dapat didominasi oleh *Thoracostachyum sumatranum*,

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

Cyperus cephalotes, *Cyperus imbricatus*, *Cyperus platystylis*, *Eleocharis dulcis*, *Scleria*, *Scirpus grossus*, *Scirpus litoralis*, *Scirpus mucronatus* dan sebuah komunitas dengan jenis campuran. Komunitas vegetasinya didominasi oleh herba di rawa gambut seperti *Hanguana malayana*, *Typha orientalis* dan komunitas jenis campuran (rerumpunan dan tumbuhan berbunga). Komunitas rawa juga dapat didominasi oleh berbagai jenis paku-pakuan seperti *Stenochaena*, *Nephrolepis*, *Ceratopteris thalictroides* (sejenis sayuran hijau yang dapat dimakan), *Ampelopteris prolifera* dan *Cyclosorus interruptus*. Semua jenis tersebut juga terdapat di komunitas jenis campuran.

Komunitas rawa padang rumput berketinggian sedang mencakup pulau padang rumput terapung di rawa gambut basah, komunitas pinggiran rawa dan komunitas tepi sungai. Jenis rumput biasa berketinggian sedang terdapat di komunitas pulau padang rumput terapung di rawa gambut basah dan di sepanjang tepi rawa. Jenis rerumpunan biasa berketinggian sedang yang mendominasi komunitas tersebut adalah *Echinochloa praestans*, *Hymenachne acutigluma*, *Ischaenum polystachyum*, *Leersia hexandria*, *Brachiaria mutica*, *Panicum auritum* dan *Panicum paludosum*. Jenis-jenis ini dapat tumbuh dalam komunitas campuran, atau tumbuh dalam mosaik beberapa jenis yang membentuk komunitas jenis tunggal. Di lokasi yang berbeda, jenis yang terdapat dalam komunitas padang rumput jenis campuran sangat bervariasi.

Komunitas padang rumput yang tinggi di rawa-rawa gambut tumbuh di lingkungan paya di sepanjang bagian hilir S. Minajerwi yang berbatasan dengan rawa-rawa pasang surut. Komunitas *Phragmites karka* dan *Pandanus* yang mendominasi rawa gambut paya di sepanjang tepi-tepi sungai yang terendam secara berkala. Lebih ke hulu, lingkungan air tawar atau di bagian pinggir tanggul rendah yang tergenang secara berkala didominasi oleh *Phragmites karka* di hilir dan *Saccharum robustum*. Rumput-rumput rawa yang tinggi, sebagian besar adalah *Phragmites karka*, tumbuh di rawa-rawa yang lebih dangkal dari rawa yang dihuni oleh jenis rumput rawa yang berukuran sedang-tinggi. *P. karka* dapat tumbuh di berbagai kondisi, mulai dari rawa permanen sampai rawa yang selama beberapa bulan kekeringan,

di air yang tergenang maupun air yang mengalir dan di lingkungan air tawar maupun air paya. Di lokasi yang basah, *Phragmites karka* akan membentuk komunitas jenis tunggal, sedangkan di lokasi yang kering akan bercampur dengan jenis-jenis perdu dan paku-pakuan *Pteridium auriculatum* dan *Asplenium* spp.

Lokasi-lokasi yang kering cenderung memiliki tanah aluvial dan cenderung diserbu oleh jenis pepohonan pionir, yang perlahan akan berubah menjadi hutan, seperti yang telah dijelaskan di atas. *Saccharum robustum* akan membentuk tegakan murni di tanggul-tanggul sungai yang relatif tinggi dan sering terkena banjir, walaupun hanya singkat. Lokasi yang basah memiliki tanah gambut. Lokasi yang tidak selamanya kering ditumbuhi rumput-rumput rawa yang tinggi, seperti *Phragmites karka*. Semak-semak dan pepohonan pendek juga tumbuh terpencair di komunitas ini, seperti *Glochidion*, *Nauclea*, *Mitragyna*, *Ficus*, *Macaranga* dan *Casuarina*. Komunitas ini umumnya lebih sering terdapat di tanah aluvial daripada di tanah gambut.

Vegetasi Dataran Rendah

Pengetahuan mengenai ekologi tumbuhan dataran rendah di Papua masih dangkal, karena tidak banyak penelitian mendalam yang dilakukan di wilayah ini. Kebanyakan data yang didapat mengenai ekologi tumbuhan merupakan hasil ekstrapolasi dari penelitian yang dilakukan di PNG. Status Survei Kehutanan di Papua tidak diketahui oleh para penulis, tetapi kemungkinan berisi data komposisi hutan terinci. Kebanyakan penelitian tumbuhan sebelumnya dilakukan oleh para pakar botani yang mengoleksi tumbuhan (Archbold dkk. 1942; Brass 1941, Lam 1934, 1945, Ridley 1916, van Steenis 1957). Di PNG, vegetasi dataran rendah telah didokumentasi dan diterbitkan dalam Seri Penelitian Tanah CSIRO (Robbins 1968, Paijmans 1967, 1970, 1976) tetapi data kuantitatifnya hanya sedikit. Paijmans (1970) telah menganalisis hasil-hasil survei di empat plot berukuran 0,8 ha di hutan basah di sebelah timur laut PNG, namun tidak ada penelitian serupa yang dilakukan di Papua. Vink (1998) menekankan bahwa kebanyakan informasi mengenai hutan

basah dataran rendah di Papua “tersembunyi dalam laporan-laporan internal mengenai survei-survei hutan (dalam bahasa Belanda) yang sulit diakses.” Shea dkk. (1998) telah menerbitkan hasil dari beberapa survei vegetasi di wilayah Kontrak Kerja Freeport di Papua bagian selatan, yang merupakan sumber informasi untuk bab ini.).

Ada dua hal penting yang perlu diingat ketika membaca bab ini, yaitu pengetahuan kita mengenai ekologi vegetasi Papua tidak lengkap dan jenis flora Papua tidak banyak diketahui (Bagian 3). Kedua hal ini menyulitkan penelitian ekologi tumbuhan karena kebanyakan jenis tumbuhan yang diambil dari Papua mungkin merupakan temuan baru. Deskripsi tipe-tipe vegetasi belum dilakukan secara mendalam, karena biasanya bersumber dari catatan lapangan dari ekspedisi yang tujuan utamanya adalah mengoleksi spesimen untuk kepentingan taksonomi. “Daftar kritis” mengenai jenis-jenis tumbuhan jarang sekali ada, padahal daftar semacam ini merupakan kebutuhan mendasar dalam melakukan penelitian ekologi yang lengkap di suatu tempat. Memang ada beberapa daftar jenis untuk vegetasi dataran rendah di PNG, namun daftar jenis seperti ini sangat jarang di Papua, kecuali untuk wilayah Kepala Burung, untuk jenis-jenis di Gunung Cyclops (van Royen 1965) dan di P. Waigeo (van Royen 1960), yang berdasarkan koleksi selama ekspedisi ke wilayah tersebut. Ridsdale (1968) menambahkan daftar jenis yang dari Ekspedisi Tata Batas di Papua bagian selatan pada tahun 1967.

Ketidakstabilan Ekosistem di Papua

Kajian mengenai Papuaasia (Johns 1986) mengidentifikasi lima faktor penting yang terkait dengan ketidakstabilan ekosistem di Papua. Pertama, kerusakan akibat gempa bumi, termasuk tanah longsor, gelombang pasang surut, kerusakan fisik hutan karena pohon tumbang, dahan-dahan yang patah dan hilangnya jenis epifit besar. Ke dua, fenomena yang terkait dengan El Niño yang terjadi secara berkala (setiap 7 tahun), yaitu periode kemarau panjang dengan berbagai intensitas, yang dapat menimbulkan dampak ekologis penting bagi vegetasi di Papua. Ketika

EKOLOGI PAPUA

peristiwa El Niño terjadi setelah curah hujan sangat rendah beberapa tahun, konsekuensi kemarau panjang dapat merupakan bencana besar. Kebanyakan hutan basah dataran rendah di Nugini terbakar selama musim kemarau tahun 1877-1878, 1888, 1891, 1902, 1914-1915, 1940-1942, 1982-1983 dan terakhir kali tahun 1991 (Vink 1998). Kebakaran hutan selama kemarau ini sering membakar hutan basah sampai ratusan kilometer persegi (seperti yang terjadi di Kalimantan). Kerusakan yang terjadi pada komunitas savana, rawa dan hutan monsun akan sangat besar, demikian juga hutan basah yang terbakar (Johns 1986, Vink 1998). Sumber ketidakstabilan ke tiga adalah kerusakan akibat banjir. Curah hujan yang sangat tinggi dapat menimbulkan kerusakan lokal yang sangat besar, berupa patahan di tepi-tepi sungai yang menyebabkan tanah longsor (terutama di daerah batuan lumpur), merusak vegetasi tepi sungai di sepanjang sungai-sungai besar dengan mengubah aliran sungai, serta merusak komunitas hutan tepi sungai yang luas. Danau-danau sidatan terbentuk (dan rusak) karena banjir. Faktor ke empat adalah kerusakan karena petir. Kebanyakan daerah di Papua (juga di PNG) mudah tersambar petir. Petir berdampak penting pada mangrove karena dapat merusak petak-petak mangrove yang sangat besar (Johns 1986). Petak-petak serupa terdapat pula di tegakan kelapa *Cocos nucifera* dan juga di hutan pegunungan; kemungkinan petak kosong yang terdapat di hutan-hutan *Nothofagus* juga disebabkan oleh sambaran petir. Angin puyuh juga merupakan penyebab utama kebakaran komunitas alami, tidak hanya di savana dan hutan basah, tetapi juga di komunitas mangrove yang kering. Penyebab ke lima adalah kerusakan akibat angin (angin puyuh lokal). Tidak ada laporan mengenai angin puyuh yang terjadi di Papua, walaupun angin puyuh lokal kerap terjadi. Hutan damar *Agathis labillardieri* di P. Yapen menempati dataran sempit dan memanjang yang serupa dengan keadaan yang diamati di hutan *Castanopsis acuminatissima* pegunungan bawah dan hutan pegunungan campuran di PNG, yang diperkirakan merupakan akibat angin puyuh lokal.

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

Papua tidak memiliki gunung berapi, sehingga tidak ada kerusakan besar akibat letusan gunung berapi, seperti yang pernah terjadi saat meletusnya G. Lamington di PNG tahun 1953 yang tingkat kerusakannya sangat besar. Akibatnya, tanah di Papua cenderung miskin hara karena kadar debu vulkaniknya sedikit dan tidak mampu mendukung populasi manusia dalam jumlah besar. Seperti Kalimantan, kualitas hara tanah di seluruh Papua umumnya rendah. Kepadatan penduduk Papua juga lebih rendah daripada PNG karena tanahnya lebih miskin. Karena itu, dampak manusia pada vegetasi dataran rendah Papua juga relatif terbatas. Namun bila jumlah populasi manusia terus meningkat dan hutan-hutan terus ditebang secara tidak lestari, dalam waktu dekat intensitas dampak manusia di hutan dataran rendah dapat memicu mala petaka yang berkepanjangan.

Bab ini membahas vegetasi dataran rendah, yang meliputi hutan tropis dataran rendah, vegetasi di daerah kapur, komunitas padang rumput dan hutan kerangas.

Hutan Tropis Dataran Rendah

Berbagai jenis tumbuhan yang membentuk hutan tropis basah dataran rendah di Papua merupakan salah satu tipe vegetasi di bumi yang sangat kompleks dan kurang dipahami. Komposisi jenis tumbuhan di hutan dataran rendah sangat beragam, terdiri dari 1.500-2.000 jenis dari 80 marga dan sejumlah jenis subtajuk, parasit dan epifit, serta perdu tanah. Kebanyakan jenis tumbuhan adalah endemik lokal dan pola distribusi lokal bagi beberapa jenis tertentu masih belum dipahami. Hutan basah umumnya terdiri dari pepohonan dengan akar banir besar, yang menopang pepohonan hingga mencapai ketinggian 45 m. Permukaan tajuk biasanya tidak beraturan dan *Ficus* sering merupakan jenis menjulang. Beberapa jenis *Ficus* bermula dari semak epifit yang tumbuh di batang-batang besar di bagian tajuk, lalu perlahan akhirnya menutupi batang pohon inangnya sampai kemudian hidup lebih lama dari pohon inangnya. Hutan basah dataran rendah banyak mengalami kerusakan karena ketidakstabilan yang disebabkan oleh sumber-sumber

EKOLOGI PAPUA

yang telah disebutkan di atas. Hutan dataran rendah didominasi oleh jenis *Intsia* (*I. palembanica* dan *I. bijuga*) dan *Pometia pinnata* yang merupakan indikator kebakaran hutan. Hutan basah dataran rendah terdapat di daerah-daerah yang selalu basah di Indonesia. Pemetaan hutan telah dilakukan oleh RePPProT (1986, 1990) dan berdasarkan laporan ini Dick (1991) memkirakan luas hutan basah dataran rendah kering di Indonesia (Tabel 5.4.1). Papua memiliki hutan tropis basah dataran rendah seluas 176.750 km² (26,5% jumlah hutan tropis basah dataran rendah di Indonesia).

Hutan tropis basah dataran rendah merupakan tipe vegetasi darat yang paling kompleks dan tertinggi jumlah jenisnya di dunia (Whitmore 1984a, b). Tajuk hutan menyediakan tempat hidup bagi berbagai jenis tumbuhan lainnya, termasuk tumbuhan pemanjat, epifit, parasit dan saprofit. Suku pepohonan utama adalah Anacardiaceae, Annonaceae, Apocynaceae, Burseraceae, Clusiaceae, Combretaceae, Dipterocarpaceae, Ebenaceae, Elaeocarpaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae, Meliaceae, Moraceae, Myristicaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Sapotaceae, Sapindaceae dan Sterculiaceae. Hutan dataran rendah ini sangat bertolak belakang dengan hutan di zona pegunungan yang didominasi oleh suku Araucariaceae, Fagaceae (termasuk Nothofagaceae), Podocarpaceae, Cupressaceae dan Lauraceae. Hutan dewasa yang tumbuh di lembah-lembah aluvial dan di kipas-kipas aluvial yang sebagai vegetasi klimaks karena faktor iklim di Papua.

Tabel 5.4.1. Luas hutan basah tropis dataran rendah di Indonesia menurut wilayahnya.

Wilayah	Luas hutan dataran rendah (km ²)
Sumatera	120.734
Kalimantan	270.216
Sulawesi	57.362
Nusa Tenggara	6.969
Maluku	34.743
Papua	176.750
Total	666.744

Sumber: Shea dkk. (1998).

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

Menurut Paijmans (1976) hutan dataran rendah dicirikan oleh vegetasi yang tinggi dan komposisi floranya sangat kaya. Di masing-masing lapisan, komposisi floranya tidak beraturan; ketinggian, tutupan dan ukuran tajuknya bervariasi dan sangat mencolok bila dilihat dari udara. Hutannya lebih terbuka dan memiliki banyak celah yang dihuni pepohonan yang lebih rendah. Tinggi tajuk umumnya 30-35 m, tetapi terdapat pepohonan menjulang yang berpencaran, sebagian atau seluruhnya berada di atas lapisan tajuk dan dapat mencapai ketinggian hingga 50 m. Kebanyakan jenis pohon yang menjulang bertajuk melebar, batangnya menjulang tinggi, banyunya tinggi dan lebar, beberapa pohon bahkan lingkaran batangnya mencapai 2,5 m. Jenis pohon yang selalu ada di lapisan atas adalah *Pometia pinnata*, *Ficus* spp., termasuk jenis ara pencekik, *Alstonia scholaris* dan *Terminalia* spp. Jenis pohon pada lapisan di bawahnya lebih terbuka, karena jumlah pohon di bawah tajuk jumlahnya relatif rendah. Beberapa pohon dengan akar tunjang selalu terlihat. Pepohonan yang memiliki tajuk lebih rendah adalah *Garcinia*, *Diospyros*, *Myristica*, *Maniltoa* dan *Microcos*. Tutupan dan kepadatan semak belukar dan lapisan herba yang tinggi sangat bervariasi sesuai penetrasi cahaya melalui tajuk pohon dan dari tipe-tipe semak yang terdapat. Jenis semak yang memiliki banyak ranting dan mendominasi akan membentuk tutupan yang tinggi, sementara lapisan lebat pohon muda yang ramping mungkin hanya mendapat tutupan rendah. Pohon palem merupakan ciri khas lapisan semak, yang terdiri dari palem kecil, termasuk jenis *Licuala* yang bentuk daunnya seperti kipas. Jahe-jahean yang tinggi membentuk tajuk rapat. Jenis pandan agak jarang, pohon paku-pakuan dan bambu sangat langka. Lapisan perdu rendah membentuk petak-petak penutup tanah yang tidak teratur. Lapisan ini hampir tidak terdapat di lokasi yang semak palemnya melimpah, atau cukup lebat, yang terdiri dari *Selaginella*, *Elatostema*, Marantaceae, atau Commelinaceae.

Sebaliknya, lapisan perdu sebagian besar terdiri dari paku-pakuan, anakan pohon dan rotan dan beberapa rerumputan hutan. Jenis liana berkayu yang tipis dan tebal, epifit pemanjat, paku-pakuan yang merambat juga cukup umum. Rotan pemanjat selalu ada, tetapi hanya

EKOLOGI PAPUA

lebat di bawah tajuk yang terbuka. Paku-pakuan epifit dan anggrek banyak terdapat di pepohonan tua yang tajuknya terbuka, rantingnya lebat dan kulit kayunya kasar. Tidak seperti anggrek yang terdapat di beberapa hutan pegunungan atas, anggrek di sini kebanyakan memiliki bunga yang tidak mencolok.

Struktur hutan alami merupakan mosaik celah yang kompleks, tegakannya dalam tahap perkembangan atau sudah dewasa. Karena di Papua jarang terjadi angin puyuh, celah hutan hujan biasanya sangat kecil karena kematian pohon tua. Pohon-pohon tua yang tumbang menimbulkan celah atau ruang terbuka di hutan. Anakan pohon yang sudah ada cenderung tumbuh cepat di celah-celah yang sempit ini. Komposisi jenis antar lokasi sangat bervariasi dan komunitas di lokasi tertentu dapat ditentukan dari jenis dominan yang terdapat di lokasi tersebut. Karena vegetasinya memiliki ratusan atau bahkan ribuan jenis pohon, maka banyak sekali kemungkinan kombinasi floranya. Hutan dataran rendah biasanya bertajuk rapat, hanya sedikit cahaya yang bisa menembus sampai ke lapisan hutan terbawah. Karena itu, tumbuhan lapisan bawah sangat jarang walaupun hutannya terlihat sangat subur. Walaupun intensitas cahayanya rendah, flora lapisan bawahnya mengandung banyak jenis, termasuk paku-pakuan dan berbagai jenis dari marga Rubiaceae dan marga tumbuhan lainnya. Banyak jenis epifit terdapat di hutan basah dataran rendah, termasuk *Lecanopteris* dan *Platycterium wandae*, tanaman semut dari marga *Myrmecodia* dan *Hydnophytum* dan jenis anggrek epifit seperti *Grammatophyllum speciosum* yang sangat besar, serta *Dendrobium* termasuk *D. antennatum*, *D. spectabile* dan *D. bracteosum*.

Di antara jenis pemanjat, *Mucuna* merupakan ciri utama hutan tropis basah dataran rendah di Nugini. Banyak jenis pemanjat dari marga *Gnetum* terdapat di hutan. Lam (1945) mendeskripsikan hutan basah dataran rendah di sepanjang Mamberamo, termasuk mencatat adanya berbagai jenis paku-pakuan dan anggrek, yang kemudian dideskripsi oleh J.J. Smith. Van Royen mengenali beberapa tipe hutan basah dataran rendah di P. Waigeo, yang mencakup hutan campuran *Pometia*, *Alstonia*,; hutan *Vatica-Dillenia* di atas tanah lempung berpasir dengan

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

batuan kapur dan ultrabasa di bawahnya; di hutan tertentu, *Agathis* merupakan jenis yang dominan dan hutan *Intsia-Pinanga* tumbuh di tebing-tebing curam berkapur di pesisir dengan kandungan tanah liat yang tipis. *Decussocarpus wallichianus* umum terdapat di atas tanah-tanah gamping yang terbuka. Hutan di sepanjang sungai didominasi oleh *Myristica*, *Ficus Syzygium* dan *Pometia* yang terdapat di sepanjang sungai-sungai besar. *Octomeles sumatrana* dapat membentuk tegakan asli. Di Peg. Cyclops, hutan basah dataran rendah tumbuh di atas batuan metamorfik dan di atas batuan ultrabasa. Hutan di atasnya didominasi oleh *Pometia pinnata*, dengan pepohonan umum dataran rendah seperti: *Intsia bijuga*, *Anisoptera*, *Dillenia*, *Dracontomelum*, *Firmiana*, *Haplolobus*, *Myristica*, *Pandanus* dan *Pleiogynium*, dengan berbagai jenis *Sloanea* yang terdapat di puncak-puncak pegunungan yang kering. Hutan serupa juga terdapat di atas tanah-tanah aluvial yang membentuk seperti sabuk sampai ke bagian selatan Peg. Cyclops, yang berbatasan dengan D. Sentani.

Vink (1998) menambahkan informasi mengenai hutan basah di Sem. Kepala Burung, berdasarkan rincian dari berbagai survei yang dilakukan oleh Departemen Kehutanan. Dari survei di S. Tisa dan S. Maturi, hutannya didominasi oleh *Pometia pinnata* dan *Intsia*; hutan-hutan aluvial di Sidei-Wariki didominasi oleh *Pometia pinnata*, *Teysmanniodendron bogoriense* dan *Intsia*. Hutan-hutan di dasar lembah Kebar serupa dengan hutan di dataran Arfak. *Intsia bijuga* dan *I. palembanica* juga umum seperti *Pometia pinnata* dan *Alstonia*. Vink (1998) juga melaporkan adanya komposisi hutan serupa di Lembah Warsamson. Di daerah Momi-Ransiki, *Vatica russak* merupakan komponen penting hutan dataran rendah, yang mencakup sekitar 34,6 % dari seluruh pepohonan di sana. Dalam satu daerah yang sempit dan panjang kerapatan *Vatica* tercapat mencapai 74,5 %. Informasi mengenai Papua yang terdapat dalam laporan-laporan dari Departemen Kehutanan memerlukan kajian yang lebih rinci.

EKOLOGI PAPUA

Hutan Tepi Sungai

Vegetasi di tepi sungai terdapat di sepanjang dasar sungai dan tepi sungai-sungai besar ke arah utara (S. Mamberamo) dan menuju ke bagian selatan pegunungan utama. Sungai-sungai yang menuju ke utara jauh lebih panjang daripada yang menuju ke selatan yang mengairi Pegunungan Tengah sampai ke Laut Arafura. Hutan yang terdapat di pinggir sungai sering tergenang pada saat banjir besar. Hutan di tepi sungai mencakup hutan aluvial yang kadang terkena banjir yang sering merusak komunitas tumbuhannya. Jenis-jenis tumbuhan di sini mirip dengan yang tumbuh di hutan rawa.

Bahan endapan yang ada di dasar sungai, sering terlanda banjir sekejap mulanya dikoloni oleh rerumputan yang membentuk kelompok yang berpercaran atau tumbuh dalam tegakan-tegakan kecil, yang kadang didominasi oleh jenis tunggal seperti: *Cyperus*, *Saccharum spontaneum* dan *Pennisetum macrostachyum*. Rerumputan lain merupakan jenis pionir di lokasi-lokasi yang mengering.

Lokasi basah di atas endapan berbutiran sedang sampai kasar di dasar sungai didominasi oleh rumput *Phragmites karka*. Saat lahan basah ini mengering, jenis yang akan tumbuh adalah paku-pakuan, termasuk *Pteridium* sp. dan *Asplenium* sp. Jenis pohon pionir tumbuh di antara *Phragmites* dan akhirnya membentuk lapisan menjulang terbuka di atas *Phragmites* yang tinggi. Jenis yang umum adalah *Glochidion*, *Ficus*, *Paraserianthes* dan *Casuarina*. Berbagai komunitas berhutan yang berbeda terdapat di dasar sungai sesuai dengan sejarah peristiwa di lokasinya dan ketersediaan benihnya. Beberapa jenis yang diketahui Shea dkk. (1998) adalah kombinasi *Phragmites karka* dengan *Glochidion*; dengan *Ficus*; dengan *Paraserianthes*; dengan *Casuarina*; dan komunitas campuran lainnya didominasi oleh *Casuarina*, *Paraserianthes* dan *Phragmites karka*.

Tanggul gundukan tanah dan batuan kerikil di saluran sungai dikoloni oleh perdu dan jenis pionir, terutama *Casuarina*. Komunitas pionir ini memungkinkan jenis tumbuhan lainnya untuk mendominasi dan akhirnya jenis pionir akan digantikan oleh jenis-jenis yang telah melalui masa suksesi.

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

Shea dkk. (1998) mengambil contoh beberapa tegakan yang terdapat di gundukan tanah (batu kerikil dan bongkahan batu kecil) di dasar S. Aimoca. Dua tegakan yang diambil contohnya didominasi oleh *Casuarina-Linociera-Campnosperma-Pisonia* atau *Casuarina-Artocarpus-Pandanus*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd (atau diameter di atas akar banir) adalah 15,0 m²/ha dan volume totalnya adalah 129,1 m³/ha. Jenis *Casuarina equisetifolia*, *Artocarpus* sp. dan *Pandanus* sp. dominan di tegakan lain yang terletak di daratan kecil di S. Aimoca. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 11,7 m²/ha dan volume totalnya adalah 101,8 m³/ha. Pada saat pohon *Casuarina* dewasa, jenis pepohonan yang lain akan mengoloni tegakan tersebut sementara jenis rerumputan dan paku-pakuan akan ternaungi. Pepohonan yang terdapat di lapisan bawahnya adalah *Alstonia spectabilis*, *Artocarpus* sp., *Campnosperma* sp., *Dillenia* sp., *Glochidion* sp., *Gnetum gnetom*, *Litsea* sp., *Linociera* sp., *Macaranga* sp., *Ficus* sp., *Myristica* sp., *Arenga* sp., *Pandanus* sp., *Pisonia* sp., *Prainea* sp., *Pterygota* sp., *Pygeum* sp. dan *Saurauia* sp.

Casuarina mendominasi komunitas yang tumbuh di atas batuan berukuran sedang dan kasar di S. Ajkwa yang berkelok-kelok. Tegakan yang berada di sebelah selatan jembatan sungai ini didominasi oleh *Casuarina equisetifolia*, *Litsea*, *Pygeum*, *Pandanus*, *Alstonia spectabilis*, *Prainea*, *Linociera*, *Myristica*, *Glochidion* dan *Dillenia*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 19,0 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 156,7 m³/ha.

Octomeles sumatrana adalah jenis yang umum dan membentuk tegakan asli di sepanjang tepi sungai dan di rawa-rawa bagian belakang yang tidak mengering. *Octomeles* dapat tumbuh sampai setinggi 20 m dalam waktu 4-5 tahun dan anaknya akan cepat menyesuaikan dengan kondisi sekunder. Kelangsungan hidup *Octomeles* akan hilang dengan cepat dan setelah 2-3 hari tingkat pengecambahan akan menurun cepat. *Pandanus setistylus* merupakan jenis yang umum di sepanjang tepi sungai berlumpur saat airnya rendah. Komunitas-komunitas tersebut juga tumbuh di danau-danau sidatan. *Saccharum robustum* merupakan jenis yang umum di antara palem kipas.

EKOLOGI PAPUA

Vegetasi Tepi Sungai

Daerah tepi sungai yang kerap terendam banjir didominasi oleh *Phragmites karka* di lokasi yang rendah, sementara di lokasi yang lebih tinggi didominasi oleh *Saccharum robustum*. Sukun hutan (*Artocarpus altilis*) adalah jenis pohon pertama yang tumbuh di puncak tepi sungai yang rendah. Pohon-pohon ini bercampur dengan rerumputan dan berbagai jenis perdu, pemanjat dan semak di tepi sungai. Ketika tepian sungai meninggi dan tidak sering terkena banjir, maka akan tumbuh hutan muda yang didominasi oleh *Artocarpus altilis* dan *Octomeles sumatrana*. Pada tahap awal suksesi ini, herba dan pemanjat berkayu yang kurus akan berlimpah dan kadang sampai menutupi pepohonan. Di lokasi yang sering banjir, permukaan tanah cenderung relatif gundul, sedangkan di tempat lain permukaan tanahnya akan tertutup berbagai paku-pakuan, jahe-jahean dan rerumputan lebat. Dengan berjalannya waktu, pepohonan hutan sekunder lainnya seperti *Ficus*, *Laportea*, *Nauclea*, *Terminalia* dan *Kleinhovia* akan menempati lapisan atas, bersama dengan *Octomeles sumatrana* akan membentuk lapisan yang menjulang tinggi (sampai 60 m), dengan diameter batang besar dan tajuk lebar, tetapi tidak dapat beregenerasi di bawah tajuknya sendiri dan akhirnya digantikan oleh jenis lainnya sampai klimaks hutan campuran tercapai.

Hutan di Bantaran Sungai

Di Papua Selatan, ada tiga lokasi di S. Otomon dekat kamp Mile 38 yang dikaji oleh Shea dkk. (1998). Di bantaran sungai *Paraserianthes falcataria* dapat tumbuh dan membentuk lapisan atas yang tinggi di atas lapisan ketinggian sedang yang terdiri dari berbagai jenis pohon seperti *Anthocephalus cadamba*, *Artocarpus*, *Octomeles sumatrana*, *Syzygium*, *Pometia* dan berbagai jenis *Ficus*, termasuk jenis ara pencekik, *F. benjamina*. Lokasi-lokasi lain didominasi oleh *Dysoxylum*, *Paraserianthes falcataria*, *Pometia* dan *Casuarina*; *Paraserianthes*, *Anthocephalus*, *Pometia*, hutan *Psychotria*, serta komunitas yang didominasi oleh *Calophyllum*, *Macaranga*, *Anthocephalus* dan *Octomeles*.

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

Suatu tegakan di bantaran S. Aimoca didominasi oleh *Octomeles sumatrana*, *Pometia pinnata*, *Anisoptera thurifera* dan *Elaeocarpus* sp. Pepohonan lainnya adalah *Elaeocarpus* sp., *Alangium* sp., *Chisocheton* sp., *Garcinia* sp., *Syzygium* sp. dan *Anthocephalus cadamba*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 36,4 m²/ha dan volume totalnya adalah 368,5 m³/ha.

Pepohonan lain yang mendominasi bantaran sungai adalah *Paraserianthes falcataria*, *Anthocephalus cadamba*, *Pometia pinnata*, *Psychotria* sp., *Sloanea* sp., *Octomeles sumatrana* dan *Teijsmanniodendron bogoriense*. Komunitas tumbuhan diwakili oleh empat marga yang paling dominan, yaitu *Paraserianthes-Anthocephalus-Pometia-Psychotria*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 33,4 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 417,6 m³/ha. Tipe hutan istimewa lainnya didominasi oleh *Calophyllum*, *Macaranga*, *Anthocephalus cadamba*, *Octomeles sumatrana*, *Xanthophyllum papuanum* dan *Platea latifolia*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 39,0 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 368,0 m³/ha.

Hutan di Dasar, Tepi dan Puncak Lembah

Marga pohon yang paling umum adalah *Pometia*, *Celtis*, *Pterocarpus*, *Ficus*, *Dracontomelum*, *Vitex*, *Sloanea*, *Cerbera*, *Alstonia*, *Maniltoa*, *Cryptocarya*, *Guioa*, *Kingiodendron* dan *Tristiropsis*. Jenis pohon tajuk lainnya yang umum terdapat di tempat lain, yang telah rusak oleh El Niño karena kebakaran hutan, adalah *Pometia pinnata*. *Elaeocarpus* dan *Intsia* yang mendominasi lahan-lahan yang telah rusak atau terganggu. Jenis subtajuk pada tipe hutan ini sangat beragam dan didominasi oleh beberapa marga, termasuk *Diospyros*, *Gnetum*, *Protium*, *Pimelioidendron*, *Myristica*, *Dendrocnide*, *Kibara* dan *Horsfieldia*. Jenis yang tersebar luas dalam marga ini adalah *Diospyros discolor*, *Gnetum gnemon*, *Protium macgregorii* dan *Myristica chrysophylla*. Berbagai jenis palem kipas dan palem bulu cukup umum, termasuk *Licuala*, demikian pula dengan beberapa jenis *Pandanus*, terutama di tanah-

tanah yang sedikit basah. Di Papua, hutan umumnya didominasi oleh *Vatica rusak*, seperti hutan di Tanjung Go di P. Waigeo. Ada perubahan mencolok dalam hal komposisi flora hutan di puncak-puncak bukit yang tersalir dengan baik dan tanahnya lebih stabil. Tajuk hutan di lokasi ini cenderung lebih terbuka, subtajuknya didominasi oleh *Diospyros*, *Myristica*, *Gnetum* dan *Pimelioidendron*. Di tempat yang lebih tinggi, hutan ini menunjukkan peralihan ke hutan pegunungan bawah dengan adanya pohon *Lithocarpus* yang berpencaran.

Hutan Basah Dataran Rendah di Lembah Aluvial

Hutan di lembah-lembah aluvial lebih tinggi dan floranya sangat kaya. Tipe hutan aluvial kering ini merupakan hutan basah yang paling subur di Nugini (Paijmans 1976) dan di Papua mewakili hutan klimaks karena faktor iklim. Tinggi tajuk umumnya mencapai 30-40 m, tetapi beberapa pohon yang menjulang bisa mencapai 50 m. Beberapa pohon lingkaran batangnya bisa lebih dari 2,5 m. Kebanyakan pohon yang menjulang dan di lapisan tajuk dicirikan oleh tajuk lebar, batang lurus dan akar banir tinggi. Jenis pemanjat berkayu dan pemanjat berbatang cukup umum. Jenis epifit berlimpah, termasuk jenis tanaman berdaun lebar, anggrek, paku-pakuan, briofit, liken, alga dan bakteri. Lapisan permukaan tanah sebagian besar terdiri dari anakan pohon, semak-semak yang berpencaran dan perdu.

Struktur hutan terdiri dari berbagai lapisan (kebanyakan 5 lapis) jenis yang menjulang tinggi dan sangat tinggi di atas tajuk utama yang sangat lebat, lapisan di bawahnya, lapisan semak dan lapisan di permukaan tanah. Tinggi tajuk utama antara 30-40 m; sering terdapat jenis yang menjulang sampai ketinggian 50 m; pohon berakar banir tinggi, sedang dan rendah cukup umum. Akar tunjang juga umum, tetapi akar napas jarang ada. Pepohonan yang memiliki bunga dan buah-buah di batang atau ranting utama juga umum. Ukuran daun yang mendominasi adalah mesofil; pepohonan berdaun majemuk juga umum sampai berlimpah; daun-daun berujung tajam juga berlimpah. Jenis pemanjat berkayu baik yang besar maupun yang kecil berlimpah, demikian juga epifit berkayu;

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

epifit tidak berkayu juga ada, kadang cukup umum; briofit berpencaran di atas permukaan tanah. Jenis ara pengecik cukup umum. Semak-semak palem cukup umum di lapisan semak; bambu tidak ada; pandan yang menyemak kadang-kadang terdapat di lapisan semak; rotan juga kadang ada. Pohon paku cukup langka atau jarang. Suku yang mendominasi adalah Annonaceae, Apocynaceae, Burseraceae, Dipterocarpaceae, Ebenaceae, Fagaceae, Leguminosae, Meliaceae, Moraceae, Myrtaceae dan Sterculiaceae. Jenis pohon yang selalu ada di lapisan atas adalah *Pometia pinnata*, *Ficus* spp., termasuk ara pengecik, *Alstonia scholaris* dan *Terminalia*. Lapisan pohon yang lebih rendah biasanya cukup terbuka, karena jumlah pohon di bawah tajuk hanya sedikit. Beberapa pohon yang berakar tunjang selalu ada. Pepohonan khas di lapisan ini adalah *Garcinia*, *Diospyros*, *Myristica*, *Maniltoa* dan *Microcos*.

Hutan basah kering selalu hijau serupa dengan yang terdapat di dataran dan kipas aluvial dan merupakan komunitas hutan yang struktur serta komposisi floranya paling kompleks. Jenis yang mendominasi berbeda di setiap lokasinya. Komunitas yang cukup umum di lembah-lembah aluvial, termasuk di tepi-tepi sungai yang stabil, didominasi oleh *Ficus benjamina*, *Pometia*, *Intsia* dan *Syzygium*. Hutan yang mendominasi bantaran sungai di sungai dataran rendah, seperti S. Aimoca, didominasi oleh jenis-jenis pohon hutan sekunder yang baru. Dua tegakan di sepanjang bantaran S. Aimoca telah dikaji. Satu tegakan didominasi oleh *Calophyllum* sp., *Macaranga* sp., *Anthocephalus cadamba*, *Octomeles sumatrana*, *Pometia pinnata*, and *Xanthophyllum papuanum*, *Platea* sp. dan *Saurauia* sp. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 39,8 m²/ha dan volume totalnya adalah 417,9 m³/ha. Hutan serupa di bantaran sungai seberang kamp Mile 38 di Papua Selatan ditumbuhi oleh *Canarium* sp., *Macaranga* sp., *Gonostylus macrophyllus*, *Dispyros maritime* dan *Ficus* sp. Komunitas hutan yang tinggi dan lebat di atas kipas aluvial juga dikaji oleh Shea dkk. (1998) di sebelah utara jalan antara sekitar Mile 33. Hutannya didominasi oleh *Myristica-Hopea-Teijsmanniodendron-Litsea*.

Tegakan hutan serupa yang terletak di sepanjang jalan di Kuala Kencana agak berbeda komposisi jenisnya. Marga yang mendominasi

di lokasi ini adalah *Pometia-Syzygium-Litsea-Campnosperma*. Di dekat jembatan Otomona, hutan serupa didominasi oleh *Pometia-Litsea-Aglaiia-Syzygium*. Komunitas hutan di dekat jembatan Ajkwa pada Mile 32/33 adalah *Pometia-Syzygium-Intsia-Teijsmanniodendron*; selain itu di Kali Kopi di Mile 37 didominasi oleh *Pometia-Alphitonia-Teijsmanniodendron* dan *Alstonia*. Tegakan lainnya di dekat ara pencekik yang besar di Kali Kopi pada Mile 37 didominasi oleh *Ficus benjamina* di atas *Macaranga-Buchanania-Canarium-Timonius*.

Kedua tipe hutan aluvial yang terakhir mungkin pernah ditebang pilih; satu atau dua pohon bernilai ditebang per hektarnya. Dampaknya memang kecil, karena kayu yang ditebang dan dipotong-potong menjadi balok dan papan saat masih di hutan kemudian diangkut dengan tangan sampai ke pinggir jalan. Pepohonan yang mendominasi tegakan yang berada di sebelah utara jalan di sekitar Mile 33 sepanjang jalan PTFI adalah *Myristica*, *Hopea papuana*, *Teijsmanniodendron bogoriense*, *Litsea*, *Mastixiodendron*, *Pometia pinnata*, *Alstonia*, *Haplolobus*, *Homonoia javanensis*, *Hopea papuana*, *Chisocheton* dan *Syzygium*. Empat marga yang mendominasi adalah *Myristica*, *Hopea*, *Teijsmanniodendron* dan *Pometia*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 34,3 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 340,2 m³/ha. Tegakan ini berada di sepanjang jalan menuju Light Industrial Park di Kuala Kencana. Marga dan jenis yang mendominasi adalah *Pometia pinnata*, *Syzygium*, *Litsea*, *Campnosperma*, *Aglaiia*, *Chisocheton*, *Palaquium*, *Pimelodendron*, *Homonoia*, *Haplolobus*, *Nauclea*, *Macaranga* dan *Canarium*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 29,1 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 304,4 m³/ha.

Shea dkk. (1998) meneliti sebuah plot pada tegakan yang ditumbuhi ara pencekik besar dekat Kali Kopi di Papua selatan. Marga dan jenis pohon yang dominan adalah *Ficus benjamina*, *Macaranga*, *Buchanania*, *Canarium*, *Timonius*, *Syzygium* dan *Palaquium*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 34,4 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 545,2 m³/ha.

Hutan Sekunder

Selama pertumbuhan alami pohon di hutan alam akan timbul beberapa celah. Celah-celah ini ukurannya bervariasi, dari kecil (terjadi karena ada pohon yang tumbang) sampai luas (karena ada angin puyuh dan tanah longsor). Anakan pohon yang sudah ada cenderung tumbuh di celah-celah yang kecil, sementara di celah yang luas akan dikoloni oleh jenis-jenis yang tidak ada ketika celah terbentuk. Hutan yang terbentuk dari celah yang luas, selalu membutuhkan cahaya dan terdiri dari jenis-jenis pionir disebut hutan sekunder. Pepohonan di tegakan hutan sekunder alami memiliki kelas umur yang sama. Umumnya hutan sekunder tidak memiliki jumlah jenis yang banyak. Kebanyakan jenis pohon di hutan ini tidak dapat tumbuh kembali bila berada di bawah tajuk (bahkan di bawah tajuknya sendiri). Karena itu, anakan jenis yang toleran naungan akan tumbuh di bawah jenis-jenis pionir dan ketika jenis pionir ini dewasa dan mati, mereka akan menggantikan tempatnya. Komposisi jenisnya lebih ditentukan pada ketersediaan benih jenis yang toleran dengan naungan. Jenis pionir berumur panjang yang meluas dapat mendominasi suatu lokasi sampai seratus tahun atau lebih dan menjalani suksesi yang lengkap menjadi ke hutan primer kembali. Komposisi flora hutan sekunder sangat berbeda dengan hutan primer. Kebanyakan jenis pionir adalah dari beberapa suku saja dan banyak marga yang sangat jarang atau tidak ada di hutan primer. Jenis *Macaranga* adalah salah satu jenis pionir yang umum (Whitmore 1967). Kebanyakan pemanjat berkayu memulai hidupnya dari celah-celah di hutan dan akan bertahan di hutan-hutan primer yang tinggi.

Suksesi yang terjadi di celah besar hutan alami serupa dengan suksesi yang terjadi di kebun-kebun, dan akan mengikuti urutan-urutan berikut ini. Prosesnya akan lebih cepat terjadi bila biji, benih, atau jenis tumbuhan muda di hutan primer terdapat di lokasi yang terganggu/rusak. Karena celah besar akibat angin puyuh dan tanah longsor sangat jarang terjadi, celah yang ada biasanya kecil. Anakan yang ada sebelumnya akan tumbuh di celah ini dan jenis ini merupakan jenis khas komunitas yang mencapai klimaks karena pengaruh iklim.

Tegakan alami hutan sekunder yang terluas terdapat di lokasi yang di masa lalu pernah terkena banjir besar. Di lokasi-lokasi seperti ini, banjir besar menyebabkan pepohonan hutan primer yang tinggi digantikan oleh jenis-jenis dari hutan sekunder. Contohnya adalah hutan-hutan di sebelah timur jalan di dekat kamp Mile 38 dan Mile 39 dan antara S. Ajkwa dan S. Otomona. Sebuah tegakan hutan di seberang kamp Mile 39 didominasi oleh *Macaranga*, *Ficus*, *Diospyros* dan *Gonystylus*.

Di dataran rendah, penyebab utama perkembangan hutan sekunder adalah adanya perladangan berpindah dan pengambilan kayu untuk bahan konstruksi. Perladangan berpindah dilakukan dengan menebang hutan primer dengan cara pembakaran lalu diikuti budidaya tanaman pertanian. Hutan sekunder di dataran rendah Papua yang sangat luas telah diubah menjadi mosaik kebun-kebun dan vegetasi sekunder. Walaupun tidak terukur, para pakar hutan tropis memercikan bahwa proses yang diperlukan bagi hutan basah untuk tumbuh dari vegetasi sekunder, atau dari proses tebang habis menjadi hutan klimaks karena faktor iklim dapat mencapai beberapa ratus tahun, sesuai dengan ketersediaan biji di dekatnya (Gómez-Pompa dkk. 1991).

Tipe Vegetasi Dasar Sungai di Lembah-Lembah Aluvial

Dasar sungai dan tepi sungai kering serupa dengan yang terdapat di lembah-lembah aluvial. Ketika tidak ada kebakaran hutan, komunitas herba didominasi oleh tanaman berkayu yang tumbuh cepat dan sangat memerlukan cahaya, seperti jahe-jahean yang tinggi, paku-pakuan dan pisang hutan, yang akan berubah menjadi jenis campuran. Kadang pepohonan akan tetap tegak berdiri selama masa budidaya, atau akan ditanami untuk diambil hasilnya. Pohon-pohon ini antara lain adalah *Canarium indicum*, *Terminalia kaernbachii*, *Dracontomelon puberulum*, *Pangium edule*, *Gnetum gnemon*, *Artocarpus altilis*, palem pinang *Areca* dan kapuk *Bombax ceiba*. Berbagai jenis ini merupakan indikator bekas lokasi pemukiman yang telah ditinggalkan, misalnya di desa yang telah ditinggalkan di sepanjang S. Minajerwi dan daerah pemukiman yang baru tumbuh kembali di sekitar Timika. Jenis pohon pionir akan

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

menetap di dalam semak dan tumbuh menjadi hutan. Beberapa pohon ini tumbuh dari biji atau menyebar dari akar pohon yang tertinggal saat lahan dibersihkan. Pepohonan yang mendominasi kipas-kipas aluvial adalah *Macaranga*, *Mallotus*, *Ficus* dan *Artocarpus*.

Selama tidak ada pembakaran atau selama masa budidaya, pepohonan dan semak yang bergantung pada cahaya perlahan akan diganti oleh jenis yang lebih toleran dengan naungan dan pemanjat berkayu yang kurus, yang akan menggantikan tanaman berdaun di lantai hutan. Biasanya mereka adalah jenis-jenis pandan, palem dan epifit. Dengan berjalannya waktu, hutan akan memiliki pohon yang lebih bervariasi tinggi dan diameternya.

Jenis pemanjat berkayu yang lebih besar, rotan dan palem lainnya akan muncul dan lebih sering terlihat. Epifit semakin umum dan lebih bervariasi. Tumbuhan di permukaan tanah yang menyukai naungan akan tumbuh. Selama proses ini, penampakan dan struktur hutan sekunder menyerupai hutan primer. Namun, jenis pohon hutan sekunder yang berumur panjang, seperti *Cryptocarya*, *Elmerrillia*, *Endospermum*, *Melicope (Euodia)*, *Pimelodendron* dan *Sterculia* dapat terus mendominasi. Tegakan ini telah melalui tahap awal penjarangan alami sebagai hasil interaksi jenis. Struktur komunitas tegakan yang masih dalam tahap suksesi ini tidak lagi terdiri dari kelas umur yang sama, tetapi lapisan atas dengan beberapa regenerasi yang terjadi di kelas umur yang lebih muda. Satu tegakan di sebelah utara Timika yang digolongkan sebagai jenis *Macaranga-Ficus-Anthocephalus-Artocarpus* mendominasi komunitas hutan semi tertutup di atas kipas-kipas aluvial.

Ketika tegakan-tegakan tersebut didominasi oleh jenis tua di lapisan atas, jenis pohon yang membentuk tajuk utama mati dan akan menyediakan ruang bagi generasi selanjutnya. Generasi selanjutnya dapat terdiri dari jenis dominan yang sama, tetapi berbeda proporsi dan jenisnya (lebih toleran naungan atau lebih sukses bersaing dan/atau jenis klimaks). Kadang ada tajuk pohon sekunder yang dapat mencapai kelas ketinggian yang sama. Celah yang jelas biasanya terdapat anta-

EKOLOGI PAPUA

ra kelas tinggi yang dominan dengan tajuk pohon sekunder dan beberapa individu komunitas klimaks dapat tumbuh mencapai tajuk utama. Uniknya, biomassa dan volume tegakan akan menurun karena kematian pohon. Salah satu contohnya terletak di sepanjang jalan PTFI di sebelah utara Timika, yang hutannya didominasi oleh *Macaranga*, *Ficus*, *Anthocephalus* dan *Artocarpus*. Tegakan ini telah mengalami penjarangan alami dan mengembangkan struktur yang serupa dengan komunitas klimaks karena faktor iklim. Beberapa sisa tegakan mungkin ada, namun tidak berdampak apapun pada kerapatan atau struktur tegakan. Tegakan ini kekayaan floranya lebih rendah dari hutan klimaks karena faktor iklim dan untuk memulihkan kekayaan floranya akan dibutuhkan waktu ratusan tahun, kalau benihnya tersedia.

Karena adanya pemukiman yang relatif baru di sekitar Timika, hanya sedikit sekali contoh komunitas muda dan dewasa yang mencapai klimaks karena faktor iklim dan kaitannya dengan perladangan berpindah. Pembakaran dan penebangan berulang serta kegiatan perkebunan dan penyenggutan akan menyebabkan kemerosotan, termasuk erosi tanah. Pepohonan tidak ada, tetapi semak akan tumbuh, seperti jenis *Melastoma malabathricum*, *Lantana camara* (yang tumbuh di bawah cahaya penuh di atas tanah keras), *Rhodamnia cinerea*, *Rhodomyrtus tomentosa* dan jenis lokal *Dillenia suffruticosa*. *Piper aduncum* yang baru diintroduksi mendominasi beberapa lokasi di sekitar Jayapura. Akhirnya, kerusakan itu akan menimbulkan padang rumput alang-alang (*Imperata cylindrica*) terbuka, yang memiliki akar merambat yang menyebar di dalam tanah, sehingga dapat bertahan dari kebakaran. Jenis-jenis pionir umumnya terdapat di lokasi pinggiran jalan yang terganggu di Papua Selatan.

Hutan Sekunder Alami

Tegakan alami hutan sekunder yang meluas biasanya terletak di lokasi yang dulu pernah terkena banjir besar dan pepohonan yang tinggi di hutan primer yang digantikan oleh jenis-jenis pohon hutan sekunder. Jenis hutan seperti itu terdapat di sebelah timur jalan di dekat kamp Mile 38 dan Mile 39 dan antara S. Ajkwa dan S. Otomona. Di lokasi yang

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

berseberangan dengan kamp Mile 39, empat marga yang dominan yaitu *Macaranga*, *Ficus*, *Diospyros maritima* dan *Gonystylus macrophyllus*. Marga penting lainnya di lokasi ini adalah *Canarium*, *Diospyros maritima*, *Calophyllum* dan *Atalaya papuana*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 36,1 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 304,1 m³/ha.

Vegetasi di Tanah Ultrabasa

Van Royen (1963), Paijmans (1976) dan Takeuchi (2003b) menyertakan pembahasan umum mengenai flora ini. Jenis yang dominan di hutan ini di Nugini biasanya adalah *Casuarina papuana*, walaupun di Kep. Solomon jenis ini persebarannya lebih luas. Van Royen (1960) mendeskripsi flora dan vegetasi di P. Waigeo, termasuk daftar jenis tumbuhan utama. Hutan di pulau ini didominasi oleh *Vatica-Dillenia* dan *Agathis* yang secara lokal mendominasi hutan di atas tanah lempung atau batuan gamping atau ultrabasa. Takeuchi (2003a) mendeskripsi vegetasi di atas tanah ultrabasa di Kep. Raja Ampat dan mendaftar semua jenis yang terdapat di sana. Menurut pengamatannya, variasi atau jumlah jenis floranya kurang dan wakil dari suku dataran rendah hanya sedikit. Van Royen (1960) juga mendeskripsi hutan di P. Waigeo; vegetasi serofit (telah beradaptasi dengan kondisi kekeringan karena kelembaban rendah) terdapat di sebelah utara Waigeo dan di daerah ultrabasa yang sempit di sekitar Teluk Mayalibit. Beberapa tipe vegetasi yang ada mencakup rerumputan; komunitas Myrtaceae yang didominasi oleh *Myrtella*, *Decaspermum* dan *Baeckia*; dan tegakan yang didominasi oleh *Casuarina rumphiana*. Beberapa dataran rendah mendukung keberadaan vegetasi serofit yang didominasi oleh *Buchanania papuana* dan *Vitex*. Di hutan ini jenis semak dan pepohonan subtajuk adalah *Decaspermum fruticosum*, *Myrtella beccarii* dan *Dodonea viscosa*, bercampur dengan *Casuarina*, *Wendlandia* dan taksa lainnya. Daftar jenis yang lebih lengkap bisa dilihat pada van Royen (1960).

Pada formasi ultrabasa di Peg. Makanoi, hutan di atas ketinggian 200 m didominasi oleh *Castanopsis acuminatissima* dan *Hopea. Araucaria*

EKOLOGI PAPUA

cunninghamii berpenbaran tetapi cukup menonjol. *Engelhardtia rigida* dan *Gevuina papuana* sangat umum, sering bersama dengan *Kania eugenoides* dan *Eucalyptopsis papauana*. Di atas batuan ultrabasa di pegunungan yang lebih tinggi, jenis *Nothofagus flaviramea* dan *Dacrydium elatum* sering ada.

Vegetasi di Batuan Gamping

Tanjung Suadja (tanah yang menjorok ke laut sampai ke bagian utara Teluk Yos Sudarso) didominasi oleh hutan *Pometia* yang tumbuh di atas batuan gamping (van Royen 1965). Laporan rinci oleh J.F.U. Zieck tahun 1960 juga mencakup G. Meja. Hutan ini tumbuh di atas batuan gamping pada ketinggian 150-175 m, sebagian merupakan hutan sekunder muda. Ada dua tipe hutan yang terdapat di kawasan lindung seluas 400 ha. *Pometia-Sapotaceae* terdapat di lokasi yang lebih kering dan jenis *Pometia-Homalium-Celtis* dan *Intsia* di lokasi yang lebih basah. Takeuchi (2003a) memberikan deskripsi terinci mengenai vegetasi dan flora di atas batuan gamping di Kabupaten Raja Ampat. Vegetasi kerdil, berbatang kayu, vegetasi penghalau angin, seperti *Stenocarpus moorei*, *Exocarpus latifolius*, *Polyscias*, *Wikstroemia androsaemifolia* dan *Calophyllum* dengan banyak sulur seperti *Alyxia purpureclada*. Tumbuhan *Podocarpus polystachys* yang kerdil hanya mencapai ketinggian 1 m di atas batuan gamping, tersebar tak beraturan di pinggiran tebing. *Galubia costata* merupakan jenis pohon menjulang yang umum di batuan gamping. Banyak jenis baru yang tercatat dari wilayah ini tetapi flora batuan gamping masih tidak banyak didokumentasikan.

Komunitas Padang Rumput Dataran Rendah

Komunitas padang rumput sangat umum, terutama di lereng-lereng bagian selatan Peg. Cyclops, yang dibakar secara berkala. Komposisi padang rumputnya bervariasi, bergantung pada tipe geologi tanahnya. Di Tanjung Tanah Merah, yang memiliki bijih tembaga dan nikel berkuualitas rendah, terdapat vegetasi padang rumput terbuka yang umumnya

EKOSISTEM DAN VEGETASI DATARAN RENDAH

berupa tanah gundul dan tingkat erosinya cukup tinggi. Rawa-rawa dan vegetasi perairan terdapat di seluruh kawasan, terutama di sepanjang kaki bukit Cyclops bagian selatan di sekitar D. Sentani.

5.5 Ekosistem Dataran Rendah Lainnya*

Hutan kerangas terdapat di seluruh Papua tetapi luasnya hanya 7.100 km² atau 20,2% dari vegetasi kerangas di Indonesia (Dick 1991, berdasarkan interpretasi foto udara RePPProT 1986), tetapi luas ini belum dikonfirmasi melalui pengecekan langsung di lapangan. Hutan kerangas terluas terdapat di teras-teras Pleistosen di Papua Selatan, di selatan Puncak Jaya. Daerah hutan kerangas lainnya di Papua mencakup 2.000 ha, yaitu di sebelah barat Teluk Etna antara Teluk Bintuni dan ujung Teluk Arguni (Syuga-Wagura) pada ketinggian 400 m. Vink (1998) melaporkan vegetasi berbeda yang tumbuh di atas tanah pasir putih yang sangat miskin, diselingi tanah liat di daerah Teminabuan, di bagian selatan Beriat pada ketinggian 50 m. Pada tegakan ini juga terdapat jenis Damar *Agathis labillardieri* yang tidak terlalu mencolok, mungkin karena telah terlalu lama disadap resinnya dan anakan pohonnya dicabuti untuk pembukaan lahan perkebunan (Vink 1932).

Satu-satunya hutan kerangas yang luas di Papua yang datanya tersedia adalah di lereng bagian selatan pegunungan tengah di wilayah Kontrak Kerja PT Freeport Indonesia (PTFI) dan di teras-teras yang bersebelahan dengan Situs Warisan Dunia Lorentz. Hutan kerangas ini terbentuk dari kipas-kipas hanyutan pasir dan kerikil dari butiran kapur halus yang terbawa aliran sungai es bercampur dengan batu-batuan yang lebih kasar, yaitu dari pembentukan es yang meluas di Kala Pleistosen. Informasi untuk bab ini bersumber dari penelitian Shea dkk. (1998). Di Papua Selatan, teras-teras ini terdapat pada ketinggian 100-650 m dpl.

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Heath Vegetation of Papua", Garry A. Shea, Robert J. Johns, Willem Vink & Pratito Puradyatmika dan "Grassland and Savanna Ecosystems of the Trans-Fly, Southern Papua", Michele Bowe, Neil Stronach & Renee Bartolo.

EKOSISTEM DATARAN RENDAH LAINNYA

Pada ketinggian sekitar 150 m dpl, hutan basah dataran rendah di atas kipas aluvial berangsur menjadi hutan kerangas di teras-teras. Suatu zona hutan transisi, seperti yang dijelaskan pada bagian satu bab ini, merupakan perpaduan ciri-ciri hutan basah dataran rendah dan hutan kerangas. Hutan kerangas tumbuh di atas tanah dari batuan induk yang mengandung silika. Pada dasarnya tanahnya miskin basa, sangat masam, kapasitas penyangganya kurang dan teksturnya juga kasar. Hutan kerangas ini berbeda dengan hutan basah dataran rendah selalu hijau dalam hal komposisi flora, struktur dan formasi vegetasinya. Whitmore (1984) mencatat bahwa di hutan kerangas di Malesia, pepohonan berdaun yang lebih kecil lebih banyak daripada di hutan basah dataran rendah yang selalu hijau. Daun-daun mikrofil dan mesofil juga umum di hutan ini.

Selain itu, pepohonan di hutan kerangas berdaun tebal dan kasar seperti kulit dan tidak ada jenis pohon yang luruh daun. Dari foto-foto udara, tajuk yang datar mudah terlihat karena warnanya pucat dan teksturnya jelas, membentuk tajuk pohon dan ukuran daunnya kecil. Jenis pohon yang daunnya lonjong cukup umum (seperti, *Tristania* spp. dan beberapa suku Sapotaceae). Pepohonan yang memiliki lingkaran batang yang besar sangat jarang; akar banirnya lebih kecil, tetapi pohon berakar tunjang lebih umum daripada di hutan basah dataran rendah yang selalu hijau. Tumbuhan pemanjat yang besar (termasuk jenis palem pemanjat) juga sulit dijumpai, tetapi jenis pemanjat yang ramping, liat dan mandiri sangat umum. Epifit sering terlihat dan jenis myrmekofit (tanaman yang menyukai semut) berlimpah, terutama di tempat-tempat yang lebih terbuka dan di hutan kerangas kerdil. Tumbuhan pemakan serangga *Nepenthes* spp. juga umum di tempat-tempat terbuka. Permukaan tanah umumnya ditutupi oleh jenis bryofit. Sungai-sungai yang mengairi hutan kerangas berwarna seperti air teh dan berwarna hitam buram karena keberadaan jenis koloida organik. Sungai-sungainya kebanyakan berair masam (pH 5,5), dengan kandungan oksigen rendah (Johnson 1967).

Hutan kerangas dan hutan pegunungan atas memiliki ciri-ciri serupa. Whitmore (1984) mencatat kesamaan tersebut sebagai berikut: tajuk

hutan lebih datar, lebat dan umumnya dengan refleksi cahaya yang tinggi (pada foto udara akan berwarna pucat) serta vegetasinya berdaun kecil. Daun-daunnya cenderung merapat pada ranting-rantingnya. Komunitas tumbuhan di kedua tipe vegetasi ini mencirikan rendahnya biomassa dibandingkan dengan hutan-hutan lainnya. Jalan-jalan setapak yang dibuat oleh binatang atau manusia akan tetap terbuka untuk waktu yang lama dan kebanyakan jenis pohon memiliki kayu yang keras dan padat. Dua faktor ini menunjukkan tingkat pertumbuhan hutannya yang lambat. Jenis-jenis pohon pemanjat besar sangat jarang atau tidak ada di kedua jenis hutan ini. Beberapa jenis pohon yang umum adalah *Vaccinium* dan *Rhododendron*. Keduanya bisa berbentuk pepohonan, semak atau epifit. Jenis paku-pakuan banyak terdapat di komunitas ini.

Hutan Peralihan antara Teras-teras dan Kipas-kipas Aluvial

Komunitas peralihan terbentuk oleh perpaduan ciri-ciri hutan yang berbatasan, yaitu hutan basah dataran rendah dan hutan kerangas. Shea dkk. (1998) mengambil contoh dari tiga tegakan di daerah peralihan di Papua Selatan, yaitu di dekat Mile 38, Mile 39 dan di 1,5 km bagian utara Mile 39. Tegakan yang terdapat di sebelah timur Mile 38 didominasi oleh *Alstonia*, *Buchanania macrocarpa*, *Calophyllum costatum* dan *Ficus*. Jenis pepohonan lainnya seperti *Diospyros maritima*, *Garcinia dulcis*, *Syzygium polyantha*, *Erythroxylon* dan *Elaeocarpus*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pepohonan yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 28,7 m²/ha. Tegakan yang kedua didominasi oleh *Alstonia*, *Calophyllum* dan *Elaeocarpus*. Tegakan lain berada sekitar 1,5 km di sebelah utara Mile 39 dan didominasi oleh pohon *Endospermum moluccanum*, *Nauclea papuana*, *Sloanea archboldiana* dan *Alstonia scholaris*. Jenis pepohonan lainnya adalah *Prumnopitys amara*, *Diospyros maritima*, *Fagraea woodiana*, *Timonius* sp., *Austrobuxus nitidus* dan *Calophyllum costatum*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 16,4 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 123,3 m³/ha. Hutan peralihan dataran rendah kerangas didominasi oleh *Endospermum*, *Nauclea*, *Sloanea* dan *Alstonia*.

Hutan Kerangas

Faktor-faktor yang memengaruhi struktur dan penampakan hutan kerangas yang aneh karena beradaptasi dengan kondisi kering masih belum diketahui. Karena hutan kerangas hanya terdapat di atas tanah yang terbentuk dari endapan silika dan menjadi tanah podzol, kekurangan air secara berkala dan rendahnya pasokan unsur hara juga menjadi faktor penyebabnya. Richards (1952) berpendapat bahwa kekurangan unsur hara pada tanah yang sangat masam lebih merupakan penyebabnya. Dari hasil kajian yang lebih rinci Brunig (1970, 1971, 1974) menyimpulkan bahwa beberapa ciri hutan kerangas merupakan hasil adaptasi komunitas itu untuk bertahan hidup dengan kondisi kekeringan berkala. Whitmore (1984) mencatat bahwa pada kebanyakan jenis pohon, proses respirasi dan fotosintesis akan meningkat ketika suhu mencapai 25° C yang merupakan kondisi pertumbuhan terbaik. Pada suhu yang lebih tinggi, fotosintesis akan menurun sementara respirasi meningkat tajam, sehingga tidak baik untuk pertumbuhan. Daun-daun didinginkan melalui tiga proses: konveksi, panas laten yang diserap pada saat evaporasi berlangsung dan radiasi kembali (Whitmore 1984).

Musim kemarau merupakan bahaya yang serius bagi tumbuhan, karena pasokan air untuk proses pendinginan akan terhenti. Di Malesia, kekeringan berkala terjadi secara merata di bagian yang selalu lembab. Jumlah air yang tersedia untuk tumbuhan juga bergantung dari kapasitas tanah untuk menyimpan air. Di hutan kerangas yang tanahnya porus dan kasar, akar tumbuhan tidak bisa menembus sampai ke lapisan tanah yang keras. Karena itu, kapasitas tanah untuk menyimpan air di hutan kerangas lebih kecil daripada tanah di tipe hutan lainnya dan kekurangan air di hutan kerangas juga sering terjadi.

Brunig (1970, 1971) menjelaskan struktur dan ciri-ciri morfologi vegetasi hutan kerangas sebagai upaya untuk meminimalkan kehilangan air atau untuk mengurangi beban panas pada dedaunan, yang sangat penting agar bisa bertahan hidup selama musim kemarau. Ukuran daun rata-rata di hutan kerangas lebih kecil daripada di hutan basah yang selalu hijau. Ranting dan daun cenderung berbentuk meruncing dan

lebih banyak terdapat di lokasi-lokasi yang sangat kering. Struktur dan fisiognomi hutan kerangas merupakan adaptasi untuk meminimalkan efek kekurangan air secara berkala, yang mungkin lebih sering terjadi di hutan kerangas daripada di hutan dataran rendah lainnya. Menurut Whitmore (1984) ciri khas hutan kerangas adalah tajuk pohon dan dedaunannya merupakan adaptasi penting untuk meminimalkan beban panas ketika proses pendinginan karena transpirasi sangat terbatas (yaitu selama musim kemarau). Beberapa ciri pada hutan kerangas juga menunjukkan kekurangan hara anorganik.

Hutan kerangas mudah menjadi semak pendek bila dibakar. Tumbuhan di atasnya memiliki cara untuk mendapatkan hara mineral tambahan, seperti myrmekofit dan tumbuhan pemakan serangga. Mykorrhiza juga berperan penting di hutan kerangas. *Casuarina*, yang umum di hutan kerangas di Papua Selatan, memiliki nodul-nodul yang mengandung bakteri pencampur nitrogen pada akarnya. Vink (kom. pri.) mencatat bahwa *Casuarina* sering merupakan jenis yang dominan di hutan sekunder dan diyakini menyebabkan daerah yang dipetakan sebagai hutan kerangas menjadi lebih luas.

Data mengenai tingkat produksi biomassa hutan kerangas di Papua tidak ada, tetapi kajian di hutan kerangas di Taman Nasional Gunung Mulu (Sarawak) menunjukkan beberapa aspek siklus unsur hara. Temuan yang penting menyatakan bahwa kelompok hara tanah di hutan kerangas Mulu sama besarnya dengan yang ada di tipe-tipe hutan lainnya (Proctor dkk. 1983, Whitmore 1984). Tingkat serasahnya juga serupa, sementara angka untuk seluruh hara anorganik yang terukur dalam serasah halus yang kembali setiap tahun ternyata lebih kecil daripada yang terdapat di hutan dataran rendah, terutama untuk nitrogen dan kalium. Whitmore (1984) menduga hal ini sebagai alasan hutan kerangas lebih mudah rusak akibat pembalakan dan pembersihan lahan. Ia mencatat bahwa podzol berhumus di hutan kerangas memiliki kandungan liat yang rendah dan kebanyakan kapasitas pertukaran kation terjadi di bahan organik. Proses ini akan mudah teroksidasi ketika tutupan hutan dihilangkan, khususnya di bagian permukaan tanah yang banyak mengandung bahan organik. Liat yang sedikit di dalam tanah

EKOSISTEM DATARAN RENDAH LAINNYA

ini akan cepat tercuci dan meresap ke bawah melalui tekstur tanah yang kasar. Karena itu, tanah ini akan cepat merosot karena tercuci sehingga menjadi pasir putih di atas humus yang sulit ditembus air. Kerentanan tanah ini cukup menjelaskan mengapa lokasi-lokasi hutan kerangas sangat tidak subur dan lebih sulit dihutankan kembali bila hutan alami dan tanahnya terganggu.

Tipe vegetasi hutan kerangas yang terdapat di suatu lokasi yang memiliki ciri-ciri yang kurang menguntungkan seperti disebutkan di atas: flora, struktur dan fisiognominya yang khas harus beradaptasi dengan kondisi lokasi lingkungan yang serba terbatas. Berbagai ciri morfologi yang berfungsi untuk meminimalkan beban panas tersebut diyakini merupakan proses adaptasi. Sebagian besar hutan kerangas tumbuh di atas endapan silika kasar yang menimbulkan podzolisasi tanah. Kawasan hutan kerangas terluas di Malesia terdapat di Kalimantan, di sepanjang garis pantai di teras-teras yang terangkat dan miskin batuan kasar, di daerah berbatu pasir, tepi laut dan di daerah endapan sepanjang sungai. Teras-teras serupa yang lebih sempit terdapat pula di Papua, Sem. Malaysia dan di pantai timur Sumatra. Hutan-hutan kerangas yang luas di pesisir telah dikonversi menjadi savana sekunder melalui penyengutan dan pembakaran (Whitmore 1984).

Hutan kerangas memiliki struktur dan komposisi jenis yang beragam dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Ketinggian pohon umumnya sedang, dengan beberapa pohon yang menjulang. Struktur hutan kerangas di Papua serupa dengan hutan kerangas yang ada di Kalimantan. Hutan kerangas yang luas terdapat di teras-teras yang terbelah di wilayah Kontrak Kerja Penambangan PTFI di Papua Selatan. Kajian mengenai hutan kerangas di wilayah ini, khususnya mengenai identifikasi vegetasi dan klasifikasi hutan kerangas secara kualitatif dan kuantitatif tersedia dalam Shea dkk. (1998).

Hutan Kerangas di Lereng Teras

Lereng-lereng teras di Papua Selatan kebanyakan terdapat di sepanjang jalan PTFI antara Km 56 dan Km 68, yang dilalui oleh banyak sungai

dan anak sungai. Ada dua tegakan di lereng ini yang dikaji, yaitu di Km 56 yang didominasi oleh *Dacrydium*, *Stemonurus*, *Calophyllum* dan *Ceratopetalum* dan di Km 68 terdapat *Dacrydium*, *Palaquium*, *Teijsmanniodendron* dan *Calophyllum* yang mendominasi komunitas hutan di sana. Jenis pepohonan penting lainnya adalah *Ternstroemia*, *Palaquium amboinensis*, *Casuarina papuana*, *Xanthophyllum scor-techini*, *Pandanus*, *Teijsmanniodendron bogoriense*, *Diospyros maritima* dan *Syzygium stipularis*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 34,1 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 261,5 m³/ha.

Tegakan ke dua terletak di sebelah timur jalan PTFI di Km 64. Pepohonan yang mendominasi adalah *Dacrydium*, *Palaquium amboinensis*, *Teijsmanniodendron bogoriense* dan *Calophyllum congestifolium*. Pepohonan lainnya adalah *Drimys piperita*, *Syzygium polyantha*, *S. papuasicum*, *Garcinia dulcis* dan *Pandanus* sp.. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 17,4 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 126,4 m³/ha.

Hutan yang berada di puncak lereng teras memiliki struktur dan fisiogomi serupa dengan hutan kerangas di Borneo (Brunig 1974). Ada dua tegakan yang dikaji oleh Shea dkk. (1998). Pertama adalah di Km 64 sepanjang jalan PTFI. Jenis pohon yang umum adalah *Casuarina papuana*, *Syzygium polyantha*, *Dacrydium*, *Palaquium amboinensis*, *Pandanus*, *Drimys piperita*, *Madhuca*, *Xanthostemon* dan *Calophyllum papuana*. Jenis pohon yang penting adalah *Syzygium polyantha*, *Dacrydium*, *Palaquium amboinensis*, *Diospyros maritima*, *Pandanus*, *Drimys piperita*, *Xanthostemon* dan *Calophyllum papuana*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 21,8 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 130,9 m³/ha.

Tegakan ke dua terletak di Km 64 sepanjang jalan PTFI. Jenis pohon yang mendominasi adalah *Syzygium polyantha*, *Tristania macrosperma*, *Pandanus* dan sebatang pohon yang belum teridentifikasi marganya. Jenis pohon yang penting adalah *Distylium stellare*, *Buchanania macrophylla*, *Diospyros maritima*, *Ternstroemia*, *Calophyllum*

EKOSISTEM DATARAN RENDAH LAINNYA

costatum, *Prunus costata* dan *Garcinia*. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 21,5 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 148,5 m³/ha.

Hutan Kerangas di atas Teras

Permukaan teras antara Km 68 dan Km 71 memiliki topografi bergelombang. Pepohonannya dicirikan oleh bryofit yang besar di batang-batangnya dan di tajuknya dan umumnya lebih tinggi dari yang terdapat di lereng teras dan di puncak lereng teras. Shea dkk. (1998) mengkaji dua tegakan di Km 70. Tegakan ini didominasi oleh *Dacrydium*, *Syzygium*, *Metrosideros pullei* dan *Decaspermum fruticosum*. Jenis pohon lainnya adalah *Calophyllum costatum*, *Diospyros maritima* dan *Sloanea archboldiana*. Perkiraan luas bidang dasar pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 41,7 m²/ha dan volume batang total bersih adalah 450,3 m³/ha. Pohon yang dominan di lokasi ke dua adalah *Metrosideros parviflora*, *Calophyllum congestifolium*, *Sloanea archboldiana* dan *Pandanus*. Jenis lainnya adalah *Alstonia spectabilis*, *Garcinia*, *Syzygium anomala* dan *Timonius* sp. dan jenis-jenis pohon palem. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd adalah 14,3 m²/ha sedangkan volume batang total bersih adalah 145,9 m³/ha. Ada tegakan lain yang terletak di Km 70 di sepanjang jalan PTFI. Dengan jenis dominannya *Metrosideros parviflora*, *Calophyllum congestifolium*, *Sloanea archboldiana* dan *Pandanus*. Jenis pohon lain yang terlihat adalah *Alstonia spectabilis*, pohon palem, *Garcinia*, *Syzygium anomala* dan *Timonius* sp. Perkiraan luas bidang dasar untuk pohon yang lebih besar dari 10 cm dsd (atau diameter di atas akan banir) adalah 14,3 m²/ha dan volume batang total bersihnya 145,9 m³/ha.

Ekosistem Padang Rumput dan Savana

Berbeda dengan sebagian besar wilayah Nugini, iklim di bagian tengah-selatan beriklim monsun. Hampir 75% dari curah hujan tahunan (1.875 mm) jatuh di musim penghujan, dari Desember sampai Mei, sisanya jatuh

EKOLOGI PAPUA

di musim kemarau antara Juni sampai November (Paijmans dkk. 1971). Kondisi ini membuat tipe vegetasi didominasi oleh padang rumput dan savana, yang dikelilingi oleh hutan monsun. Dengan ketinggian maksimum 45 m, bentang alam landai dan terbuka di wilayah ini unik, mirip dengan pesisir dan wilayah yang berbatasan dengan Australia bagian utara dan sangat berbeda dengan pedalaman Papua yang berpegunungan.

Selain iklim, ada dua bentuk lahan lain yang turut memengaruhi vegetasi di Papua Selatan: dataran rendah dan dataran tinggi Oriomo. Dataran rendah di pesisir pantai diselingi oleh lembah-lembah kecil dan bantaran sungai dan lebih ke dalam dilewati oleh beberapa sungai berukuran kecil sampai sedang. Dari bagian barat ke timur dataran ini mencakup S. Bian, S. Kumba dan S. Maro (di Papua) dan muara S. Torassi, yang merupakan batas internasional antara Indonesia dan PNG. Lebar dataran pesisir bervariasi antara 15 km sampai 40 km. Umumnya, ketinggian rata-ratanya tidak lebih dari 5 m dpl. Selama musim hujan, dataran ini digenangi air tawar, sedangkan tebing-tebing pantainya tersalir baik, tanahnya berpasir dan vegetasinya didominasi oleh hutan atau padang alang-alang *Imperata*. Dataran rendah ke arah pedalaman sepenuhnya tergenang selama musim hujan sehingga bersama daerah pesisir lainnya yang tergenang menciptakan lahan basah yang terluas di Papua. Ketika sebagian besar dataran rendah di pedalaman mengering selama musim kemarau, beberapa bagian masih tetap merupakan rawa permanen. Daerah-daerah ini sangat penting bagi banyak populasi burung air dan perancah di wilayah ini, baik jenis yang menetap maupun migran. Vegetasi di wilayah yang kadang tergenang ini adalah padang alang-alang rendah dengan beberapa pohon *Nauclea* dan *Pandanus* yang berpencar. Di daerah-daerah berawa yang dibatasi oleh saluran sungai-sungai tua dan bantaran sungai-sungai kecil, vegetasinya merupakan campuran rumput *Phragmites* dan padang alang-alang tinggi di rawa, padang rumput pendek di rawa semi permanen sampai ke hutan rawa *Melaleuca* musiman, serta savana *Melaleuca* di dataran yang lebih tinggi (Paijmans dkk. 1971).

Dataran tinggi Oriomo dialiri oleh beberapa sungai kecil dengan daerah resapan air yang sempit yang mengalir ke arah selatan sampai ke dataran pesisir. Ketinggian dataran tinggi ini maksimum 55 m dpl,

EKOSISTEM DATARAN RENDAH LAINNYA

dilintasi oleh S. Bian, S. Kumbe dan S. Maro yang umumnya memiliki bantaran sungai sempit. Bagian utara dataran tinggi merupakan daerah resapan air dengan tanah agak bergelombang. Rendahnya porositas tanah menyebabkan penggenangan musiman dan vegetasi yang ada terdiri dari savana *Melaleuca* atau padang rumput alang-alang pendek. Tanah bergelombang yang tersalir baik umumnya tidak tergenang dan memberi kesempatan bagi pertumbuhan savana campuran tinggi dan hutan monsun, dengan berbagai campuran antara belukar monsun dan savana campuran pendek.

Vegetasi di dataran tinggi mengalami perubahan karena kegiatan manusia sejak lama, yaitu pertanian tradisional, khususnya yang menggunakan api di daerah padang rumput dan savana dan melalui perladangan berpindah skala kecil dan lokal. Walaupun pengeringan lokal merupakan faktor utama yang menentukan tipe vegetasi, pembakaran tahunan ini sering menyamakan kaitan antara habitat dan vegetasi. Savana dan padang rumput di Papua masih jarang diteliti. Informasi yang tersedia bersumber dari penelitian yang dilakukan di PNG (Brass, 1938, Rand dan Brass 1940, Paijmans 1971) dan di TN Wasur oleh WWF (Bowe dkk. 1993, Bowe 1997, Stronach 1995, 2000, 2001, Bartolo dkk. 2002). Van Royen pernah melakukan survei vegetasi di sekitar S. Maro, S. Kumbe dan S. Bian (van Royen 1963). Beberapa kegiatan kecil juga pernah dilakukan di daerah Yos Sudarso (Kimaam) (Silvius dan Taufik). Deskripsi mengenai tipe-tipe padang rumput dan savana berikut ini bersumber dari Paijmans dkk. (1971) dan Paijmans (1971).

Rawa Padang Rumput Pendek

Rawa padang rumput pendek terdiri dari hamparan *Pseudoraphis spinescens* lebat yang membentuk rerumputan pendek di musim kemarau, tetapi di musim hujan akan tumbuh tinggi sehingga bisa tetap mengambang karena bagian rawa yang tergenang menjadi lebih dalam. Perbedaan ketinggian tinggi permukaan tanah menguntungkan bagi pertumbuhan alang-alang pendek seperti *Fimbristylis* dan *Rhynchospora*. Di bagian yang agak tinggi, seperti di tanggul-tanggul,

EKOLOGI PAPUA

merupakan habitat *Melaleuca viridiflora* dan *M. Cajeputi* berukuran kecil, sedangkan *Dillenia alata*, *Barringtonia tetraptera* dan *Nauclea orientalis*, pada umumnya berada di sepanjang perbatasan dataran berumput dan sering membentuk garis batas dengan tanah yang lebih tinggi. Padang rumput ini selalu tergenang cukup lama dan berada dekat dengan perbatasan PNG serta merupakan batas tepi daerah Yauram di bagian selatan-tengah TN Wasur. Tipe vegetasi ini semakin sukar dilihat, karena invasi jenis *Melaleuca* yang meluas (lihat bagian mengenai dinamika savana dan padang rumput).

Vegetasi Alang-alang Pendek sampai Sedang

Vegetasi di habitat ini terdiri dari hamparan alang-alang dan rerumputan setinggi 30-75 cm dalam proporsi yang sama. Rerumputan yang dominan di daerah pantai adalah *Ischaemum* sp. dan *Eriachne* di pedalaman. *Schoenus* dan *Rhynchospora* adalah jenis alang-alang yang umum. Jenis-jenis herba seperti *Utricularia* sp. di beberapa tempat, seperti di dataran di belakang Desa Tomerau di TN Wasur dan di tepi S. Bian. Satu-satunya jenis pohon yang ada adalah *Pandanus* sp. dan sering jumlahnya sangat sedikit sehingga tidak menyerupai savana. *Melaleuca* spp., *Tristania*, *Nauclea orientalis* dan *Acacia* sp. terdapat di mana-mana dan terpencair. Kadang terdapat pula pohon-pohon rendah dan belukar, terutama *Melaleuca* spp. dan *Synoga lysicephala*. Dataran di sudut tenggara TN Wasur merupakan habitat tipe vegetasi ini, yang sering mengalami pembakaran berkala, penyenggutan berat oleh Rusa (*Cervus timorensis*) yang diintroduksi dan lama tergenang. Sebagaimana di rawa padang rumput pendek, tipe vegetasi ini didominasi oleh jenis *Melaleuca* spp. yang cepat berkembang menjadi hutan dan lapisan herbanya semakin menurun.

Rawa Padang Rumput Sedang

Padang rumput ini menempati tepian sungai dan rawa permanen, serta membentuk hamparan mengapung yang lebat. Di daerah yang dangkal sampai yang bertanah kering, habitat ini sangat luas sampai mengelilingi Rawa Biru di TN Wasur. Hamparan rumput ini mencakup jenis *Echino-*

EKOSISTEM DATARAN RENDAH LAINNYA

chloa stagnina, di air yang lebih dalam dan bagian tumbuhan yang menjulang dan bisa mencapai 60-80 cm di atas permukaan air, yaitu *Oryza* sp., *Leersia hexandra* dan *Hymenachne acutigluma*. Ketiga jenis terakhir ini di beberapa tempat tertentu dapat membentuk hamparan murni. Di bagian hamparan *Hanguana malayana* yang luas dan di beberapa tempat lainnya teratai merah muda *Nelumbo nucifera* berlimpah. Di rawa-rawa yang lebih dangkal dan bisa mengering, jenis *Ischaemum polystachyum* yang sangat mencolok, kadang bersama dengan jenis *Leersia hexandra*, *Eleocharis dulcis* dan *Phragmites karka*. Hamparan rumput mengapung ini dulu jauh lebih luas, tetapi sekarang menyempit akibat penyenggutan oleh Rusa. Di tempat-tempat yang penyenggutannya cukup berat, hamparan rumput hanya tersisa di tempat yang airnya cukup dalam sehingga Rusa tidak dapat berdiri.

Padang Rumput Sedang

Di dataran pesisir di belakang pantai terdapat komunitas padang rumput sedang, terutama terdiri dari jenis *Imperata cylindrica* sampai setinggi 1 m. Karena kebakaran berkala, komunitas ini cenderung hanya memiliki beberapa jenis semak belukar atau pepohonan yang cukup tahan terhadap api, seperti *Melaleuca cajuputi*, *Alstonia actinophylla* dan jenis palem *Livistona* serta *Corypha elata*. Di bagian-bagian yang agak tergenang dan terlalu basah untuk ditumbuhi *Imperata* terdapat herba sempit dari jenis lili *Crinum*, yang berbunga di awal musim hujan. Padang rumput *Imperata* terdapat di sepanjang pantai dari perbatasan PNG sampai ke Okaba di sebelah barat S. Bian. Padang rumput sedang ini terpelihara oleh manusia melalui pembakaran secara berkala, yang selama tahun-tahun sebelumnya terkait dengan perburuan babi hutan. Di lokasi yang mengalami penyenggutan berat, setelah pembakaran *I. cylindrica* diganti oleh jenis *Chrysopogon aciculatus* yang pendek.

Rawa Alang-alang Tinggi

Rawa alang-alang tinggi terdapat di rawa gambut permanen, dengan kedalaman air sekitar 60 cm dan sebagian besar didominasi oleh satu

EKOLOGI PAPUA

jenis atau campuran *Phragmites karka* dan jenis *Scleria cf. poaeformis* serta *Cyperus cf. platystylis* sejenis rumput berdaun lebar yang tingginya mencapai 2,5 m. Beberapa jenis rumput lainnya, seperti *Phragmites karka*, *Eleocharis* spp. dan *Leersia hexandra* merupakan jenis yang sama-sama dominan. Jenis yang pendek seperti *Melaleuca* dan *Acacia* tumbuh tersebar di beberapa ketinggian. Di tepian yang lebih dangkal ditumbuhi oleh jenis rumput pendek serta herba perairan seperti *Utricularia*, yang membentuk batas yang jelas dan memiliki pola daun pakis sehingga terlihat jelas pada foto udara. Perairan terbuka umumnya tertutup oleh jenis *Azolla imbricata* dan *Nymphaea indica* yang mengapung. Di tempat yang mengalami penyenggutan berat oleh Rusa dan pembakaran setelah kemarau, tipe vegetasi ini menghilang dan digantikan oleh rumput *Pseudoraphis spinescens*. Kemerosotan habitat ini juga diperparah oleh pengeringan rawanya.

Savana Rawa *Melaleuca*

Savana rawa *Melaleuca* terdiri dari tegakan *Melaleuca cajuputi* dan *M. leucodendron* setinggi 10-15 m yang tergenang secara musiman. Lapisan bawahnya berupa rumput rawa berukuran sedang sampai tinggi seperti *Phragmites*, *Leersia*, atau *Elaeocharis*. Tajuk pepohonannya terbuka sampai agak lebat (20-60%). Pepohonan jenis *Barringtonia tetraptera* dan *Nauclea orientalis* yang tersebar dan komposisi lapisan herba menunjukkan bahwa tipe vegetasi ini mungkin merupakan hasil invasi padang rumput oleh *Melaleuca*. Seperti komunitas padang rumput yang kering permanen atau berkala, tipe vegetasi ini juga mengalami pembakaran berkala dan jenis pepohonannya cukup tahan api.

Savana *Melaleuca*

Di savana ini terdapat jenis pohon *Melaleuca viridiflora* berketinggian 8-14 m yang membentuk tajuk agak lebat sampai terbuka. Di bawahnya adalah lapisan rerumputan dan alang-alang setinggi 40 cm, namun tidak tergenang sesering daerah savana rawa *Melaleuca*. Lapisan di permukaan tanahnya bervariasi antara 50%-90%, kebalikan dengan

EKOSISTEM DATARAN RENDAH LAINNYA

tingkat tutupan pohon. Jenis pohon lainnya seperti *Asteromyrtus symphocarpa* (sama-sama dominan), *Acacia leptocarpa* dan *Dillenia alata*. Semak belukar dan pepohonan kecil mencakup jenis *Pandanus* sp. dan *Sinoga lysicephala* yang membentuk tegakan yang cukup lebat. Jenis herba juga cukup beragam dan jenis rumputnya adalah *Arundinella nepalensis*, *Eriachne trisetata* dan *Ischaemum barbatum*. *Schoenus* spp. cukup mencolok.

Savana Rendah Campuran

Savana rendah campuran terdiri dari pepohonan setinggi rata-rata 13 m, beberapa pohon dapat mencapai 25 m, yang membentuk mosaik tegakan, terbuka sampai agak lebat yang tidak teratur. Sebaran tegakannya mencerminkan kombinasi antara kondisi tanah dan sejarah kebakarannya. Penggenangan dangkal merupakan kondisi yang biasa. Jenis pohonnya tidak beragam, tetapi jenis yang terpenting adalah *Tristania suaveolens*, *Asteromyrtus symphocarpa*, *Xanthostemon crenulatus*, *Alstonia scholaris*, *Grevillea glauca* dan *Banksia dentata*. Jenis lainnya adalah *Acacia* spp., *Dillenia alata* dan *Eucalyptus polycarpa*. Anggrek epifit dan benalu merupakan jenis yang mencolok. Lapisan semak belukar sampai ketinggian 3,5 m terdiri dari jenis tegakan dan individu yang terpecah, yang persebaran dan ketahanan hidupnya ditentukan oleh kebakaran lapisan bawah yang terjadi di musim kemarau. *Acacia leptocarpa* merupakan ciri jenis pohon muda yang penting, termasuk *Melastoma polyanthum*, *Rhodamnia*, *Acacia simsii*, *Sinoga lysicephala* dan jenis *Pandanus* sp. pendek. Tutupan bawah umumnya 80-100%, dengan komposisi dan sebaran yang terpecah dan mencerminkan penyaliran tanah yang buruk dan bervariasi. Akibatnya, jenis rumput yang paling umum adalah *Schoenus* sp. dan *Scleria* (biasanya berupa tegakan tinggi dan besar) dan jenis-jenis herba lokal, termasuk jenis pemakan serangga *Utricularia*, *Nepenthes* dan *Dianella*. Jenis-jenis rumput di antaranya *Imperata cylindrica*, *Eragrostis* sp., *Ischaemum barbatum* dan *Eriachne* sp. yang tidak berkembang baik.

EKOLOGI PAPUA

Savana Tinggi Campuran

Pepohonan yang terdapat di savana tinggi campuran rata-rata berketinggian 25-30 m, beberapa pohon mencapai 40 m. Seperti di savana pendek campuran, tutupan tajuk dan sebaran ketinggiannya terpecah. Jenis pohon yang dominan meliputi *Melaleuca cajuputi* dan *Tristania suaveolens*, berbaur dengan *Xanthostemon crenulatus*, *Acacia mangium*, *Alstonia scholaris*, *Melaleuca leucodendron* dan *Asteromyrtus symphocarpa*. Komposisi jenis di lapisan semaknya sama dengan yang ada di savana rendah campuran. Penggenangan musiman jarang, tetapi kecenderungan penggenangan dipengaruhi oleh kondisi tanah lokal. Lapisan bawah sangat lebat, terdiri dari rerumputan setinggi 1,2 m (*Imperata cylindrica* bercampur dengan *Pseudopogonatherum irritans* atau *Arundinella* sp.) dan alang-alang juga sesekali dijumpai. Keanekaragaman herbanya lebih besar dari keanekaragaman di savana rendah campuran dan ada beberapa jenis pemakan serangga.

Dinamika Savana dan Padang rumput

Padang rumput kini sedang mengalami perubahan alam yang mengkhawatirkan. Invasi vegetasi berkayu merupakan bukti yang jelas ketika membandingkan foto udara di tahun 1940-an dengan citra satelit terkini. Jenis pohon dominan yang menginvasi padang rumput adalah *Melaleuca* spp. dan *Nauclea orientalis*. Pengurangan rumput rawa *Phragmites karka* dan jenis lainnya juga telah terbukti (Bartolo dkk. 2002). Agen perusak utama di padang rumput adalah Rusa yang telah menyingkapkan beberapa jenis rumput, seperti jenis *Phragmites* tinggi karena kegiatan penyengutan yang intensif.

Kombinasi dampak binatang feral dan kebakaran dan mengeringnya habitat rawa akan memicu kepunahan padang rumput di Papua Selatan, yang sebagian besar terdapat di TN Wasur. Perubahan-perubahan ini akan mengarah ke menurunnya keanekaragaman hayati di Papua. Faktor-faktor lain yang juga menyumbang penurunan permukaan air tanah di lahan-lahan basah antara lain adalah perubahan hidrologi rawa karena hilangnya rerumputan, menurunnya curah hujan di musim hujan

dan pengambilan air yang tidak lestari dari Rawa Biru untuk memenuhi kebutuhan air penduduk di kota Merauke.

Rusa bukan binatang asli Papua, tetapi diintroduksi ke Merauke pada tahun 1928. Rusa kemudian menyebar ke sebagian besar dataran rendah pantai selatan Papua dan PNG. Introduksi satwa ini ke Manokwari dan Jayapura juga menyebabkan perubahan habitat yang paling berpotensi di provinsi ini. Rusa telah beradaptasi dengan baik di lingkungan barunya di padang-padang rumput dan savana. Selain itu, rumput-rumputan tidak terlalu banyak dimakan oleh walabi, satu-satunya pemakan rumput terbesar yang asli di pulau ini. Rusa dapat menyenggut sampai ke rawa-rawa yang cukup dalam, sementara populasi walabi terbatas di tanah kering saja. Ketersediaan makanan yang melimpah membuat populasi rusa berhasil berbiak, sementara tidak banyak predator alaminya yang dapat membunuh dan mengontrol jumlah populasinya. Pada awalnya, penduduk asli Papua tidak mengenal rusa dan tidak menyadari bahwa satwa ini dapat menjadi sumber makanan yang penting bagi mereka. Karena itu, populasinya tumbuh pesat dan sampai sekarang masih memperluas daerah sebarannya. Masalah-masalah yang timbul akibat introduksi binatang asing ke suatu lingkungan baru telah terdokumentasi dengan baik (Bagian 7), dengan berbagai akibat ekologis yang patut disesalkan. Dalam konteks ekologi dan konservasi keanekaragaman hayati, introduksi satwa ini ke Papua juga harus dipandang demikian.

Menurut penduduk asli di TN Wasur, vegetasi di kawasan ini mengalami tiga perubahan besar sejak rusa diintroduksi. Perubahan terbesar adalah berkurangnya rumput rawa yang tinggi, terutama jenis *Hymenachne*, yang semula merupakan jenis yang melimpah. Jenis ini dapat membentuk hamparan yang mengapung di air, dapat mengurangi pengeringan rawa-rawa secara musiman dan menyediakan habitat yang penting bagi banyak makhluk hidup di lahan basah. Namun, kebanyakan jenis rumput tidak mampu bertahan dari penyenggutan rusa. Akibatnya, vegetasi mengalami perubahan besar dan sekarang bersifat musiman, mengurangi habitat buaya dan tempat bersarang burung-burung air. Selain itu, burung pelikan (*Pelecanus conspicillatus*) juga berhenti berbiak dan Angsa bioga (*Anseranas semipalmata*) telah menurun jumlahnya di TN Wasur.

EKOLOGI PAPUA

Perubahan besar kedua adalah menurunnya tegakan *Phragmites* sp. yang dulu sangat berlimpah. Jenis rumput ini sangat rentan oleh penyengutan yang berlebihan. Padang rumput ini juga merupakan tempat berlindung yang penting bagi rusa dan satwa lainnya. Pada tahun 1980-an dan awal 1990-an, rusa di Wasur diburu secara komersial dan padang rumputnya dibakar secara berkala oleh para pemburu agar sepeda motor mereka dapat masuk dan agar rusa itu kehilangan tempat berlindung. Hamparan rumput hijau yang tumbuh setelah padang rumput dibakar sangat menarik bagi rusa dan juga walabi, sehingga mereka lebih mudah diburu dan mempercepat penurunan populasinya. Keberadaan *Phragmites* yang lebat di daerah ini akan memperlambat aliran air di musim hujan. Daerah ini kemungkinan tergenang untuk waktu yang cukup lama dan menurunnya tutupan *Phragmites* menjelaskan mengapa rawa-rawa menjadi tidak permanen atau berkurang luasnya. Sayangnya, tidak banyak yang diketahui tentang dampak rusa terhadap flora dan fauna di Papua.

Faktor ke tiga lebih bersifat perubahan mendasar pada vegetasi di Wasur, yaitu menyebarnya pohon-pohon (kebanyakan dari jenis *Melaleuca*) ke padang rumput terbuka yang tampaknya juga terkait dengan efek kegiatan penyengutan rusa, Penduduk asli di sini melaporkan bahwa beberapa lokasi yang dulu merupakan padang rumput sekarang telah menjadi hutan *Melaleuca*. Kejadian ini telah berlangsung sejak dua sampai tiga dekade terakhir. Perubahan vegetasi ini kemungkinan disebabkan oleh rusa, yang memberi lingkungan yang ideal bagi *Melaleuca* untuk berkembang biak.

Penelitian terkini untuk menunjukkan kecepatan dan luas perubahan vegetasi bahwa perubahan ini berlangsung cukup cepat. Contoh yang paling mengkhawatirkan adalah invasi vegetasi berkayu ke habitat padang rumput di daerah Wasur dan Tonda. Misalnya, di Umbal (Wasur bagian tenggara), anakan *Melaleuca viridiflora* telah menyebar sendiri seluas 365 ha (Bartolo dkk. 2002). Selain itu, kerapatan *M. viridiflora* di seluruh padang rumput juga bervariasi sesuai sistem penggenangan. Di tempat yang tergenang dalam, kerapatan anakan *M. viridiflora* tidak setinggi di air yang tidak begitu dalam. Dengan demikian, kedalaman

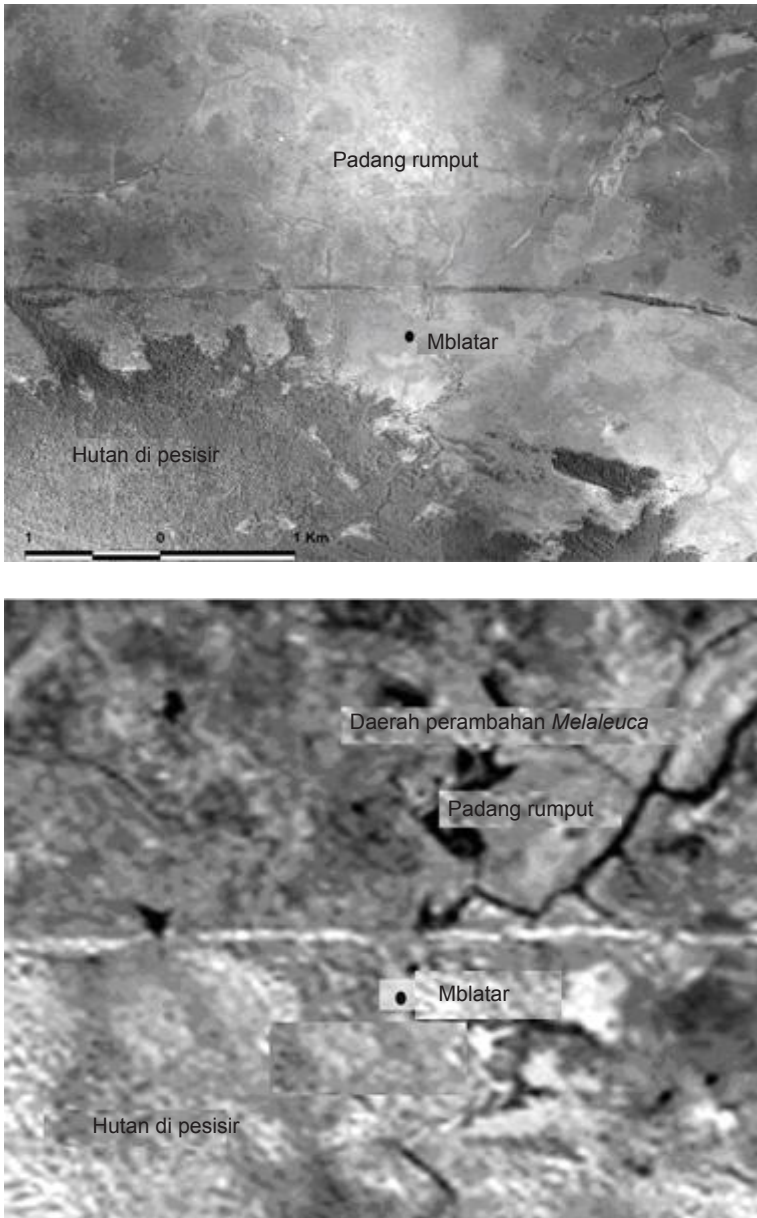
air dan lamanya penggenangan mungkin merupakan faktor yang menentukan invasi *Melaleuca* ke padang rumput.

Invasi *Melaleuca* juga terjadi di perbatasan antara hutan *Melaleuca* dan rawa terbuka di wilayah ini sampai ke bagian tenggara Yauram (TN Wasur), yang telah mencapai 150 ha. Tahapan-tahapan invasi perambahan sangat nyata, terbukti dari tingkat kelas umur yang berbeda. Di tempat tertentu ada tegakan *Melaleuca* dengan kelas umur yang sama, yang menjadi korban kebakaran akhir 1980-an dan tidak tumbuh lagi. Tempat-tempat ini harus dikaji secara teliti agar diketahui apakah mereka merupakan sistem kebakaran yang cocok untuk mengontrol invasi. Saat ini masih belum jelas apakah bentuk invasi ini merupakan bagian dalam perubahan siklus alami.

Analisis foto udara dari masa lalu dapat juga membantu untuk menentukan apakah perubahan batas yang terjadi merupakan cerminan dari episode perubahan berupa siklus atau akibat dari perubahan langsung yang terjadi secara perlahan. Perkiraan konversi padang rumput menjadi hutan *Melaleuca* didasarkan pada data penginderaan jauh. Selain itu berbagai data satelit juga digunakan untuk mengkaji struktur dan kerapatan hutan *Melaleuca*. Penginderaan jauh merupakan cara praktis untuk mengukur invasi *Melaleuca* menurut waktu dan ruang, karena lokasinya yang terpencil dan sulit didatangi serta secara logistik juga cukup sulit dan mahal.

Perbandingan foto-foto citra Landsat TM5 yang diambil pada tanggal 31 Mei 1997 menunjukkan bahwa di Mblatar (di dalam TN Wasur) telah mengalami invasi *Melaleuca* secara meluas. Dalam Gambar 5.5.1a, foto udara hitam putih yang diambil pada bulan April 1948 menunjukkan adanya lingkungan padang rumput terbuka, yang ditandai warna abu-abu halus. Dalam Gambar 5.5.1b, yaitu citra satelit tahun 1997, padang rumput tersebut ditunjukkan dengan warna merah muda dan invasi *Melaleuca* ditandai warna hijau terang. Dengan membandingkan kedua gambar ini, terlihat bukti yang jelas bahwa sejak tahun 1948 terjadi penambahan daerah berhutan yang cukup besar (sekitar 1.450 ha) yang mengorbankan padang rumput (Bartolo dkk. 2002). Diperkirakan

EKOLOGI PAPUA



Gambar 5.5.1. Perubahan padang rumput di area Mblatar di TN Wasur. (A) Foto udara di lokasi ini pada April 1948. Daerah padang rumput pada gambar ini berwarna abu-abu dengan tekstur yang halus. (B) citra Landsat TM pada Mei 1997. Daerah padang rumput yang tersisa yang disebut Mblatar dan ditandai warna semi abu-abu.

EKOSISTEM DATARAN RENDAH LAINNYA

lebih dari 50% luas asli padang rumput telah hilang atau dalam proses menjadi hutan.

Selain efek kegiatan penyengutan oleh rusa yang telah dijelaskan di atas, ada faktor lain yang mungkin mendorong perubahan habitat. Babi hutan juga menyebabkan kerusakan besar di rawa-rawa *Eleocharis* musiman. Pengamatan di lapangan menunjukkan adanya daerah cukup luas yang digali oleh babi hutan (*Sus scrofa elebensis*, Stronach 2000). Tanah-tanah yang terbuka akibat penggalian ini merupakan kondisi ideal bagi perkecambahan biji *Melaleuca*.

Peran kebakaran dalam proses invasi ini masih belum jelas. Kebakaran yang terjadi di akhir musim kemarau yang biasanya sangat panas dapat mematikan tegakan *Melaleuca*. Namun umumnya tegakan ini akan tumbuh kembali. Invasi *Melaleuca* ke padang rumput sungguh merupakan suatu rangkaian proses yang sangat rumit dan belum semua aspek yang terkait dipahami dengan baik. Invasi ini mungkin saja merupakan bagian dari proses alami yang sangat lambat yang telah dimulai sejak ribuan tahun yang lalu. Namun yang jelas, perubahan dinamika padang rumput-savana telah dipercepat sejak kedatangan rusa dan akibatnya habitat yang penting ini sekarang terancam punah.

5.6. *Ekosistem Gua**

Ekosistem di permukaan tanah sangat kompleks karena melibatkan banyak jenis yang saling berinteraksi dengan ekosistem di sekitarnya yang memiliki variasi harian dan tahunan. Kondisi ini membuat keanekaragaman hayatinya sulit untuk diketahui secara mendalam karena dinamikanya cukup sulit untuk dipelajari. Ekosistem gua jauh lebih sederhana dari ekosistem yang ada di luarnya, karena batas-batasnya lebih jelas (Whitten dkk. 1996), komunitasnya lebih sederhana dan habitat mikronya tidak terlalu beragam. Ekosistem gua juga tidak memperlihatkan tanda-tanda perubahan iklim harian atau musiman. Karena itu, gua menyediakan kesempatan unik untuk menguji berbagai hipotesis mendasar mengenai dinamika keanekaragaman hayati dan ekologi komunitas, serta memungkinkan seluruh jenis yang ada dalamnya untuk dikaji.

Gua juga merupakan jendela alami untuk memahami lingkungan bawah tanah yang sangat luas, yang sebagian besar tidak dapat dimasuki oleh manusia. Morfologi gua sangat beragam, dari kecil sampai sangat luas, ada yang memiliki jalan yang sangat panjang, terowongan curam yang sangat dalam atau jalan yang bersimpang siur, ada yang dilewati sungai yang mengalir (gua aktif), atau gua yang sungainya mengering (gua-gua fosil atau nonaktif). Kecuali yang bentuknya simpang siur, semua morfologi gua lain yang dibahas dalam bab ini terdapat di Papua; hidupan liar di dalamnya juga telah diteliti.

Karena lingkungan gua stabil dan sulit, laju evolusi di dalamnya sangat berbeda dengan yang terjadi di sebagian besar ekosistem lainnya. Binatang tertentu yang telah beradaptasi dengan lingkungan gua memperlihatkan ciri-ciri biologis dan morfologis yang unik, termasuk tidak adanya organ-organ yang penting bagi jenis-jenis yang hidup di permukaan (seperti

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Caves of Papua", Louis Deharveng, Tony Whitten & Philippe Leclerc.

EKOSISTEM GUA

mata, pigmen, dan sayap untuk serangga) (Christiansen 2004), hilangnya kemampuan pengaturan air, menurunnya metabolisme, siklus hidup yang lebih panjang, tingkat reproduksi yang lebih rendah, dan kecenderungan untuk memertahankan ciri-ciri larva sampai ke masa dewasa. Banyak dari sifat-sifat ini cenderung membatasi penyebaran populasi di antara beberapa batuan karst, yang tercermin oleh tingginya tingkat endemisme fauna gua (Gibert dan Deharveng 2002). Dalam konteks ini, Papua sangat menarik perhatian karena luas, fragmentasi dan kisaran ketinggian karstnya tidak ada yang menandinginya di Asia Tenggara atau Australasia. Sayangnya, data yang ada tidak cukup untuk menyatakan kekayaan fauna gua Papua. Bahan yang disajikan di sini merupakan penelitian biospeleologi yang pertama di Papua.

Lingkungan Gua

Ekosistem gua umumnya terdapat di batuan vulkanik atau batuan pasir, tetapi sebagian besar berada di batuan kapur. Gua terbentuk dari proses pelarutan batuan karbonat oleh air yang sangat lambat. Air hujan membawa karbon dioksida (CO_2) saat masuk ke dalam tanah, sehingga meningkatkan keasaman tanah. Karena kemampuannya melarutkan kalsium karbonat (pembentuk utama batu kapur), air dapat mencapai batuan yang mendasarinya, dan perlahan akan memperluas celah-celah kecil. Celah ini disebut gua ketika ukurannya dapat dimasuki manusia. Ketika mencapai ruang kosong yang cukup besar, air akan kehilangan CO_2 karena adanya perubahan keseimbangan gas atmosferik, dan akan mengendapkan kalsium karbonat, lalu membentuk formasi khas gua yang disebut stalaktit (formasi menggantung). Kalsium karbonat yang tersisa dari tetesan air di stalaktit akan mengendap di lantai gua, membentuk stalagmit dan formasi lainnya. Semua air yang mengalir atau tergenang di dalam gua akan menyimpan kalsium karbonatnya dalam bentuk kristal. Semua bentuk formasi ini, disebut “dekorasi gua” (speleotem) dan akan meningkatkan luas permukaan yang dapat didiami oleh penghuni gua.

Hidrologi karst mengendalikan sebagian besar struktur komunitas organisme perairan di gua, tetapi tidak terlalu berpengaruh pada komunitas daratan. Bagian epikarst (di atas zona perkolasi dan persis di

bawah permukaan tanah) lebih mudah menyerap dan dapat ditembus air daripada batuan dasar gua, karena fluktuasi iklim mikro, akar-akar pohon serta proses-proses di dalam karst cenderung untuk mematahkan dan memecahkan batuan dasar di permukaan dan di subpermukaan gua (Humphreys 2000). Di dalam zona epikarst ini sering terbentuk akuifer yang menyimpan air yang masuk, dan merupakan habitat fauna gua yang unik (Jones dkk. 2004).

Di bawah tanah, air mengalir melalui pori-pori kecil yang tersebar merata di bebatuan atau di retakan-retakan (sampai 10 mm) yang alirannya landai, sedangkan di gua-gua yang lebih besar aliran airnya bergolak. Aliran air yang bergolak ini juga terjadi di air yang ada di daerah karst dan memungkinkan perpindahan air dengan cepat; sedangkan aliran air lambat di daerah rekahan dan sangat lambat di pori-pori kecil (Bakalowicz 2005, White 2005).

Faktor terpenting yang menentukan komposisi fauna perairan di gua adalah ketersediaan air untuk hidup. Air di bagian karst yang terdalam sering dihuni binatang khusus, disebut stygobit, yang hanya terdapat di habitat ini. Sungai-sungai kecil di bawah tanah yang mengalir langsung dari sungai di permukaan tanah dan melewati batuan karst tanpa melalui satu saringan pun (seperti batu-batu besar) sering hanya dihuni fauna dari luar gua. Langkanya air di gua-gua yang disurvei dapat menjelaskan kurangnya pengamatan jenis-jenis fauna stygobit di Papua.

Lingkungan gua memiliki ciri-ciri unik yang menguntungkan maupun merugikan makhluk hidup. Misalnya, binatang darat terlindung dari fluktuasi suhu dan kelembaban harian dan musiman, tetapi tidak adanya cahaya dan langkanya makanan merupakan faktor pembatas untuk bertahan hidup. Beberapa jenis binatang troglobit (daratan) atau stygobit (perairan) telah beradaptasi dengan ciri-ciri kondisi lingkungan demikian sehingga tidak lagi mampu bertahan pada kondisi di luar gua.

Gua-gua di Papua

Batuan kapur terdapat di hampir semua jenis lingkungan di Papua, mulai dari permukaan laut hingga puncak-puncak gunung di atas 4.500 m.

EKOSISTEM GUA

Namun, eksplorasi speleologi di Papua paling terbelakang daripada bagian lain di wilayah Australasia; hanya beberapa gua saja yang telah dijelajahi.

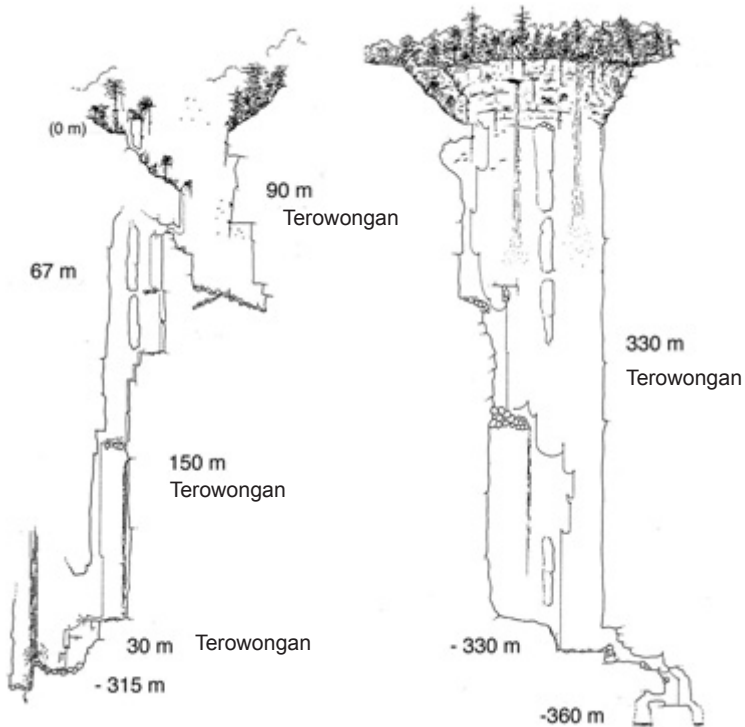
Gua-gua di dataran tinggi di sekitar Wamena dan G. Trikora telah dikunjungi oleh penjelajah gua dari Inggris (White 1986, Willis 1990, Jones 1993), yang mengeksplorasi lebih dari 2 km ke cekungan raksasa di Lembah Baliem, salah satu sungai bawah tanah terbesar di dunia. Sebuah tim dari Belanda melakukan survei di beberapa sistem gua vertikal di Peg. Star (Severens dkk. 1993). Tim dari Prancis mengeksplorasi gua-gua dan terowongan vertikal luas di daerah Kepala Burung, tetapi hasil-hasil dari ekspedisi tersebut tidak pernah dipublikasikan. Tim dari Prancis (ekspedisi tahun 1992, dilaporkan dalam Lacas dkk. 2001, ekspedisi lanjutan di tahun 1994, 1999, 2001, 2002, laporan tidak diterbitkan) juga telah mengunjungi gua-gua di daerah Fak Fak. Gua-gua di Papua dapat dilihat pada Gambar 5.6.2-3, dan informasinya diringkas dalam Tabel 5.6.1.

Ekologi

Pengetahuan mengenai ekologi gua di Papua sangat terbatas. Namun ada beberapa informasi awal yang dapat diambil dari hasil kajian persebaran gua-gua yang kondisi geografis dan ekologisnya telah disurvei. Jenis binatang gua dapat dibedakan dalam tiga golongan ekologis, berdasarkan keterkaitannya dengan habitat bawah tanah (Humphreys 2000): (1) troglobit adalah jenis-jenis binatang gua obligat yang tidak mampu bertahan hidup di luar lingkungan gua; (2) troglafil adalah binatang yang dapat hidup dan berkembang biak di dalam gua, tetapi juga terdapat di luar gua dalam habitat mikro gelap dan lembab; dan (3) trogloksen, yaitu jenis yang secara teratur memasuki gua untuk berlindung, tetapi kembali ke luar gua untuk mencari makan (contohnya, kelelawar dan burung walet) atau beberapa jenis lainnya yang tidak sengaja berkeliaran di dalam gua. Semua kategori ini berlaku untuk jenis binatang daratan, sedangkan kategori stygobit, stygofil, dan stygoksen biasanya digunakan untuk jenis perairan. Memastikan status ekologis jenis avertebrata gua cukup sulit dilakukan, terutama di daerah tropis, karena fauna di luar gua sering tidak banyak diketahui daripada fauna gua. Selain itu, banyak troglobit yang tidak bersifat troglomorfik

EKOLOGI PAPUA

(Deharveng 1981), yaitu jenis yang terkait dengan kehidupan di gua, karena memiliki ciri-ciri yang terdapat pada jenis-jenis troglobit dan stygobit, seperti mata yang mengecil, pigmen yang menghilang dan adanya bagian tubuh yang memanjang (pada Arthropoda).

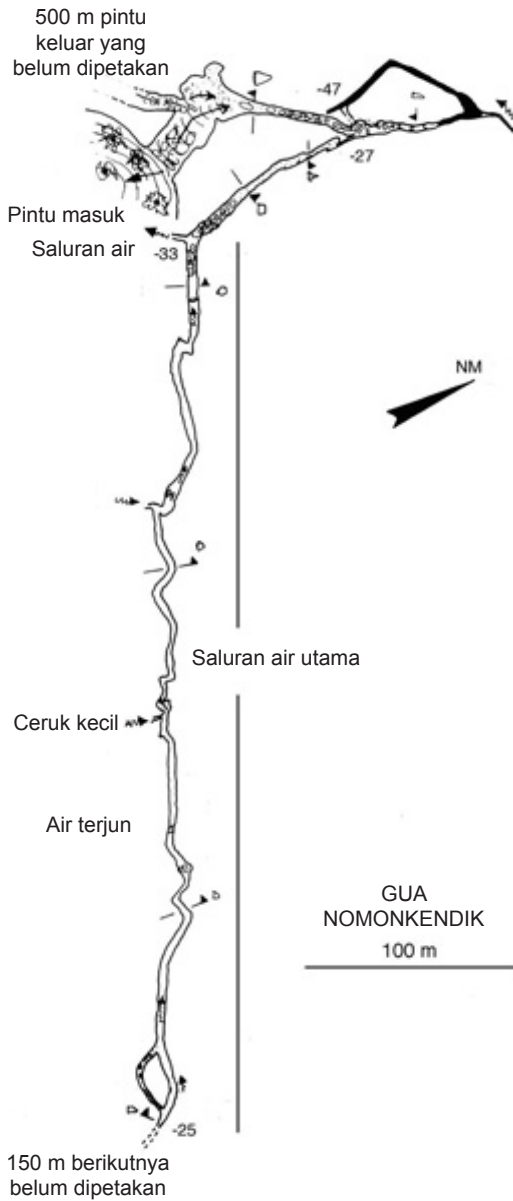


Gambar 5.6.1. Terowongan-terowongan terdalam di daerah Kepala Burung: Lomes Iono Besar (kiri) dan Lomes Longmote (kanan).

Sumber: Couturaud (tidak dipublikasi).

Troglomorfik merupakan indikator terbaik untuk menentukan troglotisme fauna gua Papua. Enam jenis troglobit sekarang telah diketahui dan tak satu pun jenis stygobit yang diketahui. Fauna troglobit Papua tampaknya masih sangat sedikit diketahui dan belum banyak diteliti, terutama jika dibandingkan dengan keanekaragaman fauna permukaan batuan karst Papua.

EKOSISTEM GUA



Gambar 5.6.2. Peta gua Nomonkendik, salah satu gua terbesar di Papua yang telah dipetakan.

Sumber: Lacas dkk. (2001).

Kategori ekologis lainnya untuk mengelompokkan jenis adalah stygobit ankhialin, stygobit interstitial, dan guanobit. Stygobit ankhialin hidup di gua-gua yang airnya merupakan campuran asin dan air tawar. Tidak ada satu jenis pun yang dilaporkan ada di Papua atau PNG, karena belum ada usaha penyelidikan yang dilakukan. Mengingat banyaknya stygobit ankhialin yang sangat beragam di semua karst di daerah tropis yang pernah diteliti, keanekaragaman fauna yang tinggi bisa diharapkan ada di Fak-fak, Kokas dan Kaimana. Stygobit interstitial hidup di lubang-lubang batuan dan seluruhnya tertutup oleh air dan sangat jarang ada di dalam gua-gua. Fauna ini juga belum pernah diteliti di Papua atau PNG. Guanobit adalah binatang darat yang telah beradaptasi dengan memakan guano kelelawar atau burung walet, atau memangsa penghuni guano, baik yang obligat atau nonobligat. Jenis ini lebih terkait dengan habitat guano daripada habitat gua. Banyak jenis troglafil Papua mungkin merupakan guanobit.

Sumber Makanan dan Rantai Makanan

Semua ekosistem gua dicirikan oleh tidak adanya cahaya, yang menyebabkan fotosintesis tidak terjadi dan produsen tidak dapat hidup di dalamnya. Ciri-ciri ini juga menjadi faktor pembatas bagi kehidupan di komunitas bawah tanah. Bakteri memperoleh energi dari persenyawaan anorganik yang dapat mengurangi karbon anorganik dan menghasilkan bahan-bahan organik sebagai sumber bahan makanan bagi berbagai komunitas gua (Sarbu 2000). Namun kondisi seperti ini merupakan pengecualian dan pasokan makanan umumnya yang berasal dari ekosistem di permukaan tanah. Bahan-bahan organik masuk ke dalam gua melalui akar-akar di gua yang lebih landai sampai ke kedalaman 30 m (Jasinska dan Knott 2000), terbawa aliran air, bahan-bahan organik halus yang larut di dalam air menetes dari permukaan, dan berbagai bahan organik yang dibuang atau dibawa oleh manusia.

Di daerah tropis, pemasok makanan utama di gua adalah kelelawar dan burung walet, yang bersarang dan berkembang biak di dalam gua tetapi mencari makan di luar gua (Whitten dkk. 1996). Sebagian besar pasokan

EKOSISTEM GUA

makanan ini berasal dari kotoran kelelawar dan burung walet, disebut guano, di mana jamur, bakteri, guanobit, parasit dari vertebrata terbang dan predatornya dapat berkembang biak. Banyak parasit pada vertebrata terbang, sering ditemukan di atas guano, dimakan oleh predator gua.

Di Asia Tenggara dan mungkin juga di Papua, cengkerik gua besar yang memakan guano atau benda-benda organik yang hanyut, juga bertindak sebagai pengedar utama sumber makanan di habitat daratan. Serangga ini berlimpah dan kadang berkelana jauh dari guano menuju dinding-dinding gua dan zona oligotropik gua, meninggalkan kotorannya untuk dimanfaatkan sebagai sumber makanan bagi troglobit. Fauna gua tersebar menurut kerapatannya, bukan karena sumber makanan alaminya. Jenis obligat mendiami lokasi yang sumber makanannya terendah, sedangkan jenis guanobit dan troglofil menghuni lokasi yang sumber makanannya tinggi. Dari kedua kategori terakhir ini, sebagian besar jenis tetap tinggal di atau sangat dekat dengan guano (komunitas lantai gua), sementara jenis lainnya, seperti Arthropoda raksasa (cengkerik dewasa dan predatornya), cenderung tinggal di dinding-dinding gua, yang kadang mencari makan dekat gundukan guano.

Interaksi antarjenis masih belum banyak diketahui, walaupun umumnya diasumsikan bahwa jenis pengurai dan predator di gua-gua adalah jenis pemakan segalanya. Salah satu hal yang paling menarik di Papua adalah walaupun jumlah jenis gua yang tercatat sedikit, keanekaragaman predatornya (arachnida, seperti laba-laba) jauh lebih tinggi dari keanekaragaman pemangsa potensial di antara jenis gua obligat atau troglofil biasa. Kemungkinan jenis makanan predator troglobit meliputi sejumlah besar jenis nontroglobit, yang dapat menembus jauh ke dalam gua-gua di daerah tropis.

Fauna Gua Papua

Tidak banyak informasi yang telah dipublikasi mengenai fauna gua Papua, karena sebagian besar daerah karst belum pernah disurvei. Satu-satunya informasi yang ada adalah mengenai gua-gua di Fakfak (Lacas dkk. 2001). Untuk setiap kelompok binatang yang dilaporkan

EKOLOGI PAPUA

dari Papua, informasi mengenai jenis-jenis yang ada di gua-gua dataran tinggi dikutip dari hasil penelitian di PNG (Geoffroy 2001), yang gua-guanya telah dieksplorasi secara biologis dengan baik (Chapman 1976, Smith 1980).

Tabel 5.6.1. Gua-gua di Papua.

Wilayah/gua	Panjang (m)	Kedalaman (m)	Data biologi	Data speleologi
Kepala Burung				
Lomes Inono Besar*	380	315	Tidak ada	Couturaud (1993)
Lomes Longmot	380	360	Tidak ada	Couturaud (1993)
Pegunungan Star				
Sibil Buk I*	2.313	349	Tidak ada	Severens dkk. (1993)
Adbon Buk	987	114	Tidak ada	Severens dkk. (1993)
Wamena				
Gua Wikuda*	1.717	0	Tidak ada	Willis (1990)
Danda*	1.100	20	Tidak ada	White (1986)
Gua Kwalinga*	603	229	Tidak ada	Willis (1990)
Gua Wur	?	?	Rigal (tidak dipublikasi)	Tidak ada
Gua Sungai Baliem	2.643	142	Tidak ada	Checkley (1993)
Gua Tingina*				
Sem. Fakfak				
Lubang Kayu Mera*	535	55	Lacas dkk. (2001)	Lacas dkk. (2001), Leclerc (tidak dipublikasi)
Gua Genuni	70	0	Lacas dkk. (2001)	Lacas dkk. (2001)
Gua Giragandak*	275	5	Lacas dkk. (2001)	Lacas dkk. (2001)
Gua Nomonkendik*	3.300	47	Lacas dkk. (2001), Leclerc (tidak dipublikasi)	Lacas dkk. (2001), Leclerc dkk. (2001), Mary (kom.pri.)
Gua Yahyah	990	1	Leclerc (tidak dipublikasi)	Leclerc (tidak dipublikasi)
Gua Lubang			Leclerc (tidak dipublikasi)	Tidak ada
Kaimana				
Gua Batu Lubang	180	?	Tidak ada	
Misool				
Gua Tulang-tulang	300	15	Leclerc (tidak dipublikasi)	Leclerc (tidak dipublikasi)
Gua Maguei			Leclerc (tidak dipublikasi)	Tidak ada
Gua Mapeingan	250	0	Leclerc (tidak dipublikasi)	Leclerc (tidak dipublikasi)
Biak				
Gua Jepang	500	?	Tidak ada	(Tourist cave)
Gua Mansapur	70	4	Leclerc (tidak dipublikasi)	Leclerc (tidak dipublikasi)
Gua Yewnus	70	0	Leclerc (tidak dipublikasi)	Leclerc (tidak dipublikasi)

Catatan: * menunjukkan gua-gua yang telah dipetakan seluruhnya atau sebagian.

EKOSISTEM GUA

Avertebrata

Gastropoda. Jenis-jenis siput perairan yang hidup di Gua Giragandak dan Gua Nomonkendik (daerah karst di Fakfak), beberapa siput tanah juga terdapat di Gua Mansapur di P. Biak.

Hirudinea. Sejenis lintah merah muda, mungkin jenis parasit kelelawar, sering terdapat di dinding-dinding Gua Giragandak. Jenis serupa juga terdapat di PNG dan juga secara sporadis di beberapa gua di Sumatera (Deharveng dan Bedos 2000) dan di Thailand (Lacas dkk. 2001).

Krustasea. Sejenis kutu kayu tanah yang telah teramati di sebagian besar gua, dan beberapa di antaranya menunjukkan ciri-ciri troglomorfik (Leclerc, tidak dipublikasi). Krustasea perairan merupakan kelompok binatang gua perairan yang paling beragam di kebanyakan perairan bawah tanah di dunia, tetapi informasi mengenai kelompok ini di Papua sangat sedikit, karena tidak pernah dilakukan pengambilan sampel secara teratur. Semua jenis merupakan troglofil, termasuk di antaranya dua jenis kepiting dan lima jenis udang-udangan. *Geelvinkia darnei* adalah sejenis kepiting yang terdapat di gua di Peg. Lina dekat Manokwari. Di Gua Nomonkendik terdapat satu jenis kepiting yang belum teridentifikasi yang memiliki mata besar. Di antara udang-udangan (identifikasi oleh L.B. Holtuis.) ada empat jenis yang tersebar luas di Asia tropis dan Asia Tenggara, yaitu: *Caridina typus*, umum terdapat di Lubang Kayu Mera dekat Fakfak; *Macrobrachium australe*, *M. lar*, dan *Palaemon concinnus*, yang terdapat di gua-gua di Papua (Hobbs 1998). Sejenis Palaemonidae bermata besar yang tidak teridentifikasi (Leclerc, tidak dipublikasi) juga teramati di Gua Yahyah dekat Kokas, dan di Gua Mapeingan di Misool. Jenis Palaemonidae bermata agak kecil dijumpai di Gua Nomonkendik dan Giragandak (Lacas dkk. 2001).

Arachnida. Seperti umumnya di daerah tropis, Arachnida merupakan kelompok fauna daratan yang paling beragam di Papua, dan juga merupakan kelompok predator terbesar. Perkiraan kerapatan dan keragamannya belum tersedia. Di gua-gua di Sem. Fakfak, jenis Anapidae dan Mysmenidae (Nomonkendik), Tetragnathidae dan Uloboridae

(Lubang Kayu Merah), dan Nesticidae (Giragandak) telah teramati. Di beberapa tempat, seluruh permukaan endapan lempung (lebih dari 100 m²) di tepi-tepi sungai terdapat banyak lubang laba-laba yang tersebar secara teratur berjarak 4 sampai 5 m². Mengingat ukuran tubuhnya yang besar dan langkanya pemangsa potensial (misalnya, cengkerik besar), biomassa berbagai jenis laba-laba ini sangat tinggi.

Opilionideae merupakan jenis yang langka, tetapi terdapat di Gua Giragandak (Fakfak). Amblypygi dari marga *Charon* juga terdapat di Papua (Weygoldt 2000). Ada satu jenis yang Opilionideae yang tidak teridentifikasi, umumnya berukuran besar, dan terdapat di hampir semua gua-gua di daerah karst Fakfak (Lacas dkk. 2001). Sejenis Schizomideae non-trogomorfik (Lacas dkk. 2001) dan kalajengking palsu (Leclerc, tidak dipublikasi) telah ditemukan di bawah batu-batu di dua gua di daerah karst Fakfak (Gua Genuni dan Lubang Kayu Merah). Di Asia Tenggara, jenis ini merupakan predator guano Arthropoda (Deharveng 1981), tetapi taksonominya belum pernah diteliti. Hanya ada satu spesimen Palpigradeae yang diambil dari Gua Giragandak, Sem. Fakfak (Lacas dkk. 2001). Arachnida berukuran kecil ini tersebar luas di Asia Tenggara dan kebanyakan merupakan penghuni tanah daripada penghuni gua.

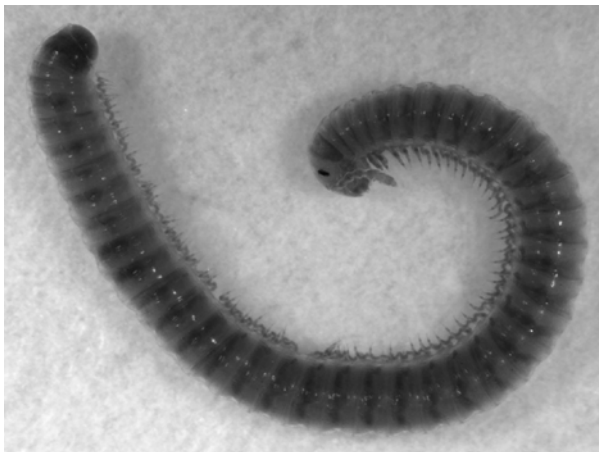
Myriapoda. Menurut Geoffroy (2001), ada tiga suku Diplopoda yang biasa dijumpai di gua-gua di Papua Nugini, yaitu Metopidiotrichidae (satu jenis), Doratodesmidae (tiga jenis), dan Paradoxosomatidae (lima jenis). Materi yang belum dideskripsi dari Papua (Golovatch, kom. pri.) termasuk suku terakhir ini (satu jenis dari gua di Biak) dan ada empat suku lagi yang tidak tercatat dari PNG, yaitu Haplodesmidae (mungkin jenis *Cylindrodesmus hirsutus*) dan Pyrgodesmidae dari Gua Fakfak, Opisotretidae dari gua di Misool, Cambalopsidae (*Hypocambala* sp., Gambar 5.6.3) dari sebuah gua di Biak. Status ekologi suku-suku ini belum dapat dipastikan, tetapi jenis yang dari Misool memiliki morfologi troglomorfik.

Collembola. Ada tujuh jenis Collembola yang tercatat di gua-gua di Papua; tiga atau empat di antaranya adalah troglorbit. Di Sem. Fakfak

EKOSISTEM GUA

ada tiga jenis Entomobryidae, yang masing-masing terdapat di dua gua karst: ada suku yang buta namun nontroglomorfik *Coecobrya* sp. yang umum di gua-gua di Asia Tenggara dengan beberapa jenis guanobit, jenis yang buta dan agak troglomorfik *Pseudosinella* berkerabat dekat dengan *P. maros* yang baru-baru ini dijumpai di gua-gua di Sulawesi bagian selatan (Deharveng dan Suhardjono 2004), dan *Acrocyrus* (berukuran lebih dari 2 mm) dengan mata yang mengecil.

Jenis-jenis gua Fakfak merupakan yang pertama dari suku Collembola yang menunjukkan dengan jelas adanya pengecilan pada mata. Di dekat Wamena, Gua Wur (Rigal, tidak dipublikasi) terdapat empat jenis Collembola, termasuk jenis *Coecobrya* sp. dan *Pseudosinella* sp. yang agak mirip dengan jenis yang terdapat di gua-gua di Fakfak, *Thalassaphorura* (Onychiuridae) yang status ekologiinya masih belum jelas, serta *Folsomia candida* yang tersebar luas, terutama di gua-gua. Berbeda dengan jenis-jenis Papua ini, beberapa jenis Collembola dari PNG sangat troglomorfik, seperti *Coecoloba plumleyi* dan *Pseudosinella* sp. dari Selminum Tem dekat Telefomin (Deharveng 1981), dan juga jenis *Coecobrya* sp. dari New Britain yang baru saja ditemukan (Brehier, kom. pri.). Jelas bahwa jenis serupa yang berkembang perlahan ini juga akan ditemukan di Papua bila dilakukan kegiatan eksplorasi lagi.



Gambar 5.6.3. *Hypocambala* sp. dari gua Yewnus di Biak.

Serangga. Tidak banyak yang diketahui mengenai serangga gua di Papua. Anehnya, kecoak gua tidak ada di Papua atau di PNG, padahal biasanya merupakan makhluk yang paling umum di gua-gua di Asia Tenggara dan Australia. Ada Orthoptera yang belum teridentifikasi di pintu masuk zona gelap, di gua-gua eutrofik, seperti Gua Giragandak dekat Kokas (Leclerc, pengamatan pribadi). Satu-satunya jenis kumbang adalah carabidae kecil di dekat tumpukan organik di sungai bawah tanah Nomonkendik dekat Kokas. Kumbang troglobit tidak ada, tetapi seharusnya ada karena ada beberapa jenis troglomorfik yang terdapat di PNG (Geoffroy 2001). Diptera merupakan makhluk yang umum di gua-gua, namun belum ada satupun yang teridentifikasi. Beberapa alat parasit juga terlihat pada beberapa kelelawar.

Vertebrata

Ikan. Di gua Mapeingan (Misool), ikan-ikan bermata kecil, bergerak lambat dan berwarna keputihan telah teramati di dasar sungai kecil. Ikan-ikan ini tidak bereaksi terhadap cahaya. Di Biak, banyak terdapat lubang-lubang biru di dasar batuan kapur di atas permukaan laut yang merupakan tempat ikan-ikan putih ini (Leclerc, tidak dipublikasi). Ikan-ikan gua belum pernah diselidiki di Papua, tetapi keberadaan Eleotritidae di PNG dan Australia menunjukkan bahwa kemungkinan suku ini ada di Papua juga.

Burung. Burung-burung walet (Apodidae) umum di gua-gua di Papua. Walet sarang-putih *Collocalia fuciphaga* yang paling menguntungkan di Asia Tenggara karena sarangnya yang sepenuhnya terbuat dari air liurnya dapat dimakan tidak terdapat di Papua. Namun ada lima jenis burung walet gua lainnya (Chantler dan Driessens 2000), semua dimasukkan ke dalam marga *Collocalia*. Seperti kelelawar, burung walet gua ini termasuk kelompok binatang gua yang telah dipelajari dengan baik, walaupun informasi persebaran dan taksonominya masih diperdebatkan.

Di Papua, Walet sapi (*C. esculenta*) terdiri dari 3 subjenis, yaitu *C. e. nitens* yang terdapat di dataran rendah, *C. e. erwini* yang berada di dataran tinggi di atas 1.600 m, serta *C. e. numforensis* yang hanya terdapat di sebuah pulau di Teluk Cenderawasih. Sarang-sarang *C.*

EKOSISTEM GUA

esculenta banyak terdapat di gua-gua yang rendah dan di karang-karang terjal. Walet gunung (*C. hirundinacea*), juga terdiri dari 3 subjenis: subjenis yang unik terdapat di pulau utama dan beberapa pulau; *C. h. baru* di Yapen dan Teluk Cenderawasih; dan *C. h. excelsa* terdapat di Jajaran Pegunungan Tengah di atas 1.600 m. Jenis ini bersarang di terowongan-terowongan pada bagian yang temaram atau gelap.

Walet jari-tiga (*C. papuensis*), dan Walet kaki-gundul (*C. nuditarus*), adalah jenis langka yang hidup di gunung-gunung di Papua. Tidak ada data yang tersedia mengenai perilaku dan tempat bersarangnya. Walet polos (*C. vanikorensis*), yang tersebar luas di Asia Tenggara memiliki tiga subjenis di Papua, yaitu *C. v. waigeuensis* yang mendiami beberapa pulau di Maluku bagian utara dan tercatat pula di Misool; *C. v. steini* yang terdapat di P. Biak dan Numfor; serta *C. v. granti* yang terdapat di dataran rendah Papua dan beberapa pulau di sekitarnya. Jenis-jenis ini bersarang di gua-gua dan terowongan yang sangat gelap.

Mamalia. Selain Kuskus tanah (*Phalanger gymnotis*) yang kerap beristirahat di gua-gua pada siang hari (Flannery 1995), mamalia lain yang sering terlihat hanyalah kelelawar. Ada 23 jenis kelelawar yang tercatat di Papua, tetapi persebarannya tidak terdokumentasi dengan baik. Guano kelelawar, terutama dari jenis kelelawar pemakan serangga, merupakan dasar rantai makanan gua. Codot (kelelawar pemakan buah berukuran besar) sering ditembak oleh penduduk setempat untuk dimakan dagingnya (Lacas dkk. 2001, Couturaud tidak dipublikasikan).

Kesenjangan dan Peluang

Dibandingkan jenis vertebrata terbang atau avertebrata di habitat lainnya, avertebrata gua di Papua sangat jarang diketahui. Hanya ada beberapa makalah yang menyebutkan fauna ini, dan sebagian besar data yang digunakan dalam bab ini belum dipublikasi. Jumlah jenis obligat gua di Papua terendah daripada di wilayah Asia Tenggara lainnya. Sejauh ini, tidak satupun jenis troglobit yang ditemukan yang telah dideskripsi. Hal ini mencerminkan adanya kesenjangan pengetahuan mengenai fauna, ekologi dan geografi fauna gua Papua.

EKOLOGI PAPUA

Berbagai kesenjangan ekologis mencerminkan miskinnya data mengenai keanekaragaman habitat perairan dan sangat minimnya informasi mengenai fauna ankhialin, yang biasanya melimpah di daerah tropis manapun. Chapman (1976), Smith (1980), dan Geoffroy (2001), menyebutkan bahwa gua-gua di dataran tinggi tropis memiliki jumlah jenis troglomorfik terbesar, namun sejauh ini survei biologis di Papua belum dilakukan. Tidak satupun dari lokasi yang dikaji, kecuali Sem. Fakfak, yang telah diambil sampelnya, dan data dari daerah karst seperti di Pegunungan Star, Kepala Burung atau Kaimana masih sangat kurang. Penelitian mengenai fauna gua Papua masih dalam tahap awal. Masih banyak penelitian lapangan yang diperlukan mengenai keanekaragaman di daerah karst di provinsi ini, mulai dari permukaan laut hingga pada ketinggian 4.500 m.

Gangguan dan Konservasi

Saat ini, tidak ada kasus mengenai gangguan yang merugikan fauna gua Papua yang telah terdokumentasi, tetapi gangguan dan berbagai ancaman yang terkait dengan kehidupan gua akan bertambah akibat penebangan hutan dan penambangan. Di antara berbagai potensi gangguan, ada dua hal yang perlu diperhatikan tentang kehidupan gua di Papua, yaitu berbagai efek tak langsung penebangan hutan dan efek langsung kegiatan penambangan dan penggalian.

Tabel 5.6.2. Kelelawar yang terdapat di gua-gua yang tercatat di Papua.

Kelompok/Taksa	Kategori makanan	Rentang ketinggian (m dpl)	Lokasi
Pteropodidae (20 jenis)			
<i>Aproteles bulmerae</i>	buah	1.760-2.400	Dekat perbatasan dengan Papua
<i>Dobsonia magna</i>	buah	0-2.700	Kadang-kadang dalam koloni yang sangat besar
<i>Rousettus amplicaudatus</i>	buah	0-2.200	
Emballonuridae (9 jenis)			
<i>Emballonura beccarii</i>	serangga	0-1.300	Biak, Yapen, dan dekat perbatasan (Telefomin)
<i>E. furax</i>	serangga	120-360	Endemik Nugini
<i>E. raffrayana</i>	serangga	0-1.320	Berdiam di gua-gua rendah

EKOSISTEM GUA

Hipposideridae (12 jenis)			
<i>Aselliscus tricuspispidatus</i>	serangga	58-360	Kadang-kadang dalam koloni besar
<i>Hipposideros ater</i>	serangga	55-1.700	
<i>H. calcaratus</i>	serangga	40-350	Berdiam dalam kelompok kecil, di bagian tengah gua Juga berdiam di luar gua Endemik Nugini
<i>H. cervinus</i>	serangga	3-1.360	
<i>H. corynophyllus</i>	serangga	1.500-1.800	
<i>H. diadema</i>	serangga	20-1.210	
<i>H. edwardshilli</i>	serangga	240	
<i>H. maggietaylorae</i>	serangga	10-360	Tersebar luas di Asia
<i>H. papua</i>	serangga	100-300	Tenggara; juga berdiam di luar gua
<i>H. wollastoni</i>	serangga	400-2.000	Langka; endemik PNG Juga berdiam di luar gua
Endemik Nugini			
Rhinolophidae (4 jenis)			
<i>Rhinolophus arcuatus</i>	serangga	360-1.600	Telefominarea dekat perbatasan
<i>R. euryotis</i>	serangga	165-1.720	Jauh di dalam gua
<i>E. megaphyllus</i>	serangga	260-360	Ok Menga dekat perbatasan
Vespertilionidae (21 jenis)			
<i>Kerivoula muscina</i>	serangga	20-1.600	Dekat perbatasan
<i>Miniopterus australis</i>	serangga	0-1.500	
<i>M. macrocneme</i>	serangga	0-3.200	Dekat perbatasan
<i>M. magnater</i>	serangga	0-260	
<i>M. medius</i>	serangga	360-1.360	
<i>M. propitristis</i>	serangga	0-1.600	
<i>M. schreibersii</i>	serangga	0-2.120	
<i>Myotis adversus</i>	serangga air dan ikan-ikan kecil	49-260	Kelompok-kelompok besar, tersebar mulai dari Eropa hingga Australia Juga berdiam di luar gua
<i>Phoniscus papuensis</i>	serangga	20-1.210	Tidak tercatat di Papua, tapi terdapat di gua-gua di Biak; umumnya berdiam di pohon-pohon Tidak tercatat di Papua, tapi terdapat di Biak; juga berdiam di luar gua
<i>Pipistrellus angulatus</i>	serangga	0-990	

Catatan: jumlah jenis dalam suku berdasarkan informasi dari Nugini

Sumber: menurut Flannery (1995)

Bahan-bahan organik yang masuk melalui air hujan dan menyerap menembus tanah-tanah di hutan merupakan pasokan makanan penting bagi komunitas avertebrata, terutama bila sumber bahan makanan dari guano tidak tersedia (di gua-gua bagian terdalam). Perubahan struktur tanah hutan dan komposisi kimia akan mengubah sifat dan

jumlah pasokan bahan organik tersebut yang berdampak pada berbagai komunitas gua. Penebangan hutan juga dapat menyebabkan hilangnya lapisan tanah bagian atas, yang akan menutupi retakan-retakan di dasar batuan dan mengubah sirkulasi hidrologis. Berbagai dampak pada habitat gua sangat sulit untuk dihitung, tetapi dapat diperkirakan. Gangguan pada hutan juga mengubah sumber makanan kelelawar di luar gua, dan menyebabkan gua-gua tersebut akan ditinggalkan oleh kelelawar yang telah menjadi tempat bertengger mereka selama puluhan tahun.

Usaha penambangan merusak sebagian besar wilayah Papua, terutama di Grasberg, salah satu penambangan emas dan tembaga terbesar di dunia, tetapi pengaruhnya pada batuan karst tidak diketahui. Penambangan secara langsung mengancam fauna gua, dan sering menimbulkan kerusakan pada gua dan gangguan pada kelelawar, dengan berbagai dampak negatif bagi seluruh fauna gua. Karena minimnya informasi dan terbatasnya sumber daya manusia yang ada untuk melindungi hidupan liar, serta rendahnya perhatian terhadap konservasi avertebrata, maka prioritas yang utama adalah melakukan pemantauan dan perlindungan terhadap koloni-koloni besar kelelawar. Jenis-jenis avertebrata gua obligat dapat bertahan dari kelangkaan sumber makanan dengan berjalan keluar melalui celah-celah batu kapur sehingga jarang sekali terancam, kecuali bila ada pencemaran atau terjadi penggalian batuan kapur secara besar-besaran. Sebaliknya, hilangnya sumber guano dapat menimbulkan kepunahan total bagi komunitas avertebrata guanobit yang sangat beragam namun tidak dapat terbang dan menghindari berbagai gangguan, karena tidak memiliki sayap. Dengan sendirinya guanobit ini sangat terancam daripada fauna gua lainnya. Perlindungan terhadap koloni-koloni kelelawar akan mengamankan pasokan makanan bagi berbagai jenis troglobit dan stygobia, yang sangat mengandalkan hidupnya pada guano.

5.7. *Ekosistem dan Vegetasi Pegunungan**

Kawasan hutan pegunungan merupakan yang terluas di Nugini. Di Papua luasnya 44.470 km² atau 36,2% luas total hutan pegunungan di Indonesia (RePPPProT 1986, 1990), tetapi vegetasinya masih kurang dikenal. Bab ini membahas klasifikasi tipe hutan pegunungan dan menguraikan komposisi flora, keanekaragaman jenis dalam setiap tipe vegetasi yang ada di zona pegunungan.

Hutan pegunungan berada di kisaran ketinggian 300-3.200 m dpl. Banyak jenis yang tumbuh dalam kisaran ketinggian yang luas dan tersebar hingga ke tipe hutan sekunder, baik di atas maupun di bawah kisaran normalnya. Faktor lain yang menyulitkan penetapan pola vegetasi menurut ketinggian adalah “efek Massenerhebung” yang mempengaruhi pepadatan zonasi vegetasi di gunung-gunung yang lebih kecil (Backhuys 1968). Menurut Whitmore (1984) lingkungan pegunungan panjang hari tidak banyak bervariasi, tetapi di lokasi yang lebih tinggi kisaran suhu siang hari umumnya lebih besar daripada rata-rata kisaran tahunannya (Hnatiuk dkk. 1976). PT Freeport telah mendirikan serangkaian stasiun cuaca, mulai dari dekat permukaan laut hingga ketinggian lebih dari 4.000 m. Berdasarkan rekaman suhu ini (disimpan sejak tahun 1980) tingkat perubahan suhu di kawasan antara Tembagapura dan Pabrik hanya 0,5° C/100 m (Shea dkk. 1998).

Curah hujan di hutan pegunungan sering tinggi. Di lokasi tertentu, curah hujan yang lebih dari 6.000 mm/tahun pernah dilaporkan terjadi setiap bulan sehingga pertumbuhan tanaman cenderung mendapat hujan

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “Montane Vegetation of Papua”, Robert J. Johns, Garry A. Shea, Willem Vink & Pratito Puradyatmika dan “Subalpine and Alpine Vegetation of Papua”, Robert J. Johns, Garry A. Shea & Pratito Puradyatmika.

yang cukup selama setahun. Daerah bayang-bayang hujan di pegunungan curah hujannya bisa jauh lebih rendah. Awan sering terbentuk di zona pegunungan tengah dan atas dan memberikan beberapa efek langsung. Misalnya, cahaya matahari sangat berkurang dan awan yang tertutup melalui dedaunan kelembabannya berkurang. Dedaunan yang lebat, tajuk yang rapat dan daun jarum mungkin beradaptasi untuk meningkatkan efisiensi proses ini. Kelembaban di hutan di pegunungan tengah dan atas kemungkinan berasal dari sumber air ini. Penurunan kelembaban mungkin lebih penting di daerah punggung pegunungan, di mana angin bergerak, dibandingkan dengan di puncak punggung gunung. Kabut cenderung akan menghilangkan zat hara dari daun, kecuali jika tumbuhan tersebut memiliki pelindung kulit yang kedap air. Meskipun kelembaban di atmosfer dan tanah sangat tinggi selama masa-masa kabut, banyak tempat di atas garis awan mengering secara musiman dan vegetasinya mungkin kesulitan air sementara. Angin yang umumnya tidak kencang cenderung bertiup ke arah atas menjelang siang hari dan bertiup ke arah bawah pada dini hari karena pengaliran udara dingin.

Kondisi tanah juga berubah menurut ketinggian (Whitmore 1984). Tanah berkurang kesuburannya ketika zat-zat mineral yang tersedia berkurang, khususnya di tanah gambut, yang menyebabkan tanah sangat masam dan mungkin beracun. Perubahan ketinggian juga terkait dengan cuaca dingin dan meningkatnya kelembaban. Kecenderungan bahan-bahan organik untuk berakumulasi di tempat tinggi juga didorong oleh kelembaban, karena kondisi anaerob menghambat pembusukan dan ketebalan lapisan organik umumnya meningkat dramatis di batas garis awan (sekitar 1.500 m). Tanah umumnya tergenang dan bersifat anaerob di dekat permukaan, tetapi di tempat yang dalam tersalir lebih baik. Misalnya, tanah gambut podzol terbentuk karena kadar besi berkurang dan menjadi besi yang mudah larut, turun ke profil tanah yang lebih rendah dan terendap kembali. *Sphagnum* dan jenis lumut lainnya yang membentuk tanah gambut terdapat di atas garis batas awan dan meningkatkan pembentukan tanah gambut. Karena itu, kabut yang sering terjadi mendorong terjadinya kondisi masam dan miskin hara di tanah pegunungan.

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

Puncak bukit dan gunung di semua ketinggian merupakan lokasi yang stabil karena tanahnya tidak mengalami permudaan akibat tanah longsor atau resapan air. Air yang masuk ke tanah hanya dari atmosfer dan tanah terus melapuk serta tidak mendapat air tanah dari tempat yang lebih tinggi. Hal ini membuat tanah cenderung miskin hara dan lebih kering daripada punggung-punggung bukit dan lembah. Formasi gambut terbentuk di lokasi seperti ini, khususnya jika tanahnya miskin organisme pembusuk di serasahnya.

Gibbs (1917) menerbitkan pengamatan rincinya tentang flora dan vegetasi Peg. Arfak dan mengenali beberapa tipe vegetasi di sana: hutan pegunungan bawah didominasi *Araucaria* dan *Lithocarpus*; pegunungan atas (hutan lumut) didominasi *Phyllocladus*, *Papuacedrus* dan *Dacrycarpus* terbatas di zona berhutan yang lebih tinggi di puncak pegunungan. Banyak studi di Nugini sebelum 1940 menghasilkan informasi zonasi vegetasi menurut ketinggian, yang sebagian besar dilakukan di PNG dan rujukan untuk Papua diberikan dalam bab ini. Misalnya, Lane-Poole (1925) pertama kali melakukan klasifikasi komunitas tumbuhan utama di Nugini; *Third Archbold Expedition* (Ekspedisi Archbold yang ke tiga) yang meneliti G. Jaya (4.886 m) (Archbold dkk. 1942, Brass 1941); perjalanan Beccari ke Peg. Arfak, Ekspedisi Wollaston dan Kloss ke G. Jaya pada tahun 1912 dan 1916, ekspedisi Colijn tahun 1936, serta banyak ekspedisi Belanda, termasuk Ekspedisi Lorentz-van Nouhuys tahun 1909 dan Ekspedisi Herderschee tahun 1913. Lam (1945) menyajikan ringkasan vegetasi di Nugini dari hasil kunjungannya tahun 1919-1920 (Ekspedisi van Overeem) dan menekankan kesulitan untuk membedakan batas yang jelas antara hutan pegunungan dengan hutan hujan dataran rendah. Namun ia tidak mengupayakan pembedaan tipe vegetasi pegunungan menurut ketinggian. Berdasarkan analisis berbagai koleksi tumbuhan pegunungan yang ada Van Steenis (1934) mengusulkan zonasi vegetasi menurut ketinggian untuk kawasan Malesia: zona tropis (0-1.000 m); zona pegunungan (1.000-2.400 m); subzona subpegunungan (1.000-1.500 m); dan zona subalpin (2.400-4.000 m). Meskipun klasifikasi ini mencerminkan pola zonasi di Jawa, manfaatnya untuk Papua tidak

banyak. Klasifikasi lainnya diusulkan oleh Brass (1941), Robbins (1958) tetapi didasarkan pada hutan-hutan di PNG.

Studi-studi ekologi terkini di zona pegunungan Nugini lebih difokuskan pada hutan-hutan yang didominasi *Araucaria* dan *Nothofagus*. Womersley (1958) menyimpulkan bahwa komponen *Araucaria* merupakan bagian dari elemen Gondwana di pegunungan tropis namun kemudian tergantikan oleh pohon dikotil (tumbuhan berbiji belah) yang lebih agresif dan menginvasi dari Malesia. Studi terkini menduga bahwa *Araucaria* mengalami regenerasi di kondisi lingkungan yang terganggu (Enright 1982). Johns (1976) mengusulkan zonasi vegetasi pegunungan menjadi tiga: pegunungan bawah, pegunungan tengah dan pegunungan atas. Pegunungan bawah umumnya berupa hutan ek, didominasi *Castanopsis* dan *Lithocarpus*, bersama *Araucaria*, *Agathis* dan *Eucalyptopsis* (Johns 1976-1978). Pertanian tradisional di dataran tinggi umumnya berlangsung di zona ini. Zona pegunungan tengah sering didominasi *Nothofagus*. Hutan ini tertutup oleh epifit, khususnya anggrek dan paku-pakuan yang sangat lebat. Hutan pegunungan atas didominasi Podocarpaceae dan Cupressaceae, bercampur dengan banyak marga lainnya. Tumbuhan epifitnya berlimpah tetapi keanekaragaman jenisnya lebih rendah daripada di zona pegunungan tengah. Vegetasi di zona pegunungan atas sering berupa campuran *Nothofagus* yang tumbuh di sepanjang punggung pegunungan dan hutan yang didominasi *Castanopsis* dan *Lithocarpus*. Zona-zona ini umumnya dapat dibedakan berdasarkan fisiognomi, struktur dan komposisi floranya. Zonasi ini menjadi dasar sederhana untuk klasifikasi vegetasi pegunungan, yang masing-masing diuraikan sebagai berikut.

Hutan Pegunungan Bawah

Zona ini berada antara 300-1.800 m dpl. Batas bawahnya adalah hutan hujan dataran rendah atau hutan kerangas di Papua selatan. Batas atasnya (1.500-1.700 m dpl) umumnya merupakan daerah budidaya pertanian tradisional atau di bukit-bukit di dataran tinggi di mana awan cenderung terperangkap di lereng gunung. Tiga jenis pohon yang khas di zona ini

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

adalah *Castanopsis acuminatissima* dan *Lithocarpus* dan *Araucaria*. Banyak marga tumbuhan yang mencapai batas tingginya di ketinggian 2.200-2.500 m, seperti *Castanopsis* dan *Lithocarpus* yang jarang terdapat di atas batas tinggi budidaya pertanian. Pada ketinggian 1.700 m terjadi peralihan ke hutan pegunungan tengah berlumut yang dicirikan oleh hutan *Nothofagus*. Suku-suku yang merupakan ciri khas zona dataran rendah juga umum di hutan pegunungan bawah, tetapi lebih jarang dan kurang dominan serta diwakili oleh sekelompok jenis “pegunungan” yang berbeda. Kelompok ini termasuk suku-suku yang ada di dataran rendah: Anacardiaceae, Annonaceae, Burseraceae, Dipterocarpaceae, Ebenaceae, Euphorbiaceae, Guttiferae, Leguminosae, Meliaceae, Myristicaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Sapindaceae, Sapotaceae dan Sterculiaceae. Anggota suku Cunoniaceae, Elaeocarpaceae, Fagaceae, Lauraceae dan Podocarpaceae semakin banyak seiring dengan kenaikan ketinggian. Variasi tipe vegetasi di subzona pegunungan bawah dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan. Misalnya, Brass (1941) mencatat bahwa hutan hujan pada ketinggian 1.200 m memiliki beberapa jenis yang umumnya berada di ketinggian 850 m, namun jenis ini tidak tersebar di atas ketinggian 1.200 m. Sebaliknya, bryofit, paku-pakuan dan anggrek epifit terdapat di pohon-pohon berlumut di hutan pada ketinggian yang lebih tinggi. Ciri khas hutan ini adalah *Syzygium* dan anggota Lauraceae (*Cryptocarya*, *Endiandra*, *Litsea*) dan *Schizomeria*. *Podocarpus* umum secara lokal, karena banyak wakil marga dataran rendah di ketinggian yang tinggi seperti *Myristica*, *Calophyllum*, *Elaeocarpus*, *Horsfieldia*, *Gordonia*, *Adinandra*. *Galbulimima belgraveana* secara lokal juga umum.

Menurut Johns (1982), hutan pegunungan bawah berbeda sekali dengan hutan di zona dataran rendah. Frekuensi keberadaan palem, liana dan pohon-pohon berakar tunjang jauh berkurang dan paku-pakuan dan lumut jarang ada. Tinggi tajuk hutannya 20-25 m, terbentuk dari sejumlah jenis berdaun lebar, tetapi komposisinya sangat bervariasi menurut lokasinya. Marga yang khas di lapisan tajuk adalah *Elaeocarpus*, *Sloanea*, *Elmerrillia*, *Litsea* dan *Cryptocarya*. Di lapisan subtajuk, marga yang umum meliputi *Elaeocarpus*, *Weinmannia*, *Pullea*,

Myristica, *Daphniphyllum*, *Diospyros* dan *Pittosporum*. Beberapa jenis pemanjat dan perayap juga ada, termasuk dari marga *Parsonsia*, *Clematis*, *Smilax* dan *Hoya*. Epifitnya meliputi *Schefflera*, anggrek dan Loranthaceae yang bersifat parasit.

Zona pegunungan bawah juga sangat berbeda dengan dua zona di bawah dan atasnya, terutama dalam hal fisiognomi vegetasinya (Johns 1976). Banyak jenis di subzona pegunungan tengah yang jarang mendominasi zona yang lebih tinggi. Dibandingkan dengan zona pegunungan tengah, Podocarpaceae kurang berlimpah di pegunungan bawah. Marga pohon yang dominan di subzona pegunungan tengah adalah *Nothofagus* dan Cunoniaceae; marga ini jarang sekali ada di pegunungan bawah. Zona ini juga jauh lebih kering daripada zona tengah; paku-pakuan dan lumut kurang berlimpah dan jumlah jenisnya sedikit. *Pandanus* terdapat di daerah yang lembab, tetapi tidak pernah membentuk komponen tetap hutan seperti *Nothofagus*. Komposisi jenis di zona ini bervariasi menurut lokasi. Tegakan hutan umumnya didominasi *Elaeocarpus*, *Sloanea*, *Elmerrillia* dan *Litsea*. Zona ini keragaman jenisnya lebih tinggi dan pohon *Castanopsis* dan *Lithocarpus*, Elaeocarpaceae (*Elaeocarpus* dan *Sloanea*) dan suku Lauraceae (*Litsea* dan *Cryptocarya*) sangat mencolok.

Perubahan struktur dan komposisi flora disebabkan oleh kombinasi suhu, topografi, curah hujan dan tipe batuan. Perubahan suhu udara rata-rata dengan perubahan ketinggian (kira-kira 0,5 °C/100 m) memengaruhi kemampuan tumbuhan untuk bertahan hidup, melakukan reproduksi dan bersaing dengan tumbuhan lainnya. Selain itu, ada indikasi bahwa tutupan awan mungkin juga merupakan faktor penting. Brass (1964), misalnya, mengamati bahwa di seluruh Nugini batas bawah hutan *Castanopsis-Lithocarpus* bertepatan dengan penutupan awan di sore hari. Selama musim yang didominasi angin tenggara penutupan awan ini terjadi hampir setiap hari di lereng dan sangat mencolok di bukit dan pegunungan. Grubb dan Whitmore (1966), yang meneliti perubahan hutan dari hutan hujan dataran rendah menjadi hutan pegunungan, berpendapat bahwa perubahan ini terutama dikendalikan oleh frekuensi tutupan awan di dekat permukaan tanah. Akibatnya, *Castanopsis* dan

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

Lithocarpus mungkin terdapat di ketinggian rendah yang curah hujan dan kelembabannya selalu tinggi.

Struktur hutan juga sering terkait dengan topografi. Misalnya, hutan-hutan di lereng curam dan tidak stabil yang tanahnya renggang sering memiliki tajuk terbuka. Di lokasi seperti ini, ukuran pohonnya lebih kecil daripada di kawasan perbukitan dan banyak cabang pohon yang menyandar atau bengkok hingga ke pangkalnya. Di sini, erosi tanah mungkin membuat perakaran menjadi tersingkap. Di tempat yang kondisi penyaliran dan kelembabannya baik, struktur hutan pegunungan bawah mungkin mendekati hutan aluvial dataran rendah. Puncak pegunungan sering memiliki hutan yang lebih lebat daripada lerengnya. Pohon tertentu, seperti *Araucaria*, cenderung tumbuh di bagian puncak. Pohon-pohon lainnya, seperti *Pometia*, lebih umum di kaki lereng pegunungan daripada lereng bagian tengah dan atas.

Hutan pegunungan bawah di Papua selatan yang curah hujan tahunannya tinggi (antara 1.200 dan 1.800 mm) dengan musim kering yang jelas diteliti oleh Shea dkk. (1998). Hutannya memiliki pohon-pohon luruh daun dan semi luruh daun di lapisan tajuknya, tetapi bagian lantai hutan tetap selalu hijau. Pohon-pohon luruh daun yang umum adalah *Garuga floribunda*, *Intsia bijuga*, *Anisoptera thurifera*, *Pterocarpus indicus* dan *Sterculia* spp. Di lapisan semak, *Maniltoa*, *Lunasia amara*, *Cycas* dan *Desmodium ormocarpoides* yang mencolok lebih umum daripada di hutan selalu hijau. Rerumputan tersebar dan paku-pakuan membentuk tutupan tipis di atas tanah. Sebaliknya, di lokasi yang curah hujan tahunannya kurang dari 1.200 mm dan musim keringnya panjang, hutannya bertajuk rendah dan terbuka serta didominasi pohon luruh daun. Lapisan subtajuknya terdiri dari pohon-pohon luruh daun dan selalu hijau dan di semak belukar ada banyak semak yang berduri dan merambat. *Flagellaria* dan liana berkayu berlimpah, tetapi epifit jarang. Selain pohon luruh daun yang disebutkan di atas ada juga *Gyrocarpus americanus*, *Bombax ceiba*, *Brachychiton carruthersii*, *Adenanthera pavonina* dan *Erythrina* sp. Musim kemarau yang parah mungkin merupakan faktor utama yang mengendalikan frekuensi pohon-pohon luruh daun, tetapi ketinggian dan variasi lokal

topografinya dan berbagai kondisi kelembaban juga berperan penting. Pohon-pohon luruh daun umumnya berkurang seiring meningkatnya ketinggian, sehingga hutan yang mendekati zona pegunungan tengah hampir seluruhnya selalu hijau.

Pengaruh tanah tampaknya hanya sedikit pada struktur dan komposisi vegetasi hutan pegunungan bawah. Di Nugini, ukuran tajuk dan batang pohon di bawah rata-rata tampaknya lebih dipengaruhi kondisi cuaca dan tanah lempung asam yang agak umum di lereng yang agak datar hingga sedang di lereng-lereng pegunungan dan kaki bukit. Tanah tidak memengaruhi komposisi flora hutan tetapi korelasinya sulit dibuktikan karena interaksi yang rumit antara tanah, topografi dan iklim, serta faktor-faktor lainnya seperti tingkat gangguan dan peluang pertumbuhan, yang mungkin menyelubungi pengaruh tanah. Berbagai analisis kuantitatif menunjukkan bahwa komposisi jenis berkaitan dengan tanah di lokasi-lokasi tertentu (Austin dkk. 1972, dikutip Whitmore 1984), sementara studi lainnya menunjukkan tidak ada hubungan antara persebaran jenis dan tanah. Tipe batuan memengaruhi vegetasi melalui tanah dan bentuk-bentuk lahan yang berkembang di atasnya. Batuan ultramafik (batu api yang berat dengan kandungan silikon rendah dan magnesium dan besi yang relatif tinggi) dan batu gamping di Nugini tampaknya memengaruhi keberadaan hutan yang lebat, berbatang kecil, bertajuk sempit dan kadang merupakan hutan terbuka. Tanah yang dangkal juga menonjol pada batuan gamping ini, tetapi kurang subur. Tidak ada bukti bahwa hanya jenis pohon tertentu saja yang hidup di atas batuan ultramafik atau gamping. *Casuarina papuana* umumnya menonjol di hutan pada batuan ultramafik dan kadang terdapat di hutan batu gamping, tetapi kisaran persebaran jenis ini luas dan tidak terbatas pada tipe batuan atau tanah tertentu.

Hutan Campuran Pegunungan Bawah

Struktur dan fisiognomi hutan ini di Papua serupa dengan hutan dataran rendah aluvial. Menurut Paijmans (1976), perbedaan utamanya hanya pada tinggi pohon karena kondisi lereng yang curam dan tanah yang tidak stabil. Tinggi tajuk utamanya 25-30 m, sementara tajuk pohon

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

menjulang mungkin mencapai 40 m. Pohon berdiameter dan berakar banir sangat besar hanya sedikit daripada di hutan dataran rendah. Lapisan subtajuk umumnya berupa pohon-pohon muda yang ramping, lebih rendah dan lapisan herbanya umumnya agak lebih lebat. Liana berkayu tebal, rotan, pohon palem serta tumbuhan pemanjat yang tebal dan paku-pakuan pemanjat di batang-batang pohon umumnya sedikit. Palem yang tinggi merupakan ciri yang umum, tetapi jumlahnya hanya sedikit. Pohon paku-pakuan lebih umum daripada di hutan hujan dataran rendah, begitu juga bambu yang merayap.

Seperti hutan dataran rendah aluvial, hutan campuran pegunungan bawah keanekaragaman jenisnya sangat tinggi. Kebanyakan pohon di hutan aluvial juga terdapat di hutan perbukitan, meskipun proporsinya berbeda. Lapisan tajuk umumnya meliputi *Pometia*, *Canarium*, *Anisoptera*, *Cryptocarya*, *Terminalia*, *Syzygium*, *Ficus*, *Celtis*, *Dysoxylum* dan *Buchanania*. Beberapa marga pohon yang umum di lapisan subtajuk adalah *Garcinia*, *Syzygium*, *Diospyros*, *Myristica*, *Pimeleodendron*, *Microcos* dan *Gnetum*. *Lithocarpus celebicus* muncul pertama kali pada ketinggian 120 m dan menjadi mencolok di atas ketinggian 350 m di Lembah Idenburg. Pada ketinggian sekitar 1.200 m, *Lithocarpus* dan *Castanopsis* membentuk tegakan murni di puncak-puncak pegunungan yang lebih luas. Pohon-pohon ek tersebar merata dengan tajuknya yang sempit, tetapi vegetasi di bawahnya sangat jarang meskipun cahaya yang masuk melimpah. Contoh hutan campuran pegunungan bawah di Papua dapat dilihat dalam Shea dkk. (1998), yaitu di lereng-lereng gunung di atas hutan kerangas di Mile 50. Misalnya, salah satu dari tiga tegakan di lereng bagian atas lokasi yang dikaji didominasi *Elaeocarpus*, *Tristania*, *Lithocarpus* dan *Hopea papuana*. Pohon lainnya meliputi *Crypteronia*, *Palaquium*, *Syzygium*, *Cryptocarya*, *Sloanea papuana* dan *Elaeocarpus*.

Hutan Sekunder

Hutan sekunder yang menarik terdapat di lereng lembab di bagian timur PTFI, yaitu di pinggir jalan di Km 71-72 dengan ketinggian sekitar

650-700 m dpl. Tegakan didominasi jenis pionir seperti *Casuarina*, *Ficus*, *Anthocephalus cadamba*, *Ilex*, *Pandanus*, *Diospyros*, *Gordonia*, *Timonius timon* dan *T. trichanthus*.

Hutan *Castanopsis* dan *Lithocarpus*

Robbins (1958) memperlakukan *Castanopsis* dan *Lithocarpus* sebagai suatu asosiasi tunggal. Namun di Bulolo-Watut, hutan *Castanopsis* membentuk tegakan murni di bekas lahan garapan sedangkan hutan *Lithocarpus* umumnya berada di hutan yang lebih beragam dengan jenis dari hutan dataran rendah. Brass (1941) menyimpulkan bahwa di pegunungan Nugini “masyarakat mengikuti pohon-pohon ek”, karena di lembah yang sejuk dan sehatlah terletak pusat-pusat penduduk. Sekarang lembah yang luas membentuk pegunungan berumput yang semula didominasi hutan *Castanopsis* dan/atau *Lithocarpus*. *Castanopsis acuminatissima* dan *Lithocarpus* spp. kemungkinan mendominasi hutan pegunungan pada ketinggian di atas 600 m tetapi jarang bersama *Nothofagus*. Jenis pohon-pohon lainnya adalah *Anisoptera*, *Hopea*, *Intsia*, *Pometia*, *Calophyllum* dan *Syzygium*, terutama berada di lereng-lereng yang lebih rendah.

Di Lembah Baliem kebanyakan hutan ek (tingginya hingga 2.400 m dpl) telah ditebang untuk pertanian tradisional. Brass (1941) mengasumsikan bahwa sebelum ada pemukiman lembah ini mendukung hutan Fagaceae yang sangat luas. *Casuarina* membentuk tegakan yang sangat luas pada ketinggian sekitar 1.600 m, khususnya di sepanjang sungai dan di daerah yang tanahnya longsor. Lereng-lereng rerumputan yang lama mengandung semak yang “tahan api”: *Vaccinium*, *Alphitonia*, *Grevillea*, *Timonius*, *Decaspermum* dan *Glochidion*. Di atas bukit gamping yang sempit tumbuhan serofit lebih banyak: *Grevillea*, *Rhamnus*, *Eurya* dan beberapa jenis dari *Schefflera* juga umum. Jenis *Lithocarpus* mendominasi tanah berawa di sini, dengan semak *Calamus* dan *Pandanus* muda. *Agathis* membentuk tajuk tertinggi yang berbeda dengan tajuk yang tertutup lumut dan epifit yang melimpah. Menurut pengamatan Vink (kom.pri.) tajuk *Agathis* menjulang dan selalu sangat jelas dan mencapai batas tingginya pada ketinggian sekitar 1.200 m.

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

Brass (1941) menjelaskan hutan ek murni di pegunungan bawah biasanya didominasi *Castanopsis acuminatissima*, yang berkembang biak melalui tunas dan membentuk tegakan murni. Di Papua, jenis ini terdapat di kisaran ketinggian 300-1.500 m, umumnya membentuk tegakan murni di lokasi-lokasi yang mudah terganggu (Johns 1986). Di lokasi yang tekanan penduduknya tinggi, jenis ini sering mendominasi regenerasi setelah kegiatan pertanian (kemungkinan karena kemampuannya untuk menumbuhkan akar pada batang pohonnya). Hutan *Castanopsis* merupakan ciri khas lokasi yang terganggu sepanjang kisaran persebarannya. Hutan ini umumnya kering dengan beberapa tumbuhan tanah atau pohon-pohon subtajuk, meskipun tingkat penetrasi cahayanya melimpah melalui tajuknya. Batang dan ranting sebenarnya bebas dari tumbuhan epifit, dibandingkan jenis lain yang beradaptasi dengan kondisi yang lebih kering (seperti *Pyrrosia*). Tajuk hutan didominasi *Castanopsis*, dengan lapisan semak terbuka, lapisan herba di tanah sangat jarang dan serasah tebal dari daun yang berjatuhan di lantai hutan. *Castanopsis* mudah ditebang berulang mulai dari pangkal batang, sehingga banyak pohon memiliki cincin tunas bekas cabang di sekitar batang utama atau bercabang banyak di atau dekat permukaan tanah. *Lithocarpus*, *Lithocarpus schlechteri* dan *L. rufovillosus* kemungkinan juga berupa tegakan murni. Hutan pegunungan bawah yang didominasi oleh *Lithocarpus rufovillosus* tersebar di seluruh Nugini dan di Papua jenis ini tercatat di P. Yapen dan P. Misool.

Hutan Campuran Pasang-Sarangan

Hutan campuran ini didominasi *Castanopsis acuminatissima*, *Lithocarpus schlechteri*, *Litsea* dan *Elaeocarpus*. Brass (1941) menjelaskan ciri umum hutan campuran ini ketinggian sekitar 25 m, dengan batang-batang berwarna keabu-abuan yang kadang dikelilingi oleh tunas-tunas pohon muda. Pohon-pohonnya tumbuh terpisah dan membentuk tajuk yang agak sempit. Meskipun cahaya berlimpah pohon remaja sekunder hanya sedikit saja. Selain keempat marga tersebut, jenis dominan lainnya adalah *Pittosporum ramiflorum* dan *Calophyllum papuanum*. Jenis sub-

EKOLOGI PAPUA

tajuk umumnya *Phyllocladus hypophyllus* dan *Helicia amplifolia*; semak umumnya dari jenis *Rhododendron* dan *Vaccinium*. Johns (1982) mencatat bahwa daun majemuk di hutan ek jarang ada dan ukuran daun rata-rata jauh lebih kecil daripada yang ada di hutan hujan dataran rendah. Liana dan pohon berakar banir jarang. Pohon paku-pakuan seperti *Dicksonia* (jarang) dan *Cyathea* (banyak jenis) ada dan permukaan tanahnya ditumbuhi *Hymenophyllum* dan lumut *Polytrichum*.

Di tempat yang lebih tinggi (1.200-1.500 m dpl), dekat perbatasan subzona pegunungan tengah, punggung-punggung bukitnya kemungkinan didominasi campuran *Castanopsis*, *Lithocarpus* dan *Engelhardtia* tetapi jarang bercampur dengan *Nothofagus*. Tegakan campuran *Castanopsis acuminatissima* dan beberapa jenis *Lithocarpus*, termasuk *L. schlechteri*, sering berasosiasi dengan *Litsea* dan *Elaeocarpus*. Seperti dijelaskan di atas daun majemuk jarang dan ukuran daun rata-rata jauh lebih kecil daripada yang ada di hutan hujan dataran rendah. Liana dan pohon berakar banir jarang. Pohon paku-pakuan seperti *Dicksonia* (jarang) dan *Cyathea* (banyak jenis) ada dan permukaan tanahnya tertutup oleh banyak jenis paku-pakuan (*Hymenophyllum*, *Trichomanes*) dan lumut *Polytrichum*.

Punggung-punggung bukit yang lebih rendah kemungkinan didominasi campuran *Castanopsis*, *Lithocarpus* dan *Engelhardtia* dan punggung bukit yang lebih terbuka didominasi *Nothofagus*. Studi terinci mengindikasikan perbedaan ekologi yang jelas, misalnya, di lokasi yang marganya tampak menyatu, *Nothofagus* sering mendominasi punggung bukit, sedangkan punggung bukit rendah yang berdekatan dan sisi bukit atas didominasi *Castanopsis* dan *Lithocarpus*.

Hutan *Araucaria*

Persebaran *Araucaria cunninghamii* var. *Papuana* tidak berkesinambungan dari Sem. Kepala Burung hingga Teluk Milne di bagian PNG tenggara. Sebagian besar tegakannya terdapat di dataran tinggi tengah di zona ketinggian 500-2.450 m. Di lembah bagian tenggara D. Anggi, Gibbs (1917) mengamati tegakan *Araucaria cunninghamii*

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

var. *papuana* (seperti *A. beccarii*). *Araucaria* membentuk tegakan campuran, tegakan muda terdapat di tanah berawa yang memiliki semak-belukar yang sulit ditembus, sementara di punggung bukit yang pohon-pohonnya lebih dewasa lapisan subtajuknya tidak ada. Semula hutannya luas hingga pinggir laut tetapi Gibbs (1917) melaporkan bahwa hutan tersebut dibakar hingga kira-kira 10 m di atas danau. Shea dkk. (1998) melaporkan tegakan di punggung-punggung bukit di Taman Nasional Lorentz di mana *A. cunninghamii* menjulang tinggi di atas jenis hutan campuran yang merupakan ciri khas hutan pegunungan bawah. Keterangan terinci tentang hutan *Araucaria* bersumber pada kajian literatur, khususnya Enright (1982). Dua jenis *Araucaria* (*A. cunninghamii* dan *A. hunsteinii*) pola regenerasinya sangat berbeda. *Araucaria hunsteinii* tidak dapat kerkembangbiak di bawah tajuk tertutup yang intensitas sinar mataharinya rendah atau lapisan serasahnya tebal. Jenis ini menyukai lokasi yang terganggu, misalnya, celah akibat pohon tumbang yang lebarnya sekitar 30 m. Jenis ini tidak mampu bersaing dengan baik, tetapi dapat tumbuh di sepanjang celah yang intensitas cahayanya meningkat dan tidak ada jenis lain yang tumbuh cepat. Di lokasi seperti ini, anakan *A. hunsteinii* bertahan dalam jumlah banyak dan beberapa akhirnya tumbuh sebagai lapisan tajuk. Sebaliknya, anakan *A. cunninghamii* tidak mampu bertahan di bawah naungan selama jangka waktu tertentu, umumnya di atas ketinggian 1.000 m di hutan yang lebih dingin dan lebih lembab daripada yang ditumbuhi *A. hunsteinii*. Populasi jenis ini tumbuh di lingkungan asam (pH 5.0), di tanah agak lempung yang miskin hara.

Kedua jenis *Araucaria* tersebut juga memiliki strategi regenerasi yang berbeda. *A. Cunninghamii* lebih baik beradaptasi pada kondisi stabil sedangkan *A. hunsteinii* memiliki sedikit benih yang lebih besar dan tingkat pertumbuhannya lebih lambat serta kemampuan menyebarnya rendah (Havel 1965). Namun karena frekuensi gangguan tinggi, seperti pohon tumbang, jenis ini mampu memanfaatkan habitat yang sesuai untuk melakukan regenerasi di dekat pohon induknya. Peristiwa iklim yang jarang dan peran burung untuk menyebarkan biji perlu mendapat perhatian. Cadangan makanan dalam biji yang besar

EKOLOGI PAPUA

memungkinkan pembenihan terjadi hingga mencapai suatu ukuran yang memampukannya bertahan di bawah naungan selama beberapa tahun sementara menanti celah terbentuk. Hanya sedikit jenis yang mampu bertahan dalam kondisi habitat seperti ini selama lebih dari tiga tahun. Cadangan makanan kemungkinan juga berperan dalam penyebaran oleh burung. Masa reproduksi yang lebih lama juga memungkinkan *A. hunsteinii* berpeluang lebih banyak untuk menghasilkan keturunan dan mencegah kemungkinan kepunahan lokal. Sebaliknya, keberhasilan regenerasi *A. cunninghamii* tidak berubah dari tahun ke tahun. Kenyataan ini dan produksi benih yang lebih tinggi menunjukkan bahwa jenis ini akan menghasilkan anakan yang lebih banyak daripada *A. hunsteinii* karena masa reproduksinya lebih singkat. Perbedaan strategi regenerasi kedua jenis ini menentukan tipe komunitas di tempat jenis ini berada. *A. hunsteinii* merupakan jenis yang paling umum di hutan sekunder tua.

Hutan *Agathis*

Hanya *Agathis labillardierei* terdapat di Papua, yang tersebar cukup luas dari hutan gambut sampai hutan pegunungan bawah (1.350 m). Vink (kom. pri., dikutip dalam Whitmore 1977) mengamati jenis ini beroosiasi dengan sungai berair hitam pada ketinggian di atas 200 m, yang membentuk tegakan murni di Papua. Pada ketinggian 750 m di Lembah Idenburg yang tertutup awan di tengah hari tegakan ini merupakan ciri hutan yang mencolok (Brass 1941). Tegakan *Agathis* juga tumbuh di tanah ultramafik di P. Biak (Vink 1960, dikutip dalam Whitmore 1977) dan P. Yapen (Dijk 1939, dikutip dalam Whitmore 1977) dan Van Royen (1963) mencatat *Agathis* di atas batuan kapur. Informasi tentang ekologi *Agathis* di Papua terbatas sekali.

Komunitas Tumbuhan di Perairan Berarus Deras

Komunitas herba dan semak merupakan ciri khas tepi dan dasar sungai yang berarus deras dan banjir mendadak yang berlangsung singkat. Herba dari marga *Ficus*, *Syzygium* dan *Neonauclea* umumnya berakar kuat melebar untuk bertahan dari arus, cabang-cabangnya horisontal,

menyebar ke arah aliran air dan berdaun sempit. Anggota komunitas ini (disebut reofit, van Steenis 1952) juga mencakup paku-pakuan, rumput dan herba yang terendam air. Menurut penelitian Shea dkk. (1998) komunitas yang terdapat di hulu S. Minajerwi didominasi oleh *Ficus* and *Neonauclea*. *Dipteris lobbiana* merupakan reofit khas di Papua, yang juga terdapat di lereng-lereng gunung di Kalimantan.

Suksesi Tumbuhan Sekunder

Komunitas tumbuhan sekunder umumnya terjadi di lokasi-lokasi yang mengalami gangguan dan ditumbuhi berbagai jenis pohon, perdu, maupun semak pionir. Salah satu penyebab utama komunitas tumbuhan sekunder adalah perladangan berpindah, yang melibatkan penebangan hutan primer atau hutan sekunder tua, diikuti oleh pembakaran dan pengolahan lahan. Kalau ada cadangan hutan primer di sekitarnya, bekas lahan olahan biasanya dibiarkan tumbuh menjadi hutan yang strukturnya mirip hutan primer. Namun ketika lahan terbatas, peladang umumnya menerapkan sistem usaha tani yang membiarkan tumbuhan pionir untuk tumbuh, menyediakan naungan untuk mengurangi pertumbuhan gulma dan meningkatkan kesuburan tanah. Beberapa tahun kemudian, lahan yang sama ditebang dan diolah kembali. Di banyak lokasi, selama ratusan tahun *Casuarina oligodon* telah digunakan sebagai pohon untuk mengurangi masa bera (lahan tidak dibudidayakan) karena akar-akarnya mampu memulihkan nitrogen setelah tanah diolah. Pohon ini kayunya juga dimanfaatkan untuk membuat rumah atau kayu bakar dan baru-baru ini sebagai bahan untuk membuat arang. Lahan bekas kebun biasanya cepat sekali ditumbuhi gulma dan rumput pionir, termasuk *Ageratum*, *Stachytarpheta*, *Arthraxon ciliaris* dan *Ischaemum polystachyum*. Jenis rumput yang dominan umumnya *Miscanthus floribulus* yang tumbuh bersama alang-alang *Imperata cylindrica* dan kemudian berkembang menjadi semak belukar.

Hutan Pegunungan Tengah

Di Papua, hutan pegunungan tengah berada pada ketinggian 1.500-2.800 m dan dicirikan oleh lereng yang panjang dan tebing-tebing yang berjajar

di jajaran pegunungan tengah. Batas bawah subzona ini pada ketinggian 1.500 m yang paling sering tertutup awan dan merupakan peralihan ke hutan lumut. Batas atasnya kurang jelas di sekitar ketinggian 2.800 m. *Nothofagus* umumnya mendominasi zona ini, tetapi tidak ada di atas batas ketinggiannya. Karena itu, zona ini mewakili kisaran persebaran utama *Nothofagus* dan suku tumbuhan yang umum di dataran rendah, seperti Anacardiaceae, Annonaceae, Burseraceae, Dipterocarpaceae, Ebenaceae, Guttiferae, Leguminosae, Meliaceae, Myristicaceae, Sapindaceae, Sapotaceae. Sterculiaceae menjadi lebih jarang dan digantikan oleh anggota Cunoniaceae, Cupressaceae, Elaeocarpaceae, Fagaceae, Lauraceae dan Podocarpaceae.

Di zona ini terdapat berbagai tipe tumbuhan, yang keberadaannya dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti iklim, ketinggian, topografi dan tanah atau tipe batuan (Paijmans 1976). Tutupan dan frekuensi awan diduga memengaruhi komposisi tumbuhan. Misalnya, di tempat yang sering tertutup awan ditandai oleh *Nothofagus*, *Phyllocladus* dan *Astronia* pada ketinggian 900 m, walaupun marga ini lebih umum di lokasi yang lebih tinggi. Hutan yang lebih sering tertutup awan umumnya didominasi lumut, sehingga sering disebut ‘hutan lumut’ atau ‘hutan awan’.

Komposisi tumbuhan berubah menurut perubahan ketinggian dan jumlah jenis yang ada menurun, tetapi jumlah individu taksa tertentu mungkin meningkat. Misalnya, *Nothofagus* mencolok pada ketinggian 1.500-2.600 m, tetapi *Castanopsis* dan *Lithocarpus*, yang dominan di lokasi yang lebih rendah menjadi jarang atau tidak ada di zona ini. Sebaliknya, Podocarpaceae, Myrtaceae dan Elaeocarpaceae menjadi dominan. Bagian teratas zona ini dicirikan oleh suku Myrsinaceae dan Ericaceae, khususnya dari marga *Drimys*, *Carpodetus*, *Olearia* dan *Schuermansia*. Tajuk-tajuk pohon ditumbuhi parasit dari suku Loranthaceae dan Santalaceae.

Hutan di lereng gunung yang tidak begitu curam pada ketinggian lebih dari 2.000 m mungkin mencapai tinggi 40 m dan berlingkar batang lebih dari 1,5 m. Sebaliknya, tajuk hutan di puncak punggung bukit kemungkinan tingginya kurang 20 m. Puncak-puncak bukit yang

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

sempit lerengnya curam, tanahnya dangkal, lebih banyak terkena angin dan lebih sering dan lebih lama diselimuti kabut daripada di sisi bukit. Hutan di puncak bukit umumnya berjarak berdekatan, batangnya kurus, kecil, bengkok dan berbenjol, yang berangsur menjadi semak belukar mendekati batas atas zona ini, yang dikenal dengan nama 'hutan elfin' (Troll 1957, Grubb dkk. 1963).

Ketiadaan tanah dan tipe batuan hanya sedikit pengaruhnya pada tipe tumbuhan. Di atas batuan kapur dan ultramafik, hutan cenderung menjadi lebih rapat, tajuk dan lingkaran batangnya juga mengecil. *Casuarina papuana* dan konifer lebih umum tumbuh di atas batuan ultramafik. Semakin bertambah ketinggian terjadi peralihan ke arah hutan lumut, seperti terlihat di Peg. Arfak, yang ditumbuhi oleh lumut hati. Hutan di sebelah barat daya D. Anggi didominasi *Podocarpus rumphii*, *Dacrycarpus compactus*, *Phyllocladus hypophyllus* dan *Papuacedrus paduana* var. *arfakensis*. Marga umum di hutan ini mencakup *Drimys*, *Baeckia*, *Backhousia*, *Psychotria*. Epifit dan liana juga umum di hutan ini dengan keragaman lumut, paku-pakuan dan anggrek yang tinggi (Gibbs 1917).

Secara umum vegetasi hutan pegunungan tengah dibedakan menjadi hutan campuran dan hutan *Nothofagus* murni. Dibandingkan dengan ciri-ciri hutan selalu hijau di dataran rendah, hutan campuran ketinggian tajuknya 20-30 m, rata dan lebih sempit. Daunnya umumnya lebih kecil, lebih rapat, terlihat seperti kulit, berkilap dan berwarna hijau tua, pinggirannya sebagian atau seluruhnya bergerigi. Kerapatan pohon sering sangat tinggi, tetapi lingkaran batangnya jauh lebih kecil dan batang utama bercabang rendah, tebal dan sering bengkok. Akar tongkat atau pasak ada, tetapi akar banir tidak ada. Tajuk hutan umumnya dari suku Fagaceae, Lauraceae, Cunoniaceae, Elaeocarpaceae dan Myrtaceae, didominasi marga *Ilex*, *Dryadodaphne* dan *Pouteria* dan konifer (Cupressaceae dan Podocarpaceae). Lapisan subtajuk didominasi *Garcinia*, *Alstonia*, *Astronia*, *Polyosma*, *Symplocos*, *Sericolea*, *Drimys*, *Prunus*, *Pittosporum* dan Araliaceae. Anggota suku yang umum di hutan dataran rendah tidak ada. Lapisan semak belukar lebih rapat daripada di hutan dataran rendah dan berbagai jenis dari Rubiaceae, Myrsinaceae,

Melastomataceae, *Eurya*, *Cyrtandra*, *Saurauia* dan *Piper* selalu ada. Lapisan di atas tanah, terutama lumut, paku-pakuan, herba dan benih, kerapatannya juga bervariasi. Di beberapa tempat, lumut hampir menutupi seluruh permukaan tanah dan kayu-kayu serta ranting yang tumbang, sementara di tempat yang lain paku-pakuan atau *Elatostema* membentuk lapisan yang tebal. Lumut *Dawsonia* yang berbatang tinggi, berbentuk seperti pohon pinus mini yang mencolok dan di dekat batas hutan dan di tempat terbuka terdapat bantalan *Sphagnum*. Liana dan pemanjat berkayu jarang atau hampir tidak ada di atas ketinggian 2.200 m. Namun, di banyak tempat di tepi-tepi hutan, bambu pemanjat berbatang tipis dari marga *Nastus* membentuk rumpun kusut yang lebat dan *Rubus* yang merambat sering menutupi permukaan tanah. Tumbuhan pemanjat lainnya meliputi pandan *Freycinetia*, Gesneriaceae, *Lycopodium* dan paku-pakuan.

Komposisi jenis di hutan pegunungan tengah bervariasi dari satu lokasi ke lainnya. Komposisi jenis yang diamati oleh Shea dkk. (1998) di sepanjang lereng jajaran gunung dan bukit di Papua selatan termasuk berbagai komunitas yang didominasi *Lithocarpus*, *Nothofagus*, *Cryptocarya*, *Castanopsis*, *Elaeocarpus*; *Pittosporum*; *Nothofagus*, *Podocarpus*, *Dacrydium*; *Papuacedrus*; *Nothofagus*, *Phyllocladus* dan *Dacrycarpus*. Beberapa tegakan yang dikaji oleh Shea dkk. (1998) di dekat Tembagapura didominasi *Elaeocarpus nubigenus*, *Saurauia calypttrata*, *Pittosporum* sp. dan *Cyathea*. Pohon lainnya yang penting adalah *Podocarpus*, *Schefflera hellwigiana*, *Polyosma integrifolia*, *Timonius*, *Homalanthus nervosa* dan *Symplocos cochinchinensis*. Pohon-pohon dominan lainnya adalah *Elaeocarpus nubigenus*, *Pittosporum* sp., *Drimys piperita*, *Cyathea* dan *Rhododendron inundatum*.

Di Nugini, marga *Nothofagus* diwakili oleh 13 jenis (van Steenis 1972b) pohon yang ukuran tajuknya bervariasi dari yang tingginya mencapai 30-35 m, sampai ke perdu yang lebih rendah dari 1 m, khususnya di habitat yang lebih terbuka pada ketinggian sampai 3.000 m. Studi ekologi *Nothofagus* pertama dilakukan oleh Hynes (1973, 1974) di pegunungan di PNG. Jenis dari *Nothofagus* biasanya dominan di hutan pegunungan tengah pada ketinggian antara 1.500 dan 2.800 m. *Nothofagus* memiliki

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

peran ekologis yang penting karena sejarah biogeografinya. Menurut Bowler dkk. (1976) dan Hope (1976) selama masa glasial *Nothofagus* berada sekitar dua pertiga ketinggian yang ada sekarang. Namun karena iklim menghangat, persebarannya berangsur ke lokasi yang lebih tinggi dan hutan *Nothofagus* yang sangat luas kemudian dikoloni oleh marga lain yang sekarang menghuni hutan pegunungan tengah. Perpindahan *Nothofagus* umumnya berlangsung lebih cepat melalui biji daripada pertumbuhan tunas (Ash 1982). Pada ketinggian lebih dari 2.000 m, komposisi hutan yang ditumbuhi *Nothofagus* umumnya mirip dengan hutan yang berbatasan tanpa *Nothofagus* (Saunders 1965, 1970; Kalkman dan Vink 1970). Di lokasi yang lebih rendah, hutan di punggung bukit dengan *Nothofagus* juga mencakup jenis dan marga di batas-batas bawah kisaran ketinggiannya, seperti *Castanopsis acuminatissima* atau *Lithocarpus*, tetapi di lokasi-lokasi yang diteliti di PNG jenis *Nothofagus* selalu menempati punggung-punggung bukit.

Hutan *Nothofagus* sering ditebang oleh masyarakat lokal untuk bercocok tanam. Tegakan-tegakan yang tidak terganggu yang berbatasan dengan petak-petak terbuka atau di lokasi yang lebih tinggi digunakan oleh masyarakat lokal untuk berburu dan mengumpulkan kayu, kulit kayu dan buah-buahan. *Pandanus* cenderung ditanam di hutan *Nothofagus* dan kemungkinan melibatkan pembukaan semak belukar dan pemangkasan pohon. Anakan *Nothofagus* kadang ditanam di dekat desa-desa. Kayu *Nothofagus* memiliki tekstur yang keras dan cukup kuat sehingga masyarakat lokal memanfaatkannya untuk membangun rumah, berbagai perkakas dan alat-alat kebutuhan rumah tangga lainnya serta untuk bahan bakar.

Dampak pembalakan hutan pada *Nothofagus* bergantung pada beberapa faktor, yang meliputi jumlah dan proporsi jenis berbeda yang tetap ada setelah proses pembalakan, gangguan rantai hutan, ketersediaan benih dan tunas, serta kegiatan setelah proses pembalakan seperti budidaya pertanian dan pembakaran lahan. Jika gangguannya tidak terlalu berat maka hutan sekunder dan hutan yang dibalak kadang masih memiliki *Nothofagus*. Namun, jika tingkat kerusakannya

parah, maka padang rumput dan hutan sekunder akan berkembang. Kecenderungan penyempitan luas hutan *Nothofagus* sekarang terjadi karena konversi ke penggunaan lahan lainnya.

Jenis *Nothofagus* juga bervariasi menurut ketinggian: *N. flaviramea*, *N. starkenborghii*, *N. rubra*, *N. carri* dan *N. crenata* tumbuh di bawah ketinggian 900 m dan ketinggian atasnya adalah di atas 2.200 m, sementara *N. brassii*, *N. perryi* dan *N. Grandis* banyak sekali terdapat di atas ketinggian 1.500-2.500 m dan *N. pullei* sampai di atas 2.800 m. Di lokasi manapun, jarang ada hutan campuran yang memiliki dua atau tiga jenis *Nothofagus*.

Nothofagus umumnya berasosiasi dengan curah hujan yang tinggi dan kondisi berawan terus-menerus, yang mengurangi penetrasi cahaya sampai 70%. Dalam kondisi sangat berawan dan lembab, cahaya yang hanya sedikit membatasi pertumbuhan pohon (Ash 1982). Untuk bisa bersaing, *Nothofagus* memerlukan musim tumbuh yang pendek setiap tahunnya, dengan rata-rata suhu harian 10 °C lebih. Beberapa *Nothofagus* tropis di Nugini akan tumbuh baik bersaing di lokasi dengan rata-rata suhu harian 23 °C, jauh lebih tinggi daripada jenis marga apa saja. *Nothofagus* mencapai ketinggian maksimum 3.100 m, di mana jenis ini tumbuh baik di bawah garis batas tumbuh pohon (di atas 4.170 m di G. Jaya). Selain itu, *Nothofagus* memerlukan pasokan air yang teratur dari tanah beraerasi baik dan umumnya tidak ada di lokasi yang selalu kekurangan air. Daun-daun *Nothofagus* mengeluarkan air relatif lambat dibandingkan dengan jenis lain di zona pegunungan tengah (Hynes 1973) yang mengindikasikan ketahanan terhadap kekurangan air.

Hutan *Nothofagus* bukan merupakan hutan yang mudah terbakar dan kebakaran yang terjadi berkaitan dengan musim kemarau panjang (gejala El Niño) dan berbagai kegiatan manusia. Banyak kebakaran terjadi dan frekuensinya meningkat akibat berbagai kegiatan manusia. Di Nugini, hutan *Nothofagus* yang berdekatan dengan kawasan budidaya pertanian sering rentan terhadap pembakaran, tetapi kebakaran jarang terjadi hingga ke bagian dalam hutan yang tidak terganggu. Regenerasi *Nothofagus* setelah kebakaran tidak begitu baik, khususnya jika anakan-

nya juga terbakar . Kebakaran berulang kemungkinan mengubah hutan-hutan *Nothofagus* menjadi padang rumput.

Hutan-hutan *Nothofagus* di Nugini bertumbuh di atas substrat yang bervariasi, mulai dari ultramafik hingga batuan api, berkapur hingga di atas endapan yang mengandung silikon dan batuan metamorfik. Pertumbuhan *Nothofagus* berlangsung cepat di atas substrat vulkanik dan paling lambat tumbuh di tanah-tanah yang dangkal di atas batuan gamping sehingga pohon-pohonnya tumbuh kerdil. Jenis *Nothofagus* tertentu dilaporkan tumbuh di tempat-tempat yang ekstrim, misalnya *N. starkenborghii* di tanah dataran rendah anorganik, *N. perryi* di atas tanah gamping dan *N. rubra* di atas tanah gambut yang lembab.

Lokasi kelimpahan jenis *Nothofagus* bervariasi sesuai kondisi topografi (Paijmans 1976, Ash 1982). Di lokasi rendah di Nugini *Nothofagus* biasanya terbatas hingga puncak-puncak punggung bukit, tetapi di lokasi yang tinggi jenis yang bervariasi ada di sebagian besar tipe-tipe topografinya. Banyak faktor yang mendorong perubahan menurut kondisi topografinya, misalnya perubahan iklim mikro (awan, kelembaban, radiasi matahari dan angin) dan berbagai proses yang terjadi di permukaan tanah (air, berbagai cairan dan partikel yang bergerak ke tempat yang lebih rendah). Daerah lereng selalu dipengaruhi gerakan tanah yang membuat pohon-pohon bersandar dan roboh sementara puncak-puncak gunung yang stabil mungkin mendukung pohon-pohon yang jauh lebih tua. Binatang dan manusia lebih sering melakukan perjalanan, merumput, menyebarkan benih dan pembakaran lahan di sepanjang punggung bukit. Patogen-patogen tertentu, khususnya jamur tanah, kemungkinan berasosiasi dengan kondisi yang lebih basah di lereng-lereng yang lebih rendah. Karena variabel yang kompleks ini saling memengaruhi banyak marga pohon, persebaran topografi *Nothofagus* (Ash 1982) tidak mudah dijelaskan. Beranekaragam fauna dan berbagai macam jamur ditemukan di hutan-hutan pegunungan tengah Nugini, tetapi bukti yang menyatakan bahwa *Nothofagus* dipengaruhi oleh organisme-organisme ini sangat sedikit. Beberapa ciri seperti kulit kayu yang keras, daun yang kasar, kayunya kuat dan tahan

lama dan adanya tanin mengindikasikan ketahanan terhadap kegiatan herbivora (Hegnauer 1966, Hillis dan Inoue 1967, Gibbs 1974).

Lingkungan lembab hutan *Nothofagus* merupakan tempat yang menguntungkan bagi berbagai epifit dan banyak pohon yang mendukung pertumbuhan jamur hitam, bryofit, bakteri dan alga di atas daun-daunnya serta bryofit dan epifit berkayu di ranting-ranting dan batang-batangnya. Jenis berbeda memiliki strategi berbeda pula dalam menghadapi epifit-epifit ini. Misalnya, beberapa jenis memiliki kulit kayu yang mengelupas di sepanjang batang yang ditumbuhi epifit pada kulit kayunya. Ada kecenderungan berbunga musiman atau terjadi acak sepanjang tahun. *Nothofagus* menghasilkan banyak sekali serbuk sari yang disebarkan oleh angin. Namun karena berbagai kesulitan dengan benih dan pembibitan, kebanyakan regenerasi *Nothofagus* di Nugini berlangsung melalui tunas, yang berasal dari beberapa sumber, termasuk ranting-ranting yang jatuh ke tanah. Tunas horizontal mungkin tersebar di permukaan tanah, menghasilkan sistem tunas dan akar vertikal. Rata-rata pertumbuhan anakan atau tunas meningkat setelah terjadi celah. Dibandingkan marga lainnya, *Nothofagus* tumbuh lambat di bawah subtajuk yang ternaungi tetapi tumbuh cepat di bawah tajuk yang lebih terbuka.

Di Papua, hutan *Nothofagus* yang tinggi dan tegakan hutan tertutup terdapat di puncak-puncak punggung bukit dan lereng atas, terutama di ketinggian 1.500-2.800 m. Tegakan ini kemungkinan mencapai tinggi 45 m, luas bidang dasar dan volume batang pohon yang bebas cabang menandingi hutan dataran rendah. Beberapa sampel tegakan hutan *Nothofagus* di Papua selatan yang diambil oleh Shea dkk. (1998) didominasi *Nothofagus pullei*, *Symplocos*, dan *Pandanus*, atau oleh *Nothofagus pullei*, *Pandanus* dan *Psychotria*. Di beberapa lokasi, *Nothofagus* terdapat di tegakan campuran yang tinggi dengan jenis konifer. Misalnya, tegakan di atas Tembagapura, sekitar 2.300 m dpl, didominasi *Nothofagus pullei*, *Symplocos cochinchinensis* dan *Pandanus*.

Vegetasi Rawa di Zona Pegunungan Tengah

Hutan rawa di zona ini umumnya berupa petak-petak kecil di sekitar daerah yang ditumbuhi rumput rawa (Paijmans 1976). Tajuk hutan umumnya terbuka dan di bawahnya tumbuh semak dan perdu. Kebanyakan pohon tumbuh mengelompok, dipisahkan oleh air yang dalam, termasuk *Syzygium* dan *Garcinia*, konifer dan *Nothofagus* sp. Beberapa tegakan didominasi konifer, khususnya marga *Dacrydium* dan *Podocarpus*. Hutan seperti ini tidak umum tetapi ada di lokasi-lokasi terpencil. Dua tipe hutan rawa pegunungan tengah dilaporkan: *Syzygium* dan *Garcinia* atau hutan-hutan rawa yang didominasi Podocarpaceae. Di beberapa lokasi hutan rawa juga bisa didominasi oleh *Araucaria*.

Petak-petak kecil hutan rawa yang didominasi *Dacrydium cornwalliana* tersebar di seluruh Papua, berupa tegakan murni pada ketinggian 1.340-2.300 m dpl. Tegakan yang terluas adalah di rawa hitam dekat D. Wissel; tanahnya berupa lumpur hitam setinggi lutut. Misalnya, sebuah plot kecil berukuran 300 m² berisi 16 pohon dengan diameter 25-49 cm (rata-rata: 35 cm) dan tinggi puncaknya 28-34 m. Peremajaan hanya terdapat di celah terbuka karena pohon tumbang. Di celah-celah inilah vegetasi sekunder (tinggi 1-3 m) berada, yang meliputi *Euodia*, *Pittosporum pullifolium*, *Palmeria arfakiana*, *Schefflera* dan *Vaccinium* dan *Pandanus* tunggal yang tingginya 6 m. Tumbuhan pemanjatnya adalah *Asclepiadaceae* dan *Geitonoplesium cymosum*. Di lapisan herba terdapat *Juncus prismatocarpus*, *Scirpus inundatus*, *Zingiberaceae*, *Orchidaceae*, paku-pakuan dan *Sphagnum*. Di tepi hutan terdapat *Dacrydium imbricatum* hanya dengan beberapa pohon saja; jenis ini seharusnya jauh lebih umum, tetapi kulit kayunya digunakan sebagai bahan baku untuk membuat dinding rumah (Rappard dan van Royen 1959).

Dacrydium cornwalliana cepat sekali lenyap akibat pembalakan tegakan jenis tunggal yang kualitas kayunya bagus. Sisanya sekarang hanyalah rawa dangkal, semak terbuka yang ditumbuhi *Melicope denhamii*, *Glochidion wisselense*, *Sloanea arfakensis*, *Rapanea communis*, *Medinilla fasciculifera*, *Vaccinium pullei*, *V. turfosum*, *Rhododendron macgregorii*, *Podocarpus rubens*; peremajaan *Dacrydium cornwalliana*

dan *Papuacedrus papuanus*; herba seperti *Polygonum strigosum*, *Oenanthe javanica*, *Gonostegia hirta*; tumbuhan pemanjat dan perambat seperti *Rubus diclinis*, *Freycinetia pleurantha*, *Geitonoplesium cymosum*, *Nepenthes maxima*; paku-pakuan seperti *Nephrolepis rosenstockii* dan *Aglaomorpha novoguineensis*; dan lumut *Spagnum*, liken dan berbagai jenis rumput (Zieck dkk. 1960).

Hutan rawa yang ditumbuhi berbagai jenis rumput di zona ini umumnya berada di ketinggian 1.800 m (Paijmans 1976), di cekungan lembah yang tergenang air atau airnya mengalir sangat lambat. Rerumputan biasanya rendah, tetapi di beberapa tempat tingginya lebih dari 1 m, diselingi berbagai macam herba rawa dan semak kerdil yang tersebar lokal. Banyak jenis rumput berbeda, khususnya di rawa yang menggenang dan biasanya banyak menutupi permukaan tanah. Pada ketinggian 1.800-3.000 m salah satu jenis rumput yang paling umum ialah *Machaerina rubiginosa*, sebagian besar dalam tegakan murni. Rumput lainnya *Arundinella furva* dan jenis *Isachne* dan *Dimeria* dan *Agrostis reinwardtii*. Padang rumput *Phragmites karka* di zona ini mungkin didominasi satu jenis saja di lereng-lereng dan dasar lembah. Di tepi sungai atau rawa yang dangkal jenis ini berasosiasi dengan *Miscanthus floridulus* dan kedua jenis ini tumbuh melebihi tinggi batas air.

Di lembah-lembah bagian dalam pegunungan padang rumput terdapat di bawah 2.500 m dan didominasi jenis seperti *Lleptostachys*, *Ischaemum* spp., *Arthraxon ciliaris* dan *Imperata cylindrica*. Di atas ketinggian ini, rumput tumbuh lebih pendek. Umumnya jenis yang ada mencakup *Danthonia archboldii*, *Deschampsia klossii*, *Agrostis reinwardtii*, *Dichelachne novoguineensis*, *Deyeuxia* spp., *Anthoxanthum angustum*, *Arundinella furva* dan jenis lain dari *Danthonia*. Rumput (misalnya, *Gahnia* dan *Machaerina rubiginosa*) dan berbagai herba (misalnya, *Potentilla*, *Ranunculus*, *Gentiana*, *Anaphalis*) mungkin juga umum. Padang rumput ini juga mirip dengan di zona subalpin dan mewakili kolonisasi oportunistik di lokasi tertentu oleh jenis dari lokasi yang lebih tinggi. Di Papua, jenis yang dominan *Danthonia archboldii* dan *Deschampsia klossii*. Tempat yang lebih terbuka di sekitar padang

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

rumpun di atas ketinggian 1.500 m didominasi perdu dan semak belukar. Perdu lainnya di tempat yang lebih tinggi antara lain berbagai jenis *Rhododendron*, *Vaccinium*, *Styphelia* dan *Hypericum*. Klasifikasi komunitas bergantung pada jenis mana yang benar-benar dominan di suatu lokasi.

Suksesi vegetasi di habitat ini dipicu oleh pemangkasan, pembakaran dan pengolahan lahan yang menyebabkan kemerosotan, termasuk erosi tanah. Karena itu klimaksnya bukan berupa hutan tetapi perdu dan semak belukar yang ditumbuhi oleh *Melastoma malabathricum*, *Lantana camara*, *Rhodamnia cinerea*, *Rhodomyrtus tomentosa* dan *Dillenia suffruticosa* yang merupakan jenis lokal. Akhirnya, gangguan pada habitat mendorong terbentuknya padang alang-alang yang didominasi *Imperata cylindrica* yang memiliki sistem jaringan akar yang kuat sehingga bertahan dari pembakaran. Komunitas alang-alang ini terpencair di seluruh pulau.

Tanah longsor di zona ini sering menghilangkan lapisan tanah. Suksesi di tanah mineral berlangsung cepat daripada di atas batuan yang terbuka. Perubahan struktur vegetasinya bermula dari hutan lumut tertutup ke arah semak rendah, sedang dan tinggi, hutan rendah terbuka sampai akhirnya mencapai hutan tertutup. Kajian yang ada sekarang masih sangat terbatas, tetapi beberapa komunitas yang dikaji oleh Shea dkk. (1998) di lembah di dekat Tembagapura menunjukkan komunitas vegetasi pionir yang mencakup liken (*Cladonia* dan *Stereocaulon*) dan lumut hati (*Marchantia*).

Jenis pohon pionir mulai tumbuh bersama semak belukar dan berkembang menjadi lahan berhutan atau hutan. Beberapa pohon ini tumbuh dari biji, sementara lainnya bertunas dari akar pohon yang tertinggal di tanah selama pembukaan dan persiapan lahan. Tegakannya muda dan dewasa, tinggi tajuknya kurang lebih sama. Jenis pionir muda cenderung mendominasi lokasi yang terganggu parah, sementara lokasi yang sedikit terganggu didominasi pohon yang merupakan ciri hutan sekunder dan hutan primer. Shea dkk. (1998) membuat plot di hutan yang didominasi jenis pohon pionir muda (di sebelah atas jalan PTFI di

Km 67). Di salah satu lokasinya jenis pohon yang dominan adalah *Vitex pinnata*, *Homalanthus nervosus*, *Cyathea* spp. dan *Mallotus trinervius*. Pohon-pohon lain di lokasi ini adalah *Ficus*, *Saurauia capitulata* dan *Macaranga rhizinoides*.

Zona Peralihan Pegunungan Tengah dan Pegunungan Atas

Hutan pegunungan atas biasanya memiliki batas bawah yang tidak jelas dengan hutan pegunungan tengah, karena sering berasosiasi dengan lokasi khusus. Jika kondisi lokasi mengarah pada pembentukan paya, maka jenis pohon pegunungan atas cenderung ada, misalnya anggota Coniferae dan Myrtaceae yang diduga dapat memperlambat pembusukan serasah. Jika hal ini terjadi, maka berlangsung proses pembentukan gambut dan memperjelas batas dengan hutan di sekitarnya (Whitmore 1984). Satu faktor yang mungkin sekali memulai perkembangan paya adalah kondisi tanah yang tergenang air (dari awan), (Whitmore 1984). *Sphagnum* sering tumbuh di tempat seperti ini dan memperkuat akumulasi paya. Karena itu, ada beberapa alasan berbeda mengapa batas bawah hutan pegunungan atas menjadi tidak jelas dan tanpa kajian yang terinci tidak mungkin menyatakan faktor-faktor apa saja yang memengaruhi di suatu lokasi (Whitmore 1984).

Vegetasi Pegunungan Atas

Whitmore (1984) menjelaskan bahwa hutan pegunungan atas di Maleisia memiliki struktur, fisiognomi dan komposisi flora yang sangat bervariasi. Perubahan paling dramatis adalah dari hutan yang didominasi mesofil dengan permukaan tajuk yang menggembung tidak rata menjadi hutan-hutan yang didominasi mikrofil dengan permukaan tajuk rendah dan datar, pohon-pohonnya lebih ramping, biasanya dahannya berbenjol dan subtajuknya sangat lebat. Hutan pegunungan atas terdapat di puncak-puncak bukit yang tajam atau tumpul dan hutan mesofil yang menempati lembah dan puncak gunung yang lebih lebar. Tinggi hutan di zona ini hanya mencapai 10 m (1,5-18 m), sehingga disebut hutan kerdil atau 'hutan elfin'. Di lokasi yang jauh dan puncak-puncak yang

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

terpencil hutan pegunungan atas terdapat di ketinggian yang lebih rendah daripada di pegunungan yang besar. Puncak-puncaknya yang tajam atau tumpul umumnya ditumbuhi hutan pendek karena lingkungannya miskin hara dan rentan karena keterbatasan air dibandingkan di lereng-lereng bukit.

Di Nugini hutan pegunungan atas umumnya berada di ketinggian 2.800-3.200 m dpl. Batas-batasnya tidak jelas dan bervariasi menurut topografinya. Misalnya, batas bawah umumnya berkaitan dengan batas atas pertumbuhan *Nothofagus* tetapi mungkin lebih tinggi di lereng-lereng yang panjang atau mungkin lebih rendah di sisi bukit dan puncak-puncak kawah. Di Kawah Kemabu di seberang Lembah Zengillorong dan ke bawah Lembah Ilorong di Papua selatan, hutan *Nothofagus pullei* tiba-tiba menerobos ke hutan subalpin bawah di sekitar ketinggian 3.200 m dpl. Pohon-pohon di zona peralihan benar-benar besar (20 m) dan batangnya relatif lurus, tetapi tidak membentuk tajuk yang tertutup (Hope 1976). Di puncak bukit di Tembapapura, kajian flora menunjukkan bahwa hutan terbuka tampaknya berada pada ketinggian yang lebih rendah (2.600 m dpl).

Menurut Whitmore (1984) keanekaragaman jenis flora pegunungan atas di Nugini sedikit jauh lebih rendah daripada flora di pegunungan tengah dan pegunungan bawah. Elaeocarpaceae melimpah dan Lauraceae jelas sangat jarang, sementara Ericaceae di atas tanah cukup umum. Tinggi tajuknya hanya mencapai 12-18 m. Paku-pakuan tanah kurang umum. Marga yang umum meliputi *Zygogynum*, *Daphniphyllum*, *Dacrycarpus*, *Drimys*, *Elaeocarpus*, *Eurya*, *Papuacedrus*, *Macaranga*, *Pittosporum*, *Podocarpus*, *Quintinia*, *Rapanea*, *Saurauia* dan *Symplocos*. Banyak marga ini juga terdapat di lokasi yang lebih tinggi di zona subalpin tetapi keragamannya lebih rendah daripada hutan pegunungan bawah. Beberapa tipe vegetasi berasosiasi dengan gangguan alami dan buatan manusia. Hutan-hutan campuran didominasi *Papuacedrus*, *Saurauia*, *Symplocos* dan *Dacrycarpus*.

Hutan Konifer di Zona Pegunungan Atas

Di bawah ketinggian 2.400 m, marga *Podocarpus*, *Dacrycarpus*, *Papuacedrus* dan *Phyllocladus* mendominasi tajuk hutan dan pohon-pohon yang menjulang (Johns 1982, Mangan 1993). Meskipun tajuknya lebih kecil daripada pohon berdaun lebar, banyak konifer yang lingkaran batangnya mencapai lebih dari 1,5 m, bahkan di atas ketinggian 3.000 m (Paijmans 1976). Pohon-pohon *Papuacedrus papuana* yang menjulang mudah dikenali dari jauh karena tajuknya lebih terbuka dengan batang-batang yang horisontal, menggantung dengan lapisan berwarna abu-abu dari liken *Usnea*. *Papuacedrus papuana* sangat toleran dengan berbagai kondisi lingkungan dan mampu melakukan regenerasi di bawah hutan yang lebat, di tempat terbuka dan lembah-lembah curam yang berbatu. Di Nugini banyak pohon yang lebih besar mati karena pengambilan kulit kayu sebagai bahan baku pembuatan atap rumah oleh penduduk lokal. Hutan konifer yang hampir murni ini membentuk zona peralihan di lereng-lereng pegunungan antara hutan pegunungan tengah bawah dan hutan subalpin dan padang rumput di atas dan juga di lereng-lereng bukit kapur. Dalam kondisi seperti ini, konifer yang toleran bisa menjadi pionir, khususnya karena hutan berdaun lebar tidak ada, baik karena kebakaran atau karena kabut beku. Selain menjadi bagian komponen tegakan campuran di lokasi yang tinggi, konifer juga dapat membentuk tegakan murni di lokasi yang terbuka.

Shea dkk. (1998) mendeskripsikan dua tipe hutan di zona ini di Tembagapura. Hutan konifer dari jenis campuran didominasi *Papuacedrus papuana*, *Saurauia trugal*, *Symplocos cochinchinensis* dan *Dacrycarpus imbricatus*. Pohon lainnya adalah *Cyathea* spp., *Podocarpus neriifolius* dan *Homalanthus nervosa*. Di bagian yang lebih tinggi didominasi *Papuacedrus papuana* dan *Dacrycarpus cinctus*. Antara ketinggian 2.800 dan 3.100 m hutan di sekitar Idenburg, tumbuhan didominasi *Phyllocladus*, *Dacrycarpus compactus*, *Fagraea* dan beberapa jenis *Elaeocarpus* (Brass 1941) dan subtajuknya didominasi *Rapanea*, *Vaccinium*, *Litsea*, *Elaeocarpus*, *Rhododendron*, *Styphelia* dan *Pygeum*. Di bagian yang ternaung berat umumnya ditumbuhi paku-pakuan *Cyathea everta* dan

C. bidentata dan parasit *Loranthus*. Sementara bagian yang terbuka ditumbuhi anggrek, lumut dan paku-pakuan, termasuk *Plagiogyria*, *Grammitis*, *Polypodium* dan *Meringium*. Dua jenis *Calamus* cukup umum pada ketinggian 2.200-2.300 dan 2.650 m.

Ada banyak kemiripan ciri vegetasi hutan pegunungan atas dan hutan kerangas. Menurut Whitmore (1984) kemiripan ini antara lain: tajuk rata dan rapat, ukuran daun umumnya kecil (mikrofil) tumbuh mengarah vertikal dan dekat dengan ranting, kayunya keras dan padat (menunjukkan laju pertumbuhan yang lambat) dan biomassa jauh lebih rendah daripada tipe hutan lainnya. Tumbuhan pemanjat berkayu tidak ada di kedua tipe hutan ini.

Vegetasi Subalpin

Zona subalpin berada pada ketinggian 3.200-4.170 m, membentang luas di jajaran pegunungan di Nugini. Proses glasiasi di pulau ini (Bab 1) memengaruhi keunikan vegetasi zona pegungannya (Johns 1982, van Royen 1980) yang dicirikan oleh semak dan perdu. Penelitian terinci tentang vegetasi subalpin baru dilakukan di G. Jaya (Johns dkk. 2006) dan G. Trikora (Mangen 1993) yang merupakan rujukan utama pembahasan bab ini. Vegetasi subalpin juga terdapat di bawah ketinggian 3.000 m, akibat pengaruh berbagai faktor, seperti aliran udara dingin (Paton 1988), tanah yang lembab (Ashton dan Hargraves 1983), angin kencang (Ashton dan Williams 1989) dan kekeringan atau kebakaran berkala (Johns 1986). Contohnya adalah di punggung G. Jaya (2.600-2.800 m) yang berada di bawah batas hutan di atas tanah mineral (Johns dkk. 2006).

Penelitian terinci tentang ekologi dan vegetasi subalpin di Nugini pertama dilakukan di G. Wilhelm (4.509 m) yang merupakan gunung tertinggi. Hasilnya dipublikasikan oleh Walker (1968), Hnatiuk (1975), Hope (1976a, 1980) dan Smith (1974). Khusus tentang Papua, daftar vegetasi pertama diterbitkan oleh Hoogland (1958), sebagian besar bersumber dari ekspedisi ke gunung ini tahun 1953; daftar yang lebih lengkap kemudian dipublikasikan oleh Johns dan Stevens (1972).

EKOLOGI PAPUA

Deskripsi vegetasi subalpin di Papua terutama bersumber dari observasi selama beberapa ekspedisi dari tahun 1916 (Ridley) sampai tahun 1993 (Mangen). Hope (1976b) meneliti vegetasi subalpin dan alpin G. Jaya dan ia menekankan variasi di antara gunung-gunung yang ada. Ketika mengunjungi G. Trikora lagi tahun 1984 ia menemukan *Isoetes hopei* yang belum pernah dikoleksi sebelumnya dan juga mengamati perbedaan dengan vegetasi yang pernah ditelitinya di G. Jaya (Flora Malesiana Bulletin 9/2, 154, 1985). Dalam penelitian tentang vegetasi subalpin dan alpin Shea dkk. (1998) menambahkan data vegetasi yang diterbitkan oleh Hope dkk. (1976) untuk memungkinkan klasifikasi berbagai tipe komunitas yang dikenal. Deskripsi tipe-tipe vegetasi dalam bab ini bersumber dari Hope (1976b) dan observasi oleh Shea dkk. (1998) dan Johns dkk. (2006).

Hutan Peralihan Pegunungan Atas-Subalpin

Menurut Mangen (1993), di G. Trikora vegetasi peralihan ini berada di ketinggian 3.150 m yang didominasi *Papuacedrus (Libocedrus) papuanus* yang membentuk tajuk terbuka dengan lapisan semak dan perdu lebat. *Dacrycarpus compactus* dan *Phyllocladus hypophyllus* merupakan pohon dominan dalam komunitas ini. Subtajuknya, setinggi 1-5 m, terdiri dari anakan *Phyllocladus hypophyllus*, *Drimys piperita*, *Rapanea cucuminum*, *Prunus costata*, *Pittosporum pullifolium*, *Coprosma brassii*, *Xanthomyrtus compacta*, *Rhododendron brassii*, *R. versteegii*, *R. gaultherifolium*, *Styphelia suaveolens* dan *Trochocarpa nubicola*. Epifit yang umum adalah *Phreatia*, *Dendrobium* spp., *Platanthera elliptica* dan beberapa paku-pakuan epifit kecil: *Hymenophyllum rubellum*, *Humata pusilla*, *Selliguea plantaginea* dan *Grammitis fasciata*. *Myrmecodia cf. lamii* adalah epifit yang umum dengan diameter akar 10-40 cm dan panjang batangnya mencapai 1 m. Jenis ini juga tumbuh di tanah.

Hutan Subalpin

Berdasarkan ketinggiannya, hutan subalpin dibedakan menjadi hutan subalpin bawah (3.200-3.650 m) dan hutan subalpin atas (3.650-4.170

m). Hutan subalpin tingginya sedang, tajuk rapat (5-10 m), dengan lapisan semak dan vegetasi yang menutup permukaan tanah yang sering didominasi *Podocarpus*, *Dacrycarpus* dan *Papuacedrus*; kadang ada pohon yang menjulang sampai 15 m tingginya. Pohon-pohonnya tidak berakar banir atau akar tunjang; bunga dan buah yang tumbuh di batang atau cabang juga tidak ada. Ukuran daun yang dominan adalah mikrofil dan nanofil, tetapi daun-daun mesofil juga ada. Pohon-pohon berdaun majemuk jarang ada dan tidak ada pohon yang daunnya meneteskan air dari ujungnya. Tumbuhan pemanjat kecil berkayu ada tetapi yang besar jarang, sedangkan epifit berkayu dan epifit yang tak berkayu banyak sekali. Lumut-lumutan di permukaan tanah juga berlimpah. Tipe tumbuhan berikut ini tidak ada: ara pencekik, palem, bambu, pandan dan rotan. Paku-pakuan jarang sampai umum. Suku-suku pohon dan semak yang dominan adalah Apiaceae, Araliaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Epacridaceae, Ericaceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Podocarpaceae, Rubiaceae, Scrophulariaceae dan Winteraceae.

Hutan Subalpin Bawah

Hutan-hutan di G. Trikora yang didominasi *Papuacedrus* kini diganti oleh semak lebat selalu hijau pada ketinggian 3.400-3.750 m. Menurut Mangen (1993) tipe hutan ini tajuk pohonnya sering kusut, daunnya berbulu kasar dan permukaan daunnya mengecil; kebanyakan daunnya sederhana berbulu halus yang lebat di permukaan bawahnya atau tepi daunnya menggulung. *Cyathea* (3-4 jenis) memiliki daun majemuk dan membentuk tajuk lebat dengan semak belukar yang tersebar; *Schefflera altigena* dan *Saurauia alpicola*, menjulang tinggi 7-8 m. *Vaccinium dominans* banyak sekali terdapat di tajuk, sering bersama *Rhododendron correoides*, *R. gaultherifolia*, *Sericolea calophylla*, *Rapanea cacuminum*, *Olearia velutina*, *Drimys piperita*, *Coprosma brassii* dan *Xanthomyrtus compacta*. Lapisan semak tumbuh baik bersama *Styphelia suaveolens*, *Trochocarpa nubicola* dan rerumputan seperti *Agrostis rigidula* var. *remota*, *Oreobolus* dan *Ganhnia*. Hanya ada tiga liana yang telah dikoleksi: *Rubus lorentzianus*, *Alyxia cacuminum*

dan *Lycopodium clavatum*. Epifit yang umum mencakup *Cladomyza microphylla*, *Glomera* sp., *Octarrhena* sp., *Dendrobium decockii* dan tiga jenis paku-pakuan umum: *Hymenophyllum foersteri*, *H. rubellum* dan *Selliguea* sp. Batang, ranting pepohonan dan lantai hutan diselubungi bantalan lumut yang lebat. Banyak paku-pakuan yang tumbuh di sini, seperti *Plagiogyria tuberculata* var. *decrescens*, *Blechnum revolutum*, *Asplenium* spp. dan *Poaceae*, *Cyperaceae* dan berbagai herba dikotil. Hutan ini bercampur dengan petak-petak kecil padang rumput yang didominasi *Deschampsia klossii*, *Agrostis rigidula* var. *remota*, *Danthonia oreoboloides*, berbagai *Cyperaceae* termasuk *Gahnia javaniva*, *Carex* spp. dan *Oreobolus pumilio*. *Astelia papuana* umum di petak-petak padang rumput ini.

Petak yang diteliti oleh Hope (1976b) di dataran tinggi Kemabu dan di dekat lokasi penambangan di Ertzberg mirip dengan vegetasi di gunung-gunung lainnya di Nugini, tetapi lapisan lumut epifitnya lebat di ranting-rantingnya dan di permukaan tanah, sedangkan lumut epifit atau liana berkayu relatif hanya sedikit. Jenis yang dominan adalah *Rapanea* sp., *Dacrycarpus compactus* dan *Papuacedrus papuanus*, yang tumbuh bersama tumbuhan besar yang berduri *Saurauia* sp. dan *Rapanea* membentuk bagian terbesar lapisan semak yang tidak terlalu tinggi. *Rhododendron culmicolum*, *Drimys piperita*, *Schefflera monticola* dan *Symplocos cochinchinensis* juga umum. Jenis-jenis ini tumbuh di atas semak *Coprosma brassii*. Lapisan semak bawah meliputi *Trochocarpa nubicola*, *Styphelia suaveolens* dan berbagai jenis *Rhododendron*. Lapisan herba jarang ada tetapi meliputi beberapa paku-pakuan, khususnya *Plagiogyria glauca*, *Pteris* sp. dan *Blechnum* sp. Beberapa anggrek tanah seperti *Glossoryncha* sp. dan *Pedilochilus* sp., membentuk semak di berbagai tempat; *Uncinia* sp. dan *Oreomyrrhis papuana* yang tersebar merupakan satu-satunya herba yang umum. *Rubus* spp., *Parahebe albiflora*, *Sisyrrinchium pulchellum* dan *Gleichenia bolanica* merupakan jenis yang umum di lokasi yang lebih terbuka di dalam hutan. Lumut-lumutan membentuk lapisan lebat di permukaan tanah dan kebanyakan di ranting-ranting pohon, kecuali tumbuhan berkayu berukuran kecil. Anggrek epifit berwarna oranye cerah (*Dendrobium* sp.) merupakan satu-satunya warna

cerah di batang pohon berwarna zaitun coklat dan warna hijau suram di tajuk *Dacrycarpus*.

Ciri yang mencolok di hutan di dataran tinggi Kemabu adalah tumbuhan epifit dan *Myrmecodia lamii* yang tersebar luas, yang panjangnya mencapai 2 m. Tumbuhan ini sama sekali tidak ada di tegakan hutan Ertsberg, kemungkinan karena lokasinya tinggi (3.605 m) dan karena di lokasi yang lebih rendah telah banyak diambil. Pohon-pohon mati dan bekas terbakar menunjukkan bahwa pembakaran digunakan untuk pembukaan hutan (Johns 1986). Semak *Coprosma brassii* dan belukar lebat yang terdiri dari pohon paku-pakuan kemungkinan berkembang di sekitar tepi hutan sebagai tanggapan atas gangguan ini.

Tanah yang kaya akan humus biasanya sedalam sekitar 30 cm, tetapi dapat menjadi sangat keras seperti batu di daerah pinggiran yang berbatu. Pohon-pohon di atasnya lebih kerdil dengan makin meningkatnya kelembaban. Hope (1976b) merujuk komunitas ini sebagai komunitas *Dacrycarpus compactus-Trochocarpa nubicola*. Menurut Shea dkk. (1998) komunitas ini didominasi *Rhododendron culminicolum*, *Papua-cedrus papuana* dan *Saurauia* sp.

Hutan Subalpin Atas

Perubahan dari hutan subalpin bawah ke hutan subalpin atas di G. Jaya terjadi pada ketinggian 3.650 m. Beberapa jenis pohon jarang ditemukan atau tidak ada di atas ketinggian ini dan struktur batang menjadi semakin rendah dan berbatang banyak, kecuali *Dacrycarpus compactus* yang tetap seperti pohon menjulang berbatang lurus di atas ketinggian lebih dari 3.900 m. Di perbatasan bawah, *Dacrycarpus compactus*, *Rapanea* sp. dan *Drimys piperata* merupakan pohon yang lebih umum dibandingkan dengan di hutan subalpin bawah; *Rhododendron culminicolum* menjadi dominan bersama *Rapanea* di banyak lokasi, khususnya pada ketinggian 3.650-3.750 m. Hutannya lebat dan kusut namun diselingi banyak padang rumput dan petak-petak terbuka yang terlihat jelas batu-batunya.

EKOLOGI PAPUA

Tinggi tajuk di lokasi yang lebih rendah dapat mencapai 8-10 m, namun pada ketinggian 3.900 m tingginya hanya sekitar 6-8 m. Lapisan subtajuk berupa semak dengan banyak jenis rumput yang masuk di dalamnya, khususnya *Styphelia suaveolens*. Hutan subalpin atas juga meliputi beberapa jenis hutan seperti *Xanthomyrtus linnaeifolia* dan *Trochocarpa nubicola*. Permukaan tanah hutan subalpin terdiri serasah gambut dan hamparan akar sering terbentuk sampai sedalam 10 cm, menyelimuti tanah liat bebatuan yang kaya humus atau bahkan bebatuan dan timbunan batu di pegunungan.

Hutan beralih menjadi semak belukar tinggi di beberapa lokasi sebelum garis “batas tumbuh pohon” (batas lokasi tumbuh untuk tumbuhan besar berkayu) di sepanjang Discovery Valley dan di lereng barat dan utara Padang rumput Carstenz atas. Batas ketinggian untuk semak belukar dan pohon berbeda di sepanjang jalur antara padang rumput Carstenz (3.650 m) dan lembah Meren bawah (3.950 m). Misalnya, jenis berikut batas ketinggian tumbuhnya adalah: *Glossorhyncha* sp., 3.800 m; *Rhododendron gaultheriifolium*, 3.830 m; *Schefflera monticola*, 3.840 m; *Podocarpus brassii*, 3.840 m; *Pittosporum pullifolium*, 3.840 m; *Dacrycarpus compactus*, 3.850 m; dan *Xanthomyrtus linnaeifolia*, 3.870 m.

Savana Subalpin

Kawasan savana terbuka subalpin yang sangat mencolok terdapat di G. Jaya, yang kemungkinan mengandung mineral tinggi pada ketinggian 2.800-2.900 m. Pohon-pohon yang tumbuh jaraknya berjauhan (5-8 m). Jenis utamanya adalah *Phyllocladus hypophyllus*, *Dacrydium* sp. dan *Papuacedrus papuanus*. Lapisan tanahnya didominasi *Mascherina* yang sangat banyak, dengan daun-daun yang berbentuk seperti lili. Jenis-jenis lainnya yang juga banyak adalah *Wittsteinia* (Alseuosmiaceae), yang sebelumnya dikenal hanya dari koleksi tunggal di PNG. Beberapa jenis epifit tumbuh di berbagai ranting dan batang pohon-pohon tajuk. *Myrmecodia* cf. *lamii* dan rumpun *Utricularia pulchra* tersebar di batang-batang yang lebih rendah di seluruh hutan ini. Mangen (1993)

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

mendeskripsikan hutan serupa pada ketinggian 3.150 m di G. Trikora, yang didominasi *Papuacedrus papuanus* yang membentuk tajuk yang agak terbuka dengan lapisan semak dan herba yang lebat. *Dacrycarpus compactus* kadang mencapai lingkaran batang 50 cm dan *Phyllocladus hypophyllous* merupakan pohon dominan lainnya dalam komunitas ini. Subtajuk, tingginya 1-5 m, terdiri dari *Phyllocladus hypophyllus*, *Drimys piperita*, *Rapanea cucuminum*, *Prunus costata*, *Pittosporum pullifolium*, *Coprosma brassii*, *Xanthomyrtus compacta*, *Rhododendron brassii*, *R. gaultherifolium*, *R. versteegii*, *Styphelia suaveolens* dan *Trochocarpa nubicola*.

Semak dan Batas Tumbuh Pohon

Di atas ketinggian 3.900 m, hutan subalpin atas beralih menjadi semak belukar; *Dacrycarpus* tidak ada lagi dan *Rhododendron culminicolum* semakin jarang. Cabang-cabang seperti payung pada *Schefflera* yang berbatang kurus menjadi mencolok. Perdu *Senecio carstenszensis* membentuk rumpun di antara *Rapanea* sp. pada ketinggian 3.930 m. Dengan bertambahnya ketinggian *Styphelia suaveolens* bertambah banyak dan semak *Coprosma brassii* terpecah di garis batas tumbuh pohon. Semak rapat terlihat di bagian bawah Lembah Meren pada ketinggian 4.170 m.

Tanah yang ditumbuhi semak belukar subalpin mirip dengan hutan subalpin dan terdiri dari serasah gambut dan hamparan akar sering terbentuk dengan kedalaman paling sedikit 10 cm, menutupi tanah liat bebatuan yang kaya humus. Batu kapur sering ditumbuhi *Coprosma brassii* yang tingginya mencapai 4 m. Batangnya yang kaku tumbuh berderet, dengan ujung daunnya tajam membuat lokasi ini tidak menyenangkan untuk dilalui. Hope (1976a) mencatat bahwa semak *Coprosma brassii* sebenarnya tidak ada di Grasberg yang bergranit dan beralih menjadi lahan bersemak tinggi. *Rapanea*, *Drimys* dan *Rhododendron correoides* digantikan oleh padang rumput yang kaya akan semak pada ketinggian sekitar 4.050 m. Vegetasi ini seluruhnya telah dilenyapkan karena kegiatan pertambangan terbuka di Grasberg dan sebagai lokasi buangan bahan tambang.

Padang Rumput Bersemak

Menurut Shea dkk. (1998) padang rumput subalpin bawah dan semak yang berada di bagian bawah zona-zona subalpin didominasi *Deschampsia klossii* yang umum di tanah dalam yang tersalir baik. Jenis yang mendominasi tanah dangkal dan yang penyalirannya buruk adalah *Monostachya*, *Poa*, *Festuca* dan *Danthonia*. Padang rumput ini merupakan dampak pembakaran untuk kegiatan perburuan oleh masyarakat lokal; namun di tempat yang tidak dibakar suksesi vegetasi ini mengarah ke terbentuknya hutan subalpin. Jenis perdu mencakup *Coprosma*, *Drimys*, *Olearia*, *Pittosporum*, *Rapanea*, *Rhododendron* dan *Vaccinium*. Menurut Hope (1976b) ada empat kategori komunitas padang rumput di zona ini di G. Jaya: padang rumput tepi hutan-perdu; padang rumput dengan paku-pakuan, yang oleh Paijman (1976) disebut savana; padang rumput *Coprosma brassii-Deschampsia klossii* sama sekali tidak ada perdunya dan padang rumput *Gaultheria mundula-Poa nivicola*.

Asosiasi vegetasi di habitat ini biasanya terdiri dari dua lapisan: perdu terbuka (1-5 m) dan tumbuhan di permukaan tanah. Vegetasi yang memiliki ciri akar banir dan akar tunjang, berbuah di batang atau cabang utama, pemanjat berkayu, palem-paleman, pandan dan rotan tidak ada. Kelas ukuran daun yang dominan adalah mikrofil dan nanofil, tetapi mesofil mungkin juga ada. Epifit berkayu dan tak berkayu umumnya tumbuh di pohon-pohon dan semak yang lebih besar; lumut umum di permukaan tanah; dan paku-pakuan cukup umum. Suku yang dominan adalah Apiaceae, Araliaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Epacridaceae, Ericaceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Pittosporaceae, Podocarpaceae, Rubiaceae, Scrophulariaceae dan Winteraceae. Rerumputan dan herba lainnya umumnya dari suku Asteraceae, Cyperaceae, Gentianaceae, Geraniaceae, Liliaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Ranunculaceae dan Rosaceae.

Komunitas Vegetasi di Lereng Berbatu Terbuka

Berbagai tipe komunitas vegetasi berkembang di bekas tanah longsor, pinggir batuan, di bawah batuan yang menggantung, di mulut-mulut gua dan di dasar aliran air yang mengering. Menurut Hope (1976b, 1980) ada empat komunitas yang berbeda di sekitar padang rumput Carstensz (sekitar ketinggian 3.680 m). Pertama, komunitas liken khususnya didominasi *Stereocaulon pseudomassartianum* di permukaan batu-batuan. Menurut Shea dkk. (1998) komunitas subalpin bagian atas didominasi *Campylopus archboldii*, *Campylopus tenuinervis* dan *Selaginella*. Ke dua, komunitas di atas batu bongkahan dan sedimen halus di antara bongkahan-bongkahan batu didominasi *Euphrasia distichum* (tingginya mencapai 10 cm) (Hope 1976b) sedangkan menurut Shea dkk. (1998) komunitas di habitat ini didominasi *Tetramolopium distichum*, *Carex brachyathera*, *Schoenus maschalinus*, *Euphrasia lamii*. Ke tiga, komunitas di batuan yang menggantung dan sebagian terlindung dari hujan didominasi rerumputan *Danthonia vestita*, *Bromus insigni* dan *Brachypodium sylvaticum* dan hamparan *Cheilanthes papuana* yang padat (tingginya sekitar 15 cm). *Tetramolopium prostratum* membentuk rumpun berdaun lembut di sekitar *Acaena anserinifolia* yang tumbuh kusut (Hope 1976b) dan dinding batu kapur tertutup oleh *Pilea* spp., dengan *Parietaria debilis* dan *Tetramolopium prostratum* yang tumbuh di tempat yang paling terlindung. Shea dkk. (1998) menyebutnya sebagai komunitas *Cheilanthes papuana*, *Acaena anserinifolia*, *Tetramolopium prostratum* dan *Poa* cf. *lunata*. Ke empat adalah komunitas liken yang menutup sebagian besar permukaan batuan yang iklimnya lembab. Liken berkerak kelabu, putih dan hitam mengoloni permukaan batuan, namun taksonominya masih belum banyak diteliti (Bagian 3).

Komunitas Peralihan Subalpin-Alpin

Tipe vegetasi ini terletak di bagian atas zona subalpin dekat kawasan peralihan ke zona alpin di Lembah Dom. Lokasi ini didominasi padang rumput subalpin dan padang rumput bersemak. Rumput *Deschampsia klossii* di sini berkembangbiak melalui biji yang berkecambah sebelum

jatuh ke tanah sehingga meningkatkan ketahanannya di tempat yang tinggi. Vegetasinya umumnya terdiri dari dua lapisan: perdu pohon dan vegetasi penutup tanah. Vegetasi yang merupakan ciri khas di lokasi yang lebih rendah, seperti akar banir dan liana tidak ada lagi. Kelas ukuran daun dominan adalah: mikrofil dan nanofil, tetapi mesofil kemungkinan juga ada. Epifit berkayu dan tak berkayu juga umum di pohon dan semak yang lebih besar. Lumut-lumutan umumnya menutup permukaan tanah dan paku-pakuan jarang sampai umum. Suku yang dominan adalah Apiaceae, Araliaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Epacridaceae, Ericaceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Pittosporaceae, Podocarpaceae, Rubiaceae, Scrophulariaceae dan Winteraceae. Rumput-rumput dan herba lainnya umumnya berasal dari suku Asteraceae, Cyperaceae, Gentianaceae, Geraniaceae, Liliaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Ranunculaceae dan Rosaceae.

Gambut dan Rawa Subalpin dan Alpin

Kawasan yang landai di zona ini ditumbuhi berbagai komunitas vegetasi yang mencerminkan perbedaan pasokan air dan penyalirannya. Menurut Hope (1976b) ada enam asosiasi vegetasi di zona ini dengan ringkasan ciri-cirinya sebagai berikut. Pertama, komunitas *Vaccinium amblyandrum* var. *amblyandrum* yang dapat membentuk hamparan rapat sampai 1 m². Dari data yang diperoleh di G. Jaya, Shea dkk. (1998) menunjukkan bahwa perdu *Tetramolopium klossii*, *Xanthomyrthus klossii* dan *Trochocarpa dekokkii* lebih dominan daripada *Vaccinium amblyandrum*. Menurut Hope (1976b), di dekat tepi D. Larson (3.980 m) di dataran tinggi Kemabu, hamparan rumput berubah drastis menjadi *Deschampsia klossii* di lereng-lereng dan bantalan gambut mengeras karena sering tergenang dan gambutnya sangat masam karena kandungan mineralnya rendah. Komunitas ke dua adalah *Astelia papuana* yang membentuk hamparan setebal 30 cm di sekitar pinggiran padang rumput. Hamparan liken, khususnya *Siphula thamnolioides* cukup umum dijumpai. Komunitasnya tersebar luas di kawasan kerikil granit yang rata di padang rumput Carstensz, tetapi juga tumbuh di lereng landai di mana limpasan air permukaannya

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

tinggi. Tanahnya berupa gambut dan cepat mengalirkan air. Menurut Hope (1976b) komunitas di padang rumput Carstensz pada ketinggian 3.605 m didominasi *Astelia papuana*, *Styphelia suaveolens*, *Ranunculus tidens* dan *Epilobium detznerianum*. Ke tiga, komunitas rumput gambut pendek mirip dengan komunitas ke dua, tetapi tumbuh di gambut masam yang dalam. Vegetasinya didominasi *Danthonia vestita* dan *Deschampsia klossii* yang diselingi oleh bantalan rumput *Monostachya oreoboloides*, *Poa pilata* dan *Poa* sp. Banyak herba, khususnya *Plantago aundensis*, *Potentilla foersteriana*, *Gentiana ettingshausenii* dan *Ranunculus* spp. juga ada di sini. Lembahnya ditumbuhi rumput *Carex* spp. dan *Scirpus* cf. *subtilissimus* dan beberapa jenis bantalan lumut yang keras. Komunitas ini sangat luas hingga ke utara G. Jaya, khususnya di lokasi yang rata tetapi penyalirannya relatif baik. Di Lembah Meren (3.928 m) jenis tumbuhan yang dominan adalah *Danthonia vestita*, *Carex* spp., *Plantago aundensis* dan *Monostachya oreoboloides* (Hope 1976b). Komunitas ke empat berupa gambut yang kadang tergenang dan airnya cenderung menetap. Jenis yang beradaptasi di habitat ini membentuk hamparan datar, misalnya *Rhododendron saxifragoides* memanjang sampai 6 m dan tingginya 40 cm dan gambutnya cukup padat untuk diinjak tanpa menimbulkan cekungan. Gambut padat seperti ini cukup tersebar luas pada ketinggian 3.400-4.100 m di G. Jaya, tetapi dalam komunitas campuran *Poa lamii-Vaccinium* dan gambut rumput pendek. Ke lima adalah komunitas gambut *Carpha alpina* yang membentuk hamparan setinggi 10 cm di tepi kolam kecil dan lereng-lereng yang landai. Rumpun *Carpha alpina* bisa tumbuh di gambut lunak maupun padat dan berdampingan dengan gambut *Carex gaudichaudiana*. Komunitas terakhir adalah *Carex*, yang merupakan vegetasi pionir di gambut gundul dan lumpur yang mengalir, paling luas di sekitar mata air tanah di padang rumput Carstensz. Tidak ada vegetasi lain yang berasosiasi dengan *Carex* tetapi lumut dan hamparan *Marchantia* sp. tumbuh melebihi alang-alang di bagian yang airnya mengalir lambat. *Carpha alpina* biasanya merupakan tahap kolonisasi berikutnya. Jenis yang dominan adalah *Carex gaudichaudiana* dan *Marchantia* sp.

Vegetasi Alpin

Vegetasi alpin meliputi semua komunitas yang tumbuh di atas batas semak tinggi (4.170 m). Vegetasi ini adalah padang rumput, hutan kerangas dan tundra yang masing-masing diuraikan secara ringkas dalam bagian ini. Selain berbagai lumut dan liken *Tetramolopium pilosovillosum*, *Geranium potentilloides* var. *alpestre*, *Scleranthus singuliflorus* dan *Epilobium detznerianum* tumbuh bersama pada ketinggian 4.595 m dekat Gletser Meren. Di atas ketinggian ini keberadaan herba menjadi jarang karena permukaan tanah tertutup es dan kondisi yang sangat curam.

Padang rumput *Deschampsia klossii* yang rapat tumbuh di tanah yang aliran airnya baik pada ketinggian 4.000-4.500 m di G. Jaya. Komunitasnya berbeda dari padang ada semak yang tinggi. Pertama, semak *Styphelia suaveolens* berada di dalam rumpun rerumputan dan herba lainnya, khususnya *Papuzilla laeteviridis* dan paku-pakuan *Cystopteris* sp. Ke dua, komunitas padang rumput alpin pendek terdiri dari rumpun rerumputan yang tersebar, tumbuh bersama semak belukar kecil yang tersebar hingga tingginya 40 cm. Di satu petak di Grasberg pada ketinggian 4.200 m, komunitasnya terdiri dari *Agrostis reinwardtii*, *Deyeuxia brassii*, *Anthoxanthium angustum*, *Monostachya oreoboloides* dan *Poa callosa*. Lantai tanahnya tertutup oleh lumut dan liken, khususnya *Rhacomitrium crispulum*, *Frullania reimersii*, *Cetraria* spp. dan *Thamnolia vermicularis*. Perduanya pendek dan terpencar, umumnya *Styphelia suaveolens*, *Tetraolopium ericoides* dan *Rhododendron correoides*. Komunitas ini telah dilenyapkan untuk kegiatan pertambangan.

Ke tiga, komunitas kerangas *Tetramolopium klossii* tersebar setinggi 30 cm di atas hamparan lumut *Rhacomitrium crispulum*, *Bryum* cf. *rugicollum* dan *Distichum capillaceum*. *Styphelia suaveolens* dan *Vaccinium* cf. *coelorum* tumbuh merebah atau merambat dan semakin banyak di pinggiran bebatuan yang tertua. Komunitas ini terbatas di G. Jaya, dipengaruhi oleh gerakan es yang mengembang dan menyusut selama 120 tahun terakhir. Petak-petak penelitian di bagian atas Lembah

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

Meren (4.210 m) dan Lembah Kuning (4.278 m) ditumbuhi perdu *Tetramolopium*, *Vaccinium*, *Styphelia*, *Coprosma*. Ke empat, komunitas perdu kerangas kerdil di puncak- dan lereng di atas ketinggian 4.200 m dan di luar kawasan yang dipengaruhi pergerakan es sebelumnya. Komunitas ini terdiri dari semak yang membentuk hamparan hingga ketinggian 20 cm, sebagian besar berupa perdu kerdil *Styphelia suaveolens*, *Tetramolopium klossii*, *Tetramolopium piloso-villosum* dan *Coprosma brassii* yang kerdil sangat jarang. *Deschampsia klossii* dan *Monostachya oreoboloides* menempati celah-celah di hutan kerangas, bersama *Geranium cushions*, *Epilobium detznerianum* dan *Parahebe vanderwateri* yang tumbuh di mana-mana. Komunitas tundra kering di zona alpin pada ketinggian 4.230-4.600 m telah tersingkap dengan berkurangnya es yang kokoh selama tiga dekade terakhir dan dikoloni oleh jenis lumut dan herba di atas tanah basa. Karena puncak-puncak gletser berkurang, *Epilobium detznerianum* muncul dalam beberapa bulan. Setelah setahun bantalan *Distichum capillaceum*, *Bryum cf. rugicollum* dan *Scleranthus singuliflorus* mulai berkembang, terutama di kawasan yang datar di endapan batuan halus. Rumpun yang bersifat viviporus keunguan *Deschampsia klossii* juga bisa tumbuh. Herba lainnya, seperti *Sagina* sp., *Keysseria wollastonii* dan *Pilea* sp. mulai muncul di celah-celah batu. *Poa wisselli* membentuk rumpun ungu yang umum, mencapai ketebalan 15 cm tetapi penutup tanah didominasi oleh lumut. Komunitas ini merupakan salah satu tahap suksesi vegetasi kerangas *Tetramolopium klossii* di sekitar ketinggian 4.500 m. Hope (1976a) menunjukkan bahwa tundra alpin terbatas di daerah yang tererosi yang mungkin terkait dengan periode neoglasial yang lampau. Namun, lumut, rumpun rumput yang sangat terpencair dan beberapa jenis herba lainnya dalam komunitas ini membentuk vegetasi seperti tundra yang asal usulnya dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang sangat dingin dan lembab tetapi juga variasi iklim dalam jangka panjang. Beberapa plot di Lembah Meren atas pada ketinggian 4.480 m menunjukkan lokasi-lokasi yang diperkirakan bebas es sejak 25 hingga 10 tahun lalu. Herba yang paling umum adalah *Scleranthus singuliflorus*, *Keysseria wollastonii*, *Epilobium detznerianum*, *Pilea* sp. dan *Sagina* sp. Rumpun-

rumpun yang tersebar termasuk *Poa wisselii* dan *Deschampsia klossii* yang tumbuh di antara bantalan lumut *Barbula wisselii*, *Bryum cf. rugicollum* dan *Distichium capillaceum*.

Komunitas tundra basah tumbuh di atas batuan yang sama sekali tidak menyerap air. Karena itu, kesempatan akumulasi air tidak ada dan aliran sungai kecil terjadi sebentar saja. Lembah Kuning memiliki lantai tanah yang sangat datar dan beberapa cekungan yang mendukung beberapa jenis herba yang didominasi lumut. Untuk sementara lumut ini diidentifikasi sebagai *Breutelia aristifolia*, yang menutup sekitar 75% permukaan tanah dengan beberapa jenis herba yang mirip dengan komunitas tundra basah yang dideskripsi dari G. Wilhelm oleh Wade dan McVean (1969). Jenis utama di Lembah Kuning adalah *Carex brachyathera*, dengan jenis herba *Ranunculus* sp., *Plantago aundensis*, *Epilobium detzernianum*, *Gnaphalium breviscapum* dan *Sagina* sp. *Deschampsia klossii* terdapat sebagai rumpun yang tersebar.

Vegetasi di Lapisan Es

Deskripsi vegetasi yang tumbuh di atas permukaan es (kriofit) di G. Jaya dilakukan oleh Kol dan Peterson (1976). Informasi berikut ini diringkas dari dua publikasi ini. Bagian sebelah bawah di gletser Meren dan Carstensz tampak kasar dan kotor bagi orang awam, kontras dengan salju putih dan es berwarna biru pucat di celahnya. Permukaan esnya berbintik-bintik seperti beton kasar, khususnya di lereng-lereng yang landai dan lubang-lubangnya dan celah-celahnya penuh dengan bintik-bintik hitam atau serpih-serpihan hitam kecil. Kolam-kolam dan danau-danau dalam gletser terpencah di hamparan es dan mengandung lapisan yang lebarnya bervariasi dari beberapa sentimeter hingga 10 m, dalamnya hingga 4 m dan mengandung air yang benar-benar jernih. Esnya sendiri bersih dan jernih karena hutan tropis dan curah hujan yang sering terjadi di ketinggian yang rendah menghalangi banyak debu atau reruntuhan lainnya untuk bergabung bersama salju yang membentuk gletser. Es di G. Jaya mendukung beberapa asosiasi kriofit yang berbeda: es berwarna hitam, merah dan kuning-coklat, pertumbuhan sungai di dalam gletser berwarna

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

hitam dan pertumbuhan salju berwarna merah dan kuning. Satu-satunya kriohabitat lainnya yang pernah dikaji adalah gunung berapi Pichincha di Ekuador, yang mendukung pertumbuhan salju merah, tetapi komunitas es lainnya di kawasan khatulistiwa belum pernah dilaporkan.

Kol dan Peterson (1976) menemukan jenis alga berikut ini yang tumbuh di berbagai kawasan yang tertutup es dan salju di G. Jaya: *Chlamydomonas antarcticus*, *Chlorosphaera antarctica*, *Scotiella antarctica*, *S. nivalis*, *S. norvegica* var. *carstensis*, *Mesotaenium berggrenii* dan *Nostoc fuscescens* var. *carstensis*. Komposisi asosiasi kriofit menentukan penampilan mikroskopik mereka dan mencerminkan perbedaan fisik daripada kimia habitatnya. Pertumbuhan yang terluas terjadi di zona-zona es di Gletser Meren dan Carstenz dan terdiri dari asosiasi es hitam dan kuning-coklat. Umumnya, permukaan yang berorientasi horisontal mendukung asosiasi es hitam dan lereng-lereng curam es kuning-coklat. Kelompok-kelompok koloni ini membentuk kriofit yang paling umum dan luas di zona-zona yang didominasi *Nostoc fuscescens* var. *Carstensis* yang filamennya berwarna ungu di bawah lampu pemancar. Menurut skema Kol untuk kriohabitat, badan es di G. Jaya diklasifikasikan sebagai sedimen kalsium. Namun, nilai yang diperoleh dari es, salju dan permukaan air yang meleleh berkisar di antara pH 4-5 dan lebih rendah daripada yang umumnya terdapat di badan-badan es permanen yang menutupi batuan gamping di belahan bumi utara yang mengandung sedimen silika daripada sedimen kalsium.

Kawasan gletser dengan struktur es kristal yang tajam hingga kurang tajam mendukung komunitas kuning-coklat yang tersebar cukup luas. Kawasan ini menunjukkan variasi intensitas warna yang mencerminkan variasi jumlah alganya. Asosiasi ini didominasi *Mesotaenium berggrenii*. Ke arah garis batas salju terdapat komunitas yang lebih kecil dengan warna merah muda dan merah tua yang tersebar. Jenis ini jarang dan luasnya relatif kecil daripada komunitas kuning-coklat. Kriofit di atas garis batas salju didominasi komunitas kuning-coklat yang tersebar. Namun, kawasan sempit merah tua (salju dengan butiran halus) jarang ada di sini. Koloni-koloni berwarna hitam terdapat di kawasan ini di antara garis batas salju dan garis batas merah tua tetapi ukurannya selalu

kecil, sangat tersebar dan tidak pernah membentuk komunitas luas yang menjadi ciri khas lereng-lereng bawah gletser.

Danau Gletser

Danau-danau ini menempati cekungan di permukaan gletser; bagian dangkalnya umumnya lebih lebar daripada bagian yang lebih dalam. Beberapa danau ini memiliki aliran ke sungai es dan tidak lebih dari setengahnya berasal langsung dari aliran sungai es. Permukaan gletser memiliki kerak tajam melapuk karena iklim yang menyebabkan dinding rendahnya menjadi berwarna putih dan kokoh. Dinding danau menahan salju baru jika berada dekat garis batas. Kriofit salju dan es dapat dijumpai di dinding ini, yang lerengnya kebanyakan mengarah ke luar, menghasilkan bagian-bagian dangkal yang lebih banyak lagi di sebuah corong jalan keluar yang pendek, lebar, bulat dan tertutup. Danau-danau ini mengandung es di ujungnya yang tertutup dan dinding-dinding curamnya berwarna biru karena tidak ada pelapukan kerak di bawah permukaan air. Pada tahun 1972, danau-danau terbesar yang tidak mengandung es terdapat di bagian selatan gletser dan juga di gletser bawah dari bagian paling rendah dari zona akumulasi. Perkembangan danau-danau ini kemungkinan didukung oleh kecepatan aliran esnya yang lambat dan tekanannya lebih besar di bagian selatan gletser. Alga paling banyak berkembangbiak di lembah-lembah bawah danau yang lebih dalam dan suhu di dalam koloni ini di atas 0 °C dan setinggi-tingginya 4 °C selama siang hari. Penyerapan sinar matahari oleh alga menyebabkan peningkatan gradien suhu di siang hari dari permukaan (0 °C) hingga dasar (umumnya 2-4 °C). Suhu ini akan menurun sebelum matahari terbenam.

Danau-danau kriofit ini dilaporkan merupakan danau yang terbesar. Faktor-faktor khusus yang mendukung formasinya di kawasan G. Jaya kemungkinan merupakan keseimbangan optimum antara energi radiasi, proporsi radiasi ultra-violet, sebagian tekanan oksigen, fisiografi gletser yang sesuai dan kondisi kedap es. Sebaliknya, di lokasi yang tinggi di mana es mencair paling banyak, radiasi tidak langsung penting dan

EKOSISTEM DAN VEGETASI PEGUNUNGAN

kriofit tidak begitu penting. Kriofit G. Jaya menambah dimensi baru untuk studi fenomena iklim (seperti program mikrometeorologis, iklim di gletser dan penelitian biologi) yang perlu terus dilakukan sementara bagian-bagian gletser yang mencair masih tetap ada dan mendukung pembentukan danau-danau es ini.

BAGIAN VI
INTERAKSI MANUSIA
DAN EKOSISTEM

6.1. Kehadiran Manusia dan Dampaknya*

Hampir selama Kala Pleistosen Akhir ketika permukaan laut lebih rendah, Nugini bersatu dengan Australia. Kedua wilayah ini meliputi massa daratan yang luas yang dikenal sebagai Dangkalan Sahul (White dan O'Connell 1982; Gambar 6.1.1). Pengukuran umur dengan radiokarbon di berbagai lokasi arkeologis di Australia menunjukkan selang waktu antara 35.000 dan 40.000 tahun lalu. Penggalan arkeologis pertama di Papua dilakukan sebagai “aktivitas sampingan” oleh anggota-anggota Ekspedisi Carstenz Australia-Indonesia tahun 1971-1973. Hope dan Hope (1976) melaporkan bahwa di Mapala Rockshelter di G. Jaya (4.000 m) terdapat tulang-tulang, abu, sedikit artefak batu dan sisa-sisa kulit karang yang telah ada sekitar 5.440 tahun lalu, tetapi sebagian besar endapan tersebut ditinggalkan di tempat semula. Petunjuk-petunjuk lain adanya aktivitas manusia purba di wilayah ini berasal dari penelitian di Ijomba pada ketinggian 3.600 m di G. Jaya. Berdasarkan catatan serbuk sari dari endapan gambut, kemungkinan terjadi pembakaran yang telah menyebabkan pembukaan tutupan hutan sekitar 10.500 tahun lalu (Hope dan Hope 1976). Haberle dkk. (1991) juga melaporkan adanya bukti yang hampir sama tentang pembakaran vegetasi di Lembah Baliem sejak 32.000 tahun lalu (1991).

Pada tahun 1995 penggalian dilakukan di dua lokasi gua di pedalaman Kepala Burung. Kini kedua lokasi ini merupakan satu-satunya bukti arkeologis yang langsung dan terinci bahwa Papua telah dihuni manusia sejak Kala Pleistosen hingga awal Holosen (Pasveer 2004) dan memberi banyak informasi mengenai situasi pada masa pemburu dan

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “Prehistoric Human Presence in Papua and Adjacent Areas”, Juliette Pasveer dan “The History of Human Impact on New Guinea”, Geoffrey S. Hope.

EKOLOGI PAPUA

pengumpul yang bertahan hidup. Kedua lokasi ini terletak di Dataran Ayamaru (350 m dpl), yaitu daerah karst kapur di bagian tengah Kepala Burung (Gambar 6.1.2). Di dataran ini terletak tiga D. Ayamaru yang dangkal dan menyambung. Paling sedikit satu dari tiga danau ini telah ada sejak pertengahan Holosen, tetapi kemungkinan dua danau lainnya telah ada lebih lama. Sekarang sekitar danau-danau ini merupakan pusat pemukiman penduduk, meskipun ada banyak desa serta kebun aktif dan ditinggalkan di daerah yang lebih luas di antara bukit-bukit hutan yang rendah.

Kedua lokasi yang diteliti tersebut terletak di mulut-mulut gua dengan banyak jalan masuk ke sistem gua yang lebih luas. Gua Kria terletak sekitar 3 km timur laut danau yang paling timur, sementara Gua Toe' terletak di semenanjung kecil yang menjorok ke barat daya danau dari arah selatan; jarak kedua gua sekitar 12 km. Di dalam Gua Kria terdapat artefak batu dan tulang yang jumlahnya terbanyak, sejumlah besar bagian tubuh binatang (bagian terbesar berasal dari Wallabi hutan, *Dorcopsis muelleri*), sebagian kecil kulit moluska, kulit telur, tanah kuning kemerahan, arang dan sisa-sisa tumbuhan. Pengukuran umur berdasarkan radiokarbon tertua dari unit yang paling dalam (Unit V) adalah 6.900 tahun lalu (belum dikalibrasi).

Aktivitas di dalam gua, yang mencakup konsumsi binatang hasil buruan dan membuat, menggunakan dan memperbaiki artefak batu dan tulang, sebenarnya tetap sama selama lebih dari 3.000 tahun. Umur Unit II yang termuda sekitar 4.000 tahun. Unit paling atas dalam Gua Kria berbeda sekali dengan empat unit di bawahnya: artefak batunya hanya sedikit, tidak ada artefak tulang, sedikit pecahan tembikar dan sejumlah kecil tulang dari seekor babi, yang berumur minimum 1.840 tahun. Jumlah bagian tubuh binatang jauh lebih kecil dan juga berbeda komposisinya.

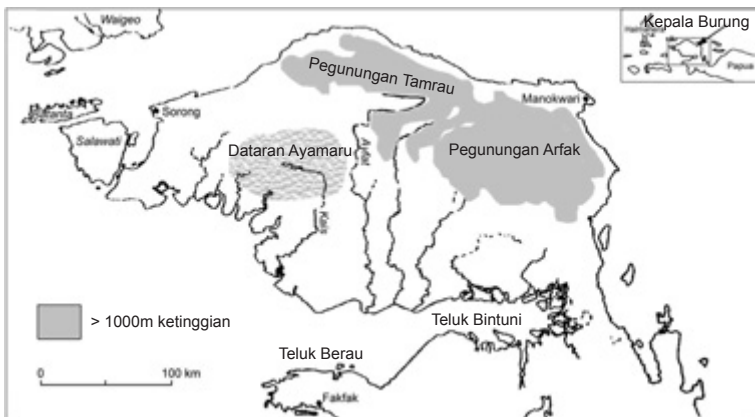
Misalnya, tulang-tulang wallabi menurun drastis. Di dalam unit ini terdapat kuburan dan lokasi ini, tampaknya telah ditinggalkan sekitar 4.000 tahun lalu, tetapi gua ini kembali ditempati setidaknya sebelum 1.840 tahun lalu dan kemungkinan digunakan untuk tujuan yang

KEHADIRAN MANUSIA DAN DAMPAKNYA

berbeda, termasuk untuk menawan manusia. Tidak ada tanda-tanda atau petunjuk yang jelas dari penduduk Ayamaru bahwa gua ini sekarang masih dimanfaatkan dan tidak jelas kapan gua itu terakhir dihuni.



Gambar 6.1.1. Formasi karst di Dataran Tinggi Ayamaru. Sumber: ijin dari J. Jeisma.



Gambar 6.1.2. Semenanjung Kepala Burung dengan lokasi Dataran Ayamaru dan daerah-daerah yang lebih tinggi di sekitarnya. Sumber: Pasveer (2004).

Di dalam Gua Toe' terdapat endapan sedalam 140 cm yang karena batuan dasarnya miring, stratigrafinya sangat rumit. Namun analisis terinci mengenai isi dan pengukuran umur dengan radiokarbon mengarah kepada kesimpulan bahwa endapan di dasarnya utuh, sekalipun ada kemerosotan lokal dan sedikit timbunan tambahan. Endapan ini memunyai dua "unit" utama: sepertiganya merupakan unit Pleistosen dengan bahan yang lebih lama melapuk dan tulang-tulang binatang yang lebih banyak fosilnya dibanding yang ada pada unit di atasnya. Duapertiga bagian atas berasal dari Holosen dan bercirikan banyak artefak batu dan tulang-tulang binatang (juga didominasi oleh *Dorcopsis*). Pada dasarnya endapan ini mengandung jenis-jenis bahan yang sama seperti yang ditemukan di dalam Gua Kria. Gua Toe' berbeda dari Gua Kria dalam hal masa pendudukan, tidak adanya artefak tulang dan adanya artefak batu yang berukuran jauh lebih besar dan berjumlah lebih banyak.

Unit Pleistosen di dalam Gua Toe' menunjukkan beberapa perubahan iklim yang menarik setelah periode Glasial Maksimum Terakhir. Hingga sekarang periode glasial terakhir diasumsikan tidak berpengaruh nyata pada dataran rendah tropis. Namun, sebagian besar tulang binatang yang berasal dari endapan Gua Toe' ternyata adalah jenis yang sekarang umumnya hidup di atas ketinggian 1.000 m dan hanya turun ke ketinggian yang lebih rendah apabila suhunya lebih rendah. Daerah pegunungan di atas 1.000 m terletak sekitar 50 km dari lokasi ini, jauh di luar jangkauan pemburu. Artinya, Glasial Maksimum Terakhir pasti telah mendorong zona-zona vegetasi di ketinggian yang lebih rendah dibandingkan yang diperkirakan dan bahkan pada ketinggian 350 m dpl dan suhunya pasti 5-6 derajat lebih rendah daripada sekarang.

Ketika sekitar 12-10.000 tahun lalu iklim global mencapai kondisi sekarang, flora dan fauna berangsur-angsur mundur ke posisi Holosen. Jenis di gunung-gunung meninggalkan habitat ini atau menjadi punah secara lokal dan komposisi faunanya menjadi seperti habitat dataran rendah Nugini. Pada tahap ini fauna di Dataran Ayamaru didominasi oleh Wallabi hutan (*Dorcopsis muelleri*). Jenis ini juga menjadi sasaran pemburu lokal, kemungkinan karena jenis yang hidup di tanah ini

KEHADIRAN MANUSIA DAN DAMPAKNYA

relatif mudah ditangkap, sangat banyak dan merupakan salah satu satwa buruan terbesar di daerah ini.

Dominasi *Dorcopsis muelleri* selama Kala Holosen tampak dalam koleksi dari kedua gua. Sekitar 75%-80% tulang binatang merupakan jenis ini. Namun, apakah berarti para pemburu Ayamaru khusus menjadikan satwa ini sebagai sasaran? Berdasarkan fakta lain yang diketahui, hutan basah tropis merupakan lingkungan yang sangat miskin bagi manusia, tidak produktif dalam segi sumber makanan dan sebagian sumber makanan, berada jauh dari atas permukaan tanah. Karena itu, penduduk hutan Nugini tidak mungkin dapat bertahan dengan melakukan perburuan selektif tanpa menghiraukan satwa lainnya. Informasi ini didukung oleh data etnografis tentang pemburu-pemburu Nugini. Akibatnya, jika para pemburu tidak khusus menjadikan *Dorcopsis* sebagai sasaran, tentunya satwa ini sangat melimpah sehingga menjadi satu-satunya jenis yang paling sering dijumpai. Namun, lingkungan hutan basah tidak dapat menampung satwa berukuran besar yang tinggal di atas tanah dalam jumlah besar, karena alasan yang sama bahwa manusia menghadapi kesulitan memperoleh makanan. Meskipun wallabi hutan senang menyendiri, gesit dan sangat tersebar, jenis ini mungkin memang melimpah di daerah ini sehingga menjadi sasaran buruan utama

Jumlah *Dorcopsis* yang relatif melimpah di daerah ini sepanjang Kala Holosen dipertegas oleh analisis struktur populasi wallabi yang dibawa ke dalam gua. Berdasarkan data pertumbuhan gigi, ketahanan gigi dan gerak maju geraham (gigi yang maju), yang semuanya berkaitan dengan umur, sebagian wallabi itu merupakan individu dewasa. Menurut prinsip-prinsip ekologi umum, struktur umur seperti itu umum dijumpai dalam populasi yang sumber makanannya terbatas, hidup dalam kepadatan tinggi dibandingkan dengan daya dukung lingkungan tempat tinggalnya dan situasi ini tidak berubah selama ribuan tahun.

Populasi wallabi yang hidup sesuai dengan daya dukung lingkungan menandakan bahwa satwa ini tidak sering diburu. Berdasarkan perhitungan, di Gua Kria hanya satu ekor wallabi setiap 3 atau 4 tahun yang dibawa ke gua, sementara di Gua Toe' satu wallabi setiap 40 tahun. Seperti

dijelaskan di atas, struktur umur wallabi yang tertangkap menandakan bahwa kunjungan yang tidak sering ini bukan hanya terbukti khusus untuk gua-gua ini, tetapi untuk hampir seluruh Dataran Tinggi Ayamaru. Pertanyaannya, jika binatang buruan yang agak besar cukup tersedia, mengapa manusia sangat jarang mendatangi dataran tersebut? Jika populasi *Dorcopsis* tetap padat dan stabil selama ribuan tahun, maka jelas manusia tidak banyak memburunya. Headland (1987) menyatakan bahwa faktor utamanya bukanlah ketersediaan protein, tetapi karena kekurangan karbohidrat yang membatasi kehadiran manusia di dataran ini. Umumnya, hutan hujan tidak kaya tumbuhan yang dapat dimakan karena keterbatasan jumlah cahaya matahari yang dapat menembus lapisan di bawah tajuk. Ada kemungkinan manusia tidak tinggal lama di dalam gua karena mereka tidak dapat menemukan cukup tumbuhan yang dapat dimakan untuk bertahan hidup. Kemungkinan lain adalah akibat kombinasi beberapa faktor, termasuk perang dan penyakit, yang menyebabkan mobilitas tinggi (dan mungkin mortalitas tinggi) di antara kelompok-kelompok yang menghuni dataran ini.

Kondisi kehidupan penduduk Papua selama Kala Pleistosen dan awal hingga pertengahan Holosen kemungkinan besar juga terjadi di daerah-daerah tropis tanah rendah di PNG, terutama di daerah batu kapur, yang terkenal dengan tanahnya yang miskin. Situasi ini membaik setelah masuknya budidaya tanaman. Koleksi fauna dari Gua Kria menunjukkan perubahan kecil dalam profil umur wallabi yang dibawa ke dalam gua sekitar 5.000 tahun lalu, yang mungkin menandakan meningkatnya pemburuan *Dorcopsis* dan/atau gangguan pada habitatnya. Tampaknya hal ini merupakan akibat peningkatan kepadatan manusia di daerah tersebut dan upaya membuka hutan untuk merangsang pertumbuhan tanaman yang dapat dimakan dan menandai permulaan pertanian di bagian paling barat Papua.

Sejarah Dampak Manusia

Manusia sudah ada di lembah-lembah dataran tinggi Nugini paling sedikit selama 30.000 tahun dan diperkirakan telah selama 50.000 tahun

KEHADIRAN MANUSIA DAN DAMPAKNYA

atau lebih mendiami dataran savana yang menghubungkan pulau ini dengan Australia. Selama periode ini manusia beradaptasi dan mengubah lingkungannya, menyisakan sebagian kecil pulau ini yang belum terjamah. Di hutan basah primer dan hutan musiman manusia telah menciptakan bentang lahan buatan seperti padang rumput dan hutan sekunder. Selain teras-teras dan parit-parit yang buatan manusia, muara sungai, lembah-lembah dan lereng-lereng yang tererosi yang mungkin sebagian disebabkan oleh kegiatan manusia. Sepanjang waktu, beberapa jenis fauna telah punah dan menjadi langka, yang dimbangi oleh proses introduksi jenis baru. Bab ini membahas sejarah interaksi manusia dan lingkungan di Papua dalam tiga periode: pra-pertanian (sekitar 55.000-20.000 tahun lalu), perkembangan pertanian (20.000-5.000 tahun lalu) dan perubahan-perubahan pascaustronesia (5.000 tahun lalu sampai sekarang).

Manusia mengubah bentang lahan dengan menggunakan alat dan api. Bukti dampak tidak langsung manusia terlihat pengukuran umur (*radio-carbon dating*) ciri-ciri geomorfologi seperti kipas-kipas aluvial, permukaan tanah yang sudah terpendam, lapisan-lapisan pasir yang terungkit dan timbunan gambut di lembah-lembah sungai. Bukti tentang erosi yang disebabkan manusia biasanya terlihat dari endapan arkeologis dan ciri-ciri spesifik yang disebabkan manusia seperti parit dan kegiatan penggalian. Bukti utama lainnya bersumber dari data lingkungan purba (paleoekologi), yaitu dari rekonstruksi flora dan fauna melalui analisis fosil. Di Papua, rekonstruksi seperti ini dilakukan dengan menggunakan serbuk sari, tetapi di tempat lain bekas kebakaran diselidiki dari sedimen rawa dan danau dengan menghitung sisa-sisa arang mikroskopis dan dengan menetapkan umur fragmen berbagai endapan lainnya yang lebih besar (Haberle dkk. 2001).

Ketika bangsa Eropa sampai di pulau ini, penduduknya tersebar di sepanjang pesisir sementara kelompok-kelompok yang lebih kecil terisolasi di hutan basah dan lereng-lereng gunung (Gambar 6.1.3). Daerah tertentu, seperti Peg. Foja sama sekali tidak dihuni. Penduduk di dataran tinggi lebih banyak di lembah-lembah D. Baliem dan D. Paniai baru ditemukan di abad ke-20. Brookfield (1964) menyatakan

EKOLOGI PAPUA

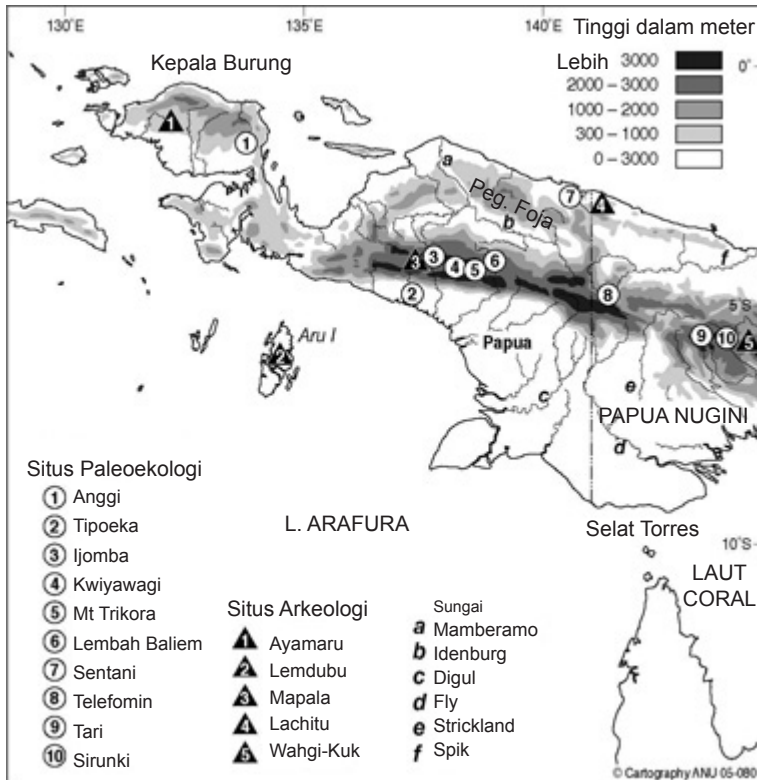
bahwa sistem pertanian berbasis umbi-umbian yang telah maju terpusat di ketinggian 1.400-1.850 m dan dikendalikan oleh iklim lokal. Sisi-sisi bagian luar pegunungan selalu lembab, curah hujannya lebih dari dua kali penguapan di hampir setiap bulannya. Dalam kondisi yang selalu berkabut, tanaman tidak tumbuh subur (Hanson dkk. 2001). Di lembah-lembah ini pegungannya menghalangi hujan lokalnya dan sirkulasi lokal mendominasi hampir di semua musim. Di sini setiap hari matahari bersinar cerah, udara naik ke atas lereng-lereng yang hangat dan turun menyebar ke lembah dan menghasilkan curah hujan yang cukup lebat di sore hari. Jauh dari lembah-lembah di dataran tinggi, lembah-lembah sungai bahkan lembah-lembah sempit memiliki iklim seperti ini sehingga dapat mendukung pedesaan kecil.

Pemukiman Mula-mula

Berbagai bukti pengaruh pemukiman mula-mula lebih banyak diperoleh dari dataran tinggi, mungkin karena penduduknya yang padat dan banyak penelitian yang lebih terpusat di dataran tinggi. Manusia mungkin sudah ada sekitar 32.000 tahun lalu atau lebih awal di Lembah Baliem (Hope 1998; Haberle dkk. 2001) dan dikenal di Kosipe (White dkk. 1970, Gambar 6.1.3). Sebuah pisau pinggang yang ditemukan di L. Baliem mirip dengan yang ada di Kosipe. Karena itu kemungkinan besar sudah ada penduduk di sana, yang hidup dari berburu binatang dan bahan makanan. Iklim jaman es diketahui lebih kering daripada sekarang dan iklim di dataran tinggi juga lebih dingin, dengan tutupan es dan padang rumput alpin yang sangat luas di jajaran pegunungan tengah. Bukti serbuk sari dari gambut di bagian atas Baliem (Hope dkk. 1993; Hope 1998) dan D. Sentani (Hope dan Tulip 1994) menunjukkan bahwa pemukiman di sana sudah ada 50.000 tahun sebelumnya. Bukti ini menunjukkan bahwa sebelum manusia diperkirakan tiba di sana, hutan tropis dan pegunungan merupakan habitat utama. Kondisi basah yang mendukung hutan basah tampaknya berlangsung terus, menunjukkan bahwa perairan tropis yang hangat telah berlangsung sejak akhir Pleistosen (Thunell dkk. 1994). Namun, kemungkinan pengaruh bayangan hujan

KEHADIRAN MANUSIA DAN DAMPAKNYA

di bagian utara pegunungan tengah juga menguat. Daerah Sentani dan Sepik mungkin dulu lebih kering daripada sekarang, didominasi hutan *Nauclea* dan mungkin mengalami kebakaran alami.



Gambar 6.1.3. Lokasi situs arkeologi dan situs paleoekologi yang menunjukkan pengaruh kegiatan manusia.

Informasi tentang kebakaran dan erosi 32.000-26.000 tahun lalu diperoleh dari arang-arang di Bukit Supulah (Gambar 6.1.4), sebelah utara Wamena (Hope 1998). Walaupun tidak secara langsung terkait dengan kegiatan manusia, keberadaan arang di dekat rawa menandakan awal pembukaan di hutan di sana untuk mengumpulkan biji *Pandanus*. Potongan-potongan arang ditemukan di lapisan-lapisan pasir yang hanyut dari bukit 26.000 tahun lalu, yang menunjukkan kebakaran yang sangat

EKOLOGI PAPUA

luas dan mengakibatkan erosi. Beberapa rangkaian sedimen, contohnya sedimen alga dari D. Hordorli di Peg. Cyclops dekat Jayapura tidak mencatat adanya kebakaran selama sepuluh milenium sepanjang Kala Pleistosen. Keberadaan arang di lokasi ini mungkin adalah indikator adanya kegiatan manusia (Haberle dkk. 2001).



Gambar 6.1.4. Bukit Supulah di Lembah Baliem dibakar, ditebangi dan tererosi sekitar 33.000 tahun lalu.

Sampai sekitar 21.000 tahun lalu, hutan di pulau ini didominasi oleh *Nothofagus*, *Castanopsis* dan Myrtaceae yang menutupi permukaan lembah sungai. Bukti pertama adanya kebakaran yang menciptakan mosaik padang rumput dan hutan terjadi di puncak jaman es, yang terakhir adalah dalam periode ini. Walaupun tidak ada bukti arkeologis langsung tentang keberadaan manusia di lembah sungai pada saat itu, kebakaran yang meningkat tajam dan terbukanya vegetasi belum pernah terjadi sebelumnya di jaman es tersebut. Karena itu, bukti ini dianggap sebagai pengaruh kehadiran manusia di wilayah ini, yaitu sekitar 10.000 tahun sesudah informasi yang didapat dari arang yang ditemukan di hutan serupa di Bukit Supulah.

Manusia mula-mula yang menyebar ke dataran tinggi mungkin juga berburu di padang rumput yang lebih tinggi. Contohnya, fosil kanguru seukuran anak sapi (*Maokopia ronaldii* dan *Protemnodon hopeii*) ditemukan di Kwiyawagi di Baliem bagian atas yang kelihatannya telah

KEHADIRAN MANUSIA DAN DAMPAKNYA

beradaptasi dengan padang rumput subalpin yang sangat luas (Flannery 1992, Hope dkk. 1993). Fauna subalpin kelihatannya telah lenyap semua sebelum iklim memanas 14.000 tahun lalu, ketika batas hutan meluas dan padang rumput pegunungan menyempit. Karena itu, beberapa penyebab lain (mungkin termasuk perburuan atau gangguan oleh manusia) pasti ikut berpengaruh.

Pembukaan Hutan dan Awal Pertanian

Bukti perluasan bentang lahan buatan manusia terlihat pada batas-batas lingkungan yang sensitif seperti perbatasan savana dan hutan basah di dataran rendah dan batas ketinggian tumbuhnya pohon di zona alpin selama transisi iklim sekitar 12.000-10.000 tahun lalu. Di lokasi-lokasi ini perluasan hutan dikendalikan oleh kebakaran dan mungkin pembukaan hutan. Karena suhu global memanas dan gletser menyusut transisi es terakhir di dataran tinggi berlangsung dalam dua fase pemanasan, yaitu selama periode awal ketidakstabilan iklim antara 14.500 dan 12.000 tahun lalu yang diikuti pemanasan yang lebih konstan antara 12.000 dan 8.500 tahun lalu. Perubahan ini tercermin dari naiknya pertumbuhan hutan yang lebat yang menggantikan pakis-pakis dan padang rumput di lokasi yang tinggi (Hope 1989). Di lembah-lembah pegunungan, kombinasi kenaikan suhu, CO₂ atmosfer yang tinggi dan monsun tahunan yang menguat (Haberle dkk. 2001) diperkirakan mendorong perluasan hutan ke habitat padang rumput. Sementara arang menjadi umum pada saat itu, hutan umumnya juga meluas.

Indikasi terawal tentang muncul dan menyebarnya “pertanian” di Papua terlihat dari catatan pembukaan hutan di Baliem 7.000-6.000 tahun lalu. Bagian terendah lembah-lembah dataran tinggi utama terbukti telah dibuka dan ditanami talas dan pisang (Gambar 6.1.5). Holosen awal kemungkinan merupakan waktu iklim yang lebih dapat diandalkan ketika kemarau dan udara beku yang terkait dengan El Niño yang masih sangat jarang (Groves dan Chappell 2000). Sampel tanah yang diambil dari bendungan Rien di D. Anggi menunjukkan peningkatan kebakaran dan padang rumput sekitar 5.000 tahun lalu tetapi kebakaran sudah ada

sebelum 9.000 tahun lalu (S. Haberle, kom. pri.). Karena itu pertanian mungkin sejaman di lembah-lembah pegunungan yang subur.

Beberapa catatan danau subalpin berisi bukti tentang kebakaran dari waktu ketika lapisan es menyusut (Hope 1996) dan diagram serbuk sari dari D. Habbema (di G. Trikora), menunjukkan gangguan yang terus-menerus sampai sekarang. Di G. Jaya kebakaran dimulai sejak 11.000 tahun lalu dan gua Mapala menyimpan bukti adanya perburuan sejak 5.500 tahun lalu yang menyebabkan kepunahan walabi kecil (*Thylogale christensenii*). Hope dkk. (1993) menduga bahwa tekanan perburuan menyebabkan mamalia yang menyerupai bajing (*Pseudocheirops cupreus*), bergerak naik ke habitat subalpin. Perburuan mungkin juga telah berlangsung setelah penambahan penduduk di lokasi-lokasi yang lebih rendah, yang membuktikan secara tidak langsung awal perluasan hutan di dataran tinggi selama Holosen.

Pembukaan lahan di lembah-lembah dan pegunungan bawah yang terpencil mungkin terjadi di pertengahan atau akhir Holosen. Misalnya, Kwiyawagi pada ketinggian 2.900 m, mungkin baru dihuni ketika tanaman yang tahan dingin seperti ubi jalar (*Ipomoea batatas*) dan kentang (*Solanum tuberosum*) tiba pada beberapa abad terakhir. Kendala ketinggian ini masih terus diuji, misalnya di Iniuni sebelah selatan Tiom (ketinggian sekitar 3.000 m), di mana hutan subalpin dibuka untuk kebun kubis dan padang penggembalaan babi (Gambar 6.1.6).

Di dataran rendah sejarah gangguannya sangat mirip dengan yang terjadi di dataran tinggi. Hal ini cukup aneh mengingat pesisir dan dataran rendah telah dihuni sekitar 50.000 tahun (O'Connor dan Chappell 2004). Perluasan padang rumput, ditandai dengan catatan arang di D. Hordorli, terjadi di wilayah D. Sentani 11.200 tahun lalu (Hope dan Tulip 1994, Bab 2.6) dan kemungkinan hal ini menunjukkan awal berkembangnya pertanian. Daerah ini telah dihuni sejak sebelum 25.000 tahun lalu, yang diketahui dari gua Lachitu, sekitar 60 km sebelah timur Jayapura (Gorecki dkk. 1991) tetapi pemukiman lebih awal ini tidak terkait kebakaran yang luas besar.

KEHADIRAN MANUSIA DAN DAMPAKNYA



Gambar 6.1.5. Ladang ubi jalar teririgasi di Lembah Baliem dengan pohon *Casuarina oligodon* yang menyebar menggambarkan kecanggihan organisasi masyarakat di bidang perairan dan pertanian, khususnya budidaya talas yang berkembang selama Holosen.



Gambar 6.1.6. Batas ketinggian perkampungan: pembukaan hutan primer di atas 3.000 m di Iniuni, Lembah Baliem Timur. Lahan ini umumnya ditanami kubis.

Kedatangan dan Pengaruh Petani Austronesia

Kedatangan orang Austronesia sekitar 4.000 tahun tidak terlalu berkorelasi dengan perubahan lingkungan yang terjadi di Papua. Namun, frekuensi peristiwa El Niño mungkin meningkat, mendorong peristiwa kemarau dan udara beku yang berdampak pada tanaman dan masyarakat di semua ketinggian (Brookfield 1989, Brookfield dan Allen 1989). Kemarau mungkin telah mengakibatkan kebakaran semakin meluaskan padang rumput ke dalam hutan yang lembab. Padang rumput *Imperata cylindrica* (*kunai*) tersebar luas di tanah miskin hara seperti tanah yang kaya akan besi dan magnesium di Sentani. Pembukaan hutan ini mungkin sudah berlangsung sangat lama karena regenerasinya memakan waktu ribuan tahun.

Serbuk sari *Casuarina* menjadi lebih umum di seluruh dataran tinggi setelah 1.800 tahun lalu, menunjukkan waktu berkembangnya penanaman hutan (Haberle dkk. 1991). Perluasan penanaman hutan yang berlangsung cepat ini mendukung hipotesis tentang kegiatan ini meskipun ada kendala bahasa dan sosial. Demikian juga dengan perluasan tanaman pangan seperti ubi jalar, yang tampaknya sangat merata di dataran tinggi yang mendorong pembukaan lahan baru di lereng-lereng dan ketinggian yang lebih atas. Bukti kejadian ini semakin nyata selama beberapa abad terakhir, yang terlihat dari sistem ladang lahan rawa di lantai lembah yang telah ditinggalkan. Lembah Baliem memiliki banyak sistem ladang dan rawa yang telah ditinggalkan dalam jangka yang lama, terlihat dari informasi serbuk sari di Kelela (Haberle dkk. 1991).

Jauh dari pusat-pusat pemukiman utama ada beberapa lokasi yang menunjukkan peningkatan eksploitasi di akhir Holosen daripada yang berlangsung sekarang. Di tempat-tempat yang lebih tinggi hutan muda dan generasi baru pohon pakis sekarang tersebar luas, menunjukkan adanya penurunan tekanan manusia selama abad terakhir. Perubahan ini mungkin terkait dengan tanaman yang lebih baru dan perubahan sosial lainnya, tetapi tampaknya sudah berlangsung lebih lama daripada introduksi ubi jalar. Hal ini ditunjukkan oleh garis arang dari situs

KEHADIRAN MANUSIA DAN DAMPAKNYA

Ijomba pada ketinggian 3.720 m di Peg. Jaya , di mana kebakaran telah berkurang selama 1.500 tahun terakhir (Hope dan Golson 1995).

Di sebelah utara Sentani di Peg. Cyclops, periode utama pembukaan hutan yang tidak merata di sekitar D. Hordorli dibuktikan oleh keberadaan arang dan jenis sekunder sekitar 4.000 tahun lalu (Hope dan Tulip 1994). Sekarang daerah ini kurang dimanfaatkan walaupun pohon sagu dapat ditemukan di tepi anak-anak sungai. Ini merupakan bukti adanya perkampungan yang lebih tersebar selama pertengahan Holosen di daerah batas perkembangan pertanian.

Kesimpulannya, banyak yang masih belum kita ketahui tentang sejarah lingkungan di Nugini. Kita dapat meyakini bahwa padang rumput dan pertanian terbuka sekarang merupakan pengaruh kehadiran manusia, hanya sedikit sekali yang kita ketahui tentang kapan bentang lahan itu terbentuk. Semakin dalam kita menyelidiki, semakin unik sejarah masing-masing lokasi yang terungkap. Padang rumput di zona pegunungan tengah di Telefomin telah ada selama sekitar 4.000 tahun (Hope 1983) tetapi pembukaan lahan yang berlangsung beberapa abad juga terjadi 11.000 dan 7.500 tahun lalu. Ada beberapa informasi lain yang tidak lengkap tetapi kita tidak tahu persis mengapa ada “kesenjangan” pada sedimentasi di banyak situs. Di Bukit Supulah tidak ada sedimen yang dikenal berasal dari periode 30.000-2.500 tahun lalu, ketika daerah tersebut kehilangan hutannya seperti sekarang. Hanya beberapa situs yang dapat menjelaskan kesenjangan di akhir Pleistosen. Mungkin pada akhir puncak glasiasi terjadi suatu fase cuaca kering dan kebakaran yang menyebar, tetapi pembukaan hutan mungkin juga merupakan penyebabnya. Kurangnya informasi rinci menyulitkan untuk mengaitkan keragaman habitat sekarang dengan sejarah masa lalunya.

Keragaman budaya dan bahasa manusia pasti mencerminkan kebutuhan masyarakat lokal untuk beradaptasi dengan lingkungan tertentu yang berubah hanya dalam jarak beberapa kilometer. Namun pada skala waktu berabad-abad pola-pola perkampungan dan teknologi muncul pada saat yang sama di seluruh pulau. Penyebaran kultivar, praktik pengelolaan lahan dan teknik lain seperti tembikar atau silvikultur

EKOLOGI PAPUA

terlihat berkembang cepat walau ada banyak kelompok yang terisolasi. Masa terjadinya perubahan iklim dan tekanan di pesisir yang paling cepat, dari sekitar 15.000-8.000 tahun lalu mendorong berkembangnya budaya yang mudah menyesuaikan diri. Kebakaran padang rumput di dataran tinggi sekitar 13.000 tahun lalu, atau 4.000 tahun sebelum lembah-lembah sungai pegunungan dibuka secara besar-besaran menunjukkan mata rantai perdagangan yang telah melintasi gunung-gunung sebelum penduduk yang bertani meningkat. Demikian juga dengan bukti tentang pembukaan dan kebakaran 34.000 tahun lalu, yang menunjukkan manipulasi dan seleksi ekologis yang telah terjadi (Fairbairn dkk. 2006). Karena itu terbentuknya lahan-lahan pertanian di dataran tinggi dapat dilihat sebagai akibat dari perkembangan masyarakat asli secara bertahap yang diselingi berbagai pengaruh eksternal, seperti introduksi tanaman dan perubahan serta variasi iklim.

Papua mungkin telah dihuni para “pemburu satwa liar” selama Pleistosen, tetapi buktinya sangat tersebar sehingga kami hanya mencatat peristiwa kepunahan yang sulit dijelaskan dan kami penasaran dengan berbagai mitos tentang berbagai binatang dan burung yang aneh (Roberts dkk. 2001). Namun, musnahnya jenis binatang pengerat (Spriggs 1997) sekitar 30.000 tahun lalu jelas terkait dengan keberadaan perkampungan. Flannery (1992) berpendapat fase kedua perburuan mamalia arboreal terjadi dengan tibanya anjing sekitar 3.500 tahun lalu. Dengan berkembangnya vegetasi sekunder di wilayah yang luas, sekarang perburuan telah banyak berkurang.

6.2. Kemajemukan Sosial Budaya Masyarakat*

Provinsi Papua mempunyai keragaman suku dan budaya yang jauh lebih tinggi daripada provinsi lain di Indonesia. Bab ini menguraikan ikhtisar kemajemukan bahasa, struktur sosial, sistem kepemimpinan, agama, mata pencaharian, sistem penguasaan lahan, orientasi nilai budaya dan etika kerja di kalangan masyarakat Papua.

Bahasa

Menurut beberapa pakar bahasa (Silzer dkk. 1986), ada sekitar 269 bahasa lokal yang digunakan oleh masyarakat di Papua. Bahasa-bahasa daerah Papua dikelompokkan menjadi dua golongan besar, yaitu bahasa Austronesia dan nonAustronesia (sering disebut bahasa Papua). Kelompok bahasa ibu Austronesia terdiri dari bahasa-bahasa yang digunakan oleh masyarakat pesisir (misalnya, Biak, Wandammen, Waropen, Maya) sedangkan kelompok bahasa nonAustronesia (atau Papua) digunakan oleh masyarakat yang tinggal di daerah terpencil di bagian tengah pulau ini, dari wilayah barat Kepala Burung ke ujung bagian timur Nugini (misalnya, Meybrat, Dani, Ekari, Asmat, Muyu dan Sentani).

Kelompok bahasa Papua sendiri dibagi menjadi sepuluh filum, yang terbagi lagi ke dalam beberapa suku bahasa. Satu filum bisa terdiri dari beberapa suku bahasa, yang masing-masing mempunyai beberapa bahasa lokal atau dialek. Keragaman bahasa di Papua ini telah mendorong penggunaan Bahasa Indonesia sebagai bahasa pengantar sehingga sebagian besar orang Papua bisa berkomunikasi dalam satu bahasa.

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari "The Socio-cultural Pluraity of Papuan Society", J.R. Mansoben.

Struktur Sosial

Pouwer (1966) mengatakan bahwa orang Papua dapat dibagi paling sedikit menjadi empat kelompok berdasarkan sistem kekerabatannya. Kelompok pertama menggunakan sistem kekerabatan yang mirip dengan suku Iroquois, penduduk asli Amerika (tipe Iroquois). Kelompok ke dua menggunakan sistem kekerabatan yang mirip dengan yang digunakan oleh penduduk asli di Hawai'i (tipe Hawai'i). Kelompok ke tiga menggunakan tipe kekerabatan Omaha, sedangkan kelompok ke empat meliputi orang-orang yang menggunakan tipe kekerabatan Iroquois-Hawai'i. Kelompok ke empat ini antara lain orang-orang Bintuni, Tor dan Pantai Barat dari wilayah Sarmi (Pouwer 1966).

Masyarakat Papua dapat juga dikelompokkan menurut dua sistem pewarisan yang mereka kenal, yaitu sistem pewarisan *patrilineal*, di mana pewarisan diberikan dari ayah kepada anak laki-laki atau anggota keluarga laki-laki lainnya dan sistem *matrilineal*, di mana pewarisan diturunkan melalui pihak perempuan. Sistem pertama digunakan oleh suku Meybrat, Me, Dani, Biak, Waropen, Wandammen, Sentani, Marind-Anim dan Nimboran. Sebagian besar orang Papua menggunakan kombinasi kedua sistem pewarisan ini, bisa melalui garis keturunan ayah atau garis keturunan ibu.

Sistem Penguasaan Tanah

Ada dua tipe penguasaan dan pemanfaatan tanah yang umum di kalangan masyarakat Papua, yaitu kepemilikan bersama (komunal) dan kepemilikan individu (Ploeg 1970). Pada sistem kepemilikan komunal, tanah yang merupakan sumber pokok mata pencaharian dimiliki secara komunal. Ada dua tipe kepemilikan komunal di Papua ini, yaitu yang berbasis pada marga yang kecil dan yang berbasis pada marga besar (*kampung*).

Pada sistem kepemilikan berbasis marga kecil, semua anggota marga (*keret*), termasuk perempuan yang telah berkeluarga, memiliki hak yang sama untuk memanfaatkan tanah marga untuk kehidupan mereka. Dalam sistem kepemilikan berbasis marga besar (*kampung*), hak

kepemilikan tanah dipegang oleh pimpinan masyarakat, yang memiliki otoritas untuk membuat keputusan tentang pemanfaatan tanah bersama-sama dengan para pemimpin marga. Baik pemimpin marga maupun pemimpin masyarakat tidak bisa membuat keputusan sendiri; rencana pembangunan masyarakat, pemanfaatan lahan dan kepemilikan harus dibuat bersama-sama.

Sistem Politik

Sistem politik juga sangat beragam di Papua, yang menurut Mansoben (1985, 1994) dapat dibedakan menjadi empat sistem. Keempat sistem ini adalah: sistem *orang besar* (orang kuat), sistem kerajaan, sistem *ondoafi* dan sistem campuran. Pada sistem politik *orang besar* posisi kepemimpinan berbasis pada prestasi individu. Sumber kekuasaan pada sistem ini diperoleh dari kemampuan pribadi *orang besar* tersebut. Suku-suku Dani, Asmat, Me, Meybrat dan Muyu menganut sistem politik ini.

Dalam sistem kerajaan ciri utamanya adalah posisi kepemimpinan dan status politik, diperolehnya berdasarkan keturunan atau warisan. Kekuasaan politik yang diberikan kepada individu adalah atas dasar keanggotaan mereka dalam keluarga dan kelahiran. Sistem ini umum berlaku di kalangan suku-suku di wilayah barat daya Papua, termasuk Kep. Raja Ampat, Sem. Onin, Teluk Berau dan Kaimana.

Sistem *ondoafi* mirip dengan sistem kerajaan, yaitu posisi kepemimpinan diwariskan dengan memanfaatkan birokrasi tradisional. Perbedaannya, sistem *ondoafi* berbeda dalam hal jarak kekuasaan secara geografis dan orientasi politiknya. Kekuasaan pemimpin suatu *ondoafi* terbatas pada sebuah desa saja (*yo*) dan unit sosialnya terdiri dari satu kelompok etnis atau subkelompok saja. Sistem *ondoafi* berlaku di wilayah timur laut Papua di kalangan masyarakat Sentani, Genyem (Nimboran), Teluk Yos Sudarso, Tabla, Yaona, Yakari-Skou dan Arso-Waris.

Sistem politik terakhir yang ada di Papua adalah sistem campuran, yaitu kepemimpinan diwariskan atau berdasarkan prestasi. Dengan kata lain, seseorang bisa menjadi pemimpin atas dasar kemampuan pri-

badinya atau karena keturunan. Sistem campuran ini umum berlaku di kalangan masyarakat yang hidup di sekitar Teluk Cenderawasih, seperti di kalangan masyarakat Biak, Wandammen, Waropen, Yawa dan Maya.

Agama dan Sistem Kepercayaan

Agama-agama utama seperti Islam dan Kristen masuk ke Papua pada waktu yang berbeda-beda. Menurut data sensus tahun 1980, 12% orang Papua beragama Islam, 23% Katolik dan 65% Kristen. Sebelum Agama Islam dan Kristen masuk ke Papua, setiap suku asli telah mempunyai sistem kepercayaan tradisional yang beragam di antara berbagai kelompok, tetapi sebagian besar kelompok memercayai satu Tuhan yang memegang kekuasaan tertinggi atas penguasa-penguasa lainnya. Penelitian etnografi mengenai sistem kepercayaan tradisional di Papua menunjukkan bahwa Tuhan yang Maha Kuasa atau Yang Tertinggi dianggap sebagai pencipta dan memiliki kekuasaan mutlak atas hidup manusia. Selain itu, sebagian besar pengikut sistem kepercayaan tradisional ini percaya bahwa kekuasaan Tuhan itu diwujudkan dalam kekuatan-kekuatan alam, seperti angin, hujan dan guntur; atau kekuatan Tuhan itu mendiami benda-benda alam di dekat pemukiman manusia, seperti pohon yang besar, jeram, aliran sungai, dasar laut, atau teluk-teluk tertentu.

Masyarakat Papua juga percaya bahwa roh nenek moyang yang telah meninggal itu diberi kuasa oleh Tuhan Pencipta untuk mengendalikan manusia yang masih hidup. Karena itu, manusia yang masih hidup harus memelihara hubungan yang baik dengan nenek moyang mereka agar mereka terlindung dari kemungkinan bencana ketika anggota keluarga yang telah meninggal marah.

Ekologi dan Sistem Mata Pencaharian

Lingkungan hidup di Papua dapat dibagi menjadi empat kategori utama, yaitu: daerah rawa, daerah pesisir dataran rendah, daerah perbukitan dan lembah-lembah kecil dan daerah dataran tinggi (Mansoben dan Walker 1990). Masing-masing zona ini menopang sistem mata pencaharian

KEMAJEMUKAN SOSIAL BUDAYA MASYARAKAT

yang berbeda. Di daerah rawa, masyarakat terutama bergantung pada sagu sebagai bahan makanan utama dan ikan (misalnya, masyarakat Asmat, Mimika dan Waropen). Untuk masyarakat yang tinggal di daerah pesisir dan pinggiran sungai (misalnya, masyarakat Biak, Wandammen, Moi, Simuri, Maya, Kep. Raja Ampat), perikanan, budidaya sagu dan pertanian merupakan kegiatan ekonomi pokok, sementara berburu merupakan strategi alternatif. Masyarakat di perbukitan dan lembah-lembah kecil utamanya bergantung pada pertanian dan sagu, berburu dan memelihara ternak (misalnya, masyarakat Muyu, Genyem dan Arso). Kelompok masyarakat di dataran tinggi, mereka bertani dan memelihara babi sebagai sumber mata pencaharian utamanya (misalnya, masyarakat Dani dan Me).

Persebaran Penduduk

Data sensus tahun 1995 (Sensus Penduduk 1995) menunjukkan bahwa Papua dihuni oleh 2.031.620 jiwa. Sebagian besar masyarakat Papua tinggal di wilayah pedesaan (73%) dan hanya sebagian kecil tinggal di kota (27%). Data sensus tahun 2000 menunjukkan perubahan sedikit dalam hal persebaran penduduk yaitu 39% tinggal di kota dan 61% tinggal di pedesaan (BPS 2002). Penyebaran penduduk berubah secara cepat akibat pengembangan atau pemekaran kabupaten baru oleh pemerintah, dari 13 kabupaten menjadi 26 kabupaten/kota sekarang.

Filsafat Hidup

Nilai-nilai budaya yang diwujudkan dalam norma-norma sosial, etika, aturan dan hukum berbeda antara satu kelompok masyarakat dengan kelompok lainnya. Namun, perbedaan budaya ini dapat dikelompokkan berdasarkan pandangan budaya tersebut terhadap lima konsep dasar berikut.

Konsep tentang Makna Hidup. Semua budaya memiliki konsep tentang makna hidup, tujuan akhir keberadaan manusia dan bagaimana manusia menjalankan kehidupan. Agama biasanya memberikan pedoman tentang makna hidup.

Persepsi terhadap Kerja. Budaya sangat beragam dalam memandang makna kerja. Ada yang memandang kerja sangat penting dan menjadi salah satu yang memberi makna hidup, ada yang menjadikannya sebagai cara mendapat kehormatan, ada pula yang menganggapnya sebagai cara melayani sesama.

Konsep tentang Hubungan Manusia dengan Alam. Ada budaya yang memandang alam semata-mata sebagai sumber bagi kepentingan manusia, ada yang memandang perlunya keseimbangan antara kepentingan manusia dengan alam, ada pula yang memandang alam sebagai suatu kekuatan dan manusia harus tunduk kepadanya.

Persepsi tentang Waktu. Berbagai budaya mempunyai persepsi yang berbeda mengenai waktu, khususnya menyangkut perencanaan masa depan. Ada yang mengutamakan masa kini, ada pula yang lebih berorientasi pada masa depan dan memandang perencanaan masa depan itu penting.

Persepsi terhadap Sesama Manusia. Ada budaya yang sangat menghargai hubungan dalam masyarakat yang bersifat vertikal. Budaya ini sangat menghormati para pemimpin dan tokoh masyarakat. Ada pula budaya yang lebih bersifat horizontal dan mengutamakan hubungan antarpribadi. Ada budaya yang menekankan kemandirian, sementara budaya lain menekankan saling ketergantungan dan kerjasama.

Lima prinsip ini dapat digunakan untuk memahami sikap hidup orang atau kelompok masyarakat. Prinsip-prinsip ini penting bagi mereka yang tertarik dengan pembangunan masyarakat. Koentjaraningrat (1970, 1974) mengatakan bahwa nilai-nilai budaya tertentu merupakan modal yang mendorong pembangunan masyarakat lebih lanjut: (1) berorientasi pada masa depan; (2) keinginan untuk mengeksplorasi alam; (3) menghargai pekerjaan; dan (4) memerhatikan sesama manusia.

Nilai-nilai budaya masyarakat Papua

Beberapa pakar berpendapat bahwa budaya Papua tidak inovatif ketika berhubungan dengan eksplorasi alam. Hal ini mungkin karena kepercayaan tradisional bahwa alam mempunyai kekuatan spiritual

KEMAJEMUKAN SOSIAL BUDAYA MASYARAKAT

atas kehidupan dan nasib manusia, yang harus disegani dan dihormati. Namun, pandangan ini tidak berlaku secara menyeluruh karena sebagian budaya Papua (misalnya, mereka yang tinggal di Teluk Cenderawasih) mempunyai sejarah eksplorasi lingkungan dan ekspedisi di dalam dan di luar Papua. Kecenderungan terhadap eksplorasi mendorong munculnya keahlian pembuatan perahu dan pelayaran di kalangan masyarakat ini. Meskipun banyak budaya Papua yang tampak relatif pasif terhadap eksplorasi alam dalam skala yang besar, mereka sangat menghargai upaya-upaya perorangan dan orang-orang yang bekerja keras dan inovatif. Nilai budaya yang menghargai upaya-upaya perorangan mendorong banyak orang Papua untuk bekerja keras, yang pada gilirannya menguntungkan kelompok secara keseluruhan. Nilai-nilai ini juga membangun kemandirian dan rasa percaya diri pada sebagian orang, serta membangun rasa tanggung jawab pada sebagian orang lainnya.

Analisis antropologis terhadap budaya Papua menunjukkan bahwa di Papua, ada dua sikap terhadap hubungan antarmanusia yang sangat berbeda (de Bruijn 1959). Pertama, sebagian budaya sangat berorientasi vertikal. Budaya dengan sistem kepemimpinan kerajaan (misalnya, masyarakat di Sem. Onin, wilayah Kowiai, Kep. Raja Ampat) menunjukkan orientasi yang sangat kuat pada nilai budaya ini. Demikian juga budaya di wilayah timur laut Papua yang menganut sistem kepemimpinan *ondoafi* (misalnya, Tabla, Skow, Nimboran, Sentani dan masyarakat di Teluk Yos Sudarso). Dalam kebudayaan ini, pemimpin dipandang sebagai turunan nenek moyang gaib yang memegang peranan khusus sebagai penghubung antara dunia nyata dan dunia gaib. Karena para pemimpin ini diyakini memiliki kekuatan magis, mereka sangat dihormati dan menjadi tempat anggota masyarakat untuk meminta nasihat. Cara pandang ke dua mengenai hubungan antarmanusia memiliki orientasi yang lebih bersifat horizontal. Dalam budaya ini (misalnya, Biak), hubungan anggota masyarakat dalam suatu marga sangat kuat dan kepentingan kelompok ditempatkan di atas kepentingan pribadi. Solidaritas antara anggota marga sangat tinggi, atas dasar pandangan bahwa “satu bagian adalah keseluruhan”.

Etika kerja

Etika kerja suatu masyarakat menggambarkan norma sosial dan sikap umum terhadap kerja. Seperti telah dijelaskan di atas, budaya Papua cenderung sangat menghargai kerja dan kerja dipandang sebagai sesuatu yang menghasilkan hal yang dapat dinikmati oleh orang yang bersangkutan dan orang lain. Dalam pandangan ini, orang yang tidak produktif memunyai status sosial yang rendah. Namun, makna produktivitas itu sendiri beragam di antara kelompok masyarakat yang berbeda, sesuai dengan cara yang diperlukan untuk menjamin kehidupan di lingkungan yang berbeda.

Etika kerja masyarakat yang hidup berkelompok di daerah rawa dan mengandalkan pada sagu untuk kelangsungan hidupnya (misalnya, masyarakat Asmat, Kamoro, Waropen, Bauzi dan Inawatan) berbeda dengan etika kerja orang Papua yang bertani. Dalam masyarakat yang berkelompok, etika kerja berpusat pada upaya-upaya untuk memenuhi kebutuhan mendesak (misalnya, mengumpulkan cukup makanan untuk kebutuhan sehari) dan tidak menekankan kerja sebagai investasi untuk masa depan.

Bagi masyarakat yang bertani, etika kerja mereka lebih diarahkan sebagai investasi untuk keuntungan di masa yang akan datang. Selain itu, banyak pula budaya Papua yang sangat kompetitif. Kebanyakan kelompok suku Papua (misalnya, Aymaru, Me, Muyu, Biak dani, serta Waropen dan Serui di Teluk Cenderawasih) memang bersifat kompetitif. Mereka bersaing untuk menjadi anggota kelompok yang sukses dan berkuasa dengan cara menumpuk kekayaan atau menunjukkan kemampuan berdiplomasi, kemampuan berperang, kecakapan berorganisasi, atau kemampuan magis. Karena itu, orang Papua memiliki jiwa kompetisi, yang dihargai di dunia modern dan merupakan modal untuk memasuki ekonomi global.

Pembangunan yang Peka Budaya dan Lingkungan Lokal

Di lingkungan yang secara etnis dan budaya sangat beragam, membangun dan memberdayakan masyarakat Papua merupakan hal yang

KEMAJEMUKAN SOSIAL BUDAYA MASYARAKAT

terpenting. Jelas bahwa pendekatan yang benar akan sangat ditentukan oleh situasi dan masyarakat tertentu, seperti faktor etnis, agama dan status ekonomi dari suatu masyarakat, serta tipe program pembangunan yang akan dilaksanakan. Namun perlu ditekankan bahwa setiap program pembangunan harus dilaksanakan dengan cara-cara yang memerhatikan keragaman budaya Papua. Misalnya, untuk meningkatkan pendapatan masyarakat yang hidup di wilayah yang potensi lingkungannya tinggi untuk produksi sagu, maka pelatihan di bidang teknologi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas barang yang dapat mereka hasilkan akan sangat bermanfaat. Begitu pula bagi masyarakat nelayan (misalnya, di Kep. Raja Ampat dan pulau-pulau di Teluk Cenderawasih) perlu dibekali pengetahuan praktis tentang perikanan dan cara pengawetan ikan yang memungkinkan mereka menjualnya di pasar. Selanjutnya, masyarakat yang tinggal di dataran tinggi atau perbukitan perlu dilengkapi dengan teknologi yang akan meningkatkan efisiensi usaha pertanian mereka. Selain itu, menyediakan informasi tentang cara beternak modern untuk memperbaiki dan meningkatkan produksi sangat diperlukan, khususnya bagi masyarakat yang tinggal di pegunungan (misalnya, Dani dan Me) yang telah dikenal sebagai pemelihara babi.

6.3. *Kondisi Sosial dan Politik**

Bab ini menyajikan ikhtisar dan kajian tentang perkembangan sosial dan politik di Papua sejak bergabung dengan Republik Indonesia (1962-2005). Akar ketertinggalan pembangunan di Provinsi Papua tampak jelas ketika data kuantitatif dari tahun 1961 dan 1962 yang diterbitkan oleh pemerintah *Nederlands New Guinea* (nama provinsi Papua ketika berada di bawah kekuasaan Belanda) dibandingkan dengan indikator-indikator dan indeks pembangunan terbaru yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS), Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS) dan *United Nations Development Program* Indonesia (UNDP-Indonesia). Variasi yang sangat mencolok antara pembangunan manusia di daerah perkotaan dan pedesaan, antara satu daerah dengan daerah lainnya dan antara orang Papua asli dan pendatang memperlihatkan pengaruh pendidikan dan pelayanan kesehatan yang sangat kurang bagi masyarakat pedesaan, kesempatan kerja kasar yang lebih banyak diberikan kepada para pendatang dan marginalisasi rakyat asli Papua dalam upaya-upaya bisnis di semua tingkatan. Selama 33 tahun (1965-1998) pemerintahan Orde Baru yang sentralistis telah menyebabkan meluasnya perasaan tersisih dan tercabut dari hak ulayatnya. Berbagai ketegangan akibat proyek-proyek eksploitasi sumber daya alam (SDA) menajam, tingkat prestasi pendidikan yang umumnya rendah, kesempatan kerja yang terbatas bagi kebanyakan orang Papua dan terhambatnya pemberian pelayanan kesehatan serta upaya-upaya terkait untuk mencegah penyebaran HIV/AIDS. Semua hal ini menjelaskan kuatnya penolakan masyarakat Papua terhadap pemerintah pusat, provinsi dan daerah.

Kajian tentang pembangunan sosial dan politik di Papua harus menyorot berbagai kesenjangan antara pemerintah yang sentralistis dan

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "A Brief Social and Political History of Papua 1962-2005", Jaap Timmer.

praktik bisnis nasional maupun internasional dan perkembangan kondisi kehidupan rakyat Papua serta perjuangan untuk meraih kedaulatan dan martabat mereka. Ciri-ciri dan berbagai efek kesenjangan pembangunan manusia di Papua selama lebih dari empat dasawarsa terakhir dijabarkan berikut ini.

Kajian kritis tentang sejarah Papua tidak banyak menarik perhatian, kecuali yang menyangkut “penemuan” dan ekspedisi-ekspedisi asing untuk menggali kekayaan SDA, keanekaragaman hayati dan mempelajari suku-suku aslinya. Ikhtisar umum tentang sejarah Papua dapat dilihat dalam Vlasblom (2004), Moore (2003), Defert (1996), Whittaker dkk. (1975), Souter (1963) dan Klein (1935-1938), lihat juga Ballard (1999). Hampir setiap kajian historis mengenai Papua melupakan dampak-dampak sosial dan ekonomi dari pemerintah kolonial dan pascakolonial yang berusaha memaksakan identitas diri yang lebih rapi dan teratur kepada orang Papua. Antropologi budaya-budaya di Papua relatif kaya, namun umumnya tidak terlalu memerhatikan masalah integrasi rakyat Papua ke Indonesia dan perubahan-perubahan yang terkait dengan sejarah setempat serta cita-cita mengenai kedaulatan (Rutherford 2003, Oosterhout 2002, Glazebrook 2001, Timmer 2000, Giay 1995). Kajian mengenai berbagai kondisi di Papua masa kini umumnya kurang mengupas dinamika-dinamika sosial, ekonomi, politik dan demografi yang bisa menjelaskan tanggapan rakyat Papua terhadap kesenjangan antara berbagai kebijakan pemerintah dan kebutuhan-kebutuhan serta aspirasi rakyat Papua sendiri.

Kantong-kantong perlawanan terhadap pemerintah Indonesia terdapat di berbagai bagian wilayah Papua, tetapi rakyat Papua telah merengkuh berbagai kesempatan untuk menjadi orang Indonesia dan untuk memainkan peranan dalam sektor-sektor informal dan bisnis (lihat Timmer 2005). Selama lebih dari empat dasawarsa, organisasi-organisasi kemasyarakatan dan kaum intelektual Papua juga mulai bermunculan dalam politik dan kebijakan di Papua. Berbagai indikasi perubahan-perubahan kuat dalam lanskap sosial wilayah ini dapat dilihat dari seruan-seruan dan dukungan untuk protes-protes damai, demonstrasi, seminar-seminar yang diorganisir oleh jaringan-jaringan

kelompok mahasiswa Papua di seluruh Indonesia. Selain itu ada banyak pendekatan informal untuk menyiapkan peraturan Otonomi Khusus oleh para akademisi dan birokrat Papua, terutama melalui kajian kritis tertulis oleh orang Papua.

Tingginya jumlah pemilih yang memberikan suara dalam pemilihan anggota DPR, DPRD, serta pemilihan presiden di Papua yang umumnya berjalan lancar, menunjukkan bertumbuhnya tekad untuk mendukung pemerintahan yang dipimpin oleh warga sipil dan tegaknya demokrasi di Indonesia sejak kejatuhan Orde Baru pada tahun 1998. Keyakinan bahwa mereka memiliki suara melalui sarana demokrasi ini merupakan bagian dari proses yang lebih besar bagi rakyat Papua untuk berintegrasi dengan pembangunan nasional. Papua terlepas dari belenggu penjajahan dan dari kungkungan pemerintah pusat. Meski demikian perkembangan positif ini terjadi di tengah-tengah meningkatnya ketimpangan yang mengganggu pembangunan sosial dan ekonomi di wilayah ini serta ketakutan karena buruknya pemantauan terhadap aksi-aksi militer.

Kajian mengenai pembangunan sosial dan budaya di Papua sejak tahun 1962 banyak terhambat karena keterbatasan akses bagi para peneliti, media massa dan berbagai organisasi pembangunan untuk memasuki wilayah ini. Data mengenai perubahan-perubahan demografi, pembangunan ekonomi dan perubahan sosial serta budaya sangat jarang dan walaupun tersedia, umumnya tidak akurat. Akan tetapi, perubahan-perubahan besar di Papua terlihat sangat jelas, meski hanya melalui laporan-laporan dari para aktivis, film-film atau presentasi perjalanan di wilayah ini, liputan-liputan berita dan data yang dikumpulkan oleh BPS. Analisis yang lebih akurat tersedia dalam beberapa penelitian antropologis yang dilakukan oleh para peneliti Indonesia maupun asing, sejumlah penelitian mengenai perubahan ekonomi, berbagai laporan LSM yang lebih rinci, serta kajian mendalam mengenai potensi pembangunan wilayah yang dilakukan oleh UNDP pada tahun 1960-an dan awal 1970-an. Setelah empat dasawarsa keberadaan pemerintah Indonesia di Papua, penerapan sektor formal secara sentralistik kepada berbagai macam kelompok lokal dengan ciri khas masing-masing dan sejarah jalinan kontak dengan dunia luar, tampak jelas telah mengubah

pikiran rakyat Papua mengenai negara, demokrasi dan masa depan mereka sendiri.

Peralihan Kekuasaan

Karena berbagai alasan, seperti pertimbangan geopolitik, keyakinan diri yang lebih benar dan keinginan untuk tetap menguasai wilayah guna kepentingan imigrasi, dalam berbagai perundingan menjelang kemerdekaan Indonesia pada akhir tahun 1940-an pemerintah Belanda menolak mengalihkan kekuasaannya atas Papua (de Geus 1984, Gase 1984, van Galen 1984, Huydecoper van Nigtevecht 1990, Lijphart 1966 dan Penders 2002). Pemerintah Belanda memulai pembangunan ekonomi dan infrastruktur dan kemudian memulai pembangunan politik orang Papua. Pada tahun 1950-an, ketika ketegangan antara Belanda dan Indonesia meningkat akibat status Irian Barat, Belanda mulai membina sekelompok orang Papua yang berpendidikan untuk menyiapkan kemerdekaan, yang mencapai puncaknya dengan pembentukan Dewan Papua pada tahun 1961. Bendera Bintang Kejora direncanakan untuk dikibarkan bersebelahan dengan bendera Belanda dan lagu kebangsaan, *Hai Tanahku Papua*, dinyanyikan dalam acara-acara resmi setelah menyanyikan lagu kebangsaan Belanda.

Ketika persengketaan mencapai puncaknya dengan ancaman terjadinya konflik militer terbuka, maka kebijakan ini dihapuskan. Ancaman akan adanya penyerbuan dari pihak Indonesia dan Amerika Serikat serta Australia yang tidak bersedia mendukung kekuatan militer Belanda, Den Haag terpaksa menerima tuntutan Indonesia sebagai penguasa sah atas seluruh wilayah yang sebelumnya merupakan jajahan Belanda. Pada bulan Desember 1961, Presiden Sukarno memerintahkan *Tri Komando Rakyat* untuk memerdekakan Irian Barat. Inti mobilisasi besar-besaran untuk menekan pemerintah Belanda adalah aksi militer ABRI yaitu *Operasi Mandala*. Kemudian Angkatan Udara Indonesia dan pasukan terjun payung menyiapkan diri di lapangan-lapangan udara dan pelabuhan-pelabuhan di Indonesia Timur seperti Ambon dan Makasar. Pemegang otoritas militer Operasi Mandala, yang dipimpin

EKOLOGI PAPUA

oleh Mayor Jenderal Suharto, memiliki wewenang atas seluruh zona perang Indonesia bagian Timur. Meskipun dengan jumlah pasukan yang luar biasa (sekitar 42.000), operasi ini sesungguhnya merupakan instrumen politik dan tidak memiliki kapasitas atau maksud untuk menyerbu Papua. Namun Belanda memperkuat pertahanannya dan pada bulan Januari 1962, ketika tiga kapal torpedo Angkatan Laut Republik Indonesia memasuki perairan Belanda; kapal *Macan Tutul* ditenggelamkan dan komandannya, Yos Sudarso, tewas (Vlasblom 2004: 314-315). Untuk menghindari konfrontasi lebih lanjut dan setelah Presiden Sukarno terus menekan tuntutan Indonesia atas wilayah Irian Barat, Amerika Serikat mendukung perundingan antara Indonesia dan Belanda guna membicarakan masa depan Papua dengan bantuan PBB. Namun, tidak ada delegasi dari Papua yang hadir (Vlasblom 2004:329-330).

Persetujuan New York yang dihasilkan pada 15 Agustus 1962 menguraikan pengalihan kedaulatan Belanda atas Papua kepada kekuasaan sementara PBB yang kemudian membentuk pemerintahan sementara, yaitu *United Nations Temporary Executive Authority* (UNTEA) mulai dari 1 Oktober 1962 sampai 1 Mei 1963. Persetujuan itu berisi ketetapan bahwa rakyat Irian Barat diberi kebebasan memilih untuk menentukan hubungan mereka di masa depan dengan Indonesia sebelum akhir tahun 1969. Namun UNTEA tidak memiliki kapasitas dan kewenangan untuk menanggapi perlawanan di kalangan unsur-unsur elite Papua dan sebagian masyarakat pedesaan yang takut Indonesia mungkin tidak akan melanjutkan upaya-upaya pembangunan yang telah dilakukan Belanda selama lebih dari satu dasawarsa terakhir. Mulai tahun 1963, Irian Barat diduduki oleh sejumlah besar tentara Indonesia, yaitu bagian dari KODAM XVII/Irian Barat dan setelah 1 Juli 1964 dikenal sebagai KODAM XVII Cenderawasih.

Kemenangan atas Provinsi Irian Barat memicu semangat nasionalisme Indonesia dan digambarkan sebagai pasal terakhir dari dekolonisasi (Soekarno 2000). Indonesia berhasil menguasai Irian Barat di bawah panji mobilisasi Trikora, sementara unsur-unsur elite Papua yang telah dibina oleh Belanda mulai mengeluhkan pengambilalihan kekuasaan

secara kasar oleh Indonesia. Di antara masyarakat Papua yang tinggal di perkotaan timbul perasaan dipinggirkan oleh para birokrat Indonesia saat para pendatang dari pulau-pulau lain di Indonesia mulai mengisi lapangan pekerjaan dan mengambil berbagai peluang usaha. Pada bulan Juli-Agustus 1969 Penentuan Pendapat Rakyat (Pepera) berlangsung; sebanyak 1.020 orang wakil yang diseleksi dari delapan daerah dengan suara bulat menyatakan bergabung dengan Indonesia. Sejumlah 1.025 orang wakil dipilih dari dewan-dewan daerah (tidak termasuk anggota militer), partai-partai politik, organisasi kemasyarakatan dan organisasi gereja, serta pemimpin-pemimpin dari kalangan rakyat biasa. Namun lima orang di antaranya tidak hadir; satu dilaporkan dieksekusi karena ia tidak mau mengikuti naskah yang telah didiktekan sebelumnya selama Pepera berlangsung (Pepera 1972:82-83, Vlasblom 2004: 479). Ketika pengambilan suara untuk berintegrasi dilakukan, Eduard Hegemur dari Fakfak memberikan pidato yang menunjukkan sikap oposisinya. Ia menyatakan penolakannya untuk mengkhianati kawan-kawannya yang telah berjuang untuk kemerdekaan dan menuntut agar Indonesia memberikan kepada rakyat Papua hak mereka yang sah untuk menentukan sendiri nasib mereka (Pepera 1972: 208, Vlasblom 2004: 474). Selain itu, jeritan menyuarakan keinginan kuat untuk merdeka yang dituangkan dalam bentuk tulisan dibagikan kepada para pengamat dari PBB dan demonstrasi unjuk rasa di Jayapura, Biak dan Manokwari dibubarkan dengan cepat oleh tentara Indonesia. Selama bertahun-tahun semakin banyak orang Papua yang memperkarakan keabsahan hasil Pepera, mereka menyatakan bahwa Pepera dilakukan di bawah tekanan militer Indonesia. Selama beberapa dasawarsa berikutnya, keyakinan dalam diri orang Papua untuk menentukan nasibnya sendiri, didukung oleh keyakinan bahwa pelaksanaan Pepera yang tidak demokratis, menjadi unsur utama yang tetap ada dalam berbagai gerakan nasionalis rakyat Papua. Menanggapi “pendudukan Indonesia” terhadap tanah mereka, selama tahun-tahun 1960-an, Organisasi Papua Merdeka (OPM) muncul sebagai gerakan lokal di Manokwari (lihat Vlasblom 2004). Kemudian OPM menjadi jaringan kelompok-kelompok pejuang gerilyawan yang tersebar di beberapa tempat. Sedikit sekali kalangan

elite Papua yang ikut dalam perjuangan bersenjata ini. Meskipun demikian, kekecewaan terhadap pemerintah Indonesia semakin meluas di kalangan orang-orang yang telah menikmati hasil-hasil dari upaya percepatan pembangunan yang dilakukan pemerintah Belanda sejak tahun 1950-an.

Pada awal Februari 1969, militer Indonesia menggelar Operasi Wibawa untuk mengakhiri kerusuhan-kerusuhan dan penegakkan hukum serta ketertiban di Kepala Burung, di daerah Paniai dan di dekat perbatasan PNG. Ke tiga lokasi ini merupakan ajang OPM dalam skala kecil dalam perlawanan terhadap pemerintah Indonesia. Operasi Wibawa bertujuan untuk menegakkan hasil Pepera yang mendukung integrasi dan untuk mengukuhkan otoritas pemerintah Indonesia yang telah ditegakkan di bawah Operasi Sadar yang telah dilakukan sebelumnya.

Masa Rekonstruksi

Menjelang Perang Dunia II, semakin banyak ekspedisi untuk memetakan masyarakat-masyarakat setempat dan untuk mencari minyak bumi serta emas yang dimulai di wilayah yang sebelumnya kurang dikenal, di tengah aktivitas misionaris yang juga kian bertambah. Setelah PD II, Belanda melakukan lebih banyak upaya pembangunan infrastruktur (yang sebagian besar telah dimulai oleh para misionaris) dan memberikan pelayanan kesehatan serta pendidikan bagi rakyat Papua. Upaya untuk mengembangkan perekonomian hanya sedikit sekali (lihat Lagerberg 1962, Schoorl 1996).

Sepanjang tahun 1950-an, pengembangan ekonomi diharapkan dari eksplorasi dan pengolahan hasil tambang, khususnya cadangan-cadangan minyak dan sumber daya kehutanan yang sangat luas dan dari perkebunan kelapa, coklat, serta pala yang sebagian besar dimiliki oleh orang-orang nonPapua. Beberapa proyek percobaan pertanian tanaman perdagangan juga dilakukan dalam skala kecil. Pengembangan eksplorasi SDA yang terpenting adalah industri minyak di daerah Kepala Burung, di mana *Netherlands New Guinea Oil Company* menemukan ladang minyak yang besar di dekat Sorong yang kemudian mulai diproduksi

pada tahun 1949. Namun produksi di lokasi ini berhenti pada tahun 1962 (lihat Poulgrain 1999).

Pembangunan ekonomi pedesaan dipusatkan pada pertanian tanaman ekspor seperti kopra, pala, coklat, kopi dan karet. Kebanyakan usaha ini diprakarsai oleh *Agricultural Department of Economic Affairs* (Departemen Pertanian Urusan Ekonomi), sedangkan perkebunan yang dimiliki oleh perseorangan sangat jarang. Pembangunan ekonomi selama tahun terakhir pemerintahan Belanda di Papua “digerakkan agar rakyat Papua dengan leluasa berinisiatif menemukan sendiri cara-cara memperoleh penghasilan” (Pouwer 1999: 171).

Pada tahun 1960-an kondisi sosial dan ekonomi di Irian Barat menurun. Pemerintah daerah menjadi naungan sebagian besar staf yang tidak trampil dan harus melaksanakan tugas dengan anggaran dan perlengkapan yang sangat terbatas. Selain itu, aksi perang yang dilancarkan Indonesia terhadap Malaysia pada tahun 1963 menggerogoti SDA dan manusia Indonesia. Akibatnya, Irian Barat mendapat prioritas rendah dalam agenda nasional Indonesia. Jakarta juga memutuskan untuk menghentikan keanggotaannya di PBB.

Sebagai bagian dari persetujuan dekolonisasi, Belanda berjanji pada pemerintah Indonesia untuk menyumbang bantuan sebesar US\$30 juta untuk mendanai pembangunan Irian Barat melalui *Fund of the United Nations for the Development of West Irian* (FUNDWI: Dana bantuan yang dikelola PBB untuk pembangunan Irian Barat). Namun keputusan Indonesia untuk menghentikan keanggotaannya di PBB mengakibatkan FUNDWI tertunda sampai tahun 1966. Dana ini dikelola oleh UNDP, yang melaksanakan program pembangunan yang menyeluruh di Irian Barat.

BAPPENAS memasukkan dana bantuan tersebut ke dalam REPELITA I (Rencana Pembangunan Lima Tahun I, 1969-1974). Pada tahun 1970, US\$21 juta dialokasikan untuk program-program yang dibantu oleh FUNDWI, sebagian besar difokuskan pada pembangunan infrastruktur dan rehabilitasi (lihat UNDP/FUNDWI 1975). Jelas bahwa pembangunan Irian Barat merupakan tugas yang sulit sehingga

EKOLOGI PAPUA

pengalokasian dananya menjadi empat kali lebih banyak daripada dana untuk provinsi lainnya di Indonesia. Sampai sekarang Papua tetap merupakan provinsi yang mendapat alokasi sumber daya khusus. Namun alokasi dana ini yang digunakan untuk pengembangan orang Papua hanya relatif kecil.

Menurut laporan FUNDWI tahun 1974, aktivitas ekonomi di tingkat masyarakat kebanyakan dipengaruhi oleh gelombang migrasi spontan (dan yang terorganisir) dari pulau-pulau lain di Indonesia, yang memanfaatkan sumber daya perikanan, perkayuan, perdagangan dan suplai tenaga kerja (UNDP/FUNDWI 1975: 10 dan juga Aditjondro 1986, Arndt 1986, Manning dan Rumbiak 1989). Perkembangan ini dan perasaan semakin tersingkir di kalangan orang Papua semakin meningkat selama bertahun-tahun dan sampai saat ini merupakan sumber utama kemarahan orang Papua terhadap para pendatang dan pemerintah pusat di Jakarta.

Di bawah pemerintahan Orde Baru pertumbuhan ekonomi terus berlanjut. Dukungan pembangunan manusia meningkat dan pelayanan pendidikan dasar serta menengah mendapat berbagai subsidi, terutama untuk masyarakat di daerah-daerah terpencil. Selain itu, pemerintah berusaha merangsang pembangunan dengan mempekerjakan tenaga kerja dengan keahlian-keahlian teknis yang baik, tetapi ternyata gagal untuk mendahulukan kesempatan bagi orang Papua setempat. Memang tidak mudah untuk menugaskan pegawai administrasi dan teknis yang berpengalaman di provinsi yang letaknya jauh ini, meskipun ada insentif finansial dan yang lainnya. Banyak pegawai negeri yang ditugaskan ke Papua juga merasa yakin bahwa setelah beberapa dekade di bawah penjajahan Belanda yang mendorong mereka untuk melawan Indonesia, mereka pun harus membuat orang Papua menjadi warga negara Indonesia.

Salah satu upaya yang paling menonjol untuk membuat orang Papua lebih beradab adalah *Operasi Koteka*. Operasi ini ditargetkan untuk masyarakat-masyarakat yang berada di daerah pegunungan, yang sebagian besar baru berhubungan dengan pemerintah sejak satu atau

dua dekade sebelumnya. Salah satu tujuan operasi ini adalah untuk meyakinkan mereka supaya berpakaian guna melindungi dari orang luar yang mungkin melihat ketelanjangan mereka sebagai hal yang tidak sopan (lihat Vlasblom 2004: 499-503). Operasi ini mendapatkan perlawanan dan upaya ini akhirnya dihentikan.

Dalam pembangunan ekonomi, jumlah ijin yang dikeluarkan bagi industri-industri pertambangan, perusahaan hutan dan perikanan meningkat. Setelah pemerintah Indonesia menawarkan aturan baru yang mengizinkan perusahaan-perusahaan minyak dan pertambangan untuk menikmati bagian yang cukup dari keuntungan, maka kontrak karya dengan perusahaan Freeport Sulfur dari Amerika Serikat ditandatangani. Berdasarkan hasil-hasil eksplorasi yang pernah dilakukan pada masa penjajahan Belanda dan pertengahan tahun 1960-an, pertambangan tembaga dan emas di pegunungan bagian barat berkembang sangat pesat dan tampaknya sangat menguntungkan (lihat Leith 2003 untuk analisis mengenai hubungan yang kuat antara Freeport dan Presiden Suharto, militer, pemilik-pemilik lahan masyarakat Amungme dan Kamoro, kelompok-kelompok lingkungan dan hak asasi manusia. Untuk detail eksplorasi kandungan tembaga pada tahun 1960-an dan pembangunan fasilitas-fasilitas pertambangan, lihat Wilson 1981). Presiden Suharto menyatakan kegembiraannya atas industri pertambangan dan kekayaan yang berlimpah di Papua ketika ia mengunjungi lokasi pertambangan Freeport pada tahun 1973. Kegembiraan tersebut diungkapkannya dengan mengubah nama provinsi ini menjadi Irian Jaya.

Sepanjang periode Orde Baru (1965-1998), Jakarta sering menekankan bahwa orang Papua tidak memahami bahwa pemerintahan pusat telah menghabiskan banyak dana untuk memperbaiki standar kehidupan rakyat Papua. Menurut para pejabat pemerintah, orang Papua ini perlu dididik terus sampai mereka menjadi bagian dari bangsa Indonesia sepenuhnya. Pendekatan yang *top-down* ini terus berlangsung sampai sekarang sehingga orang Papua dan nonPapua sering memandang satu dengan yang lainnya dengan cara-cara yang antagonis, menimbulkan kekecewaan, kemarahan dan protes. Sejak kejatuhan Presiden Suharto tahun 1998, Papua mengalami sejumlah pergolakan dan konflik karena

aspirasi orang Papua yang kian membara untuk merdeka dan karena berbagai pendekatan yang tidak konsisten dari pemerintah pusat.

Empat Dasawarsa Pembangunan Manusia

Bagian ini memberikan ikhtisar pembangunan di Papua selama lebih dari empat dasawarsa. Ikhtisar ini sebagian besar didasarkan pada analisis informasi statistik. Analisis untuk periode terakhir pemerintahan Belanda di Papua bersumber dari laporan-laporan PBB dan penelitian demografi yang rinci yang disponsori oleh Masyarakat Ekonomi Eropa pada tahun 1961 dan 1962 di daerah-daerah Teluk Cenderawasih, Nimboran, Fakfak dan Muyu (Groenwegen dan van de Kaa 1964). Untuk tahun 2000 dan 2002, sumber informasi yang diperoleh dari laporan-laporan pembangunan manusia dibuat oleh BPS Papua (BPS Papua 2002), dan laporan terbaru dari *National Human Development Report* (NHDR 2004).

Pada tahun 1961, jumlah penduduk di Papua diperkirakan sebanyak 700.000 orang, tetapi data yang tepat di daerah pegunungan di bagian tengah tidak ada. Diperkirakan ada 250.000 orang yang tinggal di dataran-dataran tinggi atau pegunungan (Laporan Pemerintah *Netherlands New Guinea* tahun 1961). Pada tahun 2002, jumlah penduduk di dataran tinggi meningkat menjadi 668.671, dari total 2.387.427 jumlah penduduk untuk seluruh provinsi (BPS Papua 2002: 80). Pada tahun 1961-1962, kepadatan penduduk di wilayah ini adalah 2/km², sementara tahun 2002, yang sekarang termasuk juga penduduk di dataran tinggi yang agak lebih padat, angka tersebut telah meningkat menjadi 5,6/km².

Pendidikan

Pada tahun 1960, jumlah total sekolah di pedesaan sekitar 800 sekolah, sebagian besar dikelola oleh para misionaris dan jemaat gereja. Di daerah pedesaan, hanya pendidikan tiga tahun yang sangat sederhana yang dilaksanakan dan hanya segelintir orang Papua bisa melebihi tingkat ini. Pada tahun 1961 jumlah murid SD di daerah pedesaan dan perkotaan hanya sekitar 40.615 orang (43% di antaranya adalah perempuan).

KONDISI SOSIAL DAN POLITIK

Kebanyakan dari 844 guru di sekolah-sekolah tersebut adalah orang Papua dan jarang yang memiliki kualifikasi untuk mengajar. Setiap sekolah rata-rata memiliki 1 guru untuk 51 murid di tiga kelas.

Untuk menyetarakan orang Papua dan mempersiapkan mereka agar trampil mengatur pemerintahan yang mandiri, 2.734 orang Papua dididik di sekolah yang disebut *vervolgsholen* (“sekolah tambahan”; kebanyakan sekolah ini memiliki fasilitas asrama) yang berjumlah kira-kira 25 sekolah. Pendidikan ini memungkinkan mereka untuk melanjutkan ke sekolah kejuruan atau sekolah teknik. Kebanyakan sekolah tersebut dikelola oleh jawatan-jawatan pemerintah dan sebagai bagian dari upaya untuk mempercepat orang Papua agar trampil ketika memasuki lapangan pekerjaan. Menjelang akhir kekuasaan Belanda, ada empat STM (Sekolah Teknik Menengah), satu SKP (Sekolah Kependidikan Puteri), delapan SPG (Sekolah Pendidikan Guru) dan empat akademi pendidikan guru. Pada tahun 1961, jumlah murid Papua di SPG ada 453 dan di STM 212. Jumlah orang Papua yang bersekolah di MULO (sederajat dengan SMP) meningkat menjadi 430. Peningkatan pesat jumlah murid ini menunjukkan upaya-upaya terakhir yang dilakukan oleh Belanda untuk mengembangkan tenaga kerja di wilayah jajahannya.

Jumlah orang yang diberikan kesempatan untuk sekolah di luar negeri juga meningkat. Pada tahun 1960, 29 orang Papua bersekolah di Belanda dan tahun 1961 yang jumlahnya meningkat menjadi 50 orang untuk mengikuti sekolah-sekolah lanjutan. Ada juga siswa-siswa Papua yang dikirim ke Australia dan Fiji untuk pendidikan kedokteran atau teknik radio (Penders 2002: 390-391).

Buta huruf dilaporkan rendah di daerah-daerah yang anak-anaknya telah bersekolah selama dua atau tiga generasi, seperti di daerah Teluk Cenderawasih, di daerah-daerah bagian utara, di Sorong dan Manokwari, di mana tingkat buta huruf rata-rata kurang dari 30%. Namun di daerah lain seperti di bagian dataran rendah selatan dan sebagian pegunungan, tingkat buta huruf berkisar dari 30% sampai 70% (*Report on Netherlands New Guinea* 1960, 1961, Penders 2002: 391).

Ketimpangan pembangunan antardaerah ini terus berlanjut selama beberapa dasawarsa berikutnya.

Selama Orde Baru, pemerintah pusat mengembangkan pendidikan di Irian Jaya secara ekstensif. Jumlah sekolah negeri bertambah secara mencolok dari tahun 1960-an sampai sekarang. Sejak awal REPELITA II (1974-1978), melalui Instruksi Presiden (INPRES), sekolah-sekolah dasar sudah tersedia di setiap desa dan pendidikan dasar sekarang menjadi wajib. Perkembangan ini meningkatkan jumlah siswa yang mengikuti pendidikan dasar di sebagian besar daerah-daerah di Irian Jaya, namun, untuk pendidikan menengah ke atas, ketimpangan dalam hal akses pendidikan masih mencolok antara daerah pedesaan, ibukota provinsi serta ibukota kabupaten.

Karena tingginya tingkat kemiskinan, banyak orang tua menghadapi kesulitan untuk tetap bisa menyekolahkan anak-anak mereka (Rusman 1998: 376). Selain itu, kualitas pendidikan di Papua dilaporkan lebih rendah dibandingkan provinsi-provinsi lainnya karena rendahnya kualitas guru dan fasilitas-fasilitasnya (Rusman 1998: 377). Karena itu, tidak mengherankan bahwa rakyat Papua yang telah berumur menganggakan sistem pendidikan seperti pada jaman Belanda dulu di mana sampai pada taraf tertentu pemerintah menyediakan fasilitas-fasilitas pendidikan dan memberikan dukungan bagi siswa-siswa untuk memasuki sekolah berasrama. Banyak pejabat di Departemen Pendidikan yang terus menekankan perlunya menghidupkan kembali sekolah-sekolah berasrama yang disubsidi di daerah-daerah pedesaan di provinsi ini.

Jumlah SD negeri bertambah dari 1.337 pada tahun 1998 menjadi 1.402 pada tahun 2002 dengan jumlah siswa sebanyak 184.325 orang pada tahun 1998 dan 232.941 orang pada tahun 2002. Jumlah guru di SD negeri 10.948 orang pada tahun 2002. SD swasta bertambah dengan tingkat yang hampir sama dan berjumlah 1.005 pada tahun 2002 dengan jumlah guru 7.036 orang untuk 140.395 siswa. Bila SD negeri dan swasta digabung, maka ada 7,5 guru per sekolah untuk 155 siswa untuk enam tingkat kelas.

KONDISI SOSIAL DAN POLITIK

Jumlah SMP negeri bertambah dari 217 menjadi 241 selama periode tahun 1998 sampai 2002, sementara pada periode yang sama, jumlah SMP swasta meningkat dari 110 menjadi 115. Jumlah guru di SMP negeri sebanyak 3.414 orang untuk 68.279 siswa, sementara di SMP swasta ada 722 guru untuk 21.022 siswa. Pada tahun 2002, ada 121 SMA negeri dan 37 SMK (Sekolah Menengah Kejuruan) negeri. Jumlah SMP swasta dan SMA swasta pada tahun 2002 masing-masing 115 dan 77. Jumlah siswa SMK sebanyak 18.168 siswa pada tahun 2002 (BPS Papua 2002: 137-159).

Selama pemerintahan Belanda, tidak ada universitas di Papua. Pemerintah Indonesia dengan cepat mendirikan Universitas Cenderawasih (UNCEN). Jumlah mahasiswa di universitas ini terus bertambah selama satu dasawarsa terakhir, yakni dari 4.136 menjadi 11.163 orang. Sebagian besar mahasiswa terdaftar di fakultas-fakultas sains, sosial dan politik (BPS Papua 2002). Fakultas Pertanian UNCEN di Manokwari pada tahun 2000 diubah menjadi Universitas Negeri Papua (UNIPA). Pada tahun 2002 jumlah mahasiswanya mencapai 953 orang.

Sampai taraf tertentu upaya pengembangan pendidikan bertujuan untuk membuat orang Papua menjadi warga negara Indonesia. Pemerintahan Orde Baru juga menyadari perlunya mengembangkan sumber daya manusia guna merangsang pertumbuhan ekonomi. Tujuan lainnya adalah untuk menyiapkan penduduk supaya bisa bekerja di sektor-sektor pemerintahan dan swasta. Upaya ini belum sepenuhnya berhasil karena kurangnya perhatian untuk meningkatkan akses pendidikan bagi masyarakat di pedesaan dan kegagalan untuk mendorong pendidikan kejuruan yang baik daripada pendidikan tinggi bagi orang Papua. Di semua tingkatan sistem pendidikan, kurikulum yang kebanyakan dikembangkan di Jakarta tidak disesuaikan dengan kebutuhan dan perspektif orang Papua, sehingga mengurangi keefektifan dan motivasi mereka.

Seperti pengamatan pemerintah Belanda sebelumnya, prestasi pendidikan sangat berbeda dari segi jenis kelamin dan lokasi mereka. Tingkat pendidikan untuk perempuan umumnya sangat rendah, khusus-

nya di daerah-daerah pegunungan seperti Jayawijaya. Pada tahun 1990, sensus nasional menunjukkan tingkat buta huruf sebesar 30% untuk seluruh wilayah provinsi ini, dengan perbedaan yang mencolok antara daerah perkotaan (Jayapura 3,7%, Sorong 4,0%, Fakfak 3,0%, Merauke 3,0%) dan daerah-daerah pegunungan (Jayawijaya 43,2% dan Paniai 36,2%) (Rusman 1998: 369). Pada kelompok umur 25-29, lebih dari 50% perempuan dari wilayah pedesaan buta huruf, pola yang sama juga terlihat jelas di daerah-daerah perkotaan. Pola ini mencerminkan kecenderungan sosial dan budaya, serta terbatasnya keberhasilan akses perempuan untuk mengikuti program pendidikan. Tingkat melek huruf orang dewasa di Papua paling rendah, yaitu hanya 74,4%. Dengan rata-rata pendidikan hanya enam tahun sekolah, data ini menempatkan Papua di urutan ke dua terendah di Indonesia (NHDR 2004: 97).

Menurut sensus penduduk tahun 1990, ada 465.122 orang yang berusia antara 15-29 tahun di Papua, atau sekitar 28% dari jumlah penduduk. Kelompok usia muda yang tinggal di pedesaan mencapai 68%, sementara yang tinggal di perkotaan sebagian besar terdiri dari anak-anak warga pendatang (Rusman 1998: 366). Kesenjangan besar dalam prestasi pendidikan antara daerah pedesaan dan perkotaan sampai saat ini masih serupa dan menyebabkan kecemburuan di kalangan orang Papua terhadap elit pemerintahan dan warga pendatang yang merupakan mayoritas siswa di SMA, sekolah-sekolah tinggi dan universitas, serta mendapatkan kesempatan bekerja yang lebih besar daripada orang Papua.

Kesehatan

Pemerintah Orde Baru juga banyak mengupayakan peningkatan pelayanan kesehatan di Irian Jaya. Dengan tingkat yang setara dengan pembangunan sekolah-sekolah, jumlah klinik dan rumah sakit umum meningkat terus sejak tahun 1970. Banyak tenaga ahli dokter dan tenaga medis disediakan oleh pemerintah pusat, namun mereka sering menghadapi ketersediaan obat-obatan dan peralatan kesehatan yang sangat terbatas. Daerah pedalaman di pegunungan dan dataran rendah

KONDISI SOSIAL DAN POLITIK

di bagian selatan banyak tertinggal dalam pengembangan pelayanan kesehatan, sebagian besar karena buruknya infrastruktur dan beratnya kondisi alam yang menghalangi pekerjaan para dokter dan perawat di daerah-daerah tersebut. Di beberapa daerah, penyakit seperti malaria, framboesia, kusta, infeksi pernafasan, TBC dan penyakit kelamin berjangkit di daerah-daerah yang dulu berhasil dihambat perkembangannya oleh pemerintah Belanda melalui kampanye-kampanye sistematis dan terantau dengan baik (Pouwer 1999: 173).

Pada akhir tahun 1961 jumlah rumah sakit ada 22, tujuh di antaranya adalah rumah sakit umum di perkotaan dan 15 rumah sakit yang lebih kecil (termasuk satu RS swasta). Dari 122 klinik yang ada, 108 di antaranya melayani masyarakat pedesaan, sementara hanya ada satu rumah sakit bersalin, satu rumah sakit jiwa dan lima rumah rehabilitasi kusta. Jumlah dokter bertambah dari 63 menjadi 73 orang antara tahun 1957 dan 1961; jumlah perawat yang berijazah mengalami penurunan dari 231 menjadi 209 orang dalam periode yang sama. Jumlah bidan pada dasarnya tetap sama, yaitu hanya delapan. Pendidikan untuk bidan baru dimulai pada tahun 1960, di Inanwatan, Sentani dan Demta. Untuk memerangi malaria, ada 19 tim penyemprot untuk pengendalian malaria (*Report on Netherlands New Guinea* 1961: Lampiran). Pada tahun 1984, Irian Jaya memiliki pusat kesehatan masyarakat yang paling tinggi per kapitanya di Indonesia, yaitu 47 per 100.000 orang (Lautenbach 1999: 54-56). Pada awal tahun 1970-an, rencana nasional Pembinaan Kesejahteraan Keluarga (PKK) dilaksanakan di Irian Jaya. Tujuan PKK adalah untuk meningkatkan peranan perempuan yang telah menikah dalam pembangunan nasional. Serentak dengan penyeragaman pemerintahan desa selama periode yang sama, program PKK dilaksanakan melalui isteri-isteri para pegawai negeri dan kepala-kepala desa. Bagian program ini yang paling berhasil ternyata adalah dalam pengadaan posyandu yang dijalankan oleh para sukarelawan dan untuk konsultasi kesehatan dilakukan oleh para perawat yang melakukan perjalanan dari puskesmas ke posyandu-posyandu tersebut. Namun di kebanyakan wilayah pedesaan, pelayanan-pelayanan ini terhambat oleh

EKOLOGI PAPUA

keterbatasan obat-obatan, ketersediaan tenaga terlatih dan kurangnya perencanaan serta koordinasi.

Selama Orde Baru, Indonesia mengikuti program vaksinasi anak yang diprakarsai oleh *World Health Organization* (WHO: Organisasi Kesehatan Dunia). Pada tahun 1977, Perluasan Program Imunisasi diperkenalkan untuk memerangi TBC, difteri, batuk rejan, tetanus, polio dan campak melalui vaksinasi anak-anak berumur di bawah satu tahun. Kecuali di beberapa daerah terpencil di pegunungan dan dataran rendah di sebelah selatan, program vaksinasi ini sukses dan masih terus dilaksanakan sampai sekarang. Sejak tahun 1970, tingkat kematian bayi untuk Irian Jaya secara keseluruhan terus menurun, meskipun lebih lambat daripada daerah-daerah lainnya di Indonesia (Lautenbach 1999: 102). Pada tahun 2002, tingkat harapan hidup untuk Papua adalah 65,2 tahun, dibandingkan daerah Jakarta (72,3 tahun) dan Yogyakarta (72,4).

Tenaga Kerja

Pada pertengahan tahun 1961, sebanyak 18.986 orang Papua bekerja, 68% di antaranya berada di pusat-pusat kota di Jayapura, Teluk Cenderawasih, Manokwari, Fakfak dan Merauke. Lebih dari 7.100 orang dari jumlah ini adalah para pendatang, yang kebanyakan adalah campuran keturunan orang Eropa dan Asia dan orang dari Maluku; sebagian besar dari mereka adalah laki-laki berusia muda. Ini mencerminkan kurangnya ketersediaan tenaga kerja orang Papua yang terdidik dan kecenderungan untuk mempekerjakan para pendatang daripada orang lokal.

Pemerintah Indonesia meneruskan upaya mem"Papua"kan sistem pemerintahan, meskipun dilakukan dengan agak hati-hati karena takut kalau-kalau orang Papua akan memegang pengaruh yang terlalu besar. Pemerintah juga menghadapi keterbatasan dalam ketersediaan pegawai yang cukup terlatih, sehingga tenaga kerja dari pulau-pulau lain di Indonesia mendapatkan hampir semua pekerjaan di kantor-kantor pemerintahan. Baru pada kira-kira akhir tahun 1990-an ada penyesuaian kebijakan dan upaya-upaya yang lebih tulus untuk mem-

KONDISI SOSIAL DAN POLITIK

“Papua”kan pemerintahan daerah setempat. Baru-baru ini, sekitar 35% dari tenaga kerja di pemerintah daerah adalah orang Papua, yang belum mencerminkan realitas demografi wilayah yang sekitar 60% penduduknya adalah orang Papua (D. Flassy, kom. pri.). Untuk keseluruhan Irian Jaya, pada tahun 1990, 289.854 orang (62,3%) dari kelompok usia pemuda diklasifikasikan sebagai “secara ekonomi aktif” dan 175.268 orang (37,7%) yang “secara ekonomi tidak aktif”, setengahnya bersekolah dan sisanya bekerja di rumah tangga atau sibuk dalam kegiatan-kegiatan lainnya (Rusman 1998: 368).

Kegiatan-kegiatan ekonomi baru mulai menjamur di pusat-pusat perkotaan seperti Jayapura, Sorong, Merauke dan Timika (yang terakhir ini lebih banyak berkaitan dengan pertambangan Freeport). Di masa depan, British Petroleum (BP) dan perusahaan minyak Indonesia (Pertamina) akan mendorong pengembangan ekonomi di Manokwari dan Sorong karena adanya proyek gas alam cair (Bab 6.5). Rencana-rencana investasi pemerintah secara sistematis telah memprioritaskan pusat-pusat perkotaan di bagian utara. Sementara itu proporsi masyarakat asli pribumi yang memperoleh manfaat dari pertumbuhan ekonomi tunai masih relatif kecil daripada provinsi-provinsi lainnya dan negara tetangga PNG (Manning dan Rumbiak 1989).

Semua hal di atas telah mendorong meningkatnya urbanisasi selama beberapa dasawarsa terakhir dan imigrasi dari pulau-pulau lain sebagian besar memengaruhi kota-kota kecil, sementara orang Papua di pedalaman tidak dianjurkan untuk pindah ke kota, khususnya karena keterbatasan kesempatan kerja. Selain keterbatasan pendidikan, orang Papua juga harus bersaing dengan para pendatang dari kota-kota kecil di Irian Jaya melalui jaringan hubungan keluarga dan teman, sementara banyak para majikan yang bukan orang asli Papua cenderung menganggap orang Papua malas dan tidak bisa diandalkan. Sejak Orde Baru sampai sekarang, peluang-peluang kerja untuk orang Papua menjadi semakin terbatas, yang membuat banyak orang tua Papua segan untuk membiayai pendidikan anak-anak mereka. Pada tahun 1990, proporsi penduduk usia muda dari daerah pegunungan yang telah menamatkan SLTA hanya sepertiga atau setengah dari penduduk usia muda di daerah-

daerah pesisir dan perkotaan (Rusman 1998: 372). Dengan demikian, walaupun ada peningkatan luar biasa dalam keberhasilan pendidikan, pelayanan kesehatan dan penurunan buta huruf sejak tahun 1962, masalah utama yang masih perlu dihadapi adalah ketidakseimbangan distribusi akses untuk pendidikan dan pekerjaan di setiap daerah dan kecenderungan untuk mempekerjakan para pendatang daripada orang Papua.

Migrasi

Migrasi internal dan dari luar provinsi mungkin merupakan penyebab utama perubahan demografi, sosial dan budaya di Papua. Masyarakat Papua dari dulu memang sering berpindah-pindah dan gambaran demografis dari keadaan sebelum Papua dijajah memang terus berubah. Selama berabad-abad, masyarakat yang tinggal di pesisir pantai memandang ke arah barat dan memertahankan perdagangan serta hubungan pernikahan dengan orang Maluku; agama Islam tersebar di sepanjang daerah pesisir (Swadling 1996, Kamma 1947/1948, Visser 1989, Huizinga 1998). Banyak masyarakat di sepanjang pesisir ini sekarang memainkan peranan penting di semua sektor pembangunan di Papua.

Selama pemerintahan Belanda, migrasi ke pusat-pusat perkotaan meningkat karena ketersediaan lapangan kerja dan daya tarik barang-barang manufaktur. Pemerintah Indonesia merangsang pembangunan ekonomi Irian Jaya melalui program transmigrasi, namun ternyata tidak banyak berhasil.

Jumlah keluarga transmigran yang menetap di Irian Jaya tetap berada di bawah target. Misalnya, pada tahun 1984, jumlah transmigran yang diperkirakan dalam program ini adalah 138.000 keluarga, atau 700.000 orang untuk REPELITA IV (1985-1989). Namun jumlah orang yang benar-benar sampai di Irian Jaya hanya 272.320. Program ini terbukti sangat mahal karena buruknya infrastruktur, meningkatnya kebutuhan untuk mensubsidi para petani karena permintaan akan hasil pertanian mereka ternyata rendah dan mahalnya biaya transportasi ke pasar-pasar. Program transmigrasi ini intinya merupakan upaya untuk mendapatkan

KONDISI SOSIAL DAN POLITIK

keuntungan ekonomi, sosial dan keamanan dari: (1) gelombang-gelombang migrasi spontan yang datang semakin cepat (meningkat dengan jumlah yang diperkirakan mencapai 300.000 sampai 400.000 orang pada tahun 1985); (2) program transmigrasi yang terorganisir dan (3) pemukiman kembali masyarakat Papua. Aspek terakhir ini terutama bertujuan untuk merangsang integrasi ekonomi orang Papua dan untuk “memperadabkan” kelompok-kelompok yang dianggap sebagai “masyarakat tertinggal” (Ndoen 1994). Sasaran program transmigrasi adalah di sekitar Merauke, Manokwari, Paniai dan Timika.

Menurut laporan dari Yayasan Pengembangan Masyarakat Desa di Irian Jaya (YPMD Irja) masalah-masalah yang terus bermunculan terkait dengan program transmigrasi disebabkan oleh buruknya pelaksanaan program dan kurangnya koordinasi antar tiga departemen yang bertanggungjawab: Dalam Negeri, Kehutanan dan Sosial (YPMD 1985 dalam Pouwer 1999: 173-174). Berdasarkan hasil kunjungan ke lima proyek transmigrasi di berbagai bagian di Papua, YPMD menyimpulkan bahwa program ini gagal dalam memperhitungkan dinamika sosial dan budaya setempat, yang mendorong kemarahan antara orang Papua yang kehilangan lahan pertanian dan lahan berburu tanpa adanya kompensasi. Selain itu pembangunan perumahan, sekolah dan fasilitas kesehatan untuk para transmigran ternyata buruk dan banyak tertunda dan akses para transmigran ke pasar tidak mendapatkan perhatian yang cukup.

Secara keseluruhan, meskipun berbagai laporan menyatakan bahwa program transmigrasi merupakan usaha pemerintah untuk men”Jawa”kan orang Papua, dampak demografis program ini jauh lebih ringan daripada yang diantisipasi oleh kebanyakan orang. Dari tahun 1976 sampai 1986, periode puncak transmigrasi, 94.000 orang menetap di lokasi transmigrasi dan kira-kira 13.000 di antaranya adalah transmigran lokal. Selama periode ini, hanya seperempat dari total perkiraan penambahan populasi Irian Jaya berasal dari para transmigran dari luar daerah (Manning dan Rumbiak 1989). Namun seperti yang disebutkan di atas, migrasi dan urbanisasi spontan lebih banyak memengaruhi komposisi populasi daerah-daerah perkotaan dan distribusi pengembangan ekonomi serta sosial (lihat Visser 2001). Baru-baru ini, gelombang migrasi dari

daerah-daerah lain di Indonesia tampaknya meningkat, yang mungkin bisa meningkatkan ketegangan-ketegangan dengan orang Papua.

Pembangunan Sumber Daya Manusia

Menurut lembaga-lembaga pembangunan, keberhasilan pembangunan bisa diukur dari ketersediaan pilihan hidup. Pilihan ini mencakup pilihan untuk menjalani kehidupan yang sehat dan berumur panjang, berpendidikan, serta memiliki akses ke bahan pokok yang diperlukan untuk hidup secara layak. Laporan pembangunan manusia (NHDR) yang diterbitkan oleh UNDP yang bekerja sama dengan BPS dan BAPPENAS menggabungkan produksi dan distribusi komoditas, perkembangan dan pemanfaatan keahlian manusia. Laporan ini menganalisis pertumbuhan ekonomi, perdagangan, pekerjaan, kebebasan berpolitik dan nilai-nilai budaya dari perspektif masyarakat lokal. Ukuran yang dipakai adalah *Human Development Index* (HDI: Indeks Pembangunan Manusia) yang ditetapkan oleh PBB. Indeks ini mengukur kemiskinan, melek huruf, pendidikan, tingkat harapan hidup dan faktor-faktor lainnya untuk negara-negara di seluruh dunia. HDI merupakan standar untuk mengukur tingkat kesejahteraan, yang mengindikasikan kecenderungan di bidang kemajuan pendidikan, kesehatan dan ekonomi, tetapi tidak mencakup aspek-aspek pembangunan manusia lainnya.

Laporan NHD tahun 2004 menunjukkan bahwa HDI untuk Indonesia pada tahun 2002 adalah 66, dengan kisaran 76 di daerah yang tingkat penduduk dan industrinya tinggi sampai 47 di daerah Jayawijaya di Papua (NHDR 2004). Variasi indeks di Indonesia terkait dengan perbedaan ketersediaan SDA yang menguntungkan, akses orang terhadap berbagai SDA ini dan distribusi pendapatan dari pengolahan SDA ini. Di tingkat nasional, HDI untuk provinsi Papua yang kaya SDA adalah urutan ke-26 dalam hal Produk Domestik Bruto per kapita. Ini jelas menunjukkan bahwa pendapatan dari pertambangan, minyak, kehutanan dan industri perikanan Papua belum diinvestasikan secara efisien untuk pelayanan masyarakatnya (NHDR 2004: 11). Variasi yang lebih besar lagi terjadi

KONDISI SOSIAL DAN POLITIK

di Papua, di mana HDI daerah bervariasi mulai dari 47 di Jayawijaya sampai 71,4 di Jayapura dan 73 di Sorong (NHDR 2004: 109).

Dalam statistik kesejahteraan sosial yang diterbitkan oleh BPS pada tahun 2002, kabupaten Jayawijaya, Paniai dan Puncak Jaya menunjukkan jumlah keluarga miskin yang tertinggi dan jumlah “masyarakat tertinggal” yang terbanyak (BPS Papua 2002: 207). Ini dengan jelas mencerminkan keterbatasan akses ke pelayanan masyarakat dan menunjukkan tingkat kegagalan pemerintah dalam meningkatkan standar kehidupan masyarakat pedesaan Papua. Masyarakat yang tinggal di daerah pegunungan merasa ketidakadilan distribusi sumber daya, khususnya yang menyangkut pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan yang dinikmati di pusat-pusat perkotaan oleh orang-orang nonPapua dan orang Papua di daerah pesisir.

Secara umum, statistik dan pengamatan situasi di lapangan mengindikasikan bahwa secara keseluruhan pemerintah Indonesia belum berhasil dalam memenuhi sebagian kebutuhan dasar rakyat Papua meskipun telah menghabiskan relatif banyak pengeluaran dalam pendidikan dan kesehatan. Bagi banyak daerah, pendanaan untuk program-program pembangunan datang dari pemerintah, kecuali investasi-investasi swasta di pusat-pusat perkotaan dan lokasi pertambangan Freeport. Keuntungan dari sektor swasta cenderung lebih banyak dinikmati orang-orang kaya, yang sebagian besar mereka bukan orang Papua. Semua ini turut andil dalam memicu kesenjangan dalam hal tingkat pelayanan kesehatan dan prestasi pendidikan.

Kesimpulannya, selama 32 tahun di Papua pemerintah Orde Baru mewariskan sejumlah perubahan yang dramatis. Namun yang paling mengkhawatirkan, statistik menunjukkan provinsi ini masih berada jauh di bawah rata-rata tingkat nasional dalam hal kesehatan, pendidikan dan infrastruktur, meskipun memiliki SDA yang melimpah (pertambangan, kayu, minyak dan gas). Selain itu, kesenjangan antara daerah satu dengan lainnya, khususnya antara daerah pesisir utara dan di pegunungan bagian tengah, tidak didukung oleh distribusi sumber daya yang seimbang. Kajian pembangunan manusia berdasarkan statistik

tidak mencakup perubahan-perubahan informal yang telah dialami oleh orang Papua, seperti perubahan tradisi-tradisi lama dan adat istiadat tertentu, identitas suku dan agama, serta bagaimana struktur-struktur sosial telah berubah akibat migrasi dan pendistribusian peluang-peluang modern yang tidak merata.

Kemarahan dan Perlawanan

Selama Orde Baru, militer yang jumlahnya terus bertambah tetapi dengan dana terbatas mendukung jaringan aliansi, baik untuk pengendalian politik maupun untuk mengeksploitasi SDA yang diambil dari masyarakat-masyarakat pedesaan tanpa kompensasi yang layak. Pertambangan memang menempati posisi sentral, tetapi kegiatan penebangan hutan dan perikanan terus meningkat selama periode reformasi dan desentralisasi setelah tahun 1998.

Baru-baru ini, *Environmental Investigation Agency* (EIA: lembaga yang menyelidiki lingkungan) yang berpusat di London dan Telapak di Jakarta melaporkan mengenai penebangan hutan yang meningkat pesat di Papua (EIA dan Telapak 2005). Laporan ini mengindikasikan perdagangan ilegal yang mengkhawatirkan, khususnya karena mengancam keberlangsungan hutan perawan di pulau ini. Penyelidikan ini mengungkapkan keterancaman kayu *merbau* (kayu besi), kayu yang mahal, yang merupakan sasaran utama perdagangan bernilai milyaran dolar ke China. Banyak anggota dewan perwakilan rakyat dan anggota pasukan keamanan setempat yang terlibat.

Kondisi ini hanyalah salah satu efek dari buruknya implementasi desentralisasi yang memberikan kesempatan kepada pemimpin daerah untuk memperoleh pembagian keuntungan lebih besar yang selama periode sebelumnya secara efektif disalurkan ke elit Jakarta. Mereka menjadi “Suharto-suharto kecil”, sementara KKN, keuangan internasional, kekuasaan militer dan penyedotan dana serta penerimaan pendapatan oleh militer di setiap tingkatan pemerintahan menjadi faktor-faktor kunci yang mendukung penebangan hutan liar di Papua.

KONDISI SOSIAL DAN POLITIK

Keterlibatan militer dalam proyek-proyek eksplorasi sumber daya dalam skala besar, seperti pertambangan emas dan tembaga Freeport, dilakukan dalam bentuk kerjasama keamanan dengan perusahaan serta peran militer sebagai jembatan utama antara masyarakat setempat yang diduga memberontak dengan pihak industri yang merasa terancam oleh serangan-serangan dari orang-orang Papua. Dalam kasus Freeport, intimidasi secara sistematis, manipulasi dan teror menguntungkan militer. Sementara itu kelompok-kelompok lokal seperti masyarakat Amungme serta Kamoro menjadi korban, dan situasi ini tidak memperbaiki reputasi kegiatan pertambangan, baik secara lokal maupun internasional (Ballard 2002). Kondisi-kondisi ini telah membuat banyak orang Papua merasa rentan terhadap kekuatan-kekuatan dari luar, khususnya militer dan polisi.

Dalam hal tata kelola pemerintahan, provinsi ini masih termasuk yang terbelakang di Indonesia. Perasaan frustrasi karena keterbatasan akses ke berbagai pelayanan masyarakat memperuncing keretakan antara penduduk asli dengan para transmigran atau dengan gelombang pendatang yang lebih besar lagi, yang telah mengambil berbagai kesempatan kerja kasar. Akibatnya, berbagai perbedaan ekonomi, suku dan agama menjadi alat yang penting dan kadang mengkhawatirkan dalam politik pendistribusian lahan dan sumber daya.

Sebagian besar dari manfaat pembangunan ekonomi dan infrastruktur yang telah diterima orang Papua ditentukan di Jakarta. Namun tampaknya banyak yang tidak sesuai dengan kondisi-kondisi setempat ketika diterapkan di Papua.

Seperti halnya dengan pemerintah Belanda sebelumnya, pemerintah Indonesia bersikukuh bahwa kegiatan seperti upacara adat pertukaran mas kawin di daerah pegunungan dan pelaksanaan upacara keagamaan besar-besaran untuk memohon kesuburan di wilayah pesisir selatan menghambat integrasi “masyarakat Papua” ke dalam sistem negara dan perekonomian Indonesia. Kebanyakan pejabat pemerintahan yang bekerja di Papua merasa bahwa mereka harus menanamkan beragam budaya setempat yang berbeda ke dalam pemerintahan dan ekonomi

EKOLOGI PAPUA

Indonesia. Sementara itu, sikap-sikap para pegawai negeri, baik orang Papua maupun yang bukan, sering ditandai oleh kebingungan dalam membangun provinsi ini dan mereka menjadi tidak peduli atau apatis. Keterbatasan pengetahuan dan kapasitas, serta pandangan yang negatif mengenai potensi masyarakat Papua untuk berpartisipasi dalam pembangunan, masih terjadi sampai sekarang. Ini merupakan salah satu alasan utama mengapa Papua masih terbelakang. Kebutuhan untuk menjembatani lembaga-lembaga dan peraturan-peraturan Indonesia yang dibuat secara sentralistis selama Orde Baru, menjadi perhatian utama ketika merancang Undang-Undang Otonomi Khusus.

Isu-isu utama yang membuat orang Papua merasa bersatu dalam kemarahan mereka terhadap pemerintah Indonesia adalah perasaan frustrasi atas keterbatasan keberhasilan pembangunan, marjinalisasi yang tersistematis dan penindasan yang terus-menerus. Betapapun “Indonesia”nya sikap, gaya berbicara dan jabatan orang Papua dalam sektor formal, tetap ada tanda-tanda yang jelas bahwa mereka yang berjiwa nasionalisme Indonesia sangat terbatas di kalangan orang Papua.

Tanggapan masyarakat Papua terhadap pemerintahan yang sangat sentralistis dan tidak sesuai dengan kenyataan lokal dan pendistribusian sumber daya yang tidak setara, sangat beragam. Di daerah Kepala Burung bagian tenggara, misalnya, masyarakat Imyan memandang otonomi mereka terancam oleh berbagai tuntutan pemerintah (misalnya, keharusan untuk berpartisipasi dalam program-program pembangunan) dan dari gereja (misalnya, tuntutan untuk menjadi orang Kristen yang baik, menghadiri ibadah agama dan menyumbangkan uang serta melayani gereja). Tuntutan-tuntutan ini bertentangan dengan tugas-tugas tradisional, seperti berkebun, berburu, mengorganisir pembayaran mas kawin dan menyelesaikan perselisihan (Timmer 2000). Berbagai kewajiban terhadap pemerintah dan gereja dipandang bertentangan dengan tugas-tugas “tradisional” dari segi waktu dan tenaga.

Di banyak lokasi eksploitasi SDA skala besar, seperti pertambangan tembaga dan emas Freeport di wilayah Timika, pengeboran gas alam

cair Tangguh di Teluk Bintuni, serta usaha-usaha perkebunan dan perikanan, masyarakat setempat menyusun siasat sendiri untuk melawan kelompok-kelompok lokal di sekitarnya yang juga mengklaim SDA tersebut dan menuntut kompensasi. Dampak berbagai kegiatan ini telah memicu keinginan emosional untuk merevitalisasi struktur-struktur adat dan pembentukan masyarakat adat. Karena harapan akan aliran dana yang mungkin dihasilkan oleh kegiatan eksploitasi SDA, persaingan untuk mendapatkan klaim atas lahan dan SDA sering terjadi. Hal ini tidak hanya menimbulkan masalah bagi masyarakat yang sudah tidak tahu lagi siapa yang bisa dipercaya dan melalui siapa mereka bisa menyalurkan suara mereka di luar perusahaan-perusahaan itu dan pemerintah, tetapi juga bagi pemerintah dan perusahaan-perusahaan itu sendiri yang semakin mengalami kesulitan untuk secara efektif menghadapi masyarakat Papua yang terpecah-belah.

Selain tradisi atau adat, kekristenan meninggalkan bekas yang mendalam pada budaya berbagai masyarakat Papua. Kegiatan misionaris dimulai pada tahun 1855 dan terus berlanjut sampai sekarang di daerah pegunungan dan pedalaman dataran rendah bagian selatan. Dua organisasi gereja utama telah memantapkan peranan yang kuat dalam kehidupan orang Papua adalah gereja Katolik, kebanyakan mereka berada di bagian selatan serta barat daya, dan Protestan pada umumnya terdapat di utara serta barat laut (lihat Kamma 1976, Cornelissen 1988, Boelaars 1992, 1995, 1997, van Nunen 1999), serta kelompok karismatik injili di daerah pegunungan. Akibatnya, pemahaman penduduk setempat terhadap kekristenan membentuk dasar yang penting bagi perubahan-perubahan sosial dan politik yang terjadi di Papua sekarang. Simbol-simbol dan upacara-upacara keagamaan Kristen tampak dalam kombinasi kreatif dengan kepercayaan tentang alam semesta yang dipercayai sebelum masuknya Kristen ke wilayah ini dan upacara-upacara keagamaan sering menjadi senjata kelompok masyarakat yang lemah, sebagai cara-cara untuk meremehkan kekuasaan negara bangsa dan ideologinya secara halus (Timmer 2004). Berbagai ketegangan berbau agama dengan masyarakat pendatang sering mendorong orang Papua untuk menegaskan bahwa mereka adalah orang Kristen, di tengah-

tengah bangsa yang mayoritas penduduknya adalah Muslim. Pada waktu yang sama, gereja merupakan organisasi kemasyarakatan terbesar yang terkemuka dan berfungsi baik. Selain itu, umumnya gereja adalah milik orang Papua. Di atas semuanya, organisasi-organisasi gereja ada di daerah-daerah yang paling terpencil di mana organisasi pemerintah dan LSM umumnya tidak berhasil memberikan pelayanannya.

Otonomi Khusus

Bagi banyak orang Papua, gagasan untuk memiliki pemerintahan sendiri dan otonomi sudah tercetus sejak tahun 1960-an. Dewan Papua didirikan pada tanggal 5 April 1961, kebanyakan anggotanya (23 dari 28) adalah orang Papua. Berbagai kebijakan untuk masa depan disiapkan bekerjasama dengan wakil-wakil masyarakat, yang dipilih oleh suara mayoritas di Manokwari dan Jayapura, sementara mereka yang berasal dari daerah-daerah lainnya secara tidak langsung dipilih atau ditunjuk. Dewan ini diberi fungsi legislatif yang dijalankan bersama-sama (dengan pemerintah Belanda), termasuk diberi hak mengajukan inisiatif, hak mengajukan perubahan atau mengubah undang-undang dan hak interpelasi, serta turut berunding dalam perencanaan anggaran. Hak-hak ini, termasuk perwakilan politik bagi penduduk, merupakan persiapan praktis untuk menerapkan prinsip menentukan nasib sendiri. Meskipun waktu bagi Dewan Papua untuk mempersiapkan rakyat Papua untuk mengatur pemerintahan di tanah mereka sendiri sangat singkat, dampaknya mendorong kesadaran berpolitik dalam masyarakat Papua.

Kebijakan Orde Baru membatasi otonomi bagi rakyat Papua meskipun secara formal mengakui otonomi terbatas bagi provinsi Irian Jaya. Dewan Papua digantikan oleh Dewan Perwakilan Rakyat Daerah, tetapi regulasi dan pelaksanaan pemerintahannya membuat Gubernur lebih bertanggungjawab kepada Presiden daripada kepada penduduk provinsi. DPRD tidak diberi kuasa untuk memiliki hak-hak dalam merencanakan anggaran apa pun dan BAPPEDA (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah) diharapkan untuk melaksanakan program-program pembangunan yang telah direncanakan oleh BAPPENAS di

Jakarta. Para bupati dan camat bertanggungjawab langsung kepada atasan mereka, sehingga konsultasi dengan kelompok-kelompok setempat dan kelembagaan-kelembagaan apa pun untuk menyuarakan hak berinisiatif atau mengontrol perencanaan dan pengeluaran pada hakikatnya telah mati.

Untuk menghadapi ketidakseimbangan dalam jalannya pemerintahan yang meresahkan ini, sejumlah orang di Papua mendukung rencana Otonomi Khusus yang telah ditawarkan oleh Jakarta pada akhir tahun 2001 guna membatasi tuntutan-tuntutan untuk merdeka yang diprakarsai oleh unsur-unsur masyarakat Papua. Undang-undang yang baru dimaksudkan untuk memberikan lebih banyak otonomi kepada masyarakat setempat dalam hal pembagian keuntungan yang adil dari pengolahan SDA dan sikap pemerintah yang demokratis. Rancangan undang-undang lebih mendekati rancangan yang dipersiapkan oleh gubernur Papua dan sebuah tim yang beranggotakan akademisi Papua yang bekerja untuknya. Namun, rancangan itu tidak dipaparkan kepada masyarakat dan tidak ada ketentuan tentang dialog dalam bentuk apa pun di kemudian hari yang mengarah pada referendum atau resolusi yang dirundingkan mengenai konflik antara pemerintah dan masyarakat Papua (lihat Sumule 2003).

Secara finansial, ketentuan bagi hasil yang besar (80% dari perolehan SDA dan 70% dari migas, misalnya), memperlihatkan bahwa sebagian besar dari uang tersebut ternyata tetap berada di tangan segelintir orang saja. Masalah lain yang serius dengan rencana Otonomi Khusus ini terkait dengan kesulitan pelaksanaannya karena provinsi ini memiliki keterbatasan SDM yang terlatih atau berpendidikan. Situasi ini menyulitkan untuk bisa memaksimalkan manfaat dari pendapatan daerah yang baru tersebut. Secara keseluruhan, janji-janji dan manfaat Otonomi Khusus sejauh ini hanya menimbulkan perasaan frustrasi di hati banyak orang Papua.

Selain itu, berbagai perkembangan positif yang diharapkan meningkat dari Otonomi Khusus dikacaikan oleh Instruksi Presiden pada tanggal 27 Januari 2003. Inpres itu dimaksudkan untuk mempercepat

pelaksanaan Undang-Undang No. 45/1999, dengan mendirikan dua provinsi baru (Irian Jaya Barat dan Irian Jaya Tengah), tiga kabupaten baru (Paniai, Mimika dan Puncak Jaya) dan satu kotamadya (Sorong). Inpres ini, yang populer dengan nama ‘*pemekaran*’ mengejutkan kebanyakan para pemimpin Papua. Keterkejutan mereka ini segera diikuti dengan kekecewaan ketika mereka yang mengetahui bahwa pemrakarsa kebijakan tersebut berasal dari sekelompok orang di dalam tubuh pemerintahan pusat yang takut bahwa Otonomi Khusus akan memberikan terlalu banyak kekuatan atau pengaruh bagi orang-orang Papua yang mendukung kemerdekaan.

Reaksi-reaksi terhadap percepatan pelaksanaan pemekaran beragam, tetapi pada umumnya negatif. Pemekaran dianggap sebagai upaya lain dari pemerintah pusat Jakarta untuk memecah-belah dan menguasai Papua supaya bisa mengontrol SDAny. Sementara para cendekiawan, aktivis dan politikus yang mendukung Otonomi Khusus mulai memperdebatkan bahwa Undang-Undang No. 45/1999 yang membagi Papua, tidak konsisten dengan Undang-Undang Otonomi Khusus yang terbaru dan karenanya, berdasarkan asas-asas hukum yang pertama, UU No. 45/1999 harus dibatalkan (International Crisis Group 2003, Sullivan 2003).

Pada bulan November 2004, Hakim Mahkamah Konstitusi memutuskan untuk tidak mengabulkan tuntutan yang diajukan oleh Tim Pembela Otonomi Khusus. Tim ini disusun oleh Megawati Sukarnoputri yang memimpin PDIP untuk melemahkan Partai Golkar yang dominan di Papua. Tim ini juga memperdebatkan bahwa PDIP memiliki kepentingan-kepentingan ekonomi dengan penambangan gas alam cair di Teluk Bintuni. Tim Pembela Otonomi Khusus menambahkan bahwa baik militer maupun BIN (Badan Intelijen Nasional) juga akan kalah kalau Undang-Undang No. 45/1999 dibatalkan, karena kedua lembaga tersebut memiliki kepentingan-kepentingan ekonomi dalam memertahankan kehadiran militernya di Papua.

Mahkamah Konstitusi menyimpulkan bahwa penetapan Irian Jaya Barat tetap sah, meskipun Undang-Undang No. 45/1999 tidak lagi ber-

laku. Para hakim berpendapat bahwa Undang-Undang Otonomi Khusus berlaku setelah provinsi dan kabupaten yang baru terbentuk dan tidak ada lembaga negara yang dibatalkan oleh Undang-Undang Otonomi Khusus. Keputusan pengadilan dipandang sebagai suatu kemenangan bagi pejabat gubernur Irian Jaya Barat dan membuat banyak orang di Jayapura, Sorong dan tempat-tempat lainnya di Papua menjadi bingung. Bagi Irian Jaya Barat, keputusan tersebut memerlukan pengkajian terhadap status provinsi, khususnya penerapan Otonomi Khusus.

Inpres pemekaran yang membagi provinsi Papua dikeluarkan tanpa berkonsultasi terlebih dahulu dengan masyarakat setempat, pemerintah provinsi, atau pemimpin-pemimpin agama dan organisasi-organisasi kemasyarakatan lainnya. Inpres ini mulai membuat para elite Papua menjadi terpecah, sebagian mendukung Otonomi Khusus dan sebagian lainnya tetap ingin mendirikan provinsi-provinsi yang terpisah dan menentukan sendiri hal-hal yang menyangkut posisi gubernur. Perpecahan yang terjadi di antara orang-orang berpengaruh dalam elite birokrat Papua ini telah melemahkan pengaruh para pendukung Otonomi Khusus yang menentang pelaksanaan Inpres pemekaran wilayah (McGibbon 2004, Timmer 2005). Bagi mereka yang mendukung terbaginya Papua, pokok-pokok permasalahan utamanya adalah akses terhadap Dana Otonomi Khusus dan pembagian transfer keuangan dari pemerintah pusat yang akan didistribusikan kepada provinsi-provinsi yang baru, juga kontrol atas kekayaan SDA provinsi, serta peningkatan dalam status pribadi mereka sendiri.

Kesimpulan

Meskipun provinsi Papua, kaya dengan SDA, rakyatnya termasuk yang termiskin di Indonesia. Kesempatan pendidikan terbatas dan mereka yang telah mendapatkan pendidikan menghadapi tingginya tingkat pengangguran di lingkungan yang lebih mengutamakan para pekerja yang berasal dari luar Papua. Para orang tua Papua menargetkan agar bisa memperoleh pekerjaan di pemerintahan bila mereka ingin mendapat masa depan yang sejahtera bagi anak-anak mereka karena tingginya

EKOLOGI PAPUA

persaingan dalam sektor komersial. Sektor pemerintahan juga tidak kebal terhadap sikap diskriminatif terhadap orang Papua, mungkin ber-baur dengan ketakutan terhadap orang-orang yang cenderung menum-buhkan bentuk nasionalisme separatis yang akan memperoleh terlalu banyak pengaruh di sektor formal.

Segala upaya untuk melibatkan lebih banyak orang Papua dalam berbagai proses pengambilan keputusan dan memekerjakan lebih banyak orang Papua di sektor formal, akan menimbulkan suatu ling-karan setan. Tingkat pendidikan yang umumnya rendah, dengan kuri-kulum yang difokuskan untuk membuat orang Papua yang bersifat pemberontak dan sulit diatur menjadi warga negara Indonesia yang baik, memberikan peluang kepada orang Papua dengan strategi-strategi alternatif yang terbatas untuk memikirkan bentuk-bentuk nasionalisme yang lain dan untuk berhubungan dengan badan-badan penasihat di dalam maupun di luar Indonesia. Namun generasi-generasi Papua se-karang telah memanfaatkan berbagai kesempatan pendidikan, khu-susnya mereka yang berasal dari daerah-daerah yang tidak terlalu gusar atas “pengambilalihan” kekuasaan oleh pemerintah Indonesia seperti di daerah Kepala Burung.

Keahlian dan pengetahuan para birokrat Papua sekarang ini telah memudahkan beberapa orang berpengaruh untuk memantapkan hu-bungan dengan Jakarta demi kepentingan orang-orang di Papua. Namun kemampuan ini kebanyakan digunakan demi kepentingan sendiri di antara kaum elite tersebut. Sebaliknya, daerah-daerah pegunungan dan pesisir selatan yang masih terbelakang lebih banyak terwakili, meskipun jumlah pembuat kebijakannya tidak berimbang daripada mereka yang berasal dari Biak-Numfor dan Yapen di Teluk Cenderawasih, Sorong dan Sentani, serta beberapa perwakilan orang Jawa dan orang Maluku. Masyarakat pegunungan dan daerah pesisir selatan sering dilanda rasa iri dengan kekuasaan yang dinikmati oleh orang-orang dari Teluk Cenderawasih, Kepala Burung dan Sentani.

Banyak perbedaan internal yang saat ini terjadi di Papua dan konflik berkepanjangan dengan Jakarta berkaitan dengan pergantian kekuasaan

KONDISI SOSIAL DAN POLITIK

di pusat pemerintahan dan meningkatnya perhatian terhadap akses ke SDA sebagai akibat dari desentralisasi. Perbedaan semakin melebar antara perspektif yang mengacu pada Papua dan perspektif nasionalis yang mendukung struktur pemerintah yang tampak terorganisir, tetapi sering menyelubungi nepotisme, kepentingan-kepentingan bisnis dan ekonomi internasional. Pemerintah tingkat provinsi, organisasi-organisasi kemasyarakatan dan masyarakat-masyarakat setempat masih harus menempuh perjalanan yang panjang untuk mencapai komitmen bersama guna meningkatkan akses ke berbagai pelayanan masyarakat. Khusus untuk masyarakat pedesaan, upaya ini sangat diperlukan untuk memrakarsai perubahan-perubahan sosial, ekonomi dan politik yang akan melayani orang-orang miskin dan untuk memromosikan pembagian keuntungan dari SDA yang lebih berimbang melalui Otonomi Khusus.

*6.4. Sistem Pertanian**

Masyarakat Papua, yang terdiri dari sekitar 300 kelompok etnik, umumnya menggantungkan kehidupan mereka pada tanaman budidaya dan hasil hutan. Kelompok masyarakat yang sepenuhnya merupakan pemburu-pengumpul tidak ada di Papua; mereka membudidayakan berbagai jenis tanaman, di samping berburu dan mengumpulkan hasil hutan sebagai kegiatan sampingan.

Berbeda dengan kondisi di Nugini, jumlah penelitian di bidang pertanian di Papua masih terbatas. Beberapa monografi pertanian telah diterbitkan, tetapi sintesis sistem pertanian secara keseluruhan belum ada. Pospisil (1963), Cook (1995), Purwanto (1997), Soenarto dan Rumawas (1997), Boissière (1999 a, b), Ploeg (2000) dan beberapa peneliti lainnya melakukan penelitian yang lebih mendalam tentang sistem pertanian di Papua, khususnya di kalangan kelompok etnis tertentu. Namun, ada banyak hal yang bisa dibandingkan antara sistem pertanian di Papua dan di PNG. Untuk daerah-daerah di posisi lintang yang sama, teknik dan jenis tanaman budidaya yang digunakan oleh masyarakat lokal di kedua negara sangat mirip, yang didukung oleh kesamaan kondisi lingkungan dan populasi masyarakat lokal masing-masing. Hal ini tidak mengejutkan karena garis pemisah ke dua kawasan ini hanya ditarik secara politis.

Bab ini dimulai dengan penjelasan tentang latar belakang sejarah pertanian di Papua, dilanjutkan dengan uraian tentang pertanian tradisional, khususnya klasifikasi sistem pertanian utama yang ada. Setelah itu, penjelasan mengenai jenis pertanian sesuai dengan kondisi lahan di mana jenis pertanian tertentu diterapkan. Bab ini ditutup dengan diskusi mengenai perubahan sistem pertanian saat ini, sistem pertanian

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "The Agricultural Systems of Papua", Manuel Boissière & Yohanes Purwanto.

untuk tanaman perdagangan dan prioritas baru pertanian dalam rangka ketahanan pangan di Papua.

Asal-usul Pertanian di Papua

Untuk daerah-daerah yang penduduknya terpadat di Nugini, yaitu di daerah pegunungan dan daerah pesisir, bentang alamnya banyak dipengaruhi oleh kegiatan manusia. Daerah hutan bercampur dengan daerah pertanian (Kennedy dan Clarke, 2004) karena pengaruh kegiatan perladangan berpindah (Cook 1995).

Awal mula kegiatan pertanian di Nugini merupakan topik yang terus diperdebatkan. Penelitian di daerah Kuk di Lembah Wahgi, PNG membuktikan bahwa pertanian mulai dikenal sejak 6.950 sampai 6.440 tahun yang lalu (Denham dkk. 2003:189). Dampak aktivitas manusia pada perubahan vegetasi terekam di lembah Baliem sejak 7.800 tahun sebelumnya, sedangkan hasil analisis karbon akibat pembakaran lahan diduga terjadi sejak 28.000 tahun yang lalu (Haberle dkk. 1991).

Penelitian terbaru mengemukakan bahwa awal pembudidayaan tanaman terjadi sejak 10.000 tahun lalu (Neumann 2003: 181). Budidaya dengan cara guludan telah ada sejak 7.000 sampai 6.400 tahun yang lalu, sedangkan saluran pengairan sejak 4.400 sampai 4.000 tahun lalu. Intensifikasi pertanian diawali adanya budidaya dengan guludan untuk memertahankan suhu mikro di lahan penanaman, sehingga memungkinkan budidaya tanaman di daerah yang tinggi (Waddell 1972). Pembudidayaan pisang *Eumusa* yang merupakan tanaman penting di Nugini telah dilakukan sejak 6.400 tahun lalu. Menurut Powell (1970), sejak 2.600 tahun yang lalu daerah rawa telah digunakan untuk pertanian yang dikombinasikan dengan budidaya di dataran tinggi. Sistem budidaya ini memerlukan drainase yang lebih rumit jika dibandingkan dengan sistem perladangan berpindah.

Pengertian Sistem Pertanian Tradisional

Walaupun istilah hortikultura dan pertanian sering dianggap sama, menurut Kennedy dan Clarke (2004), pertanian adalah istilah yang

umum untuk aktivitas produksi sedangkan hortikultura adalah komponen pertanian yang lebih spesifik. Demikian juga untuk istilah arborikultur atau budidaya pohon yang juga termasuk dalam sistem pertanian.

Sistem pertanian tradisional dicirikan oleh adanya ketergantungan petani pada sumber daya dan teknologi lokal. Dalam sistem pertanian dengan masukan rendah ini, petani dituntut untuk memiliki pengetahuan tentang lingkungan, sumber daya yang tersedia dan cara yang sesuai untuk produksi tanaman secara berkelanjutan dalam berbagai keadaan yang sulit.

Sistem pertanian tradisional dapat dibedakan dari pertanian industri atau revolusi hijau berdasarkan beberapa cirinya, yaitu tingkat ketergantungannya pada penggunaan bahan kimia dan benih komersial rendah namun ketergantungannya pada iklim lokal tinggi (Cotton 1996). Karena itu, petani tradisional mengoptimalkan penggunaan sumber daya lokal untuk meminimalkan risiko kegagalan panen dan menjamin keberlanjutan proses produksinya.

Dalam pertanian tradisional di Papua, ada berbagai sistem pertanian yang diterapkan, mulai dari perladangan berpindah di daerah pegunungan sampai pertanian lahan basah yang menetap di daerah pesisir. Sebagian besar masyarakat petani hanya bergantung pada pemenuhan hara dari meramu tumbuhan liar dan memperlihatkan pengetahuan yang luas mengenai kondisi lingkungan, perilaku dan persebaran berbagai jenis tumbuhan yang bermanfaat. Kombinasi sistem pertanian diterapkan untuk mengurangi risiko kegagalan panen akibat kekeringan serta serangan hama dan penyakit. Keberhasilan sistem ini bergantung pada pemilihan varietas yang sesuai dengan lingkungan mikro yang spesifik dan pola penanaman yang memaksimalkan penggunaan sumber daya tetapi meminimalkan risiko kegagalan (Richard 1985).

Jenis tanaman yang dimanfaatkan dalam sistem tradisional meliputi: (1) tanaman asli budidaya atau yang dijadikan tanaman budidaya yang bergantung pada campur tangan manusia agar dapat menghasilkan untuk kepentingan kehidupan manusia; (2) tanaman semibudidaya, yang tidak bergantung total pada campur tangan manusia; dan (3) tanaman yang

SISTEM PERTANIAN

dilindungi, yaitu yang tumbuh liar di lahan pertanian dan dilindungi dari serangan gulma. Petani tradisional mengurangi risiko kegagalan dengan menggunakan beberapa kultivar atau varietas. Misalnya, banyak varietas ubi jalar (lebih dari 100) yang bervariasi dalam hal rasa, ukuran, waktu masak serta ketahanan terhadap hama dan penyakit yang ditanam oleh suku Dani di lembah Baliem. Variasi yang tinggi ini memungkinkan tanaman untuk memenuhi kebutuhan gizi dan budaya serta memungkinkan diproduksi dalam situasi yang tak terduga (Purwanto 1997, Gambar 6.4.1).



Gambar 6.4.1. Kebun ubi jalar di daerah Tiom (Lembah Baliem).

Penerapan pertanian sangat dipengaruhi komposisi bentang lahan. Di lahan pertanian yang dipagari, babi dibiarkan bebas di dalam kampung maupun hutan, tetapi di lahan pertanian tanpa pagar, babi harus dikandangkan. Hal ini memengaruhi kondisi hutan di sekitarnya. Demikian juga peralatan yang digunakan untuk pertanian. Di Papua, kebanyakan petani menggunakan parang, kapak dan tugal, sedangkan gergaji jarang digunakan. Karena itu keberhasilan kegiatan berkebun sangat membutuhkan banyak tenaga.

Klasifikasi Pertanian

Menurut Matanubun dkk. (1995), sistem pertanian di Papua dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu perladangan berpindah dan pertanian menetap. Di lembah Baliem dan daerah sekitar D. Wissel, perladangan berpindah diterapkan di daerah lereng-lereng bukit dan kaki bukit sedangkan pertanian menetap dilakukan di dasar lembah dan tepi sungai. Menurut Kennedy dan Clarke (2004), perladangan berpindah diterapkan di tanah dengan tingkat kesuburan rendah, sedangkan pertanian menetap diterapkan di lahan dengan tingkat kesuburan yang tinggi dan merupakan adaptasi dengan kondisi tekanan jumlah penduduk yang jauh lebih tinggi.

Haynes (1989) mengusulkan klasifikasi sistem pertanian yang berbeda, yang membagi dua sistem utama menjadi enam subsistem. Sistem utama yang pertama adalah pertanian dataran yang dibedakan menjadi 3 subsistem, yaitu: (1) Daerah rawa pesisir dan sungai: sagu dan ubi-ubian; (2) Daerah datar di pesisir: perkebunan kelapa dan ubi-ubian (ubi kayu, keladi/talas dan uwi); dan (3) Daerah kaki bukit dan lembah kecil: perladangan berpindah (ubi-ubian). Sistem utama yang ke dua adalah pertanian dataran tinggi yang juga dibedakan menjadi tiga subsistem, yaitu: (1) Daerah lembah yang luas: produksi ubi jalar intensif; (2) Dataran pinggiran sungai: ubi jalar dan kopi; dan (3) Daerah lereng bukit dengan lembah yang curam: ubi jalar.

Peranan Babi dalam Pertanian Papua

Peternakan babi sangat erat kaitannya dengan sistem pertanian di Papua karena sebagian hasil kebun digunakan untuk pakan babi. Ubi jalar yang terlalu keras untuk dikonsumsi manusia dimasak dengan daunnya untuk pakan babi. Di kalangan suku tertentu (contohnya, Yali), ubi kayu hanya untuk pakan babi dan hanya dikonsumsi manusia jika tidak ada lagi makanan lain yang tersedia. Babi berperan penting dalam masyarakat Papua untuk ritual agama, pembayaran denda, mas kawin dan pertukaran hadiah antara teman dan keluarga (Brutti and Boissière 2002; Lemonnier 1993). Babi juga merupakan bagian dalam sistem pertanian di kalangan suku Chimbu di PNG, yaitu digunakan untuk membalik tanah dan menyuburkan tanah sebelum penanaman (Brookfield dan Brown 1963).

SISTEM PERTANIAN

Barrau (1962) membedakan tujuh tipe kegiatan ekonomi subsisten (untuk memenuhi kebutuhan sendiri) utama di Nugini yang tersebar di empat tipe lahan. Pertama, daerah dataran rendah: (a) berburu, mencari ikan, mengumpulkan sagu dan budidaya sagu dengan masa bera (lahan tidak diolah atau dibiarkan tumbuh secara alami); dan (b) perladangan berpindah dengan menanam ubi-ubian, sagu, pisang dan tebu serta mengumpulkan, berburu dan menangkap ikan. Ke dua, daerah kaki bukit dan pegunungan rendah yang ditandai kegiatan: (a) perladangan berpindah dengan masa bera dari tanaman ubi-ubian, pisang dan tebu; (b) serta mengumpulkan, berburu dan menangkap ikan. Ke tiga, daerah pegunungan yang ditandai kegiatan: (a) pertanian semimenetap dengan menanam ubi-ubian dan tumbuhan herba dengan masa tunggu, penimbunan dan penggunaan saluran drainase; dan (b) budidaya ubi-ubian dan tanaman herba dengan masa bera yang panjang, serta mengumpulkan, berburu dan/atau menangkap ikan. Tipe ke empat adalah pegunungan di pesisir yang ditandai dua kegiatan ekonomi subsisten, yaitu: (a) di rawa-rawa: mengumpulkan buah dan kacang-kacangan liar dan budidaya sagu dan tanaman herba dengan masa bera panjang serta berburu dan/atau menangkap ikan; dan (b) di hutan hujan: budidaya ubi-ubian, sagu, pisang dan tebu dengan masa bera panjang serta mengumpulkan, berburu dan/atau menangkap ikan.

Klasifikasi Pertanian yang Disarankan

Dalam bab ini, kondisi lahan pertanian dibedakan menjadi tiga tipe utama, yaitu dataran tinggi, dataran rendah dan daerah pesisir. Klasifikasi sistem pertanian ini memadukan ide-ide dari penulis-penulis di atas dengan menguraikan beberapa studi kasus untuk menunjukkan perbedaan nyata dan keragaman di antara ke tiga sistem pertanian yang ada.

Pertanian Dataran Tinggi

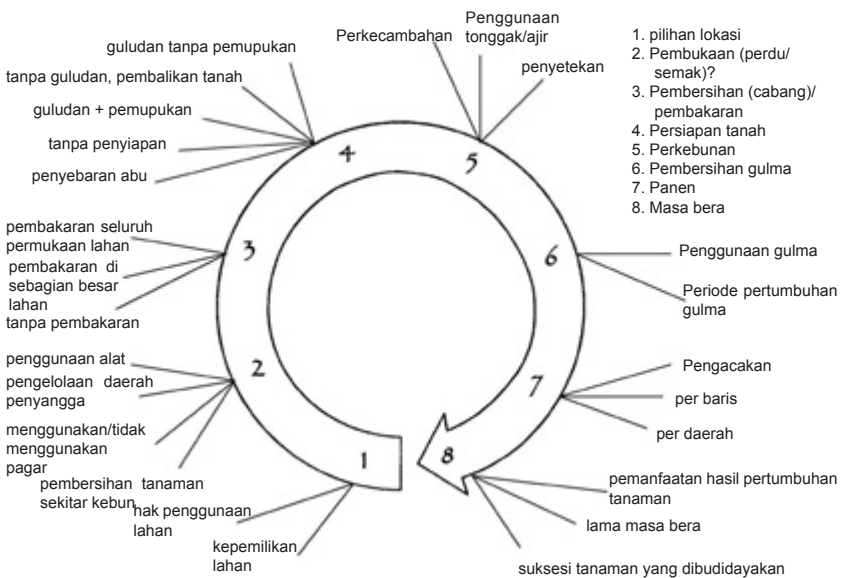
Dataran tinggi merupakan daerah yang terpadat penduduknya di Papua. Berdasarkan sensus tahun 1997, sekitar 22% penduduk Papua hidup di provinsi Jayawijaya (lihat <http://irja.bps.go.id/>). Penduduk dataran

EKOLOGI PAPUA

tinggi membudidayakan tanaman ubi-ubian, yang sebagian besar terdiri dari ubi jalar (*Ipomoea batatas*), ubi kayu (*Manihot esculenta*), uwi (*Dioscorea sp.*) dan keladi/talas (*Colocasia esculenta*) serta tanaman lain seperti pisang (*Musa sp.*), buah merah (*Pandanus conoideus*), pandan kacang (*Pandanus julianettii*) dan beberapa tanaman sayuran.

Pertanian di dataran tinggi dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu pertanian di perbukitan (600-1.500 m dpl) dan pertanian di pegunungan (> 1.500 m dpl). Tanaman pokok yang dibudidayakan adalah ubi jalar, dengan berbagai tanaman lainnya.

Sebagian besar pertanian di Nugini mengikuti siklus kerja (Gambar 6.4.2) yang disebut “tahap pertanian”, yang meliputi beberapa tahapan kerja yang berbeda dan memerlukan cara khusus dalam pelaksanaannya. Perbedaan teknik kerja ini menciptakan tipe pertanian yang berbeda pula.

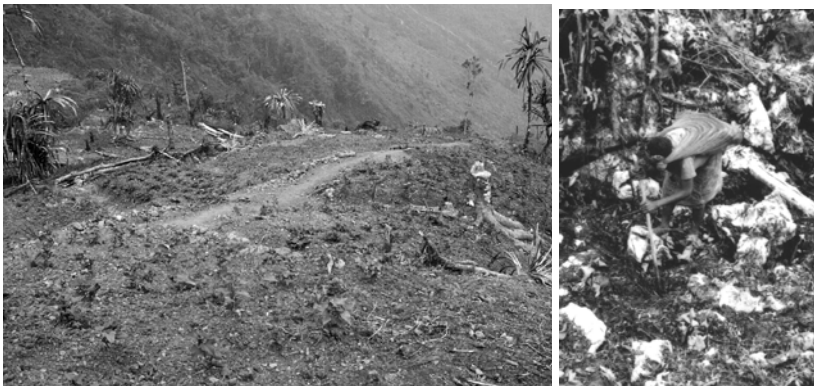


Gambar 6.4.2. Siklus budidaya pertanian.

Sebagian besar dari tahapan kerja yang ditunjukkan dalam Gambar 6.4.2 berlangsung di dataran tinggi. Karena itu, pertanian dataran tinggi bukan hanya sebagai obyek budidaya pertanian di wilayah yang terbatas,

SISTEM PERTANIAN

tetapi juga sebagai serangkaian kegiatan dan praktik pertanian pada bentang lahan yang merupakan siklus yang dinamis. Seluruh dinamika kegiatan dan pengalaman pertanian dataran tinggi ini diwariskan secara turun-temurun, seiring dengan kemampuan mereka untuk menyerap teknik baru (Haudricourt 1987). Misalnya, di kalangan suku Yali, Dani, Kapauku dan Amungme yang hidup di lingkungan dataran tinggi yang mirip di Papua dan mereka telah mengembangkan banyak kegiatan yang terkait dengan pertanian.



Gambar 6.4.3. Kiri: Kebun ubi jalar di Holuwon. Kanan: Penanaman ubi jalar oleh wanita di Holuwon.

Suku Yali yang menempati bagian timur lembah Baliem mewakili masyarakat petani dari pegunungan rendah dan dataran tinggi (Boissière 1999a, b, 2003, Gambar 6.4.3). Suku ini mengenali lima tipe pertanian berdasarkan teknik yang diterapkan sebelum penanaman (Tabel 6.4.1). Budidaya tanaman akan berakhir setelah dua tahun dan siklus penggunaan lahan adalah 15-20 tahun. Selama masa bera, suku Yali berburu, mengumpulkan hasil tanaman seperti buah merah (*Pandanus*). Mereka menggunakan teknik pertanian yang bervariasi dan meniru teknik-teknik dari suku tetangga, seperti suku Dani.

EKOLOGI PAPUA

Tabel 6.4.1. Tipe-tipe kebun pada suku Yali.

Tipe Kebun	Pelaksanaan	Lokasi, topografi
<i>Esap yabuk</i> atau <i>Wen yabuk</i>	Kebun tanaman herba atau kebun dengan guludan. Tanah dibalik membentuk guludan dan dipupuk. Ubi jalar adalah tanaman utama.	Lereng landai
<i>Kwenang yabuk</i>	Tanah dibalik tanpa penggunaan pupuk atau guludan. Menanam kacang tanah dan ubi jalar.	Lereng landai
<i>Wealangge</i>	Kebun langsung ditanami setelah dibersihkan tanpa pembalikan tanah untuk mencegah longsor.	Lereng curam
<i>Soli yabuk</i>	Tanah dibalik di atas pupuk membentuk bedeng yang luas tanpa pembuatan guludan. Jarang dilakukan.	Lereng landai dan tanah datar
<i>Busuk yabuk</i>	Kebun sebagian disiapkan untuk <i>esap yabuk</i> dan sebagian lagi untuk <i>wealangge</i> . Jarang dilakukan.	Daerah yang sebagian berlereng curam dan sebagian datar

Pertanian tradisional yang diterapkan oleh suku Dani barat dan Dani Baliem adalah perladangan berpindah dengan menanam ubi jalar (Purwanto 1997, 2003, Soenarto dan Rumawas 1997). Perpindahan ke lokasi baru dilakukan setelah dua sampai tiga kali panen, sesuai dengan kondisi lahan. Pemilihan lokasi dipengaruhi oleh kondisi tanaman yang ditanam. Jika tanaman tumbuh subur maka lahan dapat digunakan untuk budidaya. Pembukaan lahan dimulai dengan upacara adat dan tahapan pembukaan lahan yang dilakukan meliputi pemilihan lokasi, pembersihan lahan, penebangan pohon, pembakaran lahan, pembuatan pagar, pengolahan lahan, penanaman, perlindungan lahan dan pemanenan.

Bagi masyarakat kedua suku ini yang menempati bagian tengah pegunungan Jayawijaya, kondisi lingkungan seperti topografi dan kemiringan lahan serta iklim mikro sangat memengaruhi sistem budidaya tanaman ubi jalar. Mereka membedakan teknik budidaya ubi jalar berdasarkan kondisi lahan, yaitu penanaman di daerah rawa, di daerah

SISTEM PERTANIAN

datar dengan saluran drainase yang baik dan di lereng. Di daerah rawa (Gambar 6.4.4), mereka menggali lubang sedalam 1,5-2 m dan panjang 1,5-3 m untuk membentuk guludan sehingga mengurangi ketinggian air tanah dan menahan unsur hara dari pembusukan rumput atau gulma yang dibuang di dalam lubang. Lumpur di dalam lubang digunakan sebagai pupuk karena terbukti mengandung nitrogen dan kalium yang lebih tinggi. Teknik budidaya ini juga dapat memertahankan suhu dan kelembaban tanah, serta dapat memanfaatkan lubang sebagai kolam ikan. Di daerah datar dengan drainase baik, lubang yang dibuat tidak begitu dalam tetapi guludan dimanfaatkan untuk menanam ubi jalar. Guludan dapat mengatur suhu dan kelembaban tanah untuk mendukung pertumbuhan ubi jalar yang optimal. Di lereng-lereng, tempat penanaman dibuat dengan menggali lubang yang dalam. Saluran drainase dibuat di bagian tengah dan pinggir lahan untuk melindungi lahan dari aliran air berlebih. Menurut suku Dani, drainase lahan yang baik akan menghasilkan ubi jalar yang lebih manis.

Kebun ubi jalar biasanya ditanami pula tanaman lain, seperti *Setaria palmifolia*, *Colocasia esculenta*, *Psophocarpus tetragonolobus*, *Brassica oleracea* var. *botrytis*, *Brassica oleracea* var. *capitata*, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*, *Dioscorea alata*, *Dioscorea esculenta*, *Saccharum officinarum*, *Musa* spp., *Pandanus conoides*, *P. julianettii* dan *Nicotiana tabaccum*.



Gambar 6.4.4. Kebun ubi jalar sepanjang Sungai Baliem.

Sistem pertanian yang diterapkan oleh suku Kapauku atau Etoro mirip dengan yang dimiliki suku Dani. Mereka memiliki dua tipe pertanian (Pospisil 1963), yaitu di daerah lereng gunung dan dasar lembah. Di daerah lereng, mereka menerapkan sistem perladangan berpindah dengan masa bera 7-12 tahun. Pembukaan lahan

yang dilakukan dengan penebangan pohon dan pembakaran lahan serta pembuatan pagar adalah untuk melindungi lahan dari babi. Tanaman yang dibudidayakan terbatas pada ubi jalar dan beberapa sayuran hijau seperti bayam-bayaman. Pemupukan tidak dilakukan dan lahan hanya dipanen satu kali.

Berbeda dengan daerah lereng gunung, daerah dasar lembah memiliki lahan pertanian yang lebih sempit. Selain tanaman ubi jalar, tanaman lain seperti ubi kayu, talas/keladi, tebu, pisang, labu botol dan ketimun juga berhasil dibudidayakan di daerah ini. Ada dua ciri utama pada sistem pertanian di dasar lembah, yaitu budidaya di lahan sempit dengan rotasi tanaman dan penyiapan lahannya hanya dengan pembakaran lahan. *Bedamai* adalah sistem budidaya yang diterapkan oleh suku Kapauku, dengan menggunakan sistem drainase yang intensif, penggunaan kompos dan pembentukan bedeng penanaman (Pospisil 1963: 122). Persamaan sistem pertanian suku Kapauku dengan suku Dani adalah adanya pembuatan saluran drainase.

Suku Amungme menerapkan sistem perladangan berpindah dengan pembakaran dan pembukaan lahan setelah lahan dibiarkan selama lima tahun (Cook 1995). Semak-semak dibersihkan dan pohon ditebang dengan menyisakan beberapa pohon tetap hidup. Sisa-sisa pembersihan lahan dibiarkan mengering selama satu bulan sebelum dibakar. Selanjutnya, mereka membuat guludan setinggi 20 cm dengan tugal. Ada lima tipe kebun di kalangan suku ini, yaitu kebun rumah, kebun ubi jalar, kebun pinggir sungai, kebun talas/keladi di daerah tinggi dan kebun *Pandanus*. Kebun rumah umumnya tidak begitu luas yang diolah paling intensif sebagai sumber makanan dan tempat uji coba tanaman baru. Ubi jalar adalah tanaman utama yang dibudidayakan sepanjang tahun, dikombinasikan dengan beberapa tanaman lain seperti tebu, kembang sepatu, paku-pakuan, bayam-bayaman, labu, mentimun dan pisang. Kebun pinggir sungai ditanami tanaman yang beradaptasi dengan kelembaban yang lebih tinggi, seperti *Xanthosoma* dan labu (*Lagenaria siceraria*). Kebun keladi/talas di daerah tinggi ditanami keladi/talas yang mereka sebut "Mo" dan hanya boleh dimakan oleh kaum pria. Kebun ini jarang diperhatikan dan hanya ditanami sedikit

tanaman selain keladi/talas seperti jagung, buncis, tebu dan kacang-kacangan. *Pandanus* spp. umumnya dibudidayakan ketika lahan kebun dibuka dan ukurannya tetap kecil ketika kemudian ditinggalkan. Lahan dibiarkan bera cukup lama untuk memanen sisa tanaman pangan dan hasil hutan lainnya.

Pertanian Dataran Rendah

Pertanian di dataran rendah dapat dibedakan menjadi tiga kategori berdasarkan kondisi lahan dan musim, yaitu daerah rawa, daerah kaki bukit dan pegunungan rendah, serta savana. Dua kategori yang pertama banyak terdapat di muara S. Mamberamo, sedangkan kategori ke tiga hanya di daerah sekitar Merauke. Walaupun penelitian tentang pertanian dataran rendah sangat terbatas (Tucker 1987), ada dua cara bertani yang umumnya dilakukan di daerah ini, yaitu budidaya sagu dan budidaya ubi-ubian dengan pisang sebagai tanaman utama.

Di daerah muara S. Mamberamo, sagu adalah makanan utama sehingga penggunaan lahan lebih banyak untuk perkebunan sagu (CIFOR 2004). Kebun ubi-ubian digunakan sebagai sumber pangan sampingan yang dapat dilakukan di mana saja. Sagu dibudidayakan di daerah rawa atau dasar lembah (Schuiling dan Jong 1996) dan dapat dibudidayakan di kebun atau tumbuh liar di hutan. Sagu yang dibudidayakan umumnya berasal dari anakan tanaman yang berumur satu tahun. Anakan ini ditanam di tempat-tempat yang ternaung dan pucuknya di atas air. Kebun sagu umumnya diolah oleh kaum wanita, baik sendirian maupun berkelompok (Towsend 1992), dengan pembagian tenaga kerja yang meliputi pengikisan (penotokan) batang, penyaringan pati sagu dan pengepakan sagu dengan daun sagu.

Budidaya ubi-ubian biasanya dilakukan bersama-sama dengan budidaya pisang. Uwi, ubi kayu dan ubi jalar hanya dibudidayakan sebagai makanan pelengkap. Pisang umumnya dibudidayakan di kebun campuran dan setelah tanaman lain dipanen, lahan ditinggalkan dengan membiarkan pisang berkembang sendiri membentuk kebun. Kelapa dapat ditanam di dataran rendah dan buahnya digunakan untuk

keperluan rumah tangga. Menurut Haynes (1989), tipe pertanian dataran rendah juga dilengkapi dengan kegiatan berburu, menangkap ikan dan mengumpulkan hasil hutan.

Pertanian Daerah Pesisir

Di daerah pesisir dan kepulauan seperti daerah Kepala Burung (Haynes 1989), perladangan berpindah diterapkan dengan tanaman utama keladi/talas dan uwi yang dilengkapi tanaman campuran seperti ubi kayu, pisang dan ubi jalar. Belakangan ini daerah ini juga ditanami kelapa sawit dan coklat. Budidaya keladi/talas di daerah ini menggunakan teknik irigasi lahan. Suku Ormu dari Peg. Cyclop (Sentani) dan Kimam dari P. Kolepom (Merauke) adalah dua contoh masyarakat yang menerapkan sistem pertanian daerah pesisir.

Suku Ormu yang hidup di pesisir terdiri dari dua kelompok, yaitu Ormu darat (*keret darat*) dan Ormu laut (*keret laut*), yang kehidupannya meliputi berkebun, mengumpulkan hasil alam, berburu dan menangkap ikan. Bagi Ormu laut, menangkap ikan lebih utama dibandingkan bertani; sebaliknya pertanian merupakan kegiatan utama bagi suku Ormu darat, sedangkan menangkap ikan sebagai kegiatan sampingan. Sama dengan masyarakat tradisional Papua lainnya, sistem pertanian ini juga menerapkan masa bera (Purwanto 2003). Tanaman utama yang dibudidayakan di daerah pesisir antara lain: (1) ubi-ubian: keladi/talas (*Colocasia esculenta*), ubi jalar (*Ipomoea batatas*), ubi kayu (*Manihot esculenta*), uwi (*Dioscorea* spp.); (2) sago (*Metroxylon sago* dan *M. rumphii*); (3) Jagung (*Zea mays*), (4) padi (*Oryza sativa*); (5) kacang-kacangan: kacang tanah (*Arachis hypogaea*), kacang panjang (*Vigna sinensis*), kedelai (*Glycine max*); (6) sayuran: kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*), bayam (*Amaranthus* spp.), cabai (*Capsicum annum* dan *C. Frutescens*), tomat (*Lycopersicon esculentum*), terong (*Solanum melongena*); (7) buah-buahan: mangga (*Mangifera indica*), matoa (*Pometia pinnata*), srikaya (*Annona muricata* dan *A. squamosa*), belimbing (*Averhoa bilimbi* dan *A. carambola*), jambu monyet (*Anacar-*

dium occidentale), labu (*Cucurbita moschata*), langsung (*Lansium domesticum*).

Tanaman untuk keperluan sehari-hari dibudidayakan di pekarangan. Beberapa jenis tanaman yang diusahakan untuk menambah pendapatan adalah cengkeh (*Eugenia aromatica*), jambu biji (*Psidium guajava*), jambu monyet (*Anacardium occidentale*), belimbing (*Averrhoa carambola*, *A. bilimbi*), jeruk (*Citrus* spp.), mangga (*Mangifera indica*), pepaya (*Carica papaya*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), nangka (*Artocarpus heterophyllus*, *Artocarpus champedem*, *Artocarpus integrata*), langsung (*Lansium domesticum*), kelapa (*Cocos nucifera*), pinang (*Areca catechu*), durian (*Durio zibethinus*) dan alpukat (*Persea americana*).

Mengumpulkan sagu merupakan kegiatan utama bagi masyarakat pesisir. Suku Ormu membedakan sagu menjadi dua jenis berdasarkan ada tidaknya duri yaitu *Metroxylon sago* dan *M. rumphii*. Ciri-ciri sagu yang siap diekstrak adalah berumur 8-15 tahun, tinggi 10-15 m, diameter lebih dari 50 cm, sudah terbentuk tangkai bunganya. Ukuran duri pada tanaman dewasa lebih pendek daripada tanaman muda.

Bagi masyarakat Kimam yang tinggal di P. Kolepom, umbi-umbian merupakan tanaman utama yang dibudidayakan di daerah rawa di kebun buatan dan dikelilingi oleh tanaman sagu dan kelapa (Serpenti 1965). Pembukaan lahan untuk penanaman uwi, keladi/talas, ubi kayu, ubi jalar dan pisang diawali dengan pemilihan tanah yang jika didapati kurang subur maka dipupuk dengan kompos. Pembuatan kebun di pulau-pulau ini dilakukan sepanjang musim kemarau ketika ketinggian air rendah. Daerah yang dipilih adalah daerah yang banyak ditumbuhi alang-alang yang dipotong sampai batas permukaan air dengan petak-petak selebar 2-3 m. Selanjutnya, mereka membentuk pulau dengan tanah liat/lumpur untuk meninggikan permukaan tanah. Proses ini memerlukan waktu beberapa musim kemarau dan biasanya dalam satu tahun dapat dibentuk bidang setinggi kurang dari 1 m. Pulau buatan yang sudah lama perlu dibentuk kembali karena lumpur yang terlarut dalam air dan biasanya pekerjaan ini dilakukan secara kelompok dengan bantuan keluarga dan teman. Berbeda dengan masyarakat lain di Papua, pengumpulan pati

sagu di kalangan suku Kimam dilakukan oleh kaum pria, sedangkan kaum wanita memroses sagu menjadi tepung sagu.

Transformasi Terkini

Transformasi teknik budidaya terjadi penggunaan gergaji mesin dan penyebaran teknik budidaya antar kelompok etnik, seperti pembuatan guludan dan sistem irigasi (Sumule 1994) yang sebelumnya diawali dengan penganeekaragaman jenis tanaman yang dibudidayakan. Hadirnya tanaman baru seperti kacang tanah, selada dan kol tidak hanya memperkenalkan varietas baru tetapi juga menyebabkan petani menjadi lebih bergantung pada perekonomian pasar lokal dan memengaruhi pilihan mereka dalam hal jenis tanaman dan lahan yang akan digunakan. Perubahan dari sistem perekonomian subsisten ke arah ekonomi yang berdasarkan pada kebutuhan pasarpun menjadi semakin umum di Papua (Boissière 2003).

Untuk memenuhi kebutuhan pasar lokal di tingkat kecamatan dan kabupaten, petani lokal harus bersaing dengan petani pendatang dari Jawa dan Sulawesi. Hal ini sangat jelas terjadi di Timika, yang pasarnya didominasi oleh produk petani transmigran dibandingkan produk dari suku Amungme dan Kamoro.

Pembauran antara penduduk asli Papua dengan para transmigran menyebabkan perubahan sistem pertanian tradisional dan mendorong kelompok tradisional untuk mengadopsi teknik baru dan hal-hal baru, baik dari segi budaya maupun ekonomi. Kebingungan dan ketidakpastian mengenai masa depan banyak terjadi di antara masyarakat Papua ketika tekanan budaya, peningkatan penduduk, kebutuhan ekonomi, adanya pendatang dan teknologi baru yang mengharuskan mereka untuk memilih cara hidup dan cara bertani. Beberapa kelompok berhasil menyesuaikan pertanian tradisional mereka dengan keadaan yang baru, sedangkan kelompok lain masih berusaha mengadopsi pola yang baru walaupun tidak selalu berhasil. Faktor-faktor yang memengaruhi masyarakat Papua mencakup sistem kepemilikan lahan, perubahan sosial dan budidaya tanaman perdagangan.

SISTEM PERTANIAN

Nilai lahan telah berubah dari yang sebelumnya berdasarkan pada organisasi sosial, agama dan kualitas lahan untuk pertanian menjadi berdasarkan pada kriteria ekonomi dan geografi. Perbedaan persepsi inilah yang menyebabkan terjadinya konflik yang tak pernah berakhir antara pemerintah, perusahaan swasta dan masyarakat lokal dengan hak adat mereka.

Meningkatnya jumlah pendatang (Fearnside 1997) dan pengenalan budidaya tanaman baru meningkatkan tekanan pada lingkungan (Sumule 1994). Demikian pula meningkatnya eksploitasi sumber daya alam oleh perusahaan-perusahaan menyebabkan kerusakan permanen pada lingkungan dan mengurangi ketersediaan sumber daya serta lahan untuk pertanian. Perpindahan penduduk ke lokasi yang baru akibat pencemaran juga menyulitkan untuk meneruskan teknik pertanian tradisional mereka. Meningkatnya jumlah masyarakat pendatang juga memengaruhi organisasi sosial masyarakat, yang semula hidup dalam kelompok kecil berdasarkan hubungan kekerabatan menjadi lebih beragam.

Berbagai perubahan di atas juga menyebabkan perubahan sistem pertanian, teknik yang digunakan, jenis tanaman yang ditanam dan tujuan produksi. Perkembangan pertanian dengan orientasi tanaman perdagangan menyebabkan petani memilih untuk menanam jenis tanaman baru seperti kopi (*Coffea arabica* dan *Coffea robusta*), coklat (*Theobroma cacao*), cengkeh (*Eugenia aromatica*), kelapa (*Cocos nucifera*) dan kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan penerapan teknik baru seperti wanatani/agroforestri untuk memperoleh pendapatan yang lebih tinggi. Namun rendahnya tingkat produksi dan tingginya biaya transportasi menyulitkan pemasaran produknya. Misalnya, pertanian kopi yang diperkenalkan kepada suku Dani di lembah Baliem sejak 30 tahun lalu oleh LIPI dan Dinas Pertanian Kabupaten Jayawijaya baru berkembang setelah 15 tahun, tetapi ternyata tidak menguntungkan bagi masyarakat lokal karena dikuasai oleh pendatang.

Pengembangan persawahan di kalangan masyarakat suku Dani (Wamena) yang awalnya bertujuan untuk mengurangi impor beras ke

lembah Baliem dan untuk memanfaatkan lokasi rawa yang tidak sesuai untuk budidaya ubi jalar (Purwanto dkk. 1990; Purwanto 1997) ternyata berhasil dilakukan, walaupun hanya sebagian kecil yang dikonsumsi oleh masyarakat lokal. Buah-buahan dan sayuran, seperti brokoli, sawi, kentang dan wortel juga dibudidayakan oleh suku Dani dan saat ini memasok hampir separuh kebutuhan sayuran di Papua. Data dari BPS Provinsi Papua menunjukkan bahwa produksi sayuran setiap tahun dari Lembah Baliem adalah 12.327 ton kol, 3.735 ton bawang daun dan bawang, 6.623 ton kentang, dan 3.523 ton tomat.

Jenis tanaman yang dibudidayakan dengan alasan ekonomi masyarakat dataran rendah seperti suku Ormu, Moi, Sentani dan suku lain di Kabupaten Jayapura adalah kopi (*Coffea* spp.), pala (*Myristica fragrans*), cengkeh (*Eugenia aromatica*), kelapa (*Cocos nucifera*), kacang mede (*Anacardium occidentale*), sagu (*Metroxylon sago*), coklat (*Theobroma cacao*), rambutan (*Nephelium lappaceum*), durian (*Durio zibethinus*), mangga (*Mangifera indica*), jeruk (*Citrus* sp.) dan nenas (*Ananas comosus*).

Kelapa yang banyak dibudidayakan di daerah pesisir umumnya dimiliki oleh perusahaan, sedangkan sagu dihasilkan oleh masyarakat lokal dan dijual kepada pengusaha atau penyalur bahkan diekspor ke daerah lain di Indonesia. Di antara perkebunan yang diusahakan oleh pemerintah, kelapa sawit (*Elaeis guinensis*) adalah komoditas yang paling banyak dibudidayakan. Namun perkebunan ini dikelola oleh perusahaan atau pemerintah daerah dan jarang memberikan keuntungan bagi masyarakat asli. Bahkan, banyak perusahaan menggunakan alasan ini untuk mengeksploitasi kayu yang terdapat di daerah konsesi tanpa melakukan budidaya kelapa sawit (Casson 1999).

Pengenalan jenis tanaman baru juga membawa dampak sosial, budaya dan ekonomi bagi masyarakat. Tingginya produksi padi di daerah Tulem (Lembah Baliem) mengubah status sosial dan ekonomi petani karena mereka menjadi produsen beras yang penting di daerah ini. Dalam hal budaya, jenis tanaman baru dengan teknik baru mengubah sistem pembagian kerja pada masyarakat Dani. Sebelumnya, bertani adalah tugas wanita tetapi sekarang juga melibatkan kaum pria. Begitu pula dengan teknik budidaya ubi jalar

dari monokultur kini dibudidayakan secara campuran dengan beragam tanaman perdagangan lainnya. Secara teori, hadirnya jenis tanaman baru seharusnya dapat meningkatkan perekonomian masyarakat lokal. Namun kenyataannya tidak demikian karena dominasi masyarakat pendatang dalam hal peralatan, benih dan pemasaran.

Ketahanan Pangan dan Prioritas Baru

Setelah goncangan badai El Niño tahun 1997-1998 yang menyebabkan kekeringan dan kebakaran di sebagian besar Asia Pasifik, ketahanan pangan menjadi isu penting bagi pemerintah dan LSM. Akibatnya, masyarakat asli Papua yang sudah terbiasa terisolasi harus mengadopsi strategi ketersediaan makanan. Ketahanan pangan ditanggapi secara berbeda oleh masyarakat yang hidup di dataran tinggi dan dataran rendah. Masyarakat di dataran tinggi seperti suku Dani, Yali, Nduga, Hupla, Kenyam dan lainnya hidup mengandalkan ubi jalar, sedangkan masyarakat di dataran rendah mengandalkan ekstraksi sagu, berkebun dan mengumpulkan hasil hutan.

Masyarakat dataran tinggi mengusahakan kebun terus-menerus untuk menjamin ketersediaan pangan sepanjang tahun. Mereka memiliki dua atau tiga kebun yang ditanami pada waktu yang berbeda. Karena itu, saat hasil dari kebun yang satu mengalami penurunan, mereka beralih ke kebun lainnya. Alasan inilah yang menyebabkan masalah kekurangan pangan jarang terjadi di dataran tinggi, kecuali selama bencana alam kekeringan dan serangan hama. Keragaman tanaman yang ditanam juga merupakan strategi lain untuk mengurangi risiko kekurangan pangan atau serangan parasit (jamur dan bakteri). Strategi lain yang dilakukan oleh masyarakat dataran tinggi adalah dengan hanya memanen ubi jalar berukuran besar, sementara yang berukuran kecil dibiarkan sampai tumbuh besar baru kemudian dipanen. Dalam hal ini, kebun dijadikan sebagai tempat penyimpanan makanan.

Polikultur atau sistem penanaman campuran juga dapat menjamin keamanan pangan dibandingkan sistem penanaman monokultur (Morren dan Hyndman 1987, Paiki 1996). Polikultur dapat mengurangi kerugian

EKOLOGI PAPUA

akibat panen yang buruk serta dapat meningkatkan keragaman dan kualitas hasilnya. Strategi inilah yang diterapkan oleh masyarakat dataran rendah yang menanam kebun mereka dengan berbagai tanaman seperti padi ladang, jagung, kacang tanah, ubi kayu, keladi/talas, uwi dan berbagai jenis sayuran serta buah-buahan.

Strategi lainnya yang dilakukan untuk meningkatkan ketahanan pangan adalah membudidayakan tanaman liar untuk kebutuhan pangan, seperti beberapa jenis pandan (*Pandanus conoideus*, *P. brosimus* dan *P. julianettii*). Tanaman ini dikumpulkan dari hutan dan dibudidayakan di kebun di dekat pemukiman. Penerapan dan pembentukan sistem pertanian baru yang sesuai dengan kondisi lingkungan Papua juga merupakan salah satu cara untuk menjamin ketahanan pangan. Perluasan lahan tanam (ekstensifikasi) pertanian yang dilakukan sebagai respon terhadap peningkatan penduduk dapat menyebabkan berbagai masalah yang terkait dengan kepemilikan tanah adat, ketersediaan lahan dan perubahan kondisi alam akibat konversi lahan hutan menjadi lahan pertanian.

Kesimpulan

Walaupun penelitian yang dilakukan masih terbatas, jelas bahwa cara bertani yang diterapkan di Papua sangat bervariasi, baik dalam hal pembukaan dan pengolahan lahan; keragaman tanaman (jenis, varietas, kultivar) yang dibudidayakan; teknik yang digunakan untuk masing-masing tanaman pada keadaan topografi lahan dan kehidupan sosial petani; cara petani mengatur tahapan budidaya (masa aktif dan masa bera); dan situasi masyarakat (terisolasi atau merupakan bagian dari ekonomi pasar). Pertanian di Papua dapat bertahan karena keragaman dan keluwesan petani dalam mengadopsi teknik bertani atau tanaman baru.

Masalah utama dalam pelestarian teknik pertanian tradisional adalah adanya ketidakseimbangan demografi antara masyarakat asli dan masyarakat pendatang. Masalah lahan merupakan salah satu masalah utama untuk pengembangan pertanian, karena status lahan tidak jelas dan sering hak lahan berada di tangan pemerintah daerah, perusahaan

SISTEM PERTANIAN

swasta dan masyarakat pendatang. Pertanian tradisional hanya berlangsung di daerah-daerah yang terisolasi.

Ancaman terbesar terjadi di kawasan hutan karena peningkatan jumlah penduduk menyebabkan semakin banyak lahan hutan yang diubah menjadi lahan pertanian dan perkebunan. Dinamika pertanian di Papua yang terkait dengan pembangunan lahan serta hak kepemilikan lahan oleh masyarakat adat harus diperjelas.

6.5. Pola Pemanfaatan Komersial Sumber Daya Alam*

Ikhtisar Kondisi Sosial ekonomi

Menurut perhitungan peta tutupan hutan yang dilakukan oleh Forest Watch Indonesia (FWI), Badan Planologi Kehutanan (BAPLAN) dan Conservation International (CI) pada tahun 2002 (Forest Watch Indonesia 2002), 72,50% (30,07 juta ha) daratan di Papua merupakan hutan. Tingkat pertumbuhan penduduk menurun dalam periode 1991-2000 dari 3,86% pada tahun 1990 menjadi 2,50% pada tahun 2000. Menurut BPS, jumlah penduduk di Papua mencapai 2.219.500 orang pada tahun 2000; lebih dari 70% tinggal di perdesaan (BPS 2000).

Produk Domestik Bruto

Produk Domestik Bruto (PDB) Papua meningkat dalam periode 1993-2002. PDB didefinisikan sebagai total nilai tambah (produk dan jasa) yang diciptakan sektor ekonomi sebagai hasil dari kegiatan unit produksi (Badan Perencanaan dan Pengendalian Pembangunan Daerah (BP3D) dan BPS Papua 2002). Pada tahun 2002, PDB Papua mencapai hampir Rp 9 triliun menurut harga konstan dan lebih dari Rp 23 triliun menurut harga yang berlaku. Sektor-sektor pertambangan, gas, minyak dan galian tambang menyumbangkan PDB terbesar dalam periode tersebut. Tanpa pertambangan, PDB Papua secara total pada tahun 2002 hanya sebesar Rp 10,8 triliun, menurut harga yang berlaku. Pada tahun 2002, PDB total sedikit menurun dari Rp 24 triliun menjadi Rp 23 triliun akibat penurunan harga konsentrat tembaga. Penting juga disebutkan bahwa saat krisis ekonomi melanda Indonesia, PDB Papua melejit dari

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Patterns of Commercial and Industrial Resource Use in Papua", Dessy Anggraeni.

POLA PEMANFAATAN KOMERSIAL SUMBER DAYA ALAM

di bawah Rp 10 triliun pada tahun 1997 menjadi lebih dari Rp 19 triliun pada tahun 1998, karena adanya peningkatan nilai total pertambangan sebesar 38% pada tahun tersebut dan peningkatan pertumbuhan di Papua sebesar 13% (BP3D dan BPS Papua 2002). Pendapatan per kapita rata-rata (dihitung dari PDB total menurut harga berlaku dibagi dengan jumlah penduduk pada tengah tahun) menurut harga dasar pada tahun 2002 adalah sekitar Rp 9,67 juta (termasuk pertambangan), yang merupakan pendapatan per kapita keempat terbesar di Indonesia setelah Provinsi Kalimantan Timur, DKI Jakarta dan Riau. Namun pada kenyataannya, penduduk lokal di Papua belum menikmati tingkat pendapatan karena sebagian besarnya dimiliki oleh satu dari perusahaan tambang, yaitu PT Freeport Indonesia. Tanpa pertambangan, rata-rata pendapatan per kapita menurut harga pada tahun 2002 adalah sekitar Rp 4,53 juta, yang lebih rendah dari pendapatan per kapita jika pendapatan sektor pertambangan ikut dihitung (BP3D dan BPS Papua 2002).

Namun, pendapatan rata-rata tersebut menyembunyikan kesenjangan yang besar antarkabupaten di Papua. Misalnya, pada tahun 2002, Kab. Mimika sebagai pusat pertambangan dengan penduduk 45.750 orang memiliki pendapatan per kapita rata-rata sebesar Rp 76,8 juta, sedangkan Kab. Jayawijaya yang terletak di perbukitan, terisolasi dan berpenduduk padat sekitar 472.800 orang hanya berpendapatan sekitar Rp 500 ribu (Mollet 2001).

Ekspor

Nilai ekspor total dari Provinsi Papua pada tahun 2002 mencapai sekitar US\$ 1,7 miliar, sedikit turun dari nilai ekspor pada tahun 1998 yaitu sebesar US\$ 1,9 miliar. Sebagian besar pasar ekspor untuk Papua adalah di Asia terutama Jepang, Korea Selatan dan Filipina. Produk pertambangan (misalnya konsentrat tembaga) menyumbangkan bagian terbesar nilai ekspor (US\$ 1,439 miliar atau lebih dari 84% nilai ekspor total), diikuti oleh kayu lapis (US\$ 70 juta atau 4% dari nilai ekspor total), ikan beku (US\$ 67 juta), gas dan minyak mentah (US\$ 54,9 juta) dan udang beku (US\$ 52 juta) pada tahun 2002 (BPS Papua 2002).

Total Investasi Domestik dan Asing

Data dari Badan Promosi Investasi Daerah Provinsi Papua (2002) menunjukkan bahwa baik investasi domestik maupun asing meningkat secara signifikan selama periode antara tahun 1991 dan 2002 (investasi domestik dan asing secara total masing-masing meningkat sebesar Rp 18,43 triliun dan US\$ 43,83 miliar selama periode tersebut). Investasi domestik meningkat dari Rp 477 miliar pada tahun 1991 menjadi Rp 3,729 triliun pada tahun 2002, sementara investasi asing meningkat dari US\$ 955.769 di tahun 1991 menjadi US\$ 6,57 miliar pada tahun 2002.

Pada tahun 1999, lebih dari 86% investasi asing dialokasikan untuk sektor pertambangan, sedangkan sisanya untuk berbagai sektor jasa (7,5%) dan pengembangan industri kayu (3%). Proporsi ini berubah pada tahun 2002, saat investasi asing di sektor pertambangan menurun menjadi 70% (meskipun nilai investasi riilnya masih cukup tinggi yaitu US\$ 4,6 miliar) dan investasi di sektor jasa meningkat menjadi 21% (dari hanya sekitar US\$ 389 juta di tahun 1999 menjadi 1,4 miliar). Sektor jasa mencakup konstruksi dan infrastruktur, jasa pemasaran, telekomunikasi, logistik dan jasa-jasa lainnya yang terkait dengan sektor pertambangan. Pada tahun 1999, investasi domestik mencakup bidang usaha: industri kayu (26%), perkebunan (25%), pembangunan kehutanan (21%), jasa-jasa (8,5%), perikanan (8,5%) dan pengembangan hotel dan pariwisata (7,5%). Proporsi ini juga berubah pada tahun 2002, saat investasi domestik untuk industri berbasis kayu menurun menjadi 12%, sedangkan investasi di sektor perikanan meningkat menjadi 26%.

Jumlah Pekerja per Sektor

Meskipun pertambangan menyumbang porsi terbesar dari PDB total di Papua, sebagian besar penduduk di Papua merupakan bagian dari sektor pertanian yang mencakup budidaya tanaman pangan, perkebunan komersial, peternakan, kehutanan dan perikanan. Jumlah penduduk yang bekerja di sektor pertanian diperkirakan mencapai 768.774 orang, atau sekitar 77,3% tenaga kerja di Papua.

Infrastruktur

Saat ini terdapat dua jaringan jalan utama di Papua yaitu jalan melalui jajaran pegunungan tengah (Jayapura-Wamena-Enarotali-Nabire) dan jalan yang melalui wilayah bagian barat (Sorong-Manokwari). Kepadatan jalan (rasio panjang jalan terhadap luas wilayah) Papua merupakan salah satu yang terendah di Indonesia (0,04 km/km²), jauh di bawah rata-rata kepadatan jalan di tingkat nasional (0,17 km/km²). Arus lalu lintas yang tinggi hanya di perkotaan, terutama Jayapura, namun intensitas lalu lintas di tempat lain masih sangat rendah. Dalam hal transportasi laut, Papua memiliki 11 pelabuhan nasional (Biak, Bintuni, Fakfak, Kaimana, Manokwari, Merauke, Nabire, Pomako, Sarmi, Teminabuan dan Wasior) dan dua pelabuhan udara (Jayapura and Sorong). Transportasi udara termasuk komponen yang penting dalam sistem transportasi regional dan menawarkan akses ke wilayah yang terpencil. Bandara utama di Papua terletak di Jayapura dan Biak, yang didukung oleh banyak bandara kecil yang tersebar di berbagai wilayah (BP3D Provinsi Papua 2004).

Pola Pemanfaatan Sumber Daya Secara Komersial **Pertambangan**

Papua kaya akan mineral, minyak dan gas alam. Papua terletak di wilayah “*Ring of Fire*”, yaitu pertemuan antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik, sehingga Papua merupakan salah satu zona terkaya akan mineral di dunia (Dwiyana 2001). Ada dua jenis aktivitas pertambangan di Papua yaitu pertambangan rakyat dan pertambangan skala besar.

Pertambangan Rakyat

Kegiatan pertambangan emas rakyat mulai berkembang pada awal tahun 1990-an dan berlangsung di empat wilayah dengan ijin dari Menteri Pertambangan dan Energi. Keempat lokasi tersebut adalah Kec. Web, Kec. Uwapa, Kab. Topo dan Kec. Senggi (Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Papua 2000). Kecamatan Web di Kab. Jayapura

EKOLOGI PAPUA

mencakup sungai-sungai di tiga desa dengan total wilayah pertambangan seluas 385 ha. Kecamatan Uwapa di Kab. Nabire merupakan wilayah pertambangan emas terbesar, yang mempekerjakan sekitar 12.000 orang, yang mencakup daerah S. Buaya (2.870 ha), Sowasowa (6.175 ha), Adai (4.365 ha) dan Matao (4.620 ha). Dua wilayah lainnya adalah Kab. Topo, Nabire, yang mencakup sungai-sungai kecil percabangan dari sungai-sungai besar yang disebutkan sebelumnya dan Kec. Senggi di Sentani Timur dan Barat, Kab. Jayapura yang mencakup sungai-sungai Pas, Pis, Maru dan Ukopulo.

Pertambangan Skala Besar di Bawah Kontrak Kerja (KK)

Dalam UU No. 11/1967 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Pertambangan, Pemerintah Indonesia membuka kesempatan penanaman modal asing di bidang pertambangan di bawah perjanjian Kontrak Kerja (KK). PT Freeport Indonesia merupakan satu-satunya perusahaan di Papua yang memproduksi menurut UU tersebut. Perusahaan pertambangan lainnya masih dalam proses eksplorasi, termasuk PT Nusamba Duta, PT Siriwo Mining dan PT Iriani Mutiara Idenburg (eksplorasi emas); PT Cyprus Amax Iriani (eksplorasi emas, tembaga dan logam); PT Gag Nikel dan PT Iriani Mutiara Mining (eksplorasi nikel); PT Ingold Antares (eksplorasi emas dan logam); PT Iriani Sentani (eksplorasi emas dan nikel); PT Persada Pertama Mulia (eksplorasi batubara); PT Karunia Pola Daya Bumi dan PT Kumamba Mining (eksplorasi pasir mineral); serta PT Mineralindo Mas Salawati dan PT Nabire Bakti Mining (eksplorasi emas dan tembaga).

Berdasarkan data dari *Jaringan Advokasi Tambang* (JATAM 2001), total luas wilayah yang disetujui untuk pertambangan rakyat dan yang dikontrakkan untuk pengkajian, eksplorasi dan produksi pertambangan komersial adalah sekitar 11 juta ha, sebagian besar di bagian utara Papua, yang mencakup sekitar 25% wilayah total provinsi.

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, PT Freeport Indonesia (PT FI) merupakan satu-satunya perusahaan pertambangan yang sukses di Papua. Setelah kandungan logam mulia di Ertsberg menurun, PT FI

POLA PEMANFAATAN KOMERSIAL SUMBER DAYA ALAM

pindah ke daerah Grasberg pada tahun 1988 dan menginvestasikan US\$ 4 miliar, yang bersumber dari mitra investasi yang berasal dari 23 negara (Marsh 1997, dikutip dari Dwiyana 2001). PT FI langsung mempekerjakan 7.800 orang dan sekitar 1.600 tenaga kontrak. Dari jumlah ini, sekitar 2.500 atau 27% adalah orang Papua (Freeport-McMoRan Copper and Gold, Inc. atau FCX 2003). Kontrak Kerja awal antara PT FI dan Pemerintah Indonesia dilakukan pada tahun 1967 dan diganti dengan kontrak kerja baru pada tahun 1991, yang mencakup wilayah pertambangan seluas 26.150 km². Pada tahun 1997, pemerintah Indonesia mengubah izin yang telah diberikan kepada PT FI dan wilayah yang ditetapkan untuk pertambangan menurun menjadi 12.997 km² (Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Papua 2000). Kontrak Kerja awal semula akan berakhir pada tahun 2021, namun dapat diperpanjang dua kali 10 tahun lagi bergantung pada persetujuan Pemerintah Indonesia. Pada tahun 1996, PT FI membentuk usaha patungan dengan Rio Tinto PLC, sebuah perusahaan pertambangan internasional yang berpusat di London, Inggris. Usaha patungan mencakup penambangan di Blok A dan memberikan Rio Tinto, sampai dengan tahun 2021, 40% bunga dari produksi di Blok A (FCX 2003).

Kawasan Grasberg mengandung deposit emas terbesar di dunia dan deposit tembaga ke dua terbesar, semua berada dalam satu sumber. Dalam aspek sumber daya mineral, pada akhir tahun 2003-, kawasan Grasberg masih mengandung sumber daya mineral yang sudah terbukti dan potensi sebesar 54,4 miliar pon (sekitar 24,7 miliar kg) tembaga dan 60,4 juta ons (lebih dari 1,7 juta kg) emas. Menurut FCX (2003), cadangan tambang yang diidentifikasi sejak tahun 2003 akan memungkinkan mereka untuk menambang selama beberapa dekade ke depan. Cadangan tambang yang diidentifikasi PT FI mencerminkan perkiraan sumber daya yang dapat ditambang sebelum akhir tahun 2041 (akhir masa perpanjangan dua kali 10 tahun).

Produksi tambang rata-rata adalah 203.000 metrik ton (MT) logam mulia per hari pada tahun 2003, yang lebih rendah daripada produksi rata-rata tahun sebelumnya (sekitar 230.000 MT/hari). Tingkat produksi yang lebih rendah selama tahun 2003 menunjukkan dampak lubang tambang

yang longsor dan aliran limbah dan upaya pembersihan. Namun, perlu disebutkan juga bahwa produksi PT FI di *Deep Ore Zone* (DOZ) atau tambang bawah tanah hampir dua kali lipat pada tahun 2003 daripada tahun sebelumnya, dengan rata-rata sekitar 40.500 MT logam mulia per hari. DOZ terus menghasilkan di atas kapasitas terpasang sebesar 35.000 MT logam mulia per hari, atau 1,08% tembaga per MT logam mulia, 0,98 gram emas per MT logam mulia dan 3,72 gram perak per MT logam mulia. PT FI saat ini sedang menyelesaikan pengkajian untuk meningkatkan kapasitas DOZ menjadi 50.000 MT logam mulia per hari, yang akan menjadikannya salah satu penambangan bawah tanah terbesar di dunia (FCX 2003). Sekitar setengah dari produksi konsentrat PT FI dijual ke usaha peleburan yang menjadi mitranya, seperti Atlantic Copper (PT FI memiliki seluruh saham di fasilitas peleburan dan pemurnian di Huelva, Spanyol) dan PT Smelting (PT FI memiliki 25% saham di fasilitas peleburan di Gresik, Jawa Timur, Indonesia); sisanya dijual ke pembeli lainnya (FCX 2001).

Sejak penemuan tambang Grasberg pada tahun 1988, kawasan ini sudah menghasilkan sekitar 16,6 miliar pon (sekitar 7,5 miliar kg) tembaga dan 25,8 juta ons (lebih dari 0,7 juta kg) emas. Produksi emas, tembaga dan perak dari PT FI berfluktuasi antara tahun 1996 dan 2003. Produksi tembaga meningkat dari 36 miliar pon (lebih dari 16,3 miliar kg) menjadi 40 miliar pon (lebih dari 18,1 miliar kg), sementara produksi emas menurun dari 47,4 juta ons (lebih dari 1,34 juta kg) menjadi 46,6 juta ons (sekitar 1,32 juta kg). Produksi perak meningkat dari 100 juta ons (lebih dari 2,8 juta kg) menjadi 117 juta ons (lebih dari 3,3 juta kg) per tahun.

Meskipun menyerap kurang dari 1% tenaga kerja, sektor pertambangan menyumbang bagian terbesar dari PDB total di Papua, yaitu sebesar 60%, suatu peningkatan dari 50% pada tahun-tahun sebelumnya. Hal ini sedikit berubah pada tahun 2002, ketika sumbangan sektor pertambangan menurun menjadi 54%, hampir sama dengan tingkat pada saat krisis ekonomi mendera Indonesia tahun 1998, saat rata-rata sumbangan sektor pertambangan sekitar 50%.

POLA PEMANFAATAN KOMERSIAL SUMBER DAYA ALAM

Selama periode tahun 1995 dan 2000, keuntungan langsung yang diberikan PT FI kepada Pemerintah Indonesia adalah sebesar US\$ 1,28 miliar, yang mencakup dividen, royalti, pajak dan retribusi, sementara keuntungan tidak langsung sebesar US\$ 4,34 miliar, yang mencakup upah/gaji, pengadaan barang dan jasa lokal, pembangunan daerah, serta sumbangan amal dan investasi. Sumbangan keuntungan dari PT FI kepada Pemerintah Indonesia menurun antara tahun 1995 dan 2000, yaitu dari US\$ 1,27 miliar (1995) menjadi US\$ 643 juta (FCX 2000) pada tahun 2000. Alasan utamanya terkait dengan penurunan harga emas dan tembaga di Indonesia, dari US\$ 322/ons pada tahun 1995 menjadi US\$ 276/ons pada tahun 1999 untuk emas dan dari US\$ 2.459/ton pada tahun 1995 menjadi US\$ 1.336/ton pada tahun 1999 untuk tembaga, meskipun harga tembaga meningkat dari US\$ 1.971/ton pada tahun 1996 menjadi US\$ 2.101/ton pada tahun 1997 (World Bank 2001).

Gas dan Minyak Bumi

Minyak bumi merupakan produk pertambangan utama Papua, dari sumur-sumur minyak di sekitar Sorong, Salawati dan Teluk Bintuni. Perusahaan produksi gas dan minyak bumi pertama di Papua adalah Pertamina (Operation EP Sorong) yang mencakup wilayah seluas 150 km² di Klamono, Salawati Blok 01X dan Wiriagar sejak 1964. Pencarian sumber-sumber baru terus dilanjutkan

Tabel 6.5.1. Produksi of tambang per hari, 2000-2003 (metrik ton logam mulia per hari)

Sumber	2000	2001	2002	2003
Tambang Grasberg	201.150	211.400	194.500	155.700
Tambang bawah tanah (DOZ)	3.000	5.500	21.800	40.500
Zona penambangan bawah tanah tengah	19.350	20.900	19.300	6.800
Total produksi	223.500	237.800	235.600	203.000

Sumber: Freeport-McMoRan Copper and Gold, Inc., 2003.

EKOLOGI PAPUA

Pada tahun 1998 sumber gas alam baru ditemukan di Wiriagar-Bintuni. Ladang gas alam baru ini disebut “Tangguh”. Eksplorasi Proyek LNG Tangguh di Teluk Bintuni (suatu proyek kerjasama grup minyak terbesar ke tiga di dunia, BP PLC dan BUMN Indonesia-Pertamina) menunjukkan ketersediaan gas alam cair di teluk tersebut baru habis dalam 15 sampai 20 tahun, dengan ketersediaan mencapai 3 juta ton per tahun. Pembangunan kilang oleh BP direncanakan selesai tahun 2006. Proyek ini akan menyumbangkan tambahan pendapatan yang besar bagi pemerintah pusat, yaitu sekitar US\$ 3 miliar per tahun (Daurueng 2002).

Sektor minyak dan gas bumi telah menyumbangkan pendapatan yang besar bagi pemerintah pusat dan provinsi. PDB total dari sektor minyak dan gas bumi terbilang stabil pada kisaran Rp 300 miliar sampai tahun 1997; dan meningkat drastis pada tahun 1998, atau mencapai Rp 824 miliar. Sumbangan PDB tersebut menurun cukup besar pada tahun 1999 menjadi Rp 577 miliar karena penurunan produksi gas dan minyak bumi menjadi 1.834.085 barel pada tahun 1999 jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya, yaitu rata-rata 7.792.832 barel (Dwiyana 2001).

Gas dan minyak bumi sudah menyumbangkan 3,37% sampai 5,54% dari PDB total selama beberapa tahun terakhir. Gas dan minyak bumi menyumbangkan 3,12% nilai ekspor total, yaitu hampir US\$ 55 juta pada tahun 2002 (dari 1,35 juta barel minyak bumi dan 341.000 barel minyak residual).

Pertanian: Tanaman Pangan, Perkebunan dan Peternakan

Sumbangan sektor pertanian dalam PDB total Papua meningkat dari tahun ke tahun, dan pada tahun 2002 sumbangan PDBnya mencapai 8,8%, atau sekitar Rp 2,1 triliun menurut harga berlaku. Di antara subsektor pertanian, budidaya tanaman pangan menyumbangkan bagian PDB terbesar (72%). Komoditas pertanian di Papua mencakup beras, jagung, ketela pohon, kentang, kedelai, kacang tanah, sayur-mayur dan buah-buahan. Bahan pangan olahan sederhana juga dicakup dalam sektor ini, seperti dari sagu dan ketan. Komoditas peternakan mencakup

POLA PEMANFAATAN KOMERSIAL SUMBER DAYA ALAM

ayam, babi dan sapi, sedangkan komoditas perkebunan meliputi kelapa, pala, kakao, kelapa sawit, cengkeh, kopi, karet dan kacang mede.

Perkebunan biasanya terdiri dari perkebunan skala kecil (rakyat) dan perkebunan skala besar (swasta/BUMN). Menurut teori, perkebunan skala besar seharusnya membantu perkebunan skala kecil (dimiliki oleh masyarakat setempat) dan berperan mengenalkan teknologi bagi masyarakat setempat (Dinas Perkebunan Provinsi Papua 1999a).

Pada tahun 1998, luas lahan perkebunan adalah 128.183 ha, termasuk perkebunan skala kecil (97.159 ha), perkebunan milik pemerintah (31.024 ha) dan perkebunan swasta (18.270 ha). Ijin penggunaan lahan untuk perkebunan secara keseluruhan mencapai 1,2 juta ha. Menurut Dinas Perkebunan Provinsi Papua (1999a), lahan potensial untuk pengembangan perkebunan di Papua adalah sekitar 6.115.443 ha, yang berarti pengembangan perkebunan sampai tahun 1998 hanya merupakan 2% dari potensi lahan yang ada. Dinas Perkebunan Provinsi Papua (1999b) menengarai penyebab lambatnya perkembangan perkebunan di Papua terkait dengan kondisi geografi yang sulit, termasuk daerah pegunungan dan terpencil, kurangnya infrastruktur transportasi dan sarana pendukung lainnya, kurangnya ketrampilan sumber daya manusia (petani), kurangnya pelatihan untuk pengembangan pertanian, keterbatasan data yang akurat yang dapat digunakan untuk perencanaan pengembangan perkebunan dan kurangnya fasilitas pemberantasan hama.

Dua tipe perkebunan skala besar komersial mencakup perkebunan BUMN dan swasta. Satu-satunya BUMN di Papua, PTP Nusantara II, beroperasi di dua kabupaten, Jayapura dan Manokwari. Sebaliknya, paling sedikit ada enam perusahaan swasta perkebunan yang beroperasi di Papua: PT Cockran, PT Nusa Irian Jaya Indah dan PT Varita Maju Utama di Manokwari; PT Adi Jaya Mulia di Fakfak; CV Jaya Abadi di Merauke; dan PT Sinar Mas Group di Jayapura/Lereh. Perkebunan swasta skala besar di Papua tumbuh cukup pesat antara tahun 1993-1998, khususnya antara tahun 1995 dan 1996, saat pertumbuhan mencapai lebih dari 165% (dari 12.668 ha menjadi 33.600 ha). Selama periode

EKOLOGI PAPUA

tersebut (1993-1998), rata-rata pertumbuhan perkebunan swasta adalah sekitar 8.200 ha/tahun. Lahan untuk perkebunan ini umumnya berasal dari lahan konversi yang diperoleh melalui Ijin Pemungutan Kayu (IPK).

Sampai dengan tahun 1998, luas perkebunan skala besar adalah sekitar 49.286 ha, dengan perkebunan kelapa sawit mencakup 41.284 ha, atau hampir 84% dari seluruh luas perkebunan swasta di Papua. Produksi kelapa sawit menyumbang 82% dari semua produksi tanaman komersial di Papua, diikuti oleh kelapa 11% dan kakao 6% (BPS 1997). Perkebunan skala kecil berbeda sekali, di mana perkebunan kelapa mencakup wilayah terluas yaitu 33% (32.181 ha) dari luas total perkebunan rakyat, diikuti oleh kakao 23% (22.995 ha), kelapa sawit 19% (17.533 ha), kacang mede 7% (7.016 ha), pala 6% (5.430 ha), kopi 5% (5.065 ha) dan karet 4% atau 3.750 ha (Dinas Perkebunan Provinsi Papua 1999).

Kabupaten Merauke memiliki potensi terbesar untuk pengembangan perkebunan, dengan luas lahan mencakup 44% dari lahan potensial untuk pengembangan perkebunan di Papua, diikuti oleh Manokwari 16%, Jayapura 13%, Sorong 11% dan Fakfak 3% (Dinas Perkebunan Provinsi Papua 1999b). Dalam hal lapangan kerja, sektor perkebunan mempekerjakan 150.686 penduduk Papua atau hampir 20% dari tenaga kerja di Papua.

Pemerintah provinsi Papua merencanakan untuk meningkatkan produksi komoditas perkebunan dalam rangka meningkatkan sumbangan sektor perkebunan kepada perekonomian setempat (dengan laju pertumbuhan 4.2% per tahun). Pemerintah provinsi Papua sudah berusaha meningkatkan produksi kakao sebesar 7% per tahun, kelapa sebesar 5% per tahun dan kelapa sawit sebesar 15% per tahun.

Kehutanan

Menurut SK Menteri Kehutanan (2001), sekitar 42 juta ha wilayah Papua merupakan hutan. Lebih dari 52% luas ini telah ditetapkan sebagai hutan tanaman produksi, yang mencakup 2 juta ha untuk perusahaan hutan

POLA PEMANFAATAN KOMERSIAL SUMBER DAYA ALAM

terbatas, 10 juta ha untuk perusahaan hutan permanen dan 10 juta ha untuk hutan konversi (Dinas Kehutanan Provinsi Papua 2001).

Produksi kayu dari hutan Papua mencapai sekitar 25-40 m³/ha, dengan diameter antara 20 dan 49 cm. Volume pohon yang dipanen bervariasi antara 16 dan 42 pohon/ha (UNCEN 1999). Kayu dari hutan Papua didominasi oleh *merbau* (*Intsia* spp.), *matoa* (*Pometia* spp.) dan kayu dari berbagai jenis lainnya (Dinas Kehutanan Provinsi Papua 2001). Pada tahun 1984, Hak Pengusahaan Hutan (HPH) dibuka di Papua dengan PT You Lim Sari menjadi penerima HPH pertama dengan luas lahan 367.000 ha di Jayapura. Pada bulan Maret 2003, jumlah HPH meningkat menjadi 56 (dengan total luas lahan lebih dari 12 juta ha) yang diatur dengan SK Menteri dan sebanyak 11 Industri yang memegang Izin Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan Kayu (IUPHHK) yang dikeluarkan Gubernur atau Bupati dan mencakup luas lahan 944.666 ha. Pada bulan Maret 2003 banyak HPH dan Hutan Tanaman Industri (HTI) belum mulai beroperasi, termasuk 35 HPH dengan total luas lahan sebesar 4.413.726 ha (Kayoi 2004). Data dari Dinas Kehutanan Provinsi Papua (2001) menunjukkan bahwa luas wilayah kerja setiap HPH bervariasi mulai dari 51.600 ha (PT Hanurata I) sampai 691.700 ha (PT Mamberamo Alas Mandiri).

Kabupaten Merauke, Jayapura dan Manokwari memiliki luas HPH terbesar di Papua, masing-masing mencakup 30%, 13% dan 12%. Ada beberapa faktor penyebab kondisi ini, seperti tingkat kemajuan dari kabupaten-kabupaten tersebut, ketersediaan lahan hutan yang datar dan ketersediaan sungai untuk pengangkutan kayu (Wurarah 2001).

Data Departemen Kehutanan dan Perkebunan (1999) dan Dinas Kehutanan Provinsi Papua (1999) menunjukkan bahwa 13 perusahaan swasta tertarik untuk menginvestasikan modal untuk pengembangan HTI dengan tujuan untuk menyediakan kayu untuk industri kertas dan pulp. Lokasi yang ditetapkan pada tahun 1998 adalah sekitar 3 juta ha, yaitu di Merauke, Yapen-Waropen, Fakfak dan Sorong. Sebagian besar dari lahan HTI berada di Merauke (2,7 juta ha), yang mencakup lebih dari 90% luas HTI yang diusulkan di Papua. Volume kayu potensial

EKOLOGI PAPUA

yang dihasilkan HTI adalah sekitar 150 m³/ha, dengan siklus sekitar 10 tahun. Tabel 6.5.2. menunjukkan daftar HTI yang ada di Papua pada tahun 1999.

Pengusahaan kayu menyumbangkan lebih dari 7% PDB total pada tahun 1994, namun menurun menjadi 4% pada tahun 2002 (BP3D dan BPS Provinsi Papua 2002). Sektor kehutanan mempekerjakan sekitar 1,2% (atau sekitar 21.835 orang) dari tenaga kerja. Namun, di beberapa kabupaten, termasuk Merauke, Mimika, Manokwari dan Yapen-Waropen, pengusahaan kayu menyumbangkan lebih dari 20% PDB total kabupaten pada tahun 1999 dan mungkin persentasenya lebih tinggi daripada serapan tenaga kerja di sektor kehutanan di kabupaten-kabupaten tersebut. Pentingnya sektor kehutanan juga tercermin dari sumbangannya untuk anggaran provinsi.

Di Papua, hutan produksi mencakup sekitar 22 juta ha, sekitar setengahnya ditetapkan sebagai konsesi pengusahaan hutan. Perbandingan dengan luas tutupan lahan dari RePPPProT (1986) dan penginderaan satelit pada tahun 1991 dan 1997 menunjukkan perubahan besar pada tutupan lahan selama periode 12 tahun. Pada tahun 1984, tutupan hutan adalah seluas 34.958.300 ha (atau sekitar 84,30% dari luas total wilayah), sedangkan pada tahun 1997 luas tutupan hutan adalah 33.548.021 ha (atau sekitar 82,30% dari luas total wilayah). Hal ini berarti bahwa penggundulan hutan selama periode tersebut mencapai sekitar 1.410.279 ha; setiap tahun Papua kehilangan hutannya lebih dari 100.000 ha (Kapisa 2004).

Rata-rata produksi kayu bulat di Papua antara tahun 1995 dan 2000 mencapai 1.701.543 m³ per tahun, hanya merupakan 38% dari target pemerintah, sehingga pada tahun 2003 pemerintah mengurangi target produksi kayu menjadi 2,7 juta m³ per tahun (Kayoi 2004). Data antara tahun 1995 dan 2000 menunjukkan penurunan produksi kayu bulat dari HPH, namun terjadi peningkatan dari IPK. Ada beberapa penyebab penurunan produksi kayu bulat di Papua, salah satunya yaitu turunnya jumlah HPH yang aktif (12 dari 54 pemegang HPH sudah tidak aktif pada tahun 2001).

POLA PEMANFAATAN KOMERSIAL SUMBER DAYA ALAM

Namun, perlu disebutkan bahwa meskipun produksi kayu bulat yang resmi tercatat menunjukkan penurunan, penebangan kayu ilegal terus meningkat. Data dari Pusat Informasi Kehutanan, Departemen Kehutanan (2003), menunjukkan bahwa sekitar 600.000 m³ kayu per bulan ditebang dan diselundupkan secara ilegal di Papua dan menyebabkan kehilangan pendapatan sebesar Rp 600.000 miliar per bulan atau Rp 7,2 triliun per tahun.

Tabel 6.5.2. Daftar Penetapan HTI di Papua pada tahun 1999

Perusahaan	Lokasi	Luas (ha)	Tahap Kegiatan
PT Maharani Rayon Jaya	Merauke	206.800	SK. Menhut No.5/ Kpts-II/1998
PT Okaba Rimba Makmur	Merauke	300.000	FS dan Amdal selesai
PT Eucalyptus Tanaman Lestari	Merauke	298.900	FS dan Amdal selesai
PT Permata Warna Timur Lestari	Merauke	300.000	Survey FS dan Amdal
PT Dafonsoro Digul Daya Usaha	Merauke	127.000	Tidak ada kelanjutan
PT Dammore Bayu Permai	Merauke	173.000	Persiapan pembatasan
PT Merauke Hutan Lestari	Merauke	372.500	Diproses
PT Mukti Artha Yoga	Merauke	158.930	Perubahan dari HPH menjadi HTI
PT Irma Sulindo	Yapen, Waropen, and Fakfak	199.628	
PT Kamundan Irjan Sakti	Merauke	216.000	
PT Wana Kerta Eka Lestari	Merauke	300.000	Konversi
PT Bangun Kayu Irian	Sorong	96.125	Survey FS dan Amdal
PT Mitra Jaya Group	Merauke	303.000	Konversi
Total		3.051.883	

Keterangan: FS = *Feasibility Study*; HPH = Hak Pengusahaan Hutan; HTI = Hutan Tanaman Industri

Sumber: Dinas Kehutanan Provinsi Papua (1999).

Pada Desember 2001, terdapat 47 pabrik pemrosesan kayu di Papua dengan total kapasitas pemrosesan mencapai 1.611.220 m³ per tahun dan total investasi sebesar Rp 903 miliar (US\$ 130 miliar). Karena

EKOLOGI PAPUA

kondisi krisis ekonomi tahun 1997, pemerintah mengeluarkan peraturan yang mengizinkan ekspor kayu bulat (SK. DG. Hutan Produksi 135/Kpts/IV-PPPH/98). Kayu bulat dan yang sudah diolah dari Papua sudah diekspor ke India, China, Hong Kong, Korea, Jepang, Filipina, Malaysia, Eropa dan Amerika Serikat. Volume ekspor kayu bulat dari Papua yang direkomendasikan pemerintah pusat selama periode 1997-2000 adalah 204.552 m³, namun realisasinya jauh lebih rendah yaitu 68.577 m³. Pada tahun 2001, pemerintah pusat melarang ekspor kayu bulat dari Indonesia.

Selain dari HPH, keberadaan Koperasi Peranserta Masyarakat (Kopermas) merupakan ancaman terhadap perlindungan hutan di Papua. Data untuk menunjukkan skala kegiatan Kopermas dan lokasi mereka beroperasi di Papua sulit sekali diketahui karena kesimpangsiuran peraturan. Saat ini, 120 Kopermas memiliki ijin penebangan kayu yang diberikan oleh Pemda di Papua (*Papua Post*, 18 November 2003). Satu Kopermas hanya dapat mengelola 1.000 ha, dengan target produksi sebesar 15.000 sampai 25.000 m³ per kopermas. Namun, pada tahun 2004, Pemda Papua menghentikan pemberian ijin penebangan hutan melalui Kopermas karena permasalahan pelaksanaannya, termasuk Kopermas tidak efektif dan tidak memiliki kapasitas yang cukup dan adanya potensi korupsi (*Cenderawasih Pos*, 14 Februari 2004).

Produk hutan selain kayu, seperti rotan, sagu, gaharu, kulit masoi, minyak bunga cengkeh, resin dan cendana, sudah menarik minat dalam beberapa tahun belakangan. Saat ini, produksi komoditas nonkayu mencapai 22.420 ton per tahun, yang dihasilkan oleh 55 perusahaan yang memiliki Ijin Pemungutan Hasil Hutan Bukan Kayu (IHHBK) (Kapisa 2004).

Selain komoditas nonkayu, pemerintah juga mengizinkan perdagangan binatang yang tidak dilindungi di Papua, termasuk burung, reptil, amfibi, serangga dan beberapa jenis mamali. Data dari Dinas Kehutanan Provinsi Papua (1998) menunjukkan skala perdagangan binatang yang cukup besar dari hutan Papua. Perdagangan burung dan reptil belakangan meningkat tajam, dengan volume melebihi batas kuota. Demikian juga dengan per-

POLA PEMANFAATAN KOMERSIAL SUMBER DAYA ALAM

tumbuhan perdagangan amfibi dan mamalia. Rusa dan wallabi diburu secara ekstensif di sekitar Merauke dan daging rusa kemudian diekspor melalui jalur udara dan laut ke wilayah lain di Papua dan ke provinsi lain. Burung seperti beo, kakatua dan cenderawasih diperangkap dan diekspor ke pasar-pasar burung di Jawa dan luar negeri.

Perdagangan buaya juga menyumbangkan pendapatan bagi masyarakat di Papua. Lima perusahaan besar menjalankan perdagangan buaya di Papua. Pada tahun 1998-1999, lima perusahaan ini menjual 11.593 kulit *Crocodylus novaeguineae* (buaya air tawar) dan 9.043 kulit *Crocodylus porosus* (buaya muara) dan menangkap 2.691 anak *Crocodylus novaeguineae* dan 42.599 anak *Crocodylus porosus* (Dinas Kehutanan Provinsi Papua 1998). Tabel 6.5.3 menunjukkan data skala perdagangan satwa dari kawasan hutan di Papua.

Tabel 6.5.3. Data perdagangan satwa yang tidak dilindungi dari Papua.

	1994/95		1995/96	1996/97	1997/98		1998/99		
	Kuota	Realisasi	Realisasi	Realisasi	Realisasi	Realisasi	Realisasi	Realisasi	
Kelompok	Ditangkap	Diangkut	Diangkut	Diangkut	Diangkut	Ditangkap	Diangkut	Ditangkap	Diangkut
Burung			4.835						
	55.890	14.787		4.794	5.233	1.975	1.775	66.734	16.065
Amfibi			390						
	63.400	27.007		400	405	450	450	61.800	24.152
Serangga	900	600						900	600
Reptili			2.253						
	33.855	10.243		2.305	4.346	1.375	1.330	33.925	11.682
Mamalia									
	875	376		104				675	210

Sumber: Dinas Kehutanan Provinsi Papua (1998).

Perikanan

Usaha perikanan komersial di Papua terus mengalami pertumbuhan, yaitu mencapai sekitar 8% per tahun selama periode antara 1993 dan 1997. Pada tahun 1997 hal ini tampak dari peningkatan jumlah nelayan (73.013 orang) dan perahu (25.977 buah) yang beroperasi di

perairan Papua (Dinas Perikanan Provinsi Papua 1998) dan perusahaan penangkapan ikan (62 unit) yang beroperasi di Papua, terutama di Sorong, Biak, Merauke, Manokwari, Serui dan Jayapura (BPID Papua 2001).

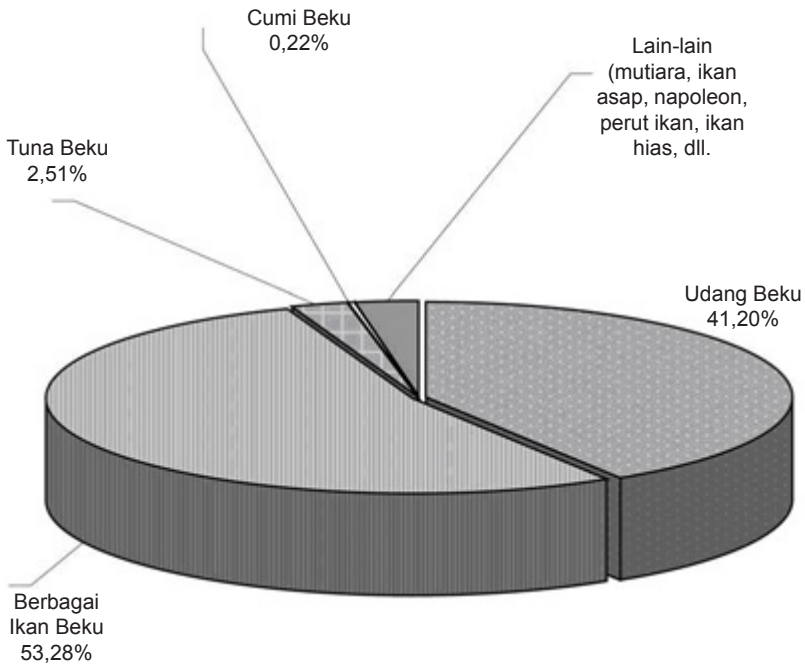
Sumbangan sektor perikanan pada PDB terus meningkat antara 1994 dan 2002. Pada tahun 2002, sektor perikanan menyumbang sekitar Rp 1,4 triliun (6,2%) PDB di Papua (BPS 2003), jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sumbangan sektor kehutanan.

Sebagian besar produk perikanan dari Papua diekspor. Pada tahun 1997, sebanyak 73.285 ton diekspor sedangkan hanya 6.097 ton (8% dari hasil ikan) dipasarkan di pasar domestik (Dinas Perikanan Provinsi Papua 1998). Nilai ekspor hasil perikanan diperkirakan lebih dari US\$ 82 juta pada tahun 1997, sedangkan nilai pemasaran hasil perikanan di pasar lokal hanya sekitar Rp 25 juta pada tahun yang sama. Ekspor hasil perikanan berfluktuasi antara tahun 1977 dan 1999, namun sudah meningkat tajam, nilainya mencapai US\$ 138 juta pada tahun 1999. Ekspor ikan kakap sangat dominan dari segi volume, sedangkan udang beku menyumbangkan nilai ekspor terbesar.

Peningkatan terbesar dari nilai ekspor di sektor perikanan terjadi pada tahun 1990 saat nilai ekspor tumbuh sebesar 43%. Hal ini sejalan dengan peningkatan volume ekspor pada tahun yang sama, saat volume ekspor produk perikanan meningkat sebesar 45%. Volume ekspor terus meningkat dan pada tahun 1999 yang mencapai titik tertinggi yaitu lebih dari 95.000 ton. Ikan (campuran) dan udang beku menyumbang 90% dari nilai ekspor hasil perikanan. Gambar 6.5.1 menunjukkan sumbangan produk perikanan terhadap nilai ekspor produk perikanan secara keseluruhan pada tahun 2002.

Dalam hal volume ekspor, ikan beku (campuran) menyumbangkan bagian terbesar dari volume total ekspor (lebih dari 70% antara tahun 1998 dan 2002; Dinas Perikanan Provinsi Papua 2002). Kabupaten Merauke menyumbangkan 35% dari total produksi sektor perikanan di Papua, diikuti oleh Kab. Sorong dengan proporsi lebih dari 27%, seperti ditunjukkan dalam Gambar 6.5.2.

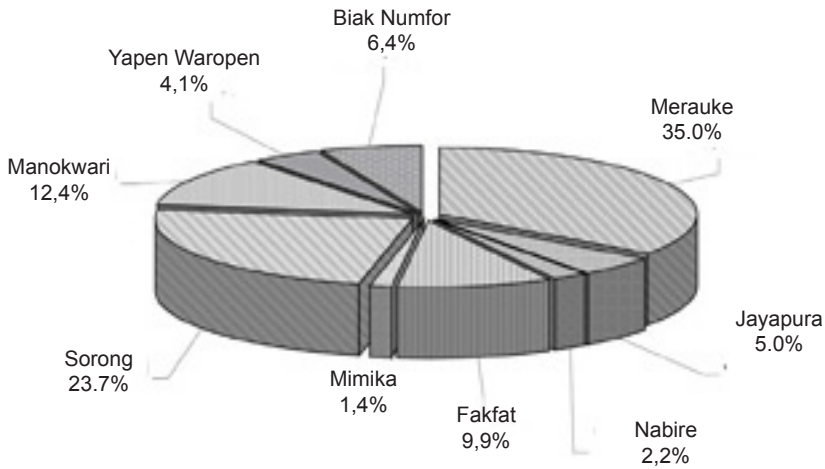
POLA PEMANFAATAN KOMERSIAL SUMBER DAYA ALAM



Gambar 6.5.1. Sumbangan berbagai produk perikanan terhadap nilai ekspor total sektor perikanan, tahun 2002.

Kajian yang dilakukan oleh Departemen Kelautan dan Perikanan dan LIPI (2001) di L. Arafura menunjukkan bahwa potensi tingkat tangkapan lestari di perairan ini pada tahun 2001 adalah sekitar 771.000 ton/tahun untuk semua jenis hasil perikanan (ikan pelagik, ikan demersal, ikan karang, udang, lobster dan cumi-cumi) sehingga jumlah tangkapan yang diperbolehkan diperkirakan 617.000 ton/tahun (80% dari potensi lestari). Produksi ikan total pada tahun tersebut (2001) hanya 263.000 ton, atau sekitar 34% dari potensi lestari dan 43% dari jumlah tangkapan yang diperbolehkan. Walaupun produksi ikan total di perairan ini masih jauh di bawah potensi lestari, tingkat pemanenan beberapa produk (ikan demersal, ikan karang, udang, lobster dan cumi-cumi) sudah melebihi potensinya.

EKOLOGI PAPUA



Gambar 6.5.2. Persentase produksi ikan per wilayah di Papua, 2002.

Selain penangkapan ikan untuk konsumsi, beberapa ikan hias juga ditangkap. Data dari Dinas Perikanan (1998) menunjukkan bahwa perdagangan ikan hias meningkat antara tahun 1993 dan 1997. Ikan Arwana (*Scleropages jardinii*) merupakan jenis ikan hias dari Papua terpenting dan ekspor ikan ini terus tumbuh di Papua. Ikan hias lainnya yang tersedia dari perairan Papua yaitu ikan pelangi, ikan sumpit, ikan petek, ikan kobra, ikan keli dan ikan gerot-gerot (Bab 5.5). Jumlah keseluruhan ikan hias yang diperdagangkan pada periode 1993-1997 adalah 1,1 juta ikan bernilai Rp 8,93 miliar. Arwana merupakan penyumbang terbesar (lebih dari 63%) ikan hias yang diperdagangkan di Papua

Kesimpulan

Papua memiliki sumber daya alam yang melimpah, seperti mineral, minyak bumi, gas bumi, hutan dan kekayaan laut. Pertambangan dan minyak bumi menyumbangkan PDB terbesar bagi Papua, sementara kayu, pertanian dan perikanan menyumbangkan sebagian kecil PDB, namun dari segi jumlah tetap penting. Perekonomian Papua terus tumbuh dan semua sektor diharapkan juga tumbuh di masa mendatang.

POLA PEMANFAATAN KOMERSIAL SUMBER DAYA ALAM

Kesejahteraan penduduk pedesaan di Papua akan sangat bergantung pada penggunaan pendapatan yang diperoleh pemerintah dari berbagai industri di pedesaan, untuk menyediakan layanan kesehatan, pendidikan dan pembangunan daerah yang berkelanjutan. Keberlanjutan dan perlindungan keanekaragaman hayati dan ekosistem yang luar biasa di Papua akan bergantung pada perencanaan menyeluruh yang dilakukan oleh berbagai instansi pemerintah yang memerhatikan pentingnya kelestarian sumber daya alam Papua untuk menjamin kesejahteraan masyarakat pedesaan di Papua dalam jangka panjang.

6.6. Aspek Ekonomi Sumber Daya Alam*

Papua merupakan satu dari beberapa bagian di dunia yang budaya tradisional dan hutan tropisnya relatif masih utuh. Namun sebagian besar hutannya terancam hilang akibat pembangunan dan penebangan kayu untuk menghasilkan pendapatan daerah, penyediaan lapangan kerja, serta peningkatan pendapatan dan kesempatan usaha bagi masyarakat.

Papua sebenarnya dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan mengurangi kemiskinan tanpa harus mengorbankan hutan karena sumber daya tambang dan gasnya melimpah. Papua dapat menggunakan pendapatan dari industri eksplorasi gas dan tambang untuk menciptakan manfaat yang lebih besar bagi penduduknya. Selain itu, biaya ekonomi untuk melindungi hutan di Papua juga rendah karena jumlah penduduk di sekitarnya rendah. Memang benar kebutuhan penduduk miskin di sekitar hutan yang dilindungi perlu dicukupi, tetapi investasi di daerah seperti ini memberikan sumbangan lebih kecil dalam hal pertumbuhan ekonomi, penyediaan lapangan kerja dan pengentasan kemiskinan daripada investasi pembangunan di daerah yang mudah dijangkau dan berpenduduk banyak. Karena itu, Papua memiliki kesempatan untuk memanfaatkan pendapatan dari minyak dan pertambangan untuk membiayai pembangunan daerahnya daripada melakukan eksploitasi sumber daya alam yang lebih merusak lingkungan.

Pemanfaatan sumber daya alam masih mendominasi kehidupan di Papua atau menyumbang sekitar 75% Produk Domestik Bruto (PDB) provinsi. Sekitar 60% PDB berasal dari tambang PT Freeport dan kontribusinya diperkirakan terus meningkat sampai berakhirnya masa kontrak

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Natural Resource Economics of Papua", James B. Cannon.

pada tahun 2041 (Freeport-McMoRan Copper and Gold, Inc. 2004). Satu sumber pendapatan baru yaitu proyek gas alam BP Tangguh, dengan cadangan 14,4 triliun kubik kaki dan potensi ekspor senilai sekitar US\$ 2 miliar (berdasarkan pendapatan dari total ekspor LNG nasional di tahun 2004, Kedubes AS Jakarta 2005). Sebagai perbandingan, total nilai ekspor produk lainnya dari Papua di tahun 2002 adalah senilai US\$ 1,7 miliar (Bab 6.5).

Eksplorasi sumber daya alam telah mendorong pertumbuhan PDB Papua rata-rata hampir 10% sejak tahun 1991, atau sekitar dua kali lipat dari tingkat pertumbuhan nasional. Rata-rata PDB per kapita di tahun 2002 adalah sekitar US\$ 1.000, yang di atas kertas menjadikan Papua sebagai provinsi keempat terkaya di Indonesia. Namun, data ini menyembunyikan kesenjangan yang besar. Daerah perkotaan di Papua merupakan salah satu dari beberapa daerah terkaya di Indonesia, sementara daerah pedesaannya merupakan yang termiskin di Indonesia (World Bank 2001a). Misalnya, Kab. Mimika dengan tambang Grasberg memiliki PDB per kapita sekitar US\$ 9.000, Kab. Jayawijaya yang lebih padat penduduknya hanya memiliki PDB per kapita sekitar US\$ 60 (Mollet 2001). Secara keseluruhan, lebih dari 40% penduduk Papua masih hidup dengan pendapatan kurang dari US\$ 1 sehari (Mollet 2001).

Kondisi kemiskinan seperti ini sulit dimengerti mengingat skala eksplorasi sumber daya alam yang ekstensif di Papua. Faktor-faktor penyebabnya mencakup pembagian keuntungan yang tidak merata dan besarnya keuntungan sumber daya alam yang dinikmati investor dan pekerja yang berasal dari luar Papua, daripada yang dinikmati penduduk lokal. Salah satu indikator tentang pendapatan yang dapat dinikmati oleh penduduk lokal yaitu Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB) Papua dan rasionya sekitar 40% dari PDB Papua (Sheng 2004). Sebagai perbandingan, rasio Produk Nasional Bruto (PNB) terhadap PDB Indonesia secara keseluruhan adalah sekitar 95% (di negara maju mendekati 100% atau lebih tinggi).

Papua sebenarnya mendapat bagian pendapatan yang lebih besar dari industri eksplorasi dan memiliki kewenangan yang lebih besar dalam

menentukan pengelolaan industri eksplorasi dan investasi kembali pendapatannya. UU No. 22/1999 dan UU No. 25/1999 yang menetapkan bahwa Pemerintah Daerah mendapatkan kewenangan yang lebih besar untuk mengelola keuangannya, termasuk dalam menetapkan alokasi anggaran dan belanja, serta pajak daerah (GTZ 2003). DPRD juga mendapat kewenangan yang lebih besar dalam mengawasi pengelolaan administrasi daerah (GTZ 2003). Selain itu, UU No. 21/2001 juga menetapkan status Otonomi Khusus bagi Papua sehingga provinsi ini memiliki kewenangan tambahan dan pembagian pendapatan yang lebih besar, yaitu sebesar 80% pendapatan total pemerintah dari sektor kehutanan, penangkapan ikan dan pertambangan umum dan 70% pendapatan dari komoditas minyak dan gas yang dihasilkan di Papua. Pemda Papua juga menerima Dana Alokasi Umum untuk mencukupi pengeluaran rutin dan Dana Alokasi Khusus untuk pendidikan dan kesehatan (Anggraeni 2005). Pendapatan total Pemda Papua meningkat secara signifikan setelah desentralisasi, yaitu hampir mendekati Rp 2 triliun di tahun 2002. Namun pemekaran provinsi dan kabupaten di Papua memberikan tantangan baru berupa pola pembagian pendapatan yang berimbang untuk Pemda baru.

Dapatkah sasaran pembangunan di Papua dicapai tanpa mengorbankan hutan? Pengalaman dari daerah lain yang kaya sumber energi dan mineral di dunia menunjukkan bahwa sasaran ini dapat dicapai meskipun banyak faktor ikut menentukan, termasuk menghindari investasi pembangunan yang membuka kawasan hutan yang tersisa (Wunder 2003).

Pendapatan dari sumber daya alam di Papua saling berkaitan dan sangat berpengaruh terhadap sektor-sektor lainnya. Peningkatan pendapatan dari sumber daya alam dapat mengurangi kebutuhan peningkatan pendapatan di sektor-sektor lainnya. Sektor-sektor juga saling terhubung melalui harga. Dalam konteks nasional, misalnya, peningkatan ekspor dari sektor minyak, gas dan pertambangan akan meningkatkan devisa, menguatkan mata uang nasional dan menurunkan daya saing dari produk ekspor di sektor lainnya. Kondisi ini juga dapat meningkatkan perlindungan hutan, sebagaimana terjadi di negara-negara yang

kaya minyak namun berpenduduk sedikit, yang kerusakan hutannya dapat ditekan karena peningkatan pendapatan dari minyak (Wunder 2003). Bagi Papua, peningkatan pendapatan dan kewenangan dalam menentukan kebijakan pembangunan, serta kekayaan gas dan mineral yang dimilikinya, seharusnya dapat mengurangi kebutuhan untuk menebang dan mengalihfungsikan hutan.

Penggunaan pendapatan sumber daya alam untuk investasi pembangunan yang tepat juga perlu didukung pertimbangan kewilayahan. Kajian-kajian tentang pola pembangunan di dunia menunjukkan bahwa kawasan tertentu lebih responsif untuk pembangunan dibandingkan dengan daerah lain. Misalnya, kawasan perkotaan dan pesisir dengan kepadatan penduduk yang tinggi merupakan kawasan yang menunjukkan kemajuan pembangunan yang paling cepat (Gallup dkk. 1999).

Dalam konteks Papua, upaya pembangunan mungkin memberikan hasil yang lebih besar jika difokuskan pada wilayah-wilayah yang paling berpotensi untuk mewujudkan sasaran-sasaran pembangunan ekonomi dan penurunan kemiskinan. Misalnya di wilayah-wilayah sentra pertanian, perkotaan dan pesisir. Memaksimalkan manfaat pembangunan di wilayah-wilayah seperti ini juga akan memaksimalkan perlindungan hutan dan menciptakan manfaat yang berimbang di tingkat makro, khususnya antara kepentingan ekonomi dan kepentingan lingkungan. Pada saat yang sama, upaya pembangunan di bidang kesehatan, pendidikan, transportasi publik bersubsidi dan pelayanan pemerintah lainnya harus diarahkan untuk memenuhi kebutuhan penduduk termiskin di wilayah-wilayah miskin yang berlokasi di pedesaan terpencil.

Aspek-aspek yang diuraikan di atas akan dibahas secara lebih terinci dalam bab ini. Fokus pembahasan mencakup analisis teknis di tingkat makro untuk mengidentifikasi kawasan hutan yang tersisa dan terancam keberadaannya di Papua, serta pilihan-pilihan upaya pembangunan yang biayanya terendah sehingga memungkinkan upaya perlindungan hutan dan pembangunan dapat berjalan seiring. Bab ini juga membahas sisi penggunaan sumber daya tambang dan gas di masa depan, serta pola

penggunaan pendapatan dari kedua komoditas tersebut untuk investasi pembangunan di Papua. Dalam pembahasan ini akan disinggung juga berbagai tantangan dalam pelaksanaan kebijakan yang tepat bagi Papua.

Identifikasi Isu-isu Ekonomi dan Lingkungan

Antara tahun 2001 dan 2002, Conservation International (CI), dengan dukungan USAID, melakukan proyek untuk mengintegrasikan informasi konservasi ke dalam perencanaan pembangunan dan meningkatkan kapasitas teknis dan pemahaman tentang isu-isu lingkungan dan pembangunan di tingkat provinsi. Proyek ini dirancang sebagai proses partisipasi, baik untuk meningkatkan kualitas maupun menguatkan kapasitas Pemda dan proses pengambilan keputusan. Papua merupakan prioritas karena memiliki keanekaragaman hayati dan status otonomi khusus.

Sebagai langkah pertama, CI mengadakan Kajian Cepat mengenai Konservasi dan Kondisi Perekonomian (*Rapid Assessment of Conservation and the Economy/RACE*) dan menyusun ikhtisar perekonomian dan isu-isu penting di Papua untuk meningkatkan pemahaman tentang kecenderungan, isu-isu dan interaksi pembangunan dengan lingkungan. Kalangan akademisi di Papua juga terlibat untuk menyiapkan laporan mengenai isu-isu yang dihadapi Papua, seperti pertambangan, minyak, gas (Dwiyana 2001); ekonomi di sektor kehutanan (Wurarah 2001); kebijakan kehutanan (Nugroho 2001); pengumpulan pendapatan kabupaten (Mollet 2001); proses pengambilan keputusan di tingkat provinsi (Sugiono 2002); kapasitas kelembagaan (Wiratno 2002); dan kondisi kehidupan masyarakat.

Berdasarkan hasil dari berbagai diskusi kelompok terfokus dalam lokakarya yang melibatkan kalangan akademisi, LSM dan Pemda di Papua, serta berbagai laporan mengenai isu-isu penting di Papua, kemudian disusun suatu kajian menyeluruh mengenai kecenderungan dan dampak pembangunan, serta peluang untuk konservasi dan pembangunan. Sebagai masukan dalam proses tersebut, CI juga menyusun analisis awal mengenai perekonomian secara menyeluruh (Sheng 2002)

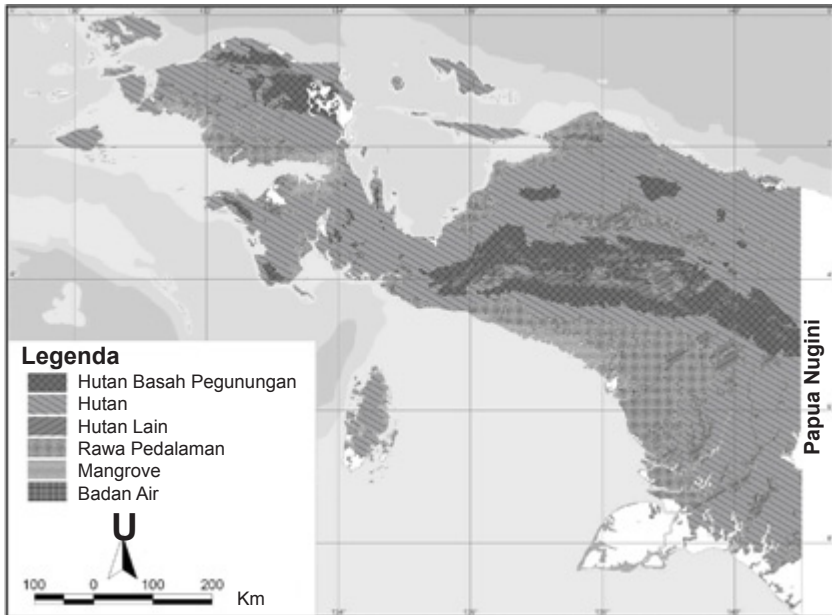
dan Center for International Forestry Research (CIFOR) menyiapkan analisis spasial yang menyeluruh (Mertens 2002a).

Peserta lokakarya mengidentifikasi isu-isu utama yang dihadapi Papua seperti kemiskinan dan kurangnya pelayanan kesehatan dan pendidikan, ketergantungan yang tinggi terhadap industri pertambangan, ancaman terhadap lingkungan hidup sebagai dampak industri pertambangan, serta rendahnya kapasitas dalam perencanaan dan pembangunan dan pengelolaan sumber daya alam. Selain itu juga diperlukan upaya tambahan dengan prioritas untuk mengembangkan sasaran dan ukuran pembangunan yang berkelanjutan, membandingkan berbagai pilihan pembangunan berskala besar dan menangani isu-isu terkait konflik penggunaan lahan dan pengelolaan sumber daya alam di wilayah yang dilindungi. Pelaksanaan kegiatan-kegiatan tersebut juga perlu didukung suatu mekanisme formal, yang juga dapat memfasilitasi dialog yang berkelanjutan di antara para pakar dari berbagai bidang dan berbagai lembaga. Lokakarya ini menghasilkan suatu forum yang permanen dalam bidang konservasi dan pembangunan (Sheng 2002), yang kemudian dinamai Forum untuk Konservasi dan Pembangunan di Tanah Papua (FKPTP). Pertemuan FKPTP pertama diselenggarakan pada bulan Maret 2005 (Conservation International 2005).

Bersamaan dengan peluncuran FKPTP, CI mendanai pakar-pakar dari *the Millennium Institute* (MI) di Washington, D.C., untuk mengembangkan model ekonomi makro dan melakukan analisis awal mengenai pilihan-pilihan pembangunan yang tersedia untuk Papua (Pedercini 2004). Model ini membandingkan indikator-indikator kunci di bidang ekonomi, sosial dan lingkungan hidup dan perubahannya sesuai dengan pola investasi publik dan swasta yang berbeda. Kajian yang dilakukan CIFOR dan MI sebagian besar didasarkan pada data dan analisis dari RACE yang dikerjakan oleh CI dan berbagai mitra di Papua. Kedua kajian ini membantu memberikan gambaran tentang arti dari pola pembangunan saat ini bagi perekonomian Papua, masyarakat dan hutan serta membandingkan berbagai alternatif pembangunan.

Analisis Spasial dari Sumber Daya Alam dan Infrastruktur

Analisis spasial yang dilaksanakan oleh CIFOR (Mertens 2002a) mencakup tipe vegetasi, klasifikasi lahan, dampak infrastruktur dan ancaman penebangan hutan dan kegiatan-kegiatan lainnya di Papua.



Gambar 6.6.2. Klasifikasi vegetasi di Papua.

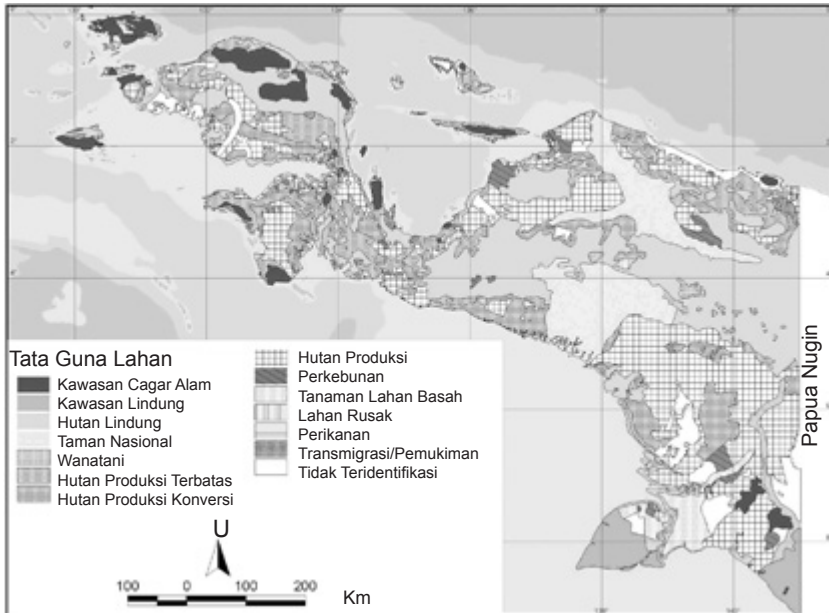
Sumber: Mertens (2002a).

Lima jenis hutan telah diidentifikasi di Papua: hutan pegunungan, hutan dataran rendah, hutan rawa, hutan mangrove/bakau dan hutan lain. Hutan pegunungan umumnya berada di daerah pegunungan utama, sementara hutan dataran rendah menutupi daerah sisanya, kecuali hutan mangrove yang terbatas di daerah pesisir dan hutan rawa yang luas di pesisir selatan (Gambar 6.6.2).

Penggunaan lahan dibagi menjadi tiga klasifikasi besar: hutan produksi, hutan lindung dan lainnya. Hutan produksi mencakup beberapa subklasifikasi, seperti jenis kegiatan penebangan hutan untuk jangka

ASPEK EKONOMI SUMBER DAYA ALAM

panjang dan juga hutan yang ditebang dan dialihfungsikan untuk tujuan lain. Hutan suaka mencakup berbagai cagar alam dan hutan konservasi seperti taman nasional dan juga hutan lindung untuk melindungi daerah aliran sungai (DAS). Kategori lain-lain mencakup hutan tanaman produksi, perkebunan, daerah transmigrasi dan jenis-jenis penggunaan lahan lainnya (Gambar 6.6.3).



Gambar 6.6.3. Klasifikasi tata guna lahan di Papua.

Sumber: Mertens (2002a).

Lebih dari 60% hutan di Papua diklasifikasikan sebagai hutan dataran rendah, sementara hutan rawa yang luas di bagian selatan mencakup 10% wilayah hutannya. Setengah dari hutan dataran rendah di Papua dikategorikan sebagai hutan produksi dan 37% merupakan hutan lindung. Lebih dari 90% dari hutan pegunungan di Papua dianggap sebagai hutan lindung. Sekitar 56% hutan di daerah selatan Papua merupakan hutan mangrove, namun hanya 19% masuk zona konservasi.

EKOLOGI PAPUA

Hutan produksi mencakup sekitar 44% dari total kawasan hutan. Hampir 70% hutan produksi merupakan hutan dataran rendah dan sisanya hutan rawa. Hutan lindung mencakup sekitar 46% dari total kawasan hutan. Hampir 50% kawasan hutan lindung merupakan hutan dataran rendah, sementara hutan pegunungan yang dilindungi mencapai 30%. Hutan rawa dan mangrove yang dilindungi masing-masing mencapai sekitar 6%.

Hutan pegunungan merupakan bagian besar dari hutan lindung karena hampir semuanya merupakan hutan untuk melindungi DAS. Hutan pegunungan lainnya di lereng pegunungan juga diklasifikasikan sebagai hutan lindung, yang mencakup 60% kawasan konservasi. Kawasan konservasi lainnya terdiri dari taman nasional dan cagar alam yang semuanya mencakup 17% total lahan di Papua.

Luas hutan produksi dalam beberapa tahun terakhir berubah sejalan dengan perubahan HPH menjadi IPK, penghentian IPK dan perubahan dalam pengelolaan hutan. Meskipun tidak ada data resmi yang tersedia, penebangan liar masih berlanjut di bawah IPK dan HPH. Perkiraan resmi terakhir untuk penebangan liar di Papua turun dari sekitar 600.000 m³ per bulan (Departemen Kehutanan 2003) menjadi 600.000 m³ per tahun (kom. pri. dengan Kepala Dinas Kehutanan Provinsi Papua yang mengatakan jumlah kayu yang ditebang secara legal juga hampir sama). Kajian yang lebih baik sangat dibutuhkan untuk memastikan volume penebangan liar yang sesungguhnya.

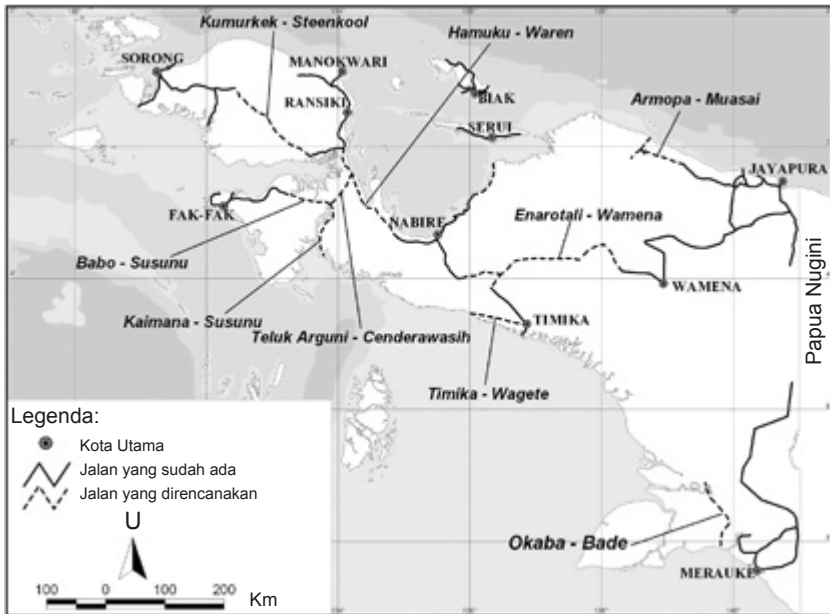
Penggunaan lahan sebagai sewa usaha pertambangan galian masih cukup luas di Papua, khususnya di pesisir utara jajaran pegunungan tengah. Beberapa juta hektar hutan juga dialihfungsikan menjadi perkebunan kelapa sawit dan kayu, namun luasnya masih terbatas (Bab 6.5).

Infrastruktur jalan telah diidentifikasi sebagai faktor penentu hilangnya hutan di berbagai kawasan di dunia. Jalan meningkatkan akses yang lebih luas ke daerah hutan dan menurunkan biaya pengangkutan bagi penebang kayu, petani dan perusahaan perkebunan. Dampaknya dapat meluas dengan adanya jalan-jalan yang dibangun para penebang dan pemasok lokal yang tersebar di sekitar hutan. Kajian tentang dampak

ASPEK EKONOMI SUMBER DAYA ALAM

jalan biasanya mempertimbangkan berbagai ukuran daerah penyangga dari 10 sampai 50 km atau lebih (Mertens 2002a).

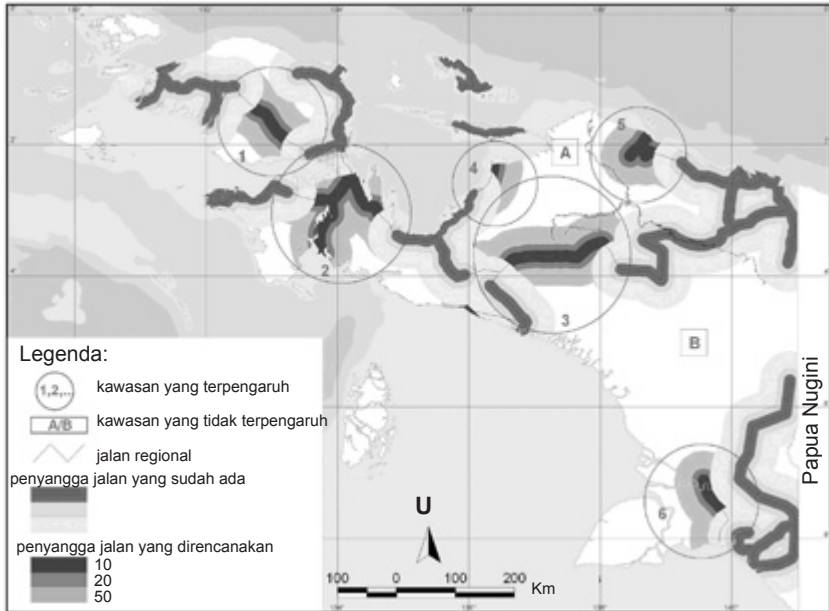
Panjang jalan nasional dan provinsi di Papua saat ini sekitar 2.700 km. Jalan-jalan baru yang akan dibangun akan menambah jalan lebih dari 1.250 km. Gambar 6.6.4 menampilkan jalan-jalan regional yang ada dan sudah direncanakan, sedangkan Gambar 6.6.5 menampilkan daerah penyangga jalan-jalan baru dan jalan yang sudah ada. Jaringan jalan di Papua saat ini sudah memberikan dampak yang besar di bagian tenggara dan di bagian selatan Jayapura.



Gambar 6.6.4. Jaringan jalan yang sudah ada dan yang direncanakan, dengan nama-nama kota di kedua ujungnya.

Jalan baru dibutuhkan untuk menghubungkan pusat-pusat pemukiman yang ada. Sebagian besar wilayah Papua sangat terpencil; hanya 14% wilayahnya berada dalam jarak 10 km dari ruas jalan yang ada. Pembangunan jalan akan meningkatkan akses penduduk ke jalan menjadi

21%, meskipun lebih dari setengah wilayah akan berada dalam jarak 50 km dari jalan (Mertens 2002a).

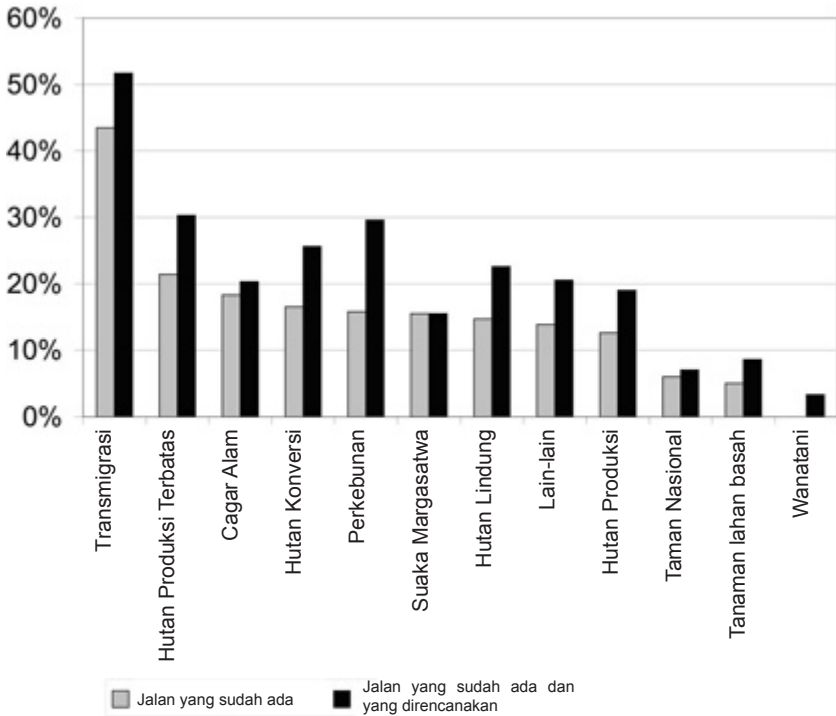


Gambar 6.6.5. Luas wilayah dan jarak dari jalan yang sudah ada dan yang direncanakan.

Dengan menggunakan 10 km wilayah penyangga, akses ke wilayah transmigrasi, hutan produksi, hutan lindung, serta usaha produksi kayu dan perkebunan kelapa sawit akan meningkat (Gambar 6.6.6). Kawasan pengusahaan hutan dan perkebunan dalam jarak 10 km dari jalan meningkat masing-masing 50% dan 90%. Peningkatan di kawasan perkebunan sangat mengejutkan, karena sebagian besar perkebunan kelapa sawit didirikan dekat dengan jalan yang ada. Akses terhadap wilayah hutan lindung dalam jarak 10 km dari jalan baru juga meningkat dan sebagian besar disebabkan oleh jalan pintas antara Wamena dan Enarotali yang kemungkinan akan menciptakan kondisi sosial dan ekonomi yang kuat untuk mendukung pembangunan. Namun, wilayah

ASPEK EKONOMI SUMBER DAYA ALAM

cagar alam dan taman nasional yang berada dalam jarak 10 km dari jalan baru tetap dijamin perlindungannya.



Gambar 6.6.6. Persentase lahan sesuai dengan klasifikasi lahan, yang berjarak 10 km dari jalan yang sudah ada dan yang direncanakan.

Jalan sebenarnya merupakan salah satu sarana untuk akses. Dengan menggunakan wilayah penyangga yang tetap di dalam suatu analisis, pengaruh jalan belum dapat dipastikan karena keragaman topografi dan wilayah dengan akses alternatif (laut).

Metode yang lebih baik untuk mengkaji dan memprediksi pola penggunaan lahan perlu mempertimbangkan faktor-faktor kedekatan dengan sungai, pusat-pusat penduduk dan pelabuhan, topografi, jenis tanah, nilai ekonomi pohon yang masih hidup dan faktor-faktor lain

yang berpengaruh terhadap penebangan kayu di Papua (Mertens 2002b). Analisis ini juga perlu dilengkapi faktor-faktor lain, terutama jarak ke garis pantai. Hasil sementara menunjukkan manfaat pendekatan ini dan menyoroti daerah-daerah yang berisiko kalau kegiatan penebangan hutan berlangsung di masa depan. Biaya penebangan dan pengangkutan kayu diperlihatkan, kemudian digabungkan dengan perkiraan potensi pendapatan untuk menaksir potensi keuntungan dari penebangan hutan.

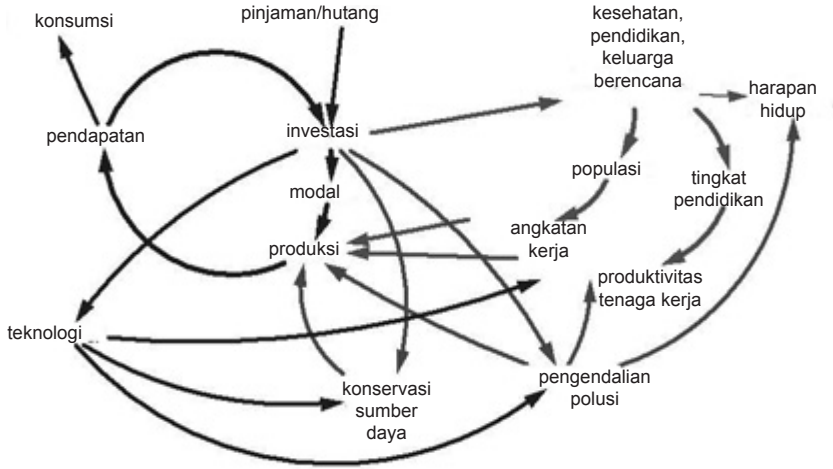
Model spasial menunjukkan bahwa meskipun 70% hutan-hutan rawa di pesisir selatan dialokasikan untuk pengusaha hutan, hanya sedikit ijin yang diterbitkan di daerah ini. Wilayah ini juga relatif tidak terkena dampak jalan yang sudah ada dan yang baru, demikian pula dengan sebagian besar wilayah barat DAS Mamberamo. Meskipun sebagian besar bagian selatan DAS ini berada dalam jarak 50 km dari jalan Wamena, topografinya sangat beragam sehingga sebagian besar wilayahnya berisiko rendah dari penebangan hutan.

Kajian lebih lanjut dibutuhkan untuk memahami ancaman spasial yang ditimbulkan oleh penebangan hutan. Namun investasi pemerintah untuk membuka daerah-daerah ini dianggap tidak tepat karena tersedia pilihan-pilihan lain yang lebih menjanjikan, sebagaimana diuraikan di bagian berikut.

Model Ekonomi Makro: Berbagai Pilihan Pembangunan

Model ekonomi makro dikembangkan untuk melengkapi analisis spasial, terutama untuk memberi pemahaman mengenai manfaat yang diperoleh dalam bentuk PDB, penciptaan lapangan kerja dan ukuran-ukuran ekonomi lainnya. Model Threshold 21 (T21) yang dikembangkan oleh *the Millenium Institute* dimodifikasi untuk digunakan pada kasus Papua (Qu dkk. 2003). Model T21 menggunakan standar fungsi produksi ekonomi dengan dukungan piranti lunak yang memungkinkan pengguna untuk menampilkan struktur model secara lengkap dalam bentuk diagram alir (Gambar 6.6.7). Data dan asumsi yang digunakan telah disesuaikan dengan data yang tersedia di Papua.

ASPEK EKONOMI SUMBER DAYA ALAM



Gambar 6.6.7. Struktur Model T21.

Sumber: Millennium Institute, dilaporkan dalam Sheng (2004).

Empat pilihan pembangunan diidentifikasi untuk analisis ekonomi makro (Sheng 2004). Pertama, skenario “*business-as-usual*”, di mana pola-pola pembangunan diekstrapolasi dengan data pembangunan jalan dan pembangkit listrik tenaga air, serta peningkatan pengeluaran untuk kesehatan dan pendidikan. Skenario ke dua, skenario “jalan” mencakup perluasan jaringan jalan trans-Papua yang dibiayai dari peningkatan pengusahaan hutan. Skenario ke tiga menganalisis kinerja ekonomi Mega-proyek Pembangunan Bendungan dan pembangkit listrik tenaga air di DAS Mamberamo yang digulirkan oleh Presiden Habibie. Listrik yang dihasilkan akan digunakan untuk peleburan aluminium dan industri-industri baru yang datang melalui tawaran energi murah (Sheng 2004). Ketiga skenario ini sudah didiskusikan secara aktif di Papua pada akhir tahun 1990-an sampai awal 2000-an. CI dan *the Millennium Institute* mengusulkan skenario ke empat yaitu skenario “pusat penduduk” yang memfokuskan investasi pembangunan dalam meningkatkan pelayanan pemerintah dan infrastruktur di pusat-pusat penduduk dan memperbaiki akses pengusaha lokal untuk memperoleh kredit.

Ke empat skenario tersebut menggambarkan pilihan-pilihan realistik bagi Papua. Penerapannya dapat mencakup satu skenario atau lebih secara bersamaan. Tujuan menganalisis keempat skenario ini yaitu (1) menunjukkan manfaat model tersebut dalam mendukung pengambil keputusan pembangunan, (2) menentukan pilihan pembangunan yang memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan pilihan-pilihan lainnya dan (3) menunjukkan apakah ada alternatif arah pembangunan yang dapat mewujudkan sasaran pembangunan sekaligus melindungi lingkungan.

Pemilihan indikator-indikator yang digunakan untuk mengevaluasi pilihan pembangunan seharusnya dilakukan melalui suatu proses yang transparan dan partisipatif di antara para pemangku kepentingan (Sheng 2004), namun hal ini belum dilakukan di Papua. Sebagai penggantinya, Model T21 dapat menghasilkan berbagai indikator kinerja, termasuk PDB dan utang pemerintah sebagai indikator kinerja ekonomi; lapangan kerja dan PAD untuk indikator manfaat langsung bagi penduduk lokal; serta polusi dan kawasan hutan untuk indikator kinerja lingkungan (Sheng 2004).

Perbandingan indikator-indikator utama model T21 untuk tahun 2020 ditampilkan dalam Tabel 6.5.1. Hasilnya mencakup beberapa temuan penting: Kawasan hutan yang tersisa di Papua tahun 2020 sangat bervariasi menurut masing-masing skenario. Pada skenario “jalan”, tutupan hutan berkurang paling banyak, mencapai sekitar 8 juta hektar. Sebaliknya, skenario “pusat penduduk” memertahankan tutupan hutan seluas 17 juta hektar. Hutan akan berkurang cukup cepat selama pembangunan jalan sampai tahun 2015, lalu laju kehilangan hutan (hektar per tahun) mulai melambat. Hanya skenario bendungan Mamberamo yang menghasilkan PDB lebih besar dibandingkan dengan pilihan-pilihan lainnya. Namun hal ini akan menimbulkan beban utang yang sangat tinggi. Meskipun skenario bendungan Mamberamo menghasilkan PDB lebih tinggi, sebagian besar dari pendapatan tidak akan dinikmati oleh Papua karena harus digunakan untuk membayar pinjaman modal asing dan gaji para tenaga asing. Sebaliknya, skenario “pusat penduduk” menghasilkan lebih banyak pendapatan bagi pen-

ASPEK EKONOMI SUMBER DAYA ALAM

duduk lokal atau PDRB daripada skenario lainnya; dan Skenario bendungan Mamberamo dapat menciptakan lapangan kerja sampai dengan tahun 2015, namun investasi di pusat-pusat penduduk pada akhirnya akan paling banyak menciptakan lapangan kerja. Dengan kata lain, tidak hanya pilihan-pilihan pembangunan yang diambil sekarang dapat melindungi hutan seluas 9 juta hektar dibandingkan pilihan-pilihan lainnya, tetapi dapat menghasilkan manfaat yang lebih besar untuk penduduk lokal berupa lapangan kerja dan pendapatan.

Tabel 6.6.1. Perbandingan kinerja pembangunan berdasarkan empat skenario.

		Ukuran Tahun 2000	Proyeksi ukuran tahun 2020			
			<i>Business as usual</i>	Bendungan Mamberamo	Jalan	Pusat Penduduk
Lingkungan, Sosial						
Hutan	Juta ha	23,5	15,9	13,4	8,3	17,1
Lapangan kerja	Juta orang	0,9	1,1	1,2	1,1	1,3
Indeks Polusi	Komposit	1,1	1,7	2	1,7	1,8
Ekonomi						
PDB Papua	Triliun Rp, harga 1993	8.478	19.076	23.068	19.621	23.315
PDRB	Triliun Rp, harga 1993	3.351	7.020	7.120	7.084	7.799
Hutang pemerintah	Triliun Rp, harga 1993	0	0	11.006	2.993	0

Sumber: Millennium Institute, dilaporkan dalam Sheng (2004).

Pembahasan

Informasi yang diuraikan di atas menunjukkan bahwa Papua dapat berkembang secara berkelanjutan dan memertahankan sebagian besar hutannya tanpa mengorbankan pertumbuhan ekonomi, penciptaan lapangan kerja, atau pengentasan kemiskinan. Namun hal ini tidak mudah untuk diwujudkan. Keberhasilan pembangunan di Papua membutuhkan kebijakan ekonomi dan kondisi ekonomi makro yang tepat di Indonesia, terutama dengan membangun kepercayaan terhadap lembaga publik,

EKOLOGI PAPUA

termasuk keamanan dan lembaga hukum, memertahankan stabilitas ekonomi makro dan memperkuat prioritas-prioritas sektoral dan investasi untuk mendukung sektor swasta (Baird 2002). Selain itu, kemajuan nyata dalam penyelesaian konflik politik dan sosial di Papua sangat dibutuhkan. Hal ini sangat bergantung pada penyelesaian yang dapat diterima oleh semua kelompok masyarakat di Papua, disertai dengan reposisi peran aparat keamanan dan kebijakan yang jelas dalam penanganan konflik.

Penyelesaian konflik politik dan sosial di Papua sangat penting, namun belum cukup untuk dapat menjamin keberhasilan pembangunan yang berkelanjutan dan perlindungan hutan. Keberhasilan pembangunan yang berkelanjutan membutuhkan kebijakan sosial ekonomi dan pilihan pola penganggaran yang lebih baik. Meskipun banyak keputusan masih berada di luar jangkauan Pemda Papua, peran dan kewenangan mereka sekarang yang lebih besar dapat secara signifikan memengaruhi masa depan Papua. Dengan demikian, kualitas Pemda Papua menjadi sangat penting, khususnya dalam pengembangan kapasitas dan penghapusan praktik korupsi. Kebijakan-kebijakan dan anggaran yang diterapkan pada tingkat lokal juga akan memberikan dampak yang besar pada arah pembangunan secara umum dan pada pengembangan sektor swasta dan penyediaan layanan umum kepada masyarakat.

Pendapatan yang besar dari pertambangan dan gas seperti pedang bermata dua. Jika dibelanjakan dengan benar, pendapatan ini akan membantu Papua membangun secara berkelanjutan dan menjadi sejahtera. Namun jika dibelanjakan secara serampangan maka kesempatan untuk meningkatkan kesejahteraan di Papua akan hilang. Dalam skenario yang terburuk, kebijakan pemerintah yang lemah dan pembelanjaan pendapatan yang kurang tepat akan memperparah kerusakan lingkungan. Pilihan-pilihan yang baik memang ada, namun keberhasilan pelaksanaannya membutuhkan jaminan bahwa: (1) pilihan pembangunan dievaluasi secara tepat dan transparan; (2) ada keputusan pemerintah yang dibuat untuk melaksanakan pilihan tersebut; dan (3) ada kapasitas yang memadai untuk melaksanakan pilihan-pilihan tersebut secara efektif.

Program-program yang menyediakan pelatihan teknis dan mendukung dialog partisipatif dapat membantu mengevaluasi pilihan-pilihan pembangunan, misalnya melalui FKPTP. Program lainnya seperti program gabungan USAID, Universitas Negeri Papua dan British Petroleum yang dikenal sebagai *the Bird's Head Alliance* dapat memperkuat kapasitas pemerintah dan meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengambilan keputusan (British Petroleum 2004) melalui dukungan dan koordinasi yang lebih luas.

Keputusan yang konsisten dan tepat merupakan tantangan utama yang dihadapi Pemda Papua, khususnya dalam upaya pemberantasan korupsi, peningkatan transparansi dalam pengambilan keputusan dan pengembangan sistem pengawasan demokrasi untuk mencegah penyalahgunaan wewenang. Pemberantasan korupsi di Pemda Papua merupakan prioritas mendesak dan membutuhkan perubahan dalam sistem pemerintahan dan peradilan. Pengambilan keputusan dan transparansi dalam mengendalikan penyalahgunaan dana publik sudah dirintis melalui proyek berbasis masyarakat seperti Program Pengembangan Kecamatan (Baird 2002: 1). Upaya lain yang perlu dilaksanakan termasuk dukungan bagi masyarakat untuk mengawasi jalannya pemerintahan, dukungan untuk kemerdekaan pers, pembentukan lembaga *ombudsman*, audit yang cermat terhadap proyek dan jasa yang dibiayai oleh donor, pendanaan dan dukungan lain untuk menciptakan kerjasama yang pro-reformasi dan pelatihan dalam hal nilai-nilai demokrasi.

Pendapatan yang sangat besar dari sektor sumber daya alam juga dapat memperparah praktik korupsi. Berbagai upaya pengendalian dapat diterapkan untuk mengurangi praktik korupsi, termasuk membentuk komite independen yang mengawasi pembelanjaan pendapatan, atau dengan menyisihkan persentase dari pendapatan untuk belanja di sektor kesehatan, pendidikan dan infrastruktur dasar. Contoh terkini dari praktik seperti ini yaitu di Chad yang mengembangkan upaya untuk memastikan pemerintah membelanjakan pendapatan dari minyak secara efisien dan transparan (World Bank 2003b).

EKOLOGI PAPUA

Meskipun Pemda sudah membuat keputusan yang tepat, keputusan tersebut harus dilaksanakan secara efektif dalam rangka mewujudkan manfaatnya secara penuh. Hal ini membutuhkan investasi untuk meningkatkan kapasitas pemerintah dalam pengelolaan anggaran dasar, penyediaan layanan kesehatan dan pendidikan, serta menjalankan institusi publik. Penguatan kelompok-kelompok masyarakat untuk berpartisipasi dalam penyediaan layanan-layanan tersebut juga perlu dilakukan.

Perbaikan sistem besar-besaran memang membutuhkan waktu, namun yang paling mendesak adalah membangun kepercayaan terhadap pemerintah dengan memprioritaskan upaya pengentasan kemiskinan dan penyelesaian masalah keadilan dan sosial bagi kelompok-kelompok masyarakat yang paling membutuhkan. Upaya ini dapat mengurangi tekanan masyarakat dan pemerintah setempat untuk mencari pendapatan dari sumber-sumber lain, seperti menebang hutan, sehingga investasi pada kelompok masyarakat ini dapat memberi manfaat bagi lingkungan. Upaya juga dapat mengurangi kekhawatiran terhadap distribusi pendapatan dari sumber daya alam, namun tidak dapat diwujudkan dalam bentuk penciptaan lapangan kerja, mengingat keterbatasan ketrampilan dan jumlah pekerja di Papua. Karena itu pengembangan suatu sistem yang adil dalam pemerataan kesejahteraan dari sumber daya alam perlu dikedepankan.

Prioritas jangka pendek lainnya mencakup perbaikan program transmigrasi dan dukungan bagi Usaha Kecil dan Menengah (UKM). Pemerintah perlu menghindari penempatan program transmigrasi yang berpotensi menimbulkan konflik dengan penduduk setempat, atau di lokasi yang kondisi ekonominya tidak mendukung. UKM juga sangat penting bagi keberhasilan Papua di masa depan, sehingga perlu didukung melalui kebijakan-kebijakan dunia usaha yang lebih ramah dan penyediaan kredit.

Tanggung jawab mengenai perbaikan kondisi di Papua memang utamanya berada di tangan Pemda Papua. Namun, sektor swasta juga harus ikut berperan, khususnya Freeport dan BP yang dapat berperan

penting untuk membantu Papua mewujudkan prioritas-prioritas jangka pendek dan mencapai kemajuan dalam pencapaian sasaran-sasaran jangka panjang. Upaya kedua perusahaan tersebut saat ini terlihat dari komitmen lingkungan dan sosial (Freeport McMoRan Copper and Gold, Inc. 2004) dan berbagai program pengembangan sosial di sekitar lokasi BP (British Petroleum 2004).

Freeport dan BP menekankan bahwa mereka tidak seharusnya mengambil alih peran pemerintah seperti menyediakan layanan pendidikan dan kesehatan. Kedua perusahaan tersebut juga menekankan bahwa mereka berada di Papua sebagai mitra bisnis Pemerintah Indonesia dan berdalih hal ini membatasi keterkaitan mereka dengan pemerintah (British Petroleum 2005). Namun kedua perusahaan tersebut akan berada di Papua dalam beberapa dekade ke depan dan, sebagai bagian utama dari struktur masyarakat, mereka dapat dan seharusnya memengaruhi pemerintah melalui program-program perbaikan kinerja dan tata kelola pemerintah dan mendorong pemerintah untuk menjamin adanya perbaikan-perbaikan tersebut. BP sudah memulai upaya ini melalui *the Bird's Head Alliance*. Upaya ini masih perlu diperluas ke seluruh wilayah Papua, tidak hanya karena hal ini tepat dilakukan suatu perusahaan yang bertanggung jawab, namun juga karena dapat membantu meningkatkan stabilitas dan berkontribusi langsung kepada kinerja perusahaan.

Kesimpulan

Masa depan hutan-hutan di Papua bergantung pada arah pembangunan yang diambil oleh Pemda Papua. Jika Papua memilih pembangunan jaringan jalan yang meluas maka ada risiko bahwa kawasan hutan mungkin berkurang lebih dari 60% luas sekarang. Strategi pembangunan lainnya dapat melindungi kawasan hutan lebih besar dan pada saat yang sama memenuhi sasaran-sasaran pembangunan. Strategi ini seharusnya dapat dilaksanakan oleh Pemda Papua mengingat besarnya pendapatan yang diperolehnya dari industri pertambangan dan gas. Investasi untuk konservasi perlu difokuskan pada daerah-daerah dengan tingkat risiko tinggi yaitu memiliki nilai tambah untuk pembangunan namun juga memiliki keanekaragaman hayati yang penting untuk dilindungi.

EKOLOGI PAPUA

Hasil-hasil model spasial dan ekonomi makro bermanfaat dalam mengidentifikasi pilihan-pilihan pembangunan yang berkelanjutan dan prioritas konservasi. Namun, metode ini masih membutuhkan pengembangan lebih lanjut dan pengecekan data untuk mencapai potensi penggunaan yang sebenarnya. Kedua model tersebut harus diperkuat dan dikembangkan melalui partisipasi dari kalangan akademisi, pakar dari sektor-sektor lain dan pemangku kepentingan lainnya di Papua.

Ketersediaan informasi yang akurat dan transparan juga diperlukan untuk meningkatkan pemahaman dan partisipasi yang meluas. Hasilnya dapat menjamin penyebaran manfaat pembangunan dan pertimbangan terhadap kebutuhan kelompok minoritas, serta dapat mencegah proyek-proyek pembangunan yang berdampak negatif bagi lingkungan dan hanya memberikan manfaat kepada sekelompok kecil masyarakat.

Upaya lebih lanjut dibutuhkan untuk mengidentifikasi berbagai pemangku kepentingan dan menentukan bagaimana kepentingan-kepentingan mereka akan dipengaruhi oleh pilihan-pilihan pembangunan. Pengembangan konsensus dalam rangka membangun rasa memiliki sangat penting untuk mendorong pemerintah membuat dan melaksanakan keputusan dengan tepat dan efektif. Pemerintah Indonesia dan pemerintah daerah di Papua harus memimpin pelaksanaan upaya-upaya ini dan didukung komunitas internasional melalui program-program pengembangan kapasitas Pemda dan masyarakat, pengentasan kemiskinan dan pengembangan tata kelola pemerintahan yang baik.

BAGIAN VII
KONSERVASI SUMBER DAYA
ALAM PAPUA

7.1. Perencanaan dan Penetapan Prioritas Konservasi di Papua*

Penetapan Prioritas Konservasi (PPK – *conservation priority setting*) merupakan suatu bentuk perencanaan spasial (tata ruang) untuk mencapai sasaran keseluruhan, yaitu memaksimalkan pelestarian lingkungan alam dan biotanya dengan menggunakan kriteria biologi, ekonomi dan sosial budaya. PPK juga memberikan berbagai rekomendasi tata guna lahan secara praktis dan berbasis ilmiah kepada para pembuat keputusan dan pemilik sumber daya alam.

Konservasi keanekaragaman hayati membutuhkan sumber daya manusia dan dana yang besar ketersediaan keduanya terbatas. Sebagai wilayah yang secara global diakui sebagai kawasan konservasi prioritas tinggi (Sujatnika dkk. 1995, Supriatna 1999, Wikramanayake dkk. 2000), Papua menghadapi banyak kendala, seperti pendanaan konservasi dan keterbatasan individu yang termotivasi dan cukup trampil untuk melindungi keanekaragaman hayatinya. Karena itu, perlu dibuat rencana berbagai kegiatan konservasi secara cermat dan strategis.

Ada banyak cara atau metode yang digunakan oleh para pakar konservasi untuk menetapkan prioritas konservasi. Bab ini menyajikan ikhtisar proses-proses penetapan prioritas, mulai dari kajian umum, diikuti dengan pembahasan prosesnya di Papua. Fokus pembahasannya dibatasi untuk konservasi kehidupan di darat karena PPK untuk lingkungan laut masih dalam taraf pengembangan (Lourie dan Vincent 2004, Olson 1997).

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “Setting Priorities and Planning Conservation in Papua”, John Burke Burnett.

***Berbagai Tantangan dalam Penetapan Prioritas Konservasi
Keterpencaran Keanekaragaman Hayati***

Para pakar biologi dan biogeografi mengakui bahwa keanekaragaman hayati tersebar tidak merata. Kawasan tertentu memiliki konsentrasi jenis yang tinggi, sementara kawasan lainnya memiliki konsentrasi yang rendah. Kawasan mana yang terpenting untuk dilindungi juga sangat dipengaruhi oleh kriteria untuk menentukan tingkat “kepentingan”. Misalnya, kawasan tertentu mungkin sangat kaya akan kelompok taksa seperti kupu-kupu, tetapi tidak kaya akan taksa lainnya, seperti mamalia. Contoh lainnya sering terjadi di beberapa kawasan hutan dataran rendah yang mungkin kekayaan jenisnya tertinggi, tetapi jenis-jenis di dalamnya kemungkinan tersebar luas. Bandingkan hal ini dengan petak hutan lainnya di pegunungan, yang jumlah jenisnya lebih sedikit tetapi memiliki lebih banyak jenis endemik. Kawasan mana yang lebih penting untuk dilindungi? Selain itu, kekayaan jenis, keendemikan dan kelangkaan bukan hanya kriteria yang harus diperhitungkan. Keunikan genetik, keanekaragaman habitat dan tingkat ancaman juga penting, yang akan dibahas lebih lanjut dalam bab ini.

Isu Mengenai Skala

Tingkat keterpencaran dalam persebaran jenis dan habitat juga bervariasi menurut skala sehingga PPK menjadi lebih rumit. Misalnya, kajian penetapan prioritas pada skala global mungkin mengidentifikasi kawasan-kawasan tertentu sebagai ekoregion yang kritis. Berdasarkan kriteria serupa, ternyata pada skala regional atau lokal yang lebih kecil, kawasan yang sama mengungkapkan rincian yang lebih detail, sehingga memungkinkan klasifikasi kawasan mana yang kepentingannya lebih besar atau lebih kecil. Isu skala memengaruhi penetapan prioritas konservasi karena skema klasifikasi skala besar hanya akan mengidentifikasi beberapa tipe ekoregional yang penting, sementara penggunaan skala lokal membedakan berbagai sub tipe di antara berbagai habitat. Skala yang lebih kecil memungkinkan pendekatan sasaran yang lebih rinci yang bisa lebih akurat mewakili semua kerumitan ekoregion

yang lebih besar. Dengan demikian, tindakan konservasi khusus yang diambil lebih sesuai dengan kawasan lokal masing-masing.

Analisis pada skala yang berbeda juga menunjukkan perbedaan resolusi habitat atau persebaran jenis, termasuk kawasan-kawasan yang memiliki kekayaan tinggi atau kawasan-kawasan yang sudah dikonversi untuk penggunaan lainnya. Istilah “ekosistem” juga diterapkan pada berbagai skala, sehingga para pengambil keputusan tidak selalu dapat langsung membandingkan unit-unit ekosistem (Perlman dan Adelson 1997). Misalnya, World Wildlife Fund (WWF) telah menetapkan Papua dan kawasan Trans-Fly di PNG sebagai satu ekoregion, berdasarkan dominasi habitat savana (Bab 5.5). Namun, WWF juga mengakui bahwa Trans-Fly juga memiliki banyak sekali kawasan hutan kering yang selalu hijau, kawasan rawa musiman dan danau (Wikramanayake dkk. 2000). Meskipun pendekatan ekoregion terutama merupakan alat untuk menunjukkan keterwakilan habitat daripada prioritas, penetapan prioritas konservasi harus dilakukan dalam skala analisis yang lebih jelas, sebagaimana dilakukan oleh WWF di kawasan ini (Bab 7.5). Perlu diperhatikan bahwa sistem klasifikasi apa pun akan menghadapi masalah yang terkait dengan skala. Namun pendekatan ekoregion sangat bermanfaat untuk memahami pola-pola keanekaragaman hayati secara lebih umum dan untuk melindungi habitat dan jenis yang mewakili di Papua.

Kelangkaan Informasi Ilmiah tentang Papua

PPK dilakukan dengan menggunakan data geologi, tutupan hutan, persebaran jenis yang diketahui, tipe-tipe vegetasi, habitat, berbagai rencana pembangunan ekonomi, dll. Data lengkap biologi atau ekologi suatu kawasan hampir mustahil diketahui, tetapi data yang tersedia untuk Papua sungguh tidak memadai. Berbagai survei keanekaragaman hayati di lapangan dan studi ekologi di Papua masih sangat terbatas daripada kawasan-kawasan lainnya di Indonesia atau PNG. Karena itu, untuk sebagian besar jenis, para ilmuwan tidak memiliki informasi yang cukup untuk mengetahui kawasan mana di Papua yang terpenting kekayaan

atau tingkat keendemikannya, atau kondisi-kondisi lingkungan seperti apa yang dalam jangka panjang akan memungkinkan keanekaragaman hayati untuk bertahan.

Keterbatasan informasi biologi merupakan kendala besar untuk menetapkan prioritas konservasi untuk Papua. Karena itu, PPK khususnya menggunakan wakil-wakil keanekaragaman hayati (misalnya, jenis indikator, atau informasi lainnya seperti tipe hutan, yang kemungkinan menunjukkan tingkat kekayaan atau keendemikan jenis secara keseluruhan) sebagai pengganti data inventaris keanekaragaman hayati secara lengkap. Kelompok taksa (khususnya burung dan vertebrata lainnya) cukup dikenal sehingga perkiraan data ilmiahnya dapat dilakukan. Untuk taksa yang belum didokumentasikan dengan baik, PPK mengandalkan prinsip-prinsip ekologi dan biogeografi sebagai dasar perkiraan habitat yang menjadi prioritas.

Kendala Sosial, Ekonomi dan Politik

Keanekaragaman hayati bukan hanya satu-satunya kriteria yang dipertimbangkan dalam PPK. Pada dasarnya, konservasi merupakan suatu isu politik; konservasi membutuhkan dukungan politis dari berbagai pemangku kepentingan, baik pribadi atau pemerintah di berbagai tingkat administrasi. Semua pemangku kepentingan ini berperan penting dalam memutuskan tentang pemanfaatan lahan dan sumber daya alam. PPK harus memertimbangkan berbagai perspektif dan faktor. Seperti pernyataan Margules dan Pressey (2000), “PPK merupakan suatu kegiatan untuk berbagai hal, antara lain pertimbangan sosial, ekonomi, politik, dan kadang secara drastis mengubah berbagai pertimbangan ilmiah.”

PPK perlu memertimbangkan faktor-faktor seperti kawasan mana saja yang dibalok secara aktif dan para mitra konservasi lokalnya lemah atau tidak ada dan di mana terjadi konflik politik. Namun bukan berarti bahwa habitat yang penting secara ekologis tidak mendapat prioritas konservasi tinggi karena ada konflik kondisi sosial dan politik; PPK harus mencapai keseimbangan pragmatis. PPK menyediakan landasan untuk menyiapkan kebijakan-kebijakan yang lebih kuat, pelaksanaan

kebijakan dan berbagai intervensi dan menyediakan argumen-argumen kuat untuk menghentikan atau membalikkan arah perencanaan tata guna lahan (seperti bendungan Mamberamo yang sekarang ditangguhkan; Supriatna 1999).

Proses Penetapan Prioritas Konservasi

Margules dan Pressey (2000) menyediakan suatu ikhtisar yang menyeluruh dan tajam tentang proses penetapan prioritas konservasi. Selama berabad-abad manusia telah menetapkan berbagai kawasan lindung, baik untuk melindungi binatang-binatang yang berada di dalamnya maupun untuk memperlambat atau menghentikan gangguan dari proses-proses yang berasal dari luar seperti pembalakan, pertanian, atau pemukiman penduduk (Harrison 1992). Namun banyak kawasan lindung, termasuk yang ditetapkan di negara-negara maju, sering didasarkan pada keindahan pemandangan daripada kontribusinya untuk perlindungan wakil-wakil keanekaragaman hayati (Margules dan Pressey 2000, Terborgh 1999). Tragisnya, perencanaan kawasan lindung yang kurang rasional berdasarkan kriteria keanekaragaman hayati telah menyebabkan tragedi yang patut disayangkan bagi konservasi. Hal ini karena pembangunan ekonomi yang dilakukan telah menghancurkan atau memecah-mecahkan banyak habitat asli dan menyebabkan banyak jenis menjadi langka atau punah. Untuk menghindari hal ini di Papua, keputusan-keputusan yang diambil untuk konservasi harus didasarkan pada informasi ilmiah dan yang memungkinkan untuk dicapai sehingga kawasan-kawasan lindung yang ditetapkan dapat memaksimalkan keterwakilan keanekaragaman hayati Papua. Tujuan utama PPK adalah untuk menyediakan landasan pengaturan tata ruang yang realistis untuk mengarahkan perencanaan konservasi dan kegiatan pembangunan.

Tahap-tahap PPK

Kerangka kerja umum yang dijelaskan di sini berlaku untuk PPK pada skala global, regional, atau lokal. Meskipun rincian persyaratan masing-masing skala bervariasi dan banyak sekali kerumitan teknis

yang mungkin dihadapi, proses dasar PPK (diadaptasi dari Groves 2003, Margules dan Pressey 2000) diringkas sebagai berikut.

Tahap 1: Mengukur dan Memetakan Keanekaragaman Hayati

- Mengumpulkan data yang ada (fisiografi, geologi, meteorologi, hidrologi, tutupan hutan, data pengumpulan koleksi spesimen dan peta-peta sebarannya, kondisi demografi, ekonomi, dll.)
- Mengkaji semua data demi akurasi data dan menilai data biologi yang ada untuk kepatutan data sebagai ukuran wakil keanekaragaman hayati.

Memastikan keutuhan dan akurasi kumpulan data sangat penting, karena keanekaragaman hayati benar-benar kompleks, wakil keanekaragaman hayati (jenis indikator, tipe habitat, dll.) seharusnya digunakan secara cermat untuk memastikan wakil-wakil ini mewakili secara akurat dan mencerminkan berbagai perbedaan dan persamaan di antara beberapa kawasan. Margules dan Pressey (2000) menyatakan bahwa “tidak ada wakil terbaik”: penggunaan informasi biologis tingkat tinggi (misalnya, tipe-tipe habitat) kurang memberikan presisi data biologis tetapi kemungkinan memberikan informasi tambahan yang bernilai bagi proses-proses ekosistem yang mungkin tidak tercakup. Koleksi spesimen di museum dan herbarium juga merupakan informasi penting tentang persebaran jenis yang diketahui, yang khususnya bermanfaat untuk perencanaan skala lokal dalam survei-survei yang dilakukan lebih ekstensif (misalnya, Peg. Cyclop). Namun karena tingkat koleksi di Papua sangat terbatas, informasi persebaran jenis hanya sedikit sekali manfaatnya sampai survei-survei biologis dilakukan. Menetapkan definisi keanekaragaman hayati merupakan langkah pertama. PPK berupaya untuk memberikan keseimbangan pragmatis antara keragaman di berbagai tingkatnya (yaitu, gen, jenis dan ekosistem).

Tahap 2: Mengidentifikasi Sasaran Konservasi

- Menetapkan sasaran-sasaran konservasi kuantitatif, khusus untuk jenis, tipe-tipe vegetasi, atau ciri-ciri lingkungan lainnya

PERENCANAAN DAN PENETAPAN PRIORITAS KONSERVASI DI PAPUA

(misalnya, mengidentifikasi kawasan-kawasan yang kekayaan jenisnya tertinggi; memastikan perlindungan 95% jenis burung yang endemik; semua tipe vegetasi utama dan komunitas jenis harus diwakili paling sedikit di kawasan dengan ukuran minimum 20.000 ha, dll.).

- Menetapkan sasaran kuantitatif untuk ukuran minimum, koridor, atau kriteria lain untuk desain kawasan lindung.

Mengidentifikasi sasaran-sasaran kualitatif, seperti kawasan-kawasan prioritas yang harus bebas dari pembalakan, rencana pemukiman transmigrasi, pengeboran minyak atau gas dan seterusnya.

Sasaran-sasaran konservasi dapat ditentukan dalam berbagai cara, termasuk melindungi jenis yang punah atau terancam punah (menggunakan perkiraan ukuran populasi aktif minimum), memaksimalkan keterwakilan keanekaragaman hayati, penyediaan berbagai jasa lingkungan, atau memertahankan proses-proses evolusi. Berbagai sasaran ini tidak saling terpisah satu sama lain, tetapi pilihan yang diambil akan memengaruhi kumpulan prioritas dan pencapaian kegiatan konservasi. Karena itu, sasaran konservasi harus dipilih dan ditetapkan secara cermat. Sebagian besar perencanaan konservasi didasarkan pada berbagai indeks ekologi, termasuk keberadaan jenis (misalnya, kekayaan jenis, jenis endemik, atau jenis terancam), tipe-tipe habitat, koridor-koridor populasi jenis yang diketahui, hutan atau tutupan vegetasi dan informasi abiotik (misalnya, tanah, curah hujan, hidrologi, topografi). Kumpulan data ini dipetakan dan dimasukkan dalam sebuah komputer, Sistem Informasi Geografi (GIS) yang mewakili berbagai elemen ini seperti lapisan-lapisan. Ketika lapisan-lapisan ini ditumpangtindihkan, maka akan terlihat persebaran keanekaragaman hayati, sistem daratan, jalan dan ciri-ciri lainnya secara spasial. Lapisan-lapisan GIS juga memasukkan data seperti pola-pola penggunaan lahan, konsensi pembalakan, kepemilikan lahan dan ciri-ciri lainnya yang mengindikasikan tingkat keterancamannya kawasan-kawasan tertentu. Kawasan-kawasan prioritas adalah kawasan yang indeks-indeks sasarannya tertinggi. Bukti terkini menunjukkan bahwa penggunaan berbagai indeks keanekaragaman

untuk memandu penetapan prioritas konservasi banyak menentukan tingkat pencapaian upaya konservasi (Orme dkk. 2005).

Tahap 3: Mengkaji Kawasan Lindung yang ada dan Memilih Kawasan Lindung Tambahan

- Menilai sampai tingkat mana sasaran-sasaran konservasi kuantitatif yang diidentifikasi dalam Tahap 2 yang telah dicapai di kawasan-kawasan konservasi yang ada.
- Mengidentifikasi dan menilai tingkat ancaman bagi (a) kawasan-kawasan yang kurang terwakili dalam kawasan-kawasan konservasi yang ada dan (b) kawasan-kawasan yang vital untuk mencapai serangkaian sasaran konservasi kuantitatif di Tahap 2.
- Memertimbangkan kawasan-kawasan lindung yang ada sebagai “pembatas-pembatas tetap”. Kemudian (a) memprioritaskan perluasan kawasan-kawasan lindung yang ada daripada menetapkan kawasan lindung yang baru, atau (b) membuat kawasan lindung yang baru berdasarkan prinsip-prinsip desain kawasan lindung (misalnya, kedekatan dan kesinambungan dengan kawasan yang ada).
- Mengidentifikasi kawasan-kawasan lindung yang baru, mempertimbangkan faktor-faktor seperti kelembagaan dan kapasitas mitra lokal, kemungkinan persetujuan pemangku kepentingan, proyek-proyek pembangunan yang ada atau yang direncanakan, anggaran konservasi, kesempatan yang hilang akibat memilih alternatif konservasi daripada jenis penggunaan lahan lainnya.

Tahap 3 ini khususnya dilaksanakan dalam berbagai lokakarya yang dipimpin oleh para pakar. Karena indeks sasaran konservasi bervariasi, baik di dalam satu kelompok taksa maupun antara beberapa kelompok taksa, maka kawasan-kawasan prioritas yang diidentifikasi juga sering berbeda. Karena itu salah satu tujuan utama tahap ini adalah memadukan kawasan-kawasan prioritas ini untuk mencapai konsensus dalam perencanaan kelompok. Konsensus ini sering sulit dicapai tanpa konflik sehingga diperlukan pragmatisme untuk menetapkan prioritas

PERENCANAAN DAN PENETAPAN PRIORITAS KONSERVASI DI PAPUA

di antara berbagai kawasan, dengan menilai tingkat-tingkat kepunahan di berbagai kawasan yang berbeda dan mengidentifikasi kawasan-kawasan yang menawarkan kemungkinan sukses terbesar. Analisis kesenjangan digunakan untuk menentukan kawasan-kawasan mana saja yang mencapai sasaran-sasaran konservasi yang berada di taman-taman dan kawasan lindung yang ada dan sasaran-sasaran penting apa saja yang tidak tercapai. Hasil analisis kesenjangan menghasilkan nilai-nilai yang saling melengkapi, yaitu sejauh mana sasaran konservasi dapat dicapai (misalnya, berapa banyak jenis baru, jenis sebelumnya yang tidak dilindungi akan dilindungi) dengan menambahkan masing-masing kawasan lindung yang baru. Untuk memudahkan analisis kesenjangan, proses PPK memilih kawasan-kawasan dengan menggunakan perhitungan dengan menggabungkan kendala-kendala spasial yang mencerminkan biaya (biaya nyata maupun kesempatan yang hilang) yang mungkin dibutuhkan untuk menambah kawasan baru.

Kriteria analisis kesenjangan untuk kawasan-kawasan yang terfragmentasi berbeda-beda dan juga berbeda untuk kawasan-kawasan yang habitatnya utuh di blok yang besar, seperti di Papua. Habitat yang terfragmentasi membutuhkan faktor-faktor tambahan seperti koridor-koridor jenis dan kajian populasi minimum yang dapat hidup terus. Karena Papua memiliki lebih banyak habitat yang utuh daripada sebagian besar kawasan hutan tropis lainnya, kendala untuk menentukan pilihan konservasi di Papua sekarang jauh lebih kecil daripada kawasan-kawasan lainnya di dunia.

Penetapan Prioritas Konservasi untuk Daratan

Pembukaan hutan tropis untuk pembalakan atau konversi untuk pertanian menyebabkan hilangnya habitat yang penting untuk memelihara keanekaragaman hayati. Perusakan hutan mengarah pada fragmentasi habitat, menciptakan “pulau-pulau” hutan. Setiap “pulau” ini hanya dapat mendukung sedikit keanekaragaman jenis dan kelimpahan jenisnya yang lebih sedikit dibandingkan hutan-hutan yang tidak terfragmentasi. Kondisi ini khususnya berlaku untuk jenis yang memerlukan kawasan yang

luas untuk mendukung populasi yang dapat hidup terus dalam jangka panjang, seperti Rajawali papua (*Harpyopsis novaeguineae*) dan Kasuari (*Casuarius*). Tingkat kolonisasi di fragmen-fragmen hutan lebih rendah dan tingkat kepunahan populasinya lebih tinggi daripada di kawasan-kawasan yang lebih luas. Untuk menghindari kepunahan, ukuran populasi harus memadai atau cukup (yaitu, populasi minimum yang dapat hidup, *Minimum Viable Population*) untuk memertahankan keanekaragaman gen. Selain itu, kejadian-kejadian yang berlangsung acak, seperti perubahan tingkat reproduksi atau tingkat-tingkat bertahan hidup, perubahan cuaca, wabah penyakit, perubahan ketersediaan makanan, kebakaran, kekeringan dan sebagainya, pasti akan terjadi. Semua kejadian ini memengaruhi kemampuan suatu populasi untuk bertahan hidup dalam jangka panjang di kawasan tertentu. Metapopulasi (populasi lain mungkin dapat saling menggantikan satu sama lain jika suatu populasi menjadi punah secara lokal) dapat berlangsung hanya ketika ada petak-petak hutan dengan ukuran minimum dan petak-petak ini terletak cukup dekat sehingga memungkinkan rekolonisasi. Akhirnya, “efek-efek pinggir” mungkin menciptakan kondisi lingkungan yang tidak stabil untuk berbagai populasi. Lingkungan tepian hutan memiliki tingkat pemangsaan yang lebih tinggi, iklim mikro lebih cepat berubah, angin topan dan kegiatan manusia meningkat; blok-blok hutan terfragmentasi yang terpencil memiliki pinggir hutan yang lebih panjang daripada satu blok hutan tunggal yang luasnya sama. Singkatnya, fragmentasi habitat memiliki risiko kepunahan populasi yang lebih besar. Kawasan lindung yang lebih besar, jenisnya lebih banyak dan populasi yang dapat bertahan hidup juga lebih besar. Teori biogeografi menetapkan prinsip-prinsip umum untuk merancang sistem kawasan lindung untuk meminimalkan dampak fragmentasi dan untuk memaksimalkan kemampuan jenis dan habitat untuk tetap hidup dalam jangka panjang (Diamond 1975, Diamond 1986, Dobson 1996, Perlman dan Adelson 1997, Petocz 1989, lihat Gambar 7.1.1). MacKinnon dkk. (1986) menjelaskan kriteria ukuran, bentuk dan jarak di antara kawasan-kawasan lindung, yang dapat diringkas sebagai berikut: kawasan-kawasan lindung yang besar lebih baik daripada kawasan-kawasan lindung yang kecil; sebuah kawasan lindung yang

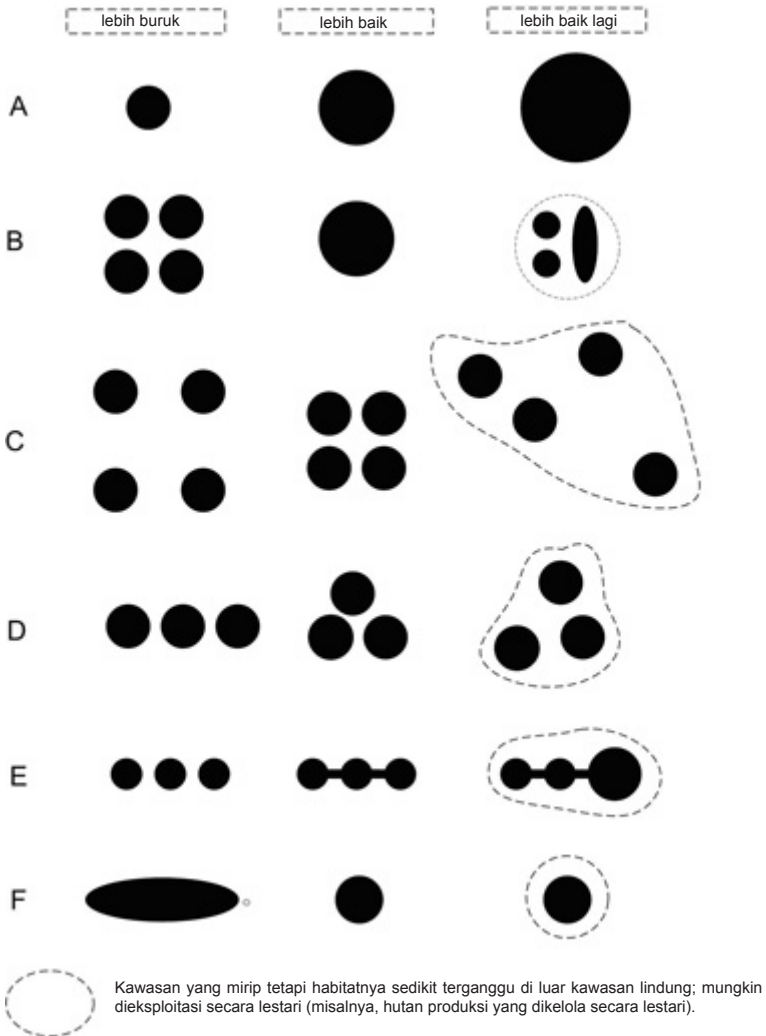
besar lebih baik daripada beberapa kawasan lindung yang kecil; kawasan-kawasan lindung yang letaknya berdekatan lebih baik daripada yang berjauhan; dan kawasan-kawasan lindung yang dikelompokkan dalam sebuah pola melingkar lebih baik daripada yang memanjang. Prinsip-prinsip ini ditingkatkan lebih lanjut jika habitat di suatu kawasan sedikit terganggu (dan dikelola secara lestari) ada di sekitar kawasan lindung (misalnya, satu atau beberapa kawasan lindung berada di dalam suatu matriks habitat yang sedikit terganggu).

Pendekatan PPK Global dan Regional

Conservation International (CI) telah menggunakan dua pendekatan penetapan prioritas konservasi skala global, yaitu kawasan pusat keanekaragaman hayati (*hotspots*) dan kawasan belantara (*wilderness areas*). Karena keanekaragaman hayati global tersebar tidak merata, kedua pendekatan ini mengidentifikasi kawasan-kawasan yang memiliki konsentrasi keanekaragaman hayati global yang tertinggi dan memprioritaskan kawasan-kawasan ini berdasarkan keberadaan jenis endemik dan tingkat ancaman (ditetapkan sebagai persentase dari habitat asli yang tersisa). Strategi konservasi dengan pendekatan *hotspots* adalah untuk mengidentifikasi dan melindungi kawasan yang terkaya akan jenis dan yang paling terancam. Pendekatan ini didasarkan pada makalah yang sangat berpengaruh luas, ditulis oleh Norman Myers (1988) yang mengidentifikasi sepuluh kawasan hutan tropis berdasarkan tingkat keendemikan tumbuhan yang luar biasa dan tingginya tingkat kehilangan habitat. Kawasan yang memenuhi syarat sebagai *hotspots* harus memiliki paling sedikit 1.500 jenis endemik tumbuhan berkayu (atau paling sedikit 0,5% dari total tumbuhan di dunia) dan paling sedikit 70% habitat aslinya telah hilang. Kajian pertama pada tahun 1999 mengidentifikasi 25 lokasi, termasuk kawasan Sunda (Jawa, Sumatra, Bali, Kalimantan, Sem. Malaysia) dan kawasan Wallacea (Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara), sementara kajian ke dua pada tahun 2005 mengidentifikasi 34 lokasi prioritas. Walaupun luasnya hanya 2,3% dari permukaan bumi, 34 lokasi ini paling sedikit memiliki 150.000 jenis tumbuhan endemik (50% dari total tumbuhan di dunia), paling sedikit ada 11.980 vertebrata daratan yang endemik (42%

EKOLOGI PAPUA

dari seluruh jenis vertebrata daratan) dan 22.022 jenis vertebrata daratan total (77% dari total vertebrata di dunia) (Mittermeier dkk. 2005).



Gambar 7.1.1. Prinsip-prinsip biogeografi dalam merancang kawasan lindung.
Sumber: menurut MacKinnon dkk. (1986).

Pendekatan yang ke dua adalah kawasan belantara, yaitu “kawasan-kawasan yang habitatnya masih asli dan mendukung sejumlah besar

jenis tumbuhan dan binatang yang tidak ada di tempat lain di dunia” (Mittermeier dkk. 2003). Ada lima kawasan belantara di tingkat global. CI mendefinisikan kawasan belantara sebagai kawasan luas minimumnya 10.000 km² (1.000.000 ha) dan paling sedikit 70% habitatnya masih asli, memiliki minimum 1.500 jenis tumbuhan berkayu endemik (misalnya, minimum 0,5 persen dari total tumbuhan di dunia) dan dihuni kurang dari 5 orang/km². Berdasarkan kriteria ini, ada tiga kawasan belantara terbesar dan terpenting di dunia, yaitu di Amazon, Kongo di Afrika Barat dan Nugini.

Ekoregion

Menurut World Wildlife Fund (WWF) pendekatan ekoregion merupakan metode untuk menetapkan kawasan biogeografi dan membantu memandu prioritas konservasi dengan menggunakan kerangka keterwakilan ekosistem utama dunia. Ekoregion adalah sebuah “unit daratan atau perairan yang luas, yang secara geografis berbeda dalam hal jenis, komunitas alami dan kondisi-kondisi lingkungannya” (Olson dkk. 2001). Dengan mengidentifikasi keragaman habitat dunia, strategi ekoregion dirancang untuk melindungi kisaran keragaman jenis yang terluas di dunia dan hidupan liar yang terancam, serta seluruh komunitas dan ekosistemnya. Pendekatan ini menekankan perlindungan wakil-wakil kawasan di masing-masing ekoregion dunia, untuk menjamin agar biomassa, ekosistem dan jenis penting di dunia tercakup seluruhnya. Untuk mencapai hasil-hasil konservasi yang secara ekologis dapat bertahan dan memaksimalkan keterwakilan keanekaragaman hayati suatu kawasan, maka perlu juga untuk melindungi jaringan-jaringan lokasi-lokasi yang penting, koridor-koridor migrasi dan proses-proses ekologi yang memertahankan kesehatan ekosistem (Wikramanayake dkk. 2000). Ekoregion menjadi paling menonjol dan digunakan secara luas (Mittermeier dkk. 2005, Wikramanayake dkk. 2002). Salah satu dari kekuatan pendekatan ini adalah kemampuannya untuk mengintegrasikan strategi konservasi dan perencanaan spasial pemerintah dalam sebuah kerangka kerja yang mempertimbangkan proses-proses ekologis yang

memelihara keanekaragaman hayati dan melindungi berbagai jenis (Groves 2003, Wikramanayake dkk. 2002).

Daerah Burung Endemik dan Pendekatan Lainnya

BirdLife International menggunakan burung untuk mewakili keanekaragaman hayati dalam menetapkan prioritas konservasi (Chan dkk. 2004, Sujatnika dkk. 1995). BirdLife memiliki dua kategori klasifikasi prioritas, Kawasan Penting bagi Burung - *Important Bird Areas* (IBAs) dan Daerah Burung Endemik (DBE - *Endemic Bird Areas* - EBAs). IBAs adalah lokasi-lokasi utama konservasi yang cukup kecil untuk dilindungi seluruhnya dan sering sudah menjadi bagian dari sebuah sistem kawasan lindung. Kawasan ini memiliki satu atau lebih jenis yang terancam secara global, merupakan bagian dari sekumpulan lokasi yang secara bersama memertahankan beberapa jenis dengan sebaran terbatas dan memiliki sejumlah jenis migran atau jenis yang berkelompok sangat besar. IBA ditentukan berdasarkan kriteria kuantitatif yang distandarisasi berdasarkan keberadaan jenis burung utama yang rentan untuk punah secara global atau sebaliknya yang populasinya tidak dapat dipulihkan (Chan dkk. 2004). DBE didasarkan pada pengakuan bahwa persebaran sekitar 25% burung, terbatas di kawasan yang luasnya kurang dari 50.000 km² dan kawasan di mana persebaran dua atau lebih jenis sebaran terbatas ini tumpang tindih dan khususnya sangat kaya akan jenis burung endemik dan burung yang tersebar luas.

Berbagai pendekatan PPK lainnya juga ada dan beberapa di antaranya telah diuji di PNG, misalnya BioRAP, yang dilakukan oleh Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Pada tahun 1990-an, BioRAP menggunakan informasi abiotik (tipe tanah, kelembaban, informasi fisiografi yang rinci) untuk memerkirakan persebaran jenis dalam menentukan kawasan-kawasan konservasi prioritas (Faith dkk. 2001, Margules dan Redhead 1995). Tim BioRAP memiliki akses kumpulan data yang jauh lebih rinci dan akurat tentang tutupan hutan, curah hujan dan informasi biologi lainnya dibandingkan

yang ada di Papua. Karena itu penerapan pendekatan ini untuk Papua saat ini tidak realistis.

PPK di Papua

Mengingat berbagai kendala yang disebutkan sebelumnya, pendekatan PPK yang memungkinkan paling sesuai untuk Papua adalah memilih kawasan-kawasan berdasarkan keberadaan jenis vertebrata yang telah diketahui (Diamond 1986), pusat-pusat keendemikan (khususnya burung, yang relatif diketahui dengan baik, Sujatnika dkk. 1995), wakil-wakil jenis dan habitat (Wikramanayake dkk. 2000), atau kombinasi dari semua unsur ini (Supriatna 1999).

Data ilmiah keanekaragaman hayati di Papua masih belum terdokumentasi dengan baik. Kenyataan ini merupakan kendala penting dalam menetapkan prioritas dan sasaran konservasi di Papua. Misalnya, Mack dan Alonso (2000) mencatat adanya 510 jenis amfibi dan reptil di PNG, dibandingkan dengan 330 jenis di Papua; untuk mamalia jumlah yang diketahui ada 227 jenis di PNG, di Papua hanya ada 164 jenis. Perbedaan-perbedaan ini lebih mencerminkan terbatasnya pengumpulan data jenis di Papua dan bukan karena tingkat keanekaragaman hayati di antara kedua kawasan ini. Kurangnya inventarisasi biologis di Papua adalah akibat sulitnya peneliti kehutanan dalam memperoleh izin penelitian, terbatasnya kesempatan serta mahalnya biaya penelitian bagi banyak ilmuwan Indonesia. Akibatnya, berbagai lokasi dan persebaran banyak jenis tidak dapat diidentifikasi dengan tepat. Selain itu, jumlah pakar taksonomi tidak memadai (secara lokal, nasional dan internasional) yang mampu mengidentifikasi spesimen taksonomi Papua secara akurat. Kurangnya koordinasi antara berbagai lembaga yang mengelola informasi biologi membuat banyak sekali informasi yang ada sulit diakses, khususnya bagi para peneliti lokal. Akhirnya, studi-studi ekologi tentang taksa tertentu hanya sedikit. Data tentang hak atas lahan dan kepemilikan lahan sangat penting, tetapi mungkin lebih sulit memperolehnya di Papua karena ketidakpastian legal mengenai hal ini. Data utama lainnya tersedia tetapi tingkat akurasinya

bervariasi, meliputi fisiografi (geologi dan daratan), iklim dan curah hujan, hidrologi (DAS), tipe-tipe tanah dan berbagai penggunaan lahan (jaringan jalan, penambangan, konsesi pembalakan, perkebunan kelapa sawit) begitu juga pola-pola demografi dan sosial ekonomi yang berkaitan dengan berbagai ancaman, kawasan-kawasan bahasa dan budaya. Seperti pernyataan Jepson dan Whittaker (2002), peta-peta program fisik regional transmigrasi *Regional Physical Planning Program for Transmigration* (RePPPProT) yang diterbitkan tahun 1986 tidak begitu bermanfaat untuk perencanaan konservasi, meskipun peta-peta ini menunjukkan kawasan-kawasan yang cocok untuk pertanian, data hidrologi dan tipe tanah (RePPPProT 1986).

Rancangan Dasar Kawasan Lindung di Papua

Faktor-faktor biologi sebagai kriteria utama untuk merancang sistem kawasan lindung di Papua hingga tahun 1995 didasarkan pada Petocz (1989). Faktor-faktor ini kemudian dikembangkan sebagai Program Penetapan Prioritas Irian Jaya (PSP) yang dilakukan oleh CI dari tahun 1996 hingga 1998. CI mengembangkan suatu proses partisipatif, yang difasilitasi oleh para pakar, berdasarkan konsensus yang menggabungkan pengetahuan terbaik yang tersedia untuk Papua. Tujuannya adalah untuk memberikan rekomendasi berbagai prioritas konservasi di Papua dan untuk memadukan informasi ini ke dalam perencanaan tata ruang yang dilakukan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA). Fungsi perencanaan ini sekarang dilakukan di tingkat kabupaten dengan bantuan dari pemerintah provinsi. Ringkasan berikut ini dikutip dari Supriatna (1999). PSP dimulai dengan mengumpulkan data untuk mengembangkan sistem informasi keanekaragaman hayati yang komprehensif untuk Papua, yang meliputi informasi biologis berdasarkan koleksi-koleksi spesimen museum; berbagai ekoregion, fisiografi, hidrologi dan informasi curah hujan; tutupan hutan; batas-batas kawasan yang dilindungi; pola-pola demografi dan sosial linguistik; dan berbagai rencana pembangunan (minyak dan gas, pertambangan,

PERENCANAAN DAN PENETAPAN PRIORITAS KONSERVASI DI PAPUA

konsesi pembalakan, transmigrasi). Informasi ini ditampilkan dalam bentuk digital dan dimasukkan sebagai lapisan-lapisan GIS.

Pada tahun 1997, CI mengadakan lokakarya di Biak, yang dihadiri lebih dari 100 ilmuwan Indonesia dan internasional, wakil-wakil penduduk lokal Papua, para perencana pemerintahan dan para pemangku kepentingan lainnya, untuk mencari konsensus kawasan prioritas konservasi. Para peserta dibagi menjadi sembilan kelompok tematis berdasarkan keahlian mereka: Tumbuhan, Serangga dan Artropoda, Reptil dan Amfibi, Burung, Mamalia, Sistem Air Tawar, Kelautan/Pesisir, Sosial Ekonomi dan Implementasi Konservasi. Masing-masing kelompok membahas kriteria biologi, ekologi dan sosial ekonomi untuk menentukan kawasan-kawasan prioritas konservasi. Hasil dari diskusi pleno dan lintas disiplin ilmu dimasukkan ke dalam sistem GIS. Para peserta lokakarya juga dibagi menjadi empat kelompok lintas disiplin menurut wilayah geografi: Utara, Selatan, Kepala Burung dan pulau-pulau Pesisir, untuk membahas berbagai kriteria biologi, sosial ekonomi dan budaya yang ditetapkan dalam sesi kelompok tematis. Tujuannya adalah untuk mencapai konsensus kawasan prioritas konservasi yang mencapai sasaran-sasaran yang ditentukan dalam tahap sebelumnya dalam lokakarya. Masing-masing kawasan dinilai berdasarkan empat kriteria besar yang memiliki banyak sekali subsasaran. Keempat kriteria evaluasi ini adalah (1) Tingkat kepentingan biologi kawasan (2) Tingkat tekanan dan berbagai ancaman dari kegiatan manusia (3) Keadaan mendesak untuk melakukan konservasi dan (4) Upaya penelitian tambahan yang penting di setiap kawasan. Karena data beberapa kelompok taksonomi tidak memadai, “penilaian ilmiah terbaik” kadang digunakan sebagai kriteria dan penetapan prioritas. Ranking semikuantitatif digunakan untuk menilai kepentingan relatif masing-masing lokasi. Hasil konsensus mengenai kawasan prioritas konservasi ditunjukkan pada peta yang dibuat oleh CI; kawasan prioritas konservasi diurutkan ke dalam enam kategori: (1) kawasan penting yang membutuhkan perlindungan konservasi; (2) kawasan yang belum disurvei secara memadai tetapi diperkirakan sebagai kawasan yang penting secara biologi; (3) kawasan-kawasan yang penting se-

cara biologi namun mendapat banyak tekanan manusia, sehingga membutuhkan pengelolaan secara terpadu; (4) kawasan-kawasan laut yang kepentingannya telah didokumentasikan; (5) kawasan-kawasan mangrove yang membutuhkan perlindungan khusus; dan (6) kawasan-kawasan dengan prioritas rendah mencerminkan keterbatasan data untuk memastikan status prioritasnya.

Konsensus ilmiah yang dicapai dalam lokakarya menyatakan bahwa sistem kawasan yang dilindungi di Papua relatif dirancang dengan baik, persentase ekosistem yang paling penting dan kawasan endemis yang cukup tinggi (Supriatna 1999). Kawasan-kawasan lainnya yang kondisi biologinya kritis tetapi belum termasuk dalam sistem kawasan yang dilindungi juga diidentifikasi, misalnya kawasan karst/kapur di daerah Kepala Burung, Sem. Bomberai di sebelah selatan dan lembah S. Tami yang berbatasan dengan PNG. Untuk memertahankan habitat yang penting tetapi sekarang belum termasuk dalam sistem kawasan yang dilindungi, kawasan-kawasan lindung berikut ini diusulkan untuk diperluas: Peg. Tamrau, Peg. Arfak, Peg. Fakfak dan Peg. Foja dan kawasan-kawasan lindung di Mamberamo. Lainnya, termasuk Lembah Baliem, kawasan Asmat dan Kepulauan Waigeo, Batanta dan Misool, diusulkan sebagai “Kawasan Pengelolaan Biologi Terpadu” yang harus dilakukan melalui kemitraan dengan masyarakat lokal untuk mengelola sumber-sumber daya alam secara berkelanjutan.

Ada juga konsensus yang kuat bahwa pengelolaan kawasan-kawasan yang dilindungi di Papua tidak memadai, hanya sekedar “kawasan lindung di atas kertas” yang sangat membutuhkan pegawai tambahan, penegakan hukum dan upaya menghimpun dukungan masyarakat. Selain itu banyak kawasan baru pada tahap diusulkan, sehingga status legalnya perlu diperjelas (Supriatna 1999). Rekomendasi-rekomendasi spesifik lainnya tentang Program Penetapan Prioritas termasuk: memadukan berbagai pertimbangan keanekaragaman hayati ke dalam perencanaan spasial tingkat daerah dan provinsi, baik untuk melindungi jenis maupun ekosistem yang penting guna pembangunan ekonomi berkelanjutan; memastikan bahwa penilaian dampak sosial dan lingkungan dilakukan dengan teliti, transparan dan informasinya tersedia bagi masyarakat

PERENCANAAN DAN PENETAPAN PRIORITAS KONSERVASI DI PAPUA

sebelum implementasi pembangunan di bidang minyak, gas, pertambangan, pertanian dan berbagai proyek pembangunan lainnya. Hal yang juga sangat penting adalah memastikan keterlibatan masyarakat dalam berbagai proses pengambilan keputusan; berbagai proyek pembangunan lebih menekankan kebutuhan-kebutuhan sosial ekonomi, budaya dan aspirasi masyarakat lokal; inventarisasi biologi dan studi-studi ekologi tambahan; pelatihan peningkatan kapasitas para mahasiswa di Papua dan pengembangan berbagai koleksi spesimen dan herbarium secara lokal; meningkatkan kerja sama dan kolaborasi antara LIPI, PHKA, berbagai universitas di Papua dan berbagai kelembagaan internasional dan LSM; meningkatkan pemahaman dan kepedulian publik mengenai prioritas dan isu lingkungan; komitmen yang lebih kuat di kalangan donor dalam membantu perencanaan jangka panjang (hingga sepuluh tahun) untuk berbagai proyek konservasi dan pembangunan; membentuk badan Penggalangan Dana Konservasi Papua untuk membantu membiayai berbagai inisiatif konservasi lokal.

PSP berhasil mengembangkan sebuah proses dialog yang produktif dan mencapai konsensus di antara berbagai tingkat pemangku kepentingan, yang krusial bagi keberhasilan pelaksanaan sistem kawasan lindung di Papua (Supriatna 1999). PSP juga mengangkat keanekaragaman hayati Papua ke dalam sorotan masyarakat internasional dan mendorong lebih banyak minat untuk memperluas pendokumentasian dan perlindungan keanekaragaman budaya dan biologi provinsi yang unik. PSP juga membantu terbentuknya *Papua Conservation Fund* (PCF) pada tahun 2002.

Pendekatan Ekoregional World Wildlife Fund (WWF)

Pendekatan ekoregional WWF untuk konservasi di Papua meliputi pengembangan jaringan yang mewakili kawasan-kawasan yang dilindungi di dalam masing-masing ekoregion dan mengidentifikasi berbagai tindakan prioritas untuk menerapkan sistem strategi pengelolaan ekoregion. WWF telah mengidentifikasi dua belas ekoregion daratan di hutan hujan Biak-Numfor, hutan hujan di jajaran pegunungan tengah,

padang rumput subalpin di jajaran pegunungan tengah, hutan hujan P. Yapen, hutan hujan dataran rendah Nugini Utara dan hutan rawa paya, hutan hujan pegunungan Nugini Utara, hutan rawa Nugini bagian selatan, hutan hujan dataran rendah Nugini bagian selatan, hutan hujan pegunungan di daerah Kepala Burung, hutan hujan dataran rendah Kepala Burung-Aru, padang rumput dan savana Trans-Fly dan hutan mangrove Nugini. Kecuali hutan hujan di Biak-Numfor, Yapen, Kepala burung dan Kepala Burung-Aru, WWF juga sedang mengembangkan klasifikasi ekoregion tersendiri untuk sistem-sistem perairan tawar.

Daerah Burung Endemik menurut Birdlife International

Delapan Daerah Burung Endemik telah diidentifikasi di Papua (Sujatnika dkk. 1995): dataran rendah Papua bagian barat (Kep. Raja Ampat, dataran rendah Kepala Burung, kawasan Leher Burung); pegunungan Papua bagian barat (Peg. Tamrau dan Peg. Arfak di Kepala Burung, Peg. di Fakfak dan Kumawa di Bomberai dan Sem. Wandamen); Biak-Numfor (pulau-pulau Biak, Numfor dan Num); dataran rendah Papua bagian utara (hutan-hutan dataran rendah dari Baropasi dan Nabire di bagian timur, sampai Mamberamo, Rouffaer [Tariku], sungai-sungai [Taritatu], sampai Jayapura); pegunungan Papua bagian utara (Foja, Gauttier dan Cyclop); jajaran pegunungan tengah Papua (jajaran pegunungan tengah, termasuk jajaran pegunungan Sudirman dan Jayawijaya); dataran rendah Papua bagian selatan (dataran rendah dan kaki bukit sebelah selatan pegunungan tengah, dari Teluk Etna sampai kawasan di hulu S. Digul); Trans-Fly (dataran rendah bagian selatan dari Digul sampai sungai-sungai di Fly).

Berbagai Prioritas dan Arah ke Depan

Meningkatnya intensitas ancaman keanekaragaman hayati di Papua berarti waktu yang tersisa untuk menyelamatkannya hanya sedikit sekali. Kecuali aksi-aksi konservasi di lapangan yang dilakukan sekarang juga melalui kemitraan dengan masyarakat lokal dan para pemangku kepentingan lainnya, jika tidak keanekaragaman hayati Papua akan

PERENCANAAN DAN PENETAPAN PRIORITAS KONSERVASI DI PAPUA

lenyap. Selain itu, PPK di Papua tidak akan maju jauh lebih lanjut tanpa data tambahan tentang biologi dan ekologi yang menjadi dasar analisis selanjutnya. Namun kebutuhan akan data yang lebih banyak untuk memastikan prioritas-prioritas konservasi seharusnya tidak menjadi alasan untuk menunda aksi-aksi konservasi dan kebijakan yang mendasar. Kepentingan global keanekaragaman hayati Papua telah ditunjukkan secara luas dan beberapa program untuk mengidentifikasi prioritas konservasi juga telah dilakukan (Supriatna 1999, Petocz 1989, Wikramanayake dkk. 2000). Pengetahuan ilmiah yang tersedia sekarang cukup untuk mengambil keputusan dan menetapkan tindakan konservasi yang diperlukan untuk melindungi jenis dan berbagai ekosistem serta proses-proses ekologi di Papua. Mengingat intensitas dan cakupan ancaman yang semakin meningkat, kegiatan-kegiatan konservasi yang perlu segera dilakukan sudah jelas. Kemungkinan arah yang paling praktis ke depannya adalah untuk melakukan konservasi di lapangan, dengan menggabungkan berbagai kegiatan survei biologi dan studi ekologi (termasuk pendirian berbagai stasiun lapangan) untuk mengisi kesenjangan informasi. Data baru akan bermanfaat untuk menyempurnakan PPK, baik pada tingkat lokasi dan tingkat ekoregion. PSP akan menjadi lebih akurat bagi kawasan-kawasan yang sudah tercakup dalam sistem kawasan lindung sekarang, atau untuk modifikasi batas kawasan lindung yang ada. Belum terlambat untuk menyelamatkan warisan budaya dan biologi Papua yang unik, namun waktu terus berjalan. Seperti pernyataan Supriatna (1999): “lebih mudah memutuskan kepentingan keanekaragaman hayati Papua di tingkat global, namun jauh lebih sulit untuk melaksanakan strategi konservasi di lapangan. Implementasi di lapangan mungkin bahkan lebih rumit dan sulit, karena tidak hanya membutuhkan identifikasi, pemantauan dan penilaian sasaran konservasi secara khusus, tetapi juga memerlukan keterlibatan masyarakat lokal dan mitra dari pemerintah secara terus-menerus sehingga mereka mendukung secara aktif”.

7.2. Undang-Undang dan Peraturan Konservasi di Indonesia, khususnya di Papua*

Di Indonesia banyak peraturan perundangan konservasi dan pengelolaan sumber daya alam untuk mengatur pemanfaatan hutan dan hidupan liar dan untuk memastikan kelangsungan hidupnya. Namun dalam pelaksanaannya masih banyak kelemahan, sehingga berbagai kegiatan seperti pembalakan liar dan perdagangan hidupan liar masih tersebar luas.

Pembalakan liar adalah penyebab utama kerusakan dan kehilangan hutan di Indonesia. Berbagai estimasi menunjukkan bahwa 50%- 88% produksi kayu hutan Indonesia berasal dari sumber ilegal (Greenpeace 2003, Palmer 20001, Scotland dan Ludwig 2002). Menurut WALHI (Wahana Lingkungan Hidup Indonesia), kapasitas total tahunan industri kayu nasional adalah 63 juta m³, tetapi produksi kayu yang legal hanya 12 juta m³/tahun, atau sekitar 51 juta m³ kayu ilegal diproses setiap tahunnya (Kurniawan 2003a). Selama 50 tahun terakhir, Indonesia telah kehilangan 50 juta ha tutupan hutan (dari 162 juta ha pada 1950 menjadi 98 juta ha pada tahun 2000). Pembalakan liar merugikan Pemerintah Indonesia sekitar Rp 30 triliun/tahun dengan hilangnya pendapatan kehutanan. Kehilangan hutan ini juga menyumbang peningkatan deforestasi di Indonesia, dari 1,6 juta ha/tahun pada tahun 1998 menjadi 2,4 juta ha/tahun pada tahun 2002 (Departemen Kehutanan 2003). Nilai jasa ekosistem yang rusak dan punah belum pernah dihitung.

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Conservation Laws, Regulation, and Legislation in Indonesia, with Special Reference to Papua", Suer Suryadi, Agustinus Wijayanto & James B. Cannon.

UNDANG-UNDANG DAN PERATURAN KONSERVASI DI INDONESIA

Papua memiliki lebih dari 40 juta ha hutan, sumber daya hutan terluas dan terbesar yang masih tersisa di Indonesia dan satu dari lingkungan tropis terakhir yang sebagian besar masih asli (Mittermeier dkk. 2002). Hutan yang unik dan penting di tingkat global ini sangat terancam oleh pembalakan liar. Salah satu bukti betapa seriusnya masalah ini dapat dilihat dari pernyataan Departemen Kehutanan (2003) bahwa dari sekitar 10 juta m³ kayu yang diselundupkan ke luar Indonesia per tahun, 7,2 juta m³ (atau 72%) berasal dari Papua.

Perdagangan ilegal hidupan liar juga merajalela di berbagai wilayah Indonesia. Binatang menawan yang paling berisiko adalah primata, kura-kura dan burung. Pada tahun 2002 lebih dari seribu orangutan dilaporkan diburu di hutan Kalimantan, sembilan ribu kura-kura dilaporkan diperdagangkan hanya dalam empat bulan pada tahun 2001 dan survei mengungkapkan hampir 50% burung yang ada di pasaran merupakan jenis yang dilindungi di bawah hukum Indonesia (Nursahid 2003). Perdagangan domestik dan internasional hidupan liar dan berbagai produk hidupan liar menjadikan banyak jenis binatang Papua sebagai sasaran, beberapa di antaranya langka secara global, endemik Papua, atau terancam punah. Menurut Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam (PHKA), nilai hidupan liar yang diselundupkan ke Malaysia, Singapura, China, Hong Kong dan negara-negara Eropa sekitar 600 juta US\$/tahun sampai 1 miliar US\$/tahun (Dursin 2004, Kurniawan 2003b). Kerugian finansial yang tidak tercatat mungkin lebih besar lagi karena penegakan hukum yang sangat lemah di Papua.

Perburuan dan koleksi hidupan liar yang dilindungi hanya diijinkan untuk keperluan penelitian dan rehabilitasi. Menjual atau menyimpan jenis-jenis ini sebagai binatang peliharaan tidak diijinkan. Namun, jenis tertentu yang masuk daftar Lampiran II Konvensi Perdagangan Internasional untuk Jenis Flora dan Fauna Liar yang Terancam punah (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna* atau CITES) dapat diperdagangkan jika merupakan hasil penangkaran atau peternakan. Peraturan Pemerintah No. 8/1999 mengijinkan perdagangan jenis yang tidak dilindungi menurut kuota

yang dikeluarkan oleh Departemen Kehutanan berdasarkan rekomendasi dari LIPI.

Peraturan perundangan yang terkait dengan konservasi dan pengelolaan sumber daya alam yang sekarang tidak efektif adalah karena tingkat kepatuhan hukum yang sangat rendah. Berbagai akar masalahnya adalah permintaan produk hidupan liar dari pasar domestik maupun internasional; kemiskinan; keterbatasan alternatif mata pencarian legal; konflik sistem penguasaan tanah; tentara yang menjalankan bisnis untuk menutupi biaya operasinya; korupsi besar dan kecil; tumpang tindih dan kontradiksi kebijakan dan perundang-undangan; rezim kebijakan dan pengelolaan yang tidak menghormati hak asasi manusia; dan rendahnya supremasi hukum (Barber dan Talbott 2003, Patlis 2002, Poffenberger 1995, Repetto 1988, Sembiring dkk. 2003). Untuk meningkatkan penegakan hukum, semua akar penyebab ini perlu diatasi untuk pemecahan jangka panjang.

Bab ini membahas tiga topik: (1) Perundang-undangan yang mengatur konservasi keanekaragaman hayati dan pengelolaan sumber daya alam di Indonesia, khususnya perubahan-perubahan terkini; (2) berbagai kegiatan ilegal yang paling mengancam keanekaragaman hayati Papua; dan (3) kinerja buruk penegakan hukum dan bagaimana meningkatkan kepatuhan hukum.

Perundang-undangan

Banyak undang-undang yang mengatur konservasi, kehutanan, pemanfaatan keanekaragaman hayati secara spesifik, seperti pembalakan atau perburuan hidupan liar, pengumpulan dan perdagangan sumber daya hutan. Namun hanya sedikit yang menyebutkan ancaman berupa masa tahanan atau denda dan sebagian besar pada tingkat Peraturan Pemerintah (PP). Sembiring dkk. (2003) bahkan menyimpulkan bahwa tidak ada satu pun peraturan yang secara spesifik mendefinisikan pembalakan liar atau perdagangan ilegal hidupan liar. Peraturan pokok terkini yang mengatur konservasi keanekaragaman hayati di Indonesia dan peraturan pelaksanaannya diringkas sebagai berikut.

Undang-Undang No. 5/1990: Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya

Prinsip utama UU ini adalah pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan untuk mendukung kesejahteraan manusia dan kualitas hidup. UU ini mengatur pelestarian dan perlindungan flora dan fauna, ekosistem, kawasan konservasi dan pemanfaatan sumber daya alam yang berkelanjutan dan menguraikan proses penyidikan, hukuman dan sanksi untuk tindak kriminal yang dilakukan. UU ini membutuhkan peraturan pelaksanaannya berupa Peraturan Pemerintah. Sampai Februari 2001, hanya 8 dari 13 PP yang ditetapkan. Penegakan UU ini menghadapi kendala karena tidak ada prosedur terinci di sektor konservasi dan kehutanan.

Peraturan Pemerintah No. 13 /1994: Perburuan Satwa Buru

PP ini mengatur perburuan hidupan liar yang tidak dilindungi yang menjadi sasaran perburuan. Isinya menguraikan perburuan hidupan liar, kawasan perburuan, musim, peralatan, surat ijin, serta hak dan kewajiban pemburu.

Peraturan Pemerintah No. 68/1998: Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Konservasi Alam

PP ini menyediakan panduan teknis untuk mengelola Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Konservasi Alam. Isinya menguraikan tipe kawasan lindung di Indonesia, berbagai persyaratannya, fungsi dan pengelolaan, termasuk pelestarian dan pemanfaatannya.

Peraturan Pemerintah No. 6 /1999: Pengusahaan Hutan dan Pemungutan Hasil Hutan di Hutan Produksi

PP ini ditetapkan sebelum UU No. 41/1999 disetujui dan ketika proses desentralisasi dan reformasi di bidang pengelolaan hutan berlangsung sangat cepat. PP ini memberikan wewenang kepada Gubernur dan Bupati untuk mengeluarkan surat ijin untuk pengusahaan hutan skala

kecil. Masyarakat adat diberikan hak untuk menebang hutan milik masyarakat adat.

Peraturan Pemerintah No. 7/1999: Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa

PP ini menetapkan jenis flora dan fauna yang dilindungi serta habitatnya dan mengatur pelaksanaannya, termasuk usaha-usaha pemeliharannya, lembaga konservasi, peraturan pengiriman dan pengangkutan jenis yang dilindungi dan pengawasan dan pemantauannya. Pengawasan dan pemantauan dilakukan oleh badan penegak hukum yang diberi wewenang penegakan hukum, baik melalui pencegahan/preventif maupun penanggulangan/supresif. Tindakan pencegahan meliputi, tetapi tidak terbatas pada, penyadartahuan, pelatihan staf lembaga penegak hukum dan penerbitan panduan identifikasi jenis-jenis yang dilindungi. Tindakan penanggulangan meliputi tindakan penegakan hukum untuk menuntut tersangka di pengadilan.

Peraturan Pemerintah No. 8/ 1999: Pemanfaatan Tumbuhan dan Satwa Liar

PP ini berisi berbagai peraturan pelaksanaan penelitian dan pengembangan, peternakan, perburuan, perdagangan, pameran, pertukaran, budidaya tanaman obat, binatang peliharaan, pengiriman dan pengangkutan hidupan liar, sanksi kriminal, serta klasifikasi dan kuota.

Undang-Undang No. 16/1992: Karantina Tumbuhan, Ikan dan Hewan

Menanggapi peningkatan perdagangan hidupan liar domestik dan internasional serta risiko menyebarnya hama dan penyakit, UU ini menggantikan Undang-Undang Karantina sebelumnya yang ditetapkan oleh pemerintah Belanda. UU ini mencakup berbagai persyaratan karantina, mendefinisikan pembawa penyakit (*vector*) dan hama, proses penyidikan, hukuman dan denda.

Undang-Undang No. 23/1997: Pengelolaan Lingkungan Hidup

UU ini ditetapkan untuk menggantikan UU No. 4/1982. Intinya menyatakan bahwa pengelolaan lingkungan hidup harus dilaksanakan oleh negara untuk memastikan pembangunan berkelanjutan yang ramah lingkungan di Indonesia. Isinya mencakup pengaturan partisipasi dan peran masyarakat, kewajiban pengelolaan lingkungan hidup, penyelesaian konflik, hak masyarakat dan organisasi untuk menggugat dan keterlibatan mereka dalam penegakan hukum pengelolaan lingkungan hidup (*class action*).

Undang-Undang No. 41 /1999: Kehutanan

UU ini ditetapkan untuk menggantikan UU No. 5/1967 tentang Pokok-Pokok Kehutanan. Prinsip utamanya adalah untuk melaksanakan tata kelola hutan yang baik dengan mempertimbangkan dan menggabungkan pemanfaatan dan konservasi, memperhitungkan kebutuhan masyarakat lokal, memperjelas proses penyidikan serta hukuman dan sanksi dan mendorong transparansi. Wewenang operasionalnya dialihkan ke pemerintah provinsi dan kabupaten, sementara wewenang pemerintah pusat dipusatkan pada isu-isu makro yang lebih strategis.

Peraturan Pemerintah No. 45/2004: Perlindungan Hutan

PP ini menggantikan PP No. 28/1985 sebagai peraturan pelaksana UU No. 41/1999 untuk melindungi hutan dari berbagai kegiatan manusia dan eksploitasi hutan. Peraturan ini memberikan mandat khusus kepada Departemen Kehutanan untuk memelihara berbagai fungsi ekologis hutan. PP ini menekankan pada peran dan tanggung jawab Polisi Hutan dan Penyidik Sipil Hutan untuk meningkatkan penegakan hukum dan peran masyarakat dan sektor swasta dalam perlindungan hutan.

Peraturan Pemerintah No. 34/ 2002: Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, Pemanfaatan Hutan dan Penggunaan Kawasan

PP ini menggantikan PP 6/1999, yang mengatur pemanfaatan hutan dan berbagai prosedur untuk mendapatkan ijin dari pemerintah provinsi dan pusat. Secara umum hutan dikelompokkan menjadi tiga tipe yaitu Kawasan Konservasi Alam, Kawasan Suaka Alam dan Hutan Produksi. Berbagai kegiatan yang terkait dengan hutan diatur di bawah PP ini, walaupun beberapa kegiatan membutuhkan peraturan lebih lanjut yang ditetapkan oleh Departemen Kehutanan.

Perubahan dan Ketidakpastian Perundang-undangan

Ada banyak ketidakjelasan antara apa saja yang termasuk legal dan yang ilegal. “Wilayah abu-abu” dalam peraturan dan perundangan Indonesia terjadi karena kerangka hukum Indonesia, perundangan tidak dikonsep dengan baik, serta interpretasi dan pelaksanaannya fleksibel (Patlis 2002). Dalam analisisnya, Patlis (2002) menyimpulkan seandainya pemegang hak pengusahaan hutan berusaha untuk mengikuti hukum dan lembaga yang berwenang benar-benar mampu menegakkan hukum seperti yang tertulis, tetap saja ada konflik, kesenjangan dan tumpang tindih peraturan, sehingga pelaksanaannya sangat sulit atau bahkan mustahil. Banyak analis melihat perlunya reformasi hukum untuk mengurangi “wilayah abu-abu”, termasuk memperjelas yuridiksi antara pemerintah daerah dan pusat sampai meningkatkan kepatuhan hukum dan mengurangi korupsi dalam pengelolaan hutan di Indonesia.

Perubahan peraturan mengenai desentralisasi pengelolaan di hutan produksi dan hutan lindung adalah satu penyebab utama ketidakpastian legalitas undang-undang pembalakan lainnya. Misalnya, SK No. 677/1998 memungkinkan anggota masyarakat adat untuk mendapatkan a): Ijin Pemungutan Kayu Masyarakat Adat (IPKMA). Hak ini diperkuat dengan No. 6/1999 tentang Pemanfaatan Kawasan Hutan di Hutan Produksi dan SK No. 317/1999, yang mengizinkan masyarakat adat untuk mendapatkan Ijin Hak Pemungutan Hasil Hutan Masyarakat Hukum

UNDANG-UNDANG DAN PERATURAN KONSERVASI DI INDONESIA

Adat (IHPHHMHA) di Hutan Produksi atau di dalam wilayah HPH yang sudah ada. Selain itu, PP No. 6/1999, Pasal 11 menyatakan bahwa Departemen Kehutanan dapat mendelegasikan wewenang kepada gubernur untuk mengeluarkan ijin HPH standar yang luasnya kurang dari 10.000 ha dan Pasal 22 memberikan wewenang kepada Bupati untuk mengeluarkan Ijin Hak Pemungutan Hasil Hutan (IHPHH) untuk kawasan seluas 100 ha. Panduan lebih lanjut tentang penetapan ijin tercantum dalam Surat Keputusan Departemen Kehutanan (SK) No. 50.1/2000, yang memberikan wewenang kepada Gubernur dan Bupati. Untuk mengelola surat dan perijinan penebangan dan pembukaan hutan di tingkat lokal, pemerintah daerah Papua menetapkan Surat Keputusan (SK) No. 522.2/2002 untuk mengatur surat ijin produk kehutanan, yang disebut Ijin Pemungutan Kayu Masyarakat Adat (IPKMA), yang persis sama dengan IHPHHMHA.

Sampai Desember 2003, 114 IPKMA telah dikeluarkan untuk hutan seluas 111.250 ha. Kemudian timbul kesalahpahaman karena IHPHHMHA yang tercantum dalam SK Departemen Kehutanan No. 317/1999 secara spesifik menyatakan bahwa IHPHHMHA hanya berlaku untuk memenuhi kebutuhan lokal, bukan untuk perdagangan komersial.

Di bawah UU No.22/1999 tentang Otonomi Daerah, pemerintah kabupaten mengembangkan peraturan dan mengeluarkan sendiri ijin untuk pembalakan di hutan produksi dan untuk mengelola Hutan Lindung. Namun umumnya peraturan daerah ini tidak mengikuti hukum nasional, sebagaimana diharuskan oleh UU Otonomi Daerah (Patlis 2002). UU No. 41/1999 juga mencakup berbagai aspek desentralisasi pengelolaan hutan di seluruh Indonesia dan UU Otonomi Khusus Papua (No. 21/2001) yang merinci lebih lanjut untuk Papua. PP No.34/2002 menegaskan kembali wewenang pemerintah pusat dengan memutuskan bahwa hanya Menteri Kehutanan yang dapat menetapkan ijin pembalakan dan menolak berbagai macam ijin yang dikeluarkan oleh pemerintah daerah, seperti Ijin Pemungutan Kayu (IPK) (Patlis 2002).

Di Papua, IPK umumnya dikenal sebagai Koperasi Peranserta Masyarakat (Kopermas) dan tanahnya dimiliki oleh masyarakat. Namun,

EKOLOGI PAPUA

kurangnya pengawasan dan dampak lingkungan, kegiatan Kopermas menjadi mengkhawatirkan. PP No. 34/2002 mencoba mengurangi dampak lebih lanjut dari pembalakan skala kecil dengan memperlakukan Kopermas sebagai kegiatan ilegal. SK No. 50.1/2000 diperbaiki dua tahun kemudian melalui SK No. 541/2002 yang melarang Gubernur dan Bupati untuk memberikan perijinan dan menarik kembali ijin yang sudah keluar dan membatalkan semua ijin yang ditetapkan setelah Desember 2000.

Berbagai perubahan tersebut pada kenyataannya membuka peluang pembalakan liar, karena kegiatan Kopermas yang sebelumnya legal di bawah peraturan lokal kemudian dinyatakan ilegal di bawah peraturan nasional. Hak-hak pemerintah daerah atas sumber daya hutan masih terus diperdebatkan. Walaupun ada PP No. 34/2002, pemerintah daerah terus mengeluarkan ijin pembalakan dan Departemen Kehutanan berjuang untuk menerapkan dan menegakkan PP No. 34/2002. Akhirnya, SK No. P.07/2005 menarik SK No. 317/1999 untuk memastikan bahwa di bawah peraturan nasional ijin pembalakan skala kecil tidak berlaku lagi.

Untuk memberantas pembalakan liar, tanggal 8 Oktober 2001 Departemen Kehutanan dan Departemen Perindustrian dan Perdagangan melarang ekspor kayu (1132/KPTS-II/2001 dan 292/MPP/Kep/10/2001). Namun pada tahun yang sama, Gubernur Papua menetapkan Surat Keputusan untuk ekspor kayu. Tahun 2004 Departemen Kehutanan dan Departemen Perindustrian dan Perdagangan juga menetapkan pelarangan ekspor untuk kayu gergajian (SK 350/Menhut-VI/2004 dan 598/MPP/Kep/9/2004).

Sementara wewenang pengelolaan atas Kawasan Suaka Alam dan Hutan Produksi berpindah dari pusat ke pemerintah daerah sejak tahun 1999, Departemen Kehutanan tetap memertahankan wewenang hukumnya atas pengelolaan Kawasan Konservasi Alam. UU No. 22/1999, Pasal 7 dan PP No. 25/2000, Pasal 2 menyatakan bahwa Departemen Kehutanan tetap berwenang atas Hutan Konservasi (Simorangkir dan Sumantri 2002). Karena itu, pembalakan di dalam Kawasan Konservasi Alam sekarang merupakan bentuk terjelas pembalakan liar di Indonesia.

UNDANG-UNDANG DAN PERATURAN KONSERVASI DI INDONESIA

Walaupun hal-hal yang dijelaskan di atas membingungkan, perundang-undangan Indonesia jelas menyebutkan beberapa bentuk kegiatan sebagai pembalakan ilegal sesuai dengan standar internasional. Kegiatan ini mencakup: menebang di Kawasan Konservasi Alam (yang meliputi Taman Nasional, Taman Hutan Raya, Taman Buru, Taman Wisata) dan Kawasan Suaka Alam (Cagar Alam dan Suaka Margasatwa) yang semuanya ilegal menurut UU No. 5/1990. Menebang di KSA dan menebang di Hutan Produksi tanpa ijin HPH adalah ilegal menurut UU No. 41/1999, demikian juga memuat dan mengangkut kayu atau gelondongan tanpa Surat Keterangan Sahnya Hasil Hutan (SKSHH).

Hukuman yang ditetapkan dalam peraturan pengelolaan hutan konservasi dan produksi mencerminkan skala dari dampak lingkungan aktual atau potensial karena adanya pelanggaran. Beberapa pelanggaran yang berdampak lingkungan aktual atau potensial terbesar, sanksi hukumannya terberat (contohnya, membakar hutan; pembalakan di dalam KPA atau KSA, atau dekat anak-anak sungai di Hutan Produksi; dan memiliki atau memperdagangkan jenis yang dilindungi). Pelanggaran yang menyelubungi berbagai kegiatan ilegal yang berdampak lingkungan besar (contohnya, mengangkut kayu tanpa perijinan yang diperlukan) juga diganjar hukuman berat. Pelanggaran yang merusak kualitas wilayah konsesi atau kelangsungan panen kayu di wilayah konsesi, tetapi dampak lingkungannya rendah (contohnya, pelanggaran persyaratan rencana kerja tahunan atau menebang pohon di bawah ukuran standar), tidak dianggap sebagai tindakan kriminal dan diganjar hukuman ringan.

Macam-macam pembalakan liar yang melanggar peraturan teknis kehutanan mengenai pembalakan di wilayah konsesi umumnya dianggap pelanggaran peraturan dan dikenakan sanksi administratif dan bukan kriminal (Patlis 2002). Kegiatan pembalakan liar dan perdagangan hidupan liar yang dibahas dalam laporan ini dikategorikan sebagai tindakan kriminal oleh KUHAP (Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana), yang ditetapkan dalam Undang-Undang (UU) No. 8/1981. Satu perbedaannya adalah keterlibatan Penyidik Sipil Hutan, yang memimpin atau membantu polisi dalam penyidikan tindak kriminal hutan karena mereka

memiliki pengetahuan teknis hutan yang diperlukan untuk melakukan proses penuntutan secara efektif.

Berbagai Kegiatan Ilegal

Kerusakan hutan merusak sumber daya ekologi dan ekonomi. Pembalakan liar sekarang telah meluas di beberapa kawasan lindung di Indonesia. Di Papua, kegiatan ini juga merusak sistem budaya dan nilai sosial tradisional. Departemen Kehutanan (Siaran Pers No. 51/II/PIK-1/2003) menyatakan hampir 43 juta ha hutan telah hilang dari luas asalnya 120,35 juta ha, dengan tingkat kerusakan sekitar 2,1 juta ha/tahun (Palmer 2000), dengan kerugian finansial dan lingkungan yang disebutkan dalam pendahuluan bab ini. Lebih lanjut, menurut *International Tropical Timber Organization* (ITTO), dikutip oleh Cenderawasih Pos, 24 Agustus 2002, catatan pemerintah Indonesia menunjukkan bahwa Indonesia sama sekali tidak mengekspor kayu ke Malaysia dan hanya 336.000 m³ ke China pada tahun 2000, tetapi data dari kedua negara ini menunjukkan bahwa masing-masing mengimpor kayu dari Indonesia sebanyak 632.000 m³ dan 1.385.000 m³.

Pembalakan liar skala komersial di Papua muncul dalam berbagai bentuk dan oleh berbagai pelaku. Kegiatan ilegal yang paling mengkhawatirkan terjadi di wilayah di mana pembalakan tidak diijinkan (contohnya, kawasan lindung) dan terkait dengan perusahaan yang memiliki ijin penebangan di wilayah di dekatnya. Pembalakan oleh Kopermas tidak dianggap sebagai tindak kriminal hutan di Papua karena ketidakpastian hukum seperti dibahas di atas. Tidak ada kasus Kopermas yang diusut di Papua, bahkan setelah tahun 2002 Kopermas dinyatakan ilegal.

Perburuan, pengumpulan dan perdagangan ilegal hidupan liar Papua adalah sumber utama perdagangan ilegal hidupan liar karena banyaknya jenis endemik yang menarik dan unik (lihat di bawah). Keunikannya menarik pasar domestik dan ekspor, tanpa mempedulikan tingkat perlindungan masing-masing jenis. Akibatnya, para pemasok menemukan banyak cara untuk memenuhi permintaan dan para petani dan pemburu subsisten ikut berperan untuk menghasilkan pendapatan bagi mereka.

UNDANG-UNDANG DAN PERATURAN KONSERVASI DI INDONESIA

Menurut laporan Profauna Indonesia (LSM yang bergerak dalam perlindungan binatang) sekitar 115.000 nuri ditangkap setiap tahun dari habitat liarnya di Papua dan Maluku, termasuk jenis yang sangat terancam punah, seperti Kakatua raja (*Probosciger aterrimus*), Kasturi kepala-hitam (*Lorius lory*) dan Kakatua koki (*Cacatua galerita*); lihat www.profauna.or.id/English/binatang-fact.html. Perburuan telah mencapai tingkat yang mengancam jenis tertentu menjadi sangat kritis jika tidak ada tindakan cepat untuk memberantas perdagangan liar ini.

Berdasarkan survei dan pemantauan pasar yang dilakukan di Manokwari dan Jayapura oleh CI Indonesia dan BKSDA di Papua tahun 2003, pusat perdagangan hidupan liar adalah pasar Sanggeng, Wosi dan Borobudur di Manokwari dan di dekat kantor Kabupaten Manokwari serta desa Makassar, Prafi dan Masni. Di Jayapura, pusat perdagangan hidupan liar adalah pasar Abepura dan Hamadi dan pasar di Arso, Genyem, Koya/Tami dan Yoka.

Jenis-jenis hidupan liar yang diperdagangkan di Manokwari tahun 2003 termasuk jenis yang dilindungi seperti Kasturi kepala-hitam, Kakatua koki, Penyu hijau (*Chelonia mydas*), kasuari (*Casuaris spp.*), kuskus (*Spilocuscus spp.*) dan Nuri bayan (*Eclectus roratus*) dan burung cenderawasih (*Paradisaea spp.*) yang diawetkan. Jenis yang tidak dilindungi yang juga ditemukan termasuk Perkici pelangi (*Trichoglossus haematodus*), kumbang (*Lamprima sp.*), kupu-kupu (*Delias sp.*), Cendana irian (*Aquilaria filaria*) dan anggrek (*Dendrobium spp.*). Di Jayapura, jenis yang diperdagangkan termasuk Kakatua koki, Kasturi kepala-hitam, beberapa jenis kasuari, burung cenderawasih, Mambruk victoria (*Goura victoria*), Perkici pelangi, beberapa jenis kuskus dan kangguru pohon (*Dendrolagus spp.*). Selain itu, bulu burung cenderawasih, nuri dan kasuari dijual di toko-toko kerajinan.

Harga burung yang diperdagangkan sangat bervariasi dari hanya Rp 500 sampai Rp. 2.000.000 menurut warna bulunya, kualitas siulannya dan umurnya. Harga hidupan liar yang dijual ilegal sangat menggiurkan dan memberikan insentif ekonomi yang kuat bagi para pemburu dan penyelundup untuk terlibat, termasuk masyarakat lokal, beberapa lem-

baga pemerintahan dan lembaga penegak hukum. Mereka berperan sebagai pemburu, pembeli, perantara dan penjual. Tidak semuanya beroperasi secara ilegal; ada beberapa yang memiliki ijin resmi sebagai pedagang hidupan liar.

Hidupan liar dibawa ke Sulawesi, Jawa dan Sumatra oleh kapal dan pesawat sipil dan militer. Terbatasnya pilihan transportasi ke luar Papua berarti pengawasan ketat perdagangan hidupan liar di sepanjang rute utama kapal dan pesawat dapat mengurangi perdagangan jenis langka dan kepunahan.

Penegakan Hukum

Antara tahun 2001 dan 2004 CI melakukan penyidikan penegakan hukum konservasi dan kehutanan di Papua, mengidentifikasi titik-titik rawan dan melakukan berbagai pelatihan dan transfer teknologi untuk meningkatkan penegakan hukum. Kegiatan ini dimulai dengan konsultasi dengan BKSDA, kantor-kantor kehutanan, polisi dan militer, para jaksa dan para hakim. CI mengumpulkan data dari lapangan, berdasarkan laporan resmi dari berbagai lembaga penegak hukum yang terkait di lima kabupaten. CI dan BKSDA yang berkolaborasi untuk melakukan survei dan pemantauan perdagangan hidupan liar di Manokwari dan Jayapura. CI juga mengembangkan dan mengelola *database* untuk melacak kemajuan kasus-kasus pembalakan liar dan perdagangan hidupan liar melalui sistem peradilan. Proyek ini mengungkap sistem penegakan hukum yang beroperasi di Papua dan tingkat keberhasilannya memberantas pembalakan liar dan perdagangan ilegal hidupan liar. Berbagai konsultasi dan analisis lebih lanjut dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab lemahnya penegakan hukum dan untuk menentukan fokus untuk memperkuat penagakannya. Ringkasan temuannya disajikan sebagai berikut.

Sistem Penegakan hukum

Beberapa lembaga yang terlibat dalam sistem penegakan hukum dan struktur organisasi serta tanggung jawab masing-masing diuraikan.

UNDANG-UNDANG DAN PERATURAN KONSERVASI DI INDONESIA

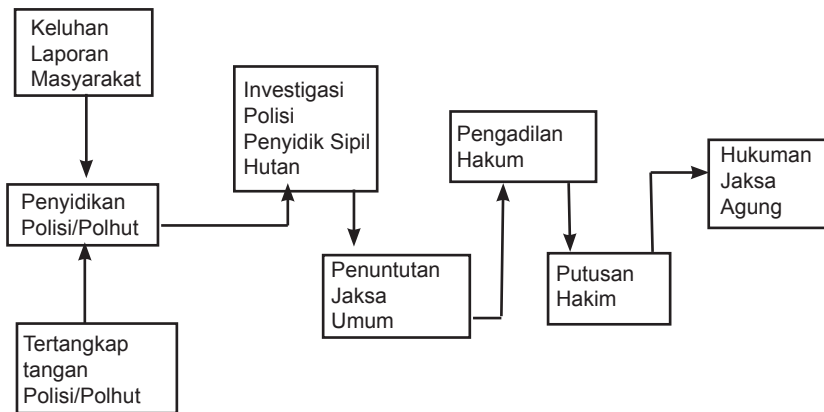
Menurut KUHAP, ada empat lembaga penegak hukum yang langsung berurusan dengan pelaksanaan hukum: para polisi penyidik, jaksa, hakim dan lembaga pemasyarakatan. Keempat lembaga ini bergerak di tingkat kabupaten, provinsi dan pusat. Masing-masing lembaga di tingkat yang lebih rendah melapor atau berkoordinasi dengan lembaga di tingkat yang lebih tinggi. Aparat penegak hukum di tingkat yang lebih rendah harus mengikuti perintah atasannya di tingkat yang lebih tinggi. Peran setiap individu dan proses yang harus diikuti dicantumkan di dalam KUHAP.

Ada beberapa badan pemerintah di daerah dan pusat yang terlibat langsung atau tidak langsung dalam mengelola hutan atau memengaruhi pengelolaan hutan, yaitu: pengawas (Departemen Hukum dan HAM, Pengadilan Tinggi, Kejaksaan Agung, Kepolisian RI, Tentara Nasional Indonesia), pembuat kebijakan di sektor kehutanan (Departemen Kehutanan, BKSDA, Dinas Kehutanan), lembaga perdagangan dan industri (Departemen Perdagangan dan Perindustrian, Bea dan Cukai), lembaga perhubungan (Departemen Perhubungan, Administrator Pelabuhan/Bandar Udara), lembaga anggaran dan kebijakan (parlemen, Gubernur, Bupati) dan lembaga koordinasi dan urusan pelaksana teknis di tingkat pusat (Kementerian Koordinator Bidang Politik, Hukum dan Keamanan).

Berbagai lembaga ini memengaruhi kinerja penegakan hukum untuk memberantas pembalakan liar dan koordinasi di antara mereka sangat penting karena masing-masing berwenang khusus untuk mengurangi pembalakan liar. Jika mereka tidak saling bersinergi, maka seserius dan semahal apa pun usaha lembaga secara individu mungkin akan sia-sia karena kinerja buruk lembaga lain. Menyadari buruknya koordinasi antarlembaga ini, Departemen Kehutanan mengambil inisiatif mengusulkan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang (PERPU) untuk memberantas pembalakan liar. Rancangan PP ini mendefinisikan pembalakan liar sebagai menebang pohon yang berdiameter lebih dari 10 cm dan termasuk penggunaan, pengangkutan, penyimpanan, pemilikan dan distribusi kayu ilegal. Sebuah lembaga khusus juga direncanakan untuk dibentuk, namanya Badan Nasional Pemberantasan Tindak Kri-

EKOLOGI PAPUA

minal Hutan. Badan ini terdiri dari staf perwakilan Departemen Kehutanan, Tentara Nasional Indonesia, Kepolisian RI, Kejaksaan Agung dan lembaga terkait lainnya. Lembaga ini akan memiliki hak khusus untuk melakukan penyidikan, investigasi, penuntutan, penangkapan, penahanan, penyitaan dan pengambilalihan kayu dan menjual bukti sitaan secara lelang. Sayangnya, PERPU ini belum disetujui oleh Presiden.



Gambar 7.2.1. Proses pelaksanaan hukum. Polhut: Polisi Hutan.

Meskipun desentralisasi sudah diterapkan, sebagian besar lembaga penegakan hukum yang terlibat masih melapor ke pemerintah pusat, kecuali di Departemen Kehutanan yang sekarang tidak memiliki kantor wilayah di tingkat provinsi dan kabupaten. Dinas kehutanan kabupaten sekarang melapor kepada Bupati, dengan garis koordinasi ke dinas kehutanan provinsi. Dinas kehutanan provinsi melapor kepada Gubernur, dengan garis koordinasi ke Departemen Kehutanan di pusat.

Proses penegakan tindak kriminal meliputi enam tahap utama: penyelidikan, investigasi, penuntutan, pengadilan, putusan hukuman dan pelaksanaan hukuman (Gambar 7.2.1). Suatu kasus yang melewati sistem ini, akan berakhir di salah satu sanksi administratif atau sanksi kriminal

UNDANG-UNDANG DAN PERATURAN KONSERVASI DI INDONESIA

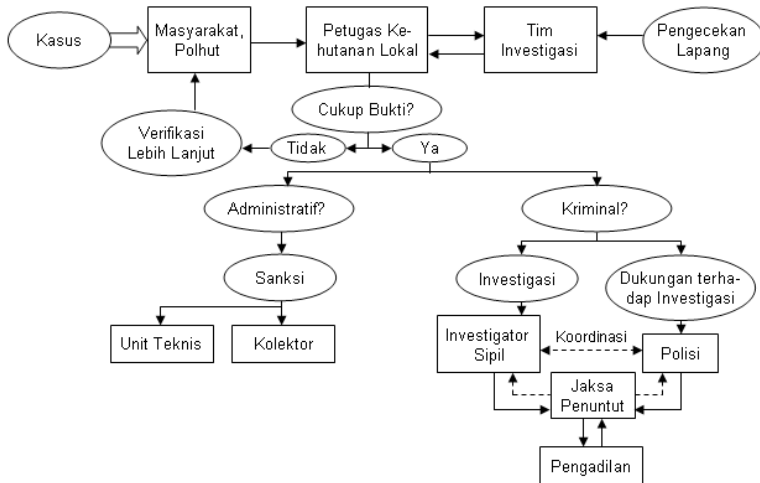
(Gambar 7.2.2 dan Tabel 7.2.2). Uraian berikut adalah proses penegakan berdasarkan KUHAP, panduan pelatihan lembaga penegakan yang belum diterbitkan dan wawancara dengan staf lembaga penegakan hukum.

Tabel 7.2.1. Langkah-langkah dalam penegakan hukum yang terkait dengan pengelolaan hutan.

Langkah 1	Deteksi Deteksi adalah langkah pertama penegakan hukum, didasarkan atas laporan adanya kegiatan ilegal oleh anggota masyarakat, atau atas hasil patroli oleh petugas penegak hukum dan pemeriksaan truk, pesawat terbang, atau kapal.
Langkah 2	Penyidikan Awal Penyidikan awal bertujuan untuk memastikan apakah suatu pelanggaran termasuk tindak kriminal atau tidak. Penyidik Sipil Hutan atau Polisi Penyidik Kabupaten adalah bagian dari patroli yang menangkap tersangka yang melakukan tindakan ilegal, sehingga penyidikan awal dilakukan langsung di tempat dan keputusan dibuat untuk segera menahan tersangka.
Langkah 3	Penyidikan Menyeluruh Penyidikan menyeluruh bertujuan untuk mengumpulkan bukti yang diperlukan untuk keberhasilan proses penuntutan. Saat Perintah Surat Penyidikan (SP2) dikeluarkan dan penyidikan dimulai, kasus tidak dapat dihentikan tanpa persetujuan dari para atasan senior. Polisi penyidik, dengan persetujuan atasannya, dapat menghentikan sebuah kasus dengan mengeluarkan Surat Perintah Penghentian Penyidikan (SPPP atau SP3) kepada jaksa dan tersangka dengan alasan yang kuat mengapa penyidikan dihentikan.
Langkah 4	Tinjauan Polisi Jika suatu kasus sampai ke atasan Korwas PPNS (Koordinasi dan Pengawasan Penyidik Pegawai Negeri Sipil), Korwas PPNS dapat meminta Penyidik Sipil Hutan untuk melanjutkan penyidikan kembali, atau setuju kasusnya sudah cukup kuat dan mengirimkannya ke jaksa.
Langkah 5	Persiapan Kasus sebelum Penuntutan Jaksa meninjau kasus dan sesuai kekuatan suatu kasus, dalam waktu 14 hari mengirimkan kembali ke polisi hutan atau polisi penyidik untuk penyidikan lebih lanjut, meminta penyidik di kantor kejaksaan untuk mengambil alih kasus dan melanjutkan penyidikan lebih lanjut, menerima kasus untuk berlanjut ke penuntutan, atau mendekati kasus berdasarkan KUHAP, Artikel 14. Penyidik di kantor kejaksaan dapat melengkapi penyidikan untuk kepuasan jaksa atau mengeluarkan Surat Perintah Penghentian Penuntutan (SP3).

EKOLOGI PAPUA

Langkah 6	<p>Pengadilan, Putusan dan Hukuman</p> <p>Saat jaksa mendaftarkan sebuah kasus ke pengadilan, kepala pengadilan mengugaskan hakim menangani kasus. Sekretaris pengadilan mengatur jadwal sidang dengan pendapat. Mungkin diperlukan beberapa kali sidang untuk melengkapi proses pengadilan, biasanya sekitar seminggu atau lebih dalam kasus pembalakan liar dan perdagangan hidupan liar (sesuai dengan tingkat kerumitan kasus dan ketersediaan para saksi)</p>
-----------	---



Gambar 7.2.2. Proses dan lembaga penegakan hukum.

UNDANG-UNDANG DAN PERATURAN KONSERVASI DI INDONESIA

Tabel 7.2.2 Proses penegakan hukum serta peran dan tanggung jawab lembaga penegak hukum.

Proses dan Lembaga	Peran dan Tanggung jawab
Pengumpulan Informasi oleh Polisi Hutan dan Polisi	Polisi Hutan dan Polisi: <ul style="list-style-type: none"> • Menerima informasi dari masyarakat terkait dugaan kegiatan pembalakan liar atau perdagangan hidupan liar Polisi Hutan: <ul style="list-style-type: none"> • Mengecek lokasi dugaan kegiatan ilegal • Menahan tersangka yang tertangkap untuk penyidikan lebih lanjut • Melaporkan kegiatan ilegal kepada atasan mereka dan kepada Penyidik Sipil Hutan untuk tindakan lebih lanjut. Polisi: <ul style="list-style-type: none"> • Menyerahkan penyidikan Penyidik Sipil Hutan untuk tindakan lebih lanjut, atau mengecek lokasi dugaan kegiatan ilegal • Menyerahkan tersangka yang tertangkap untuk penyidikan lebih lanjut.
Pembersihan atau Operasi oleh Polisi Hutan, Polisi dan Polisi Militer	Usaha Pemberantasan/Operasi Terpadu: <ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pembersihan di wilayah target, seperti pasar, bandara, pelabuhan, kapal komersial, kapal Angkatan Laut • Mengecek/memastikan dokumen terkait adalah legal dan valid • Jika tersangka berasal dari militer, Polisi dan Polisi Militer akan menangani kasus ini • Jika tersangka adalah sipil, Polisi dan Penyidik Sipil Hutan akan menangani kasus ini • Menyita barang bukti, menahan tersangka untuk penyidikan lebih lanjut dan menyusun laporan • Memindahkan barang bukti ke tempat yang aman Operasi rutin: <ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengawasan di wilayah target, seperti di bandara, pelabuhan, Pos Penjagaan di kawasan lindung • Menyita barang bukti, menahan tersangka untuk penyidikan lebih lanjut dan menyusun laporan • Memindahkan barang bukti ke tempat yang aman.

EKOLOGI PAPUA

Penyelidikan dan Penyidikan oleh Polisi Hutan, Penyidik Sipil Hutan dan Polisi	<p>Polisi Hutan:</p> <ul style="list-style-type: none">• Mengecek dokumen terkait pengambilan dan pengangkutan hasil hutan, memeriksa isi dan volume kargo• Mencari informasi dan bukti tindak kriminal di sektor kehutanan• Menangkap tersangka di lokasi kriminal dan membawa penyidikan kepada Penyidik Sipil Hutan atau Polisi <p>Penyidik Sipil Hutan dan Polisi:</p> <ul style="list-style-type: none">• Menerima informasi dari Polisi Hutan atau masyarakat• Mencari informasi lebih lanjut, saksi dan bukti-bukti• Menghentikan kegiatan, menanyai tersangka, mengecek dokumen dan identifikasi• Menyita barang bukti dan peralatan; jika perlu menahan tersangka• Memindahkan barang bukti ke tempat yang aman.
Penyidikan lebih lanjut oleh Penyidik Sipil Hutan dan Polisi	<p>Penyidik Sipil Hutan:</p> <ul style="list-style-type: none">• Mengecek dan memeriksa validitas laporan atau informasi tentang berbagai kegiatan ilegal• Mewawancarai tersangka dan/atau saksi tentang berbagai dugaan kegiatan ilegal kehutanan• Mencari dan menyita barang bukti, jika hal ini belum dilakukan sebelumnya dalam penyidikan• Mendapatkan informasi, masukan hukum dan bukti pendukung dari saksi dan para pakar masalah teknis• Berkoordinasi dengan Polisi, menangkap dan menahan tersangka• Menyusun dan menandatangani laporan penyidikan dan menyerahkan laporan ke Polisi• Menunda atau menghentikan penyidikan jika bukti belum cukup untuk penuntutan <p>Polisi Penyidik:</p> <ul style="list-style-type: none">• Menerima laporan penyidikan dari Penyidik Sipil Hutan• Melakukan tindakan yang diperlukan di tempat terjadinya berbagai kegiatan ilegal• Menahan para tersangka, mencari dan menyita bukti, peralatan, atau dokumen; mengecek validitas dokumen• Mengambil sidik jari, foto dan dokumen yang diperlukan untuk arsip kasus tersebut• Mengundang para tersangka dan saksi untuk memberikan informasi tentang kasus tersebut• Mendapatkan informasi dari para pakar masalah teknis terkait kasus• Menghentikan penyidikan.

UNDANG-UNDANG DAN PERATURAN KONSERVASI DI INDONESIA

Penuntutan oleh Jaksa Penuntut Umum	<ul style="list-style-type: none">• Mengajukan tuntutan• Mengimplementasikan putusan hukuman hakim• Mengawasi implementasi hukuman percobaan• Melakukan penyidikan tambahan (berkoordinasi dengan para penyidik) untuk dokumen tuntutan yang lebih baik sebelum mendaftarkan dan menyerahkannya kepada pengadilan• Mempercepat proses tindak kriminal hutan yang dikembangkan para penyidik (Penyidik Sipil Hutan/ Polisi)• Naik banding ke pengadilan yang lebih tinggi.
Pengadilan oleh Pengadilan Negeri, Pengadilan Tinggi dan Mahkamah Agung	<ul style="list-style-type: none">• Hakim menerima kasus, melakukan pengadilan dan menjatuhkan keputusan berdasarkan argumentasi penuntutan, pembelaan, saksi-saksi dan bukti yang tersedia.
Hukuman oleh Pengadilan Negeri, Pengadilan Tinggi dan Mahkamah Agung	<ul style="list-style-type: none">• Hakim memberikan hukuman penjara dan denda kepada terdakwa.
Penandatanganan dan Pengawasan oleh Jaksa dan Hakim	<ul style="list-style-type: none">• Jaksa akan menandatangani putusan yang diberikan hakim dan Hakim Ketua akan mengawasi pelaksanaan hukum• Jaksa dan pembela memiliki hak untuk naik banding ke pengadilan yang lebih tinggi.

Penegakkan Hukum di Bidang Pembalakan Liar

Mendapatkan informasi terpercaya tentang kinerja penegakan hukum cukup sulit. Umumnya banyak kasus yang tidak dilaporkan dan informasi kasus sering sudah usang. Sebagai bagian dari pengembangan sistem pelacakan kasus, dilakukan pengecekan silang dengan polisi, jaksa dan pengadilan untuk mendapatkan laporan status yang mutakhir.

Dalam operasi terpadu tahun 2001, Departemen Kehutanan dan Angkatan Laut RI menahan delapan kapal yang membawa 26.564 m³ kayu mentah ilegal di perairan Papua. Penahanan ini saja bernilai Rp 63,6 miliar berupa kerugian pendapatan negara. Pada tahun 2002 mereka menahan lima kapal membawa 2.500 m³ kayu olahan dan 11.300 m³ kayu mentah, total kerugian pendapatan negara sebesar Rp 447 miliar. Di lapangan, kerjasama antara Dinas Kehutanan dan Polisi Papua kurang terkoordinasi dengan baik.

Pembalakan liar di Papua telah meluas hampir ke semua kabupaten. Menurut *database*, pelacakan kasus di Papua yang dikumpulkan CI Indonesia dan Departemen Kehutanan antara tahun 2000 dan 2004 terdapat 58 kasus pembalakan liar, 12 kasus di antaranya sampai ke pengadilan. Dari 12 kasus ini, sembilan terdakwa dinyatakan bersalah, dua dinyatakan telah melanggar hukum namun dilepaskan dan satu terdakwa dinyatakan bebas. Putusan hakim berupa hukuman, termasuk tahanan (rata-rata 8-12 bulan) dan denda (antara Rp 500.000 dan Rp 30.000.000). Antara tahun 2000 dan 2002, 40 kasus terjadi di Papua dan melibatkan 44.532 m³ dan 6.356 kayu mentah. Pada tahun 2003-2004, terjadi 18 kasus dan melibatkan 68.718 m³ dan 14.656 kayu mentah.

Walaupun pembalakan liar skala besar terjadi, usaha penegakan hukum di hutan masih sangat rendah. Salah satu penyebabnya adalah keterbatasan Polisi Hutan untuk patroli. Sebagai pengganti, banyak upaya penegakan hukum yang ditargetkan untuk menghalangi pengangkutan kayu besar-besaran yang tidak dilengkapi dokumen yang diwajibkan (karena kayu ditebang secara ilegal, atau karena kayu diselundupkan keluar untuk menghindari pajak dan tarif).

Kami menghitung biaya penegakan hukum (risiko deteksi dikalikan dengan hukuman) terhadap pembalakan liar dan pengangkutan kayu ilegal. Hasil analisis data menunjukkan bahwa walaupun nilai keuntungan pembalakan mendekati US\$ 100.000, nilai pencegahan melalui sistem penegakan hukum adalah kurang dari US\$7. Jika nilai kayu yang disita ikut dihitung, nilai usaha pencegahan mencapai US\$1.000. Artinya, nilai penegakan hutan untuk mencegah pembalakan liar masih sangat kecil untuk menjerakan para pelakunya (Akella dan Cannon 2004).

Penegakkan Hukum di Bidang Perdagangan Ilegal Hidupan Liar

Ada dua tipe perdagangan ilegal hidupan liar: pertama, perdagangan jenis yang dilindungi dan kelebihan kuota jenis yang dilindungi atau jenis yang tercantum dalam Lampiran II konvensi CITES. Ulasan ini kami fokuskan pada tipe pertama perdagangan yang diatur dalam UU No. 5/1990 dan PP No. 7/1999 dan No. 8/1999. Perdagangan hidupan

liar yang dilindungi untuk kepentingan komersial adalah ilegal di seluruh Indonesia, termasuk menjual, mengangkut, mengekspor dan memelihara hidupan liar yang dilindungi sebagai binatang peliharaan.

Data yang terkumpul tentang perdagangan hidupan liar menunjukkan beberapa kasus yang sampai ke pengadilan. Dari 160 kasus yang diselidiki (1998-2004), hanya lima yang sampai ke pengadilan, dan menghasilkan empat putusan hukuman serta satu yang bebas. Rata-rata masa kurungan adalah 3-12 bulan dan denda antara Rp 150.000 dan Rp 7.000.000. Jelas sekali nilai ekonomi upaya pencegahan dalam penegakan hukum jauh lebih kecil daripada keuntungan yang dapat diperoleh penyelundup dari perdagangan hidupan liar.

Kebanyakan kasus perdagangan ilegal hidupan liar dihentikan tanpa alasan jelas atau dengan memberikan peringatan ringan. Penegakan hukum yang sangat lemah ini terjadi karena kurangnya peralatan dan sumber daya serta lemahnya deteksi karena pengangkutan hidupan liar yang relatif mudah. Perdagangan ilegal hidupan liar kurang mendapatkan perhatian dibandingkan dengan pembalakan liar dan masih kurangnya kemauan politik dan alasan finansial untuk penegakan hukum. Selain itu sangat dimaklumi bahwa masyarakat lokal berburu dan mengumpulkan hidupan liar sebagai bagian penting dari mata pencariannya.

Akibat perburuan dan pengumpulan hidupan liar yang tidak berkelanjutan ini adalah hilangnya pendapatan dan mata pencarian. Tindakan yang penuh perhitungan dan terintegrasi sangat diperlukan untuk melindungi jenis hidupan liar terancam punah, seperti mengatur perburuan dan pengumpulan jenis yang lebih umum pada tingkat lestari dan utamanya, meningkatkan pilihan sumber mata pencarian masyarakat lokal untuk mengurangi tekanan perburuan dan pengumpulan hidupan liar.

Berbagai Penyebab Lemahnya Penegakkan Hukum

Analisis kualitatif kami menunjukkan bahwa penegakan hukum yang tidak efektif di Papua ditandai oleh tumpang tindih dan tidak konsistennya peraturan yang mengatur pembalakan; lemahnya pengawasan perijinan

konsesi hutan; kurang koordinasi antarlembaga dan antara kantor-kantor setiap lembaga di tingkat lokal, provinsi dan pusat; sumber dana yang tidak memadai (menyebabkan kekurangan staf, keterbatasan peralatan, dll.); kurangnya jumlah penyidik hutan yang terlatih; kurangnya pe-tugas dan kontrol di bandara dan pelabuhan untuk memberantas pe-nyelundupan hidupan liar; budaya memelihara hidupan liar sebagai binatang peliharaan; kurangnya insentif terhadap kinerja yang efektif dari lembaga penegak hukum; dan korupsi di kalangan militer, lembaga penegak hukum dan pemerintah pada umumnya.

Kemungkinan mendeteksi pembalakan liar di Papua kelihatannya sangat rendah, bahkan seandainya perkiraan jumlah pembalakan liar memang besar. Jika demikian, maka meningkatkan deteksi merupakan prioritas terpenting. Deteksi masih rendah karena selain berbagai ken-dala di atas, juga karena hanya sedikit orang yang mau menjadi saksi atau memberikan informasi kepada penegak hukum saat mereka men-deteksi tindak kriminal hutan. Anggota masyarakat umumnya ragu untuk melaporkan karena lembaga penegak hukum tidak memberikan perlindungan memadai kepada para saksi dan informan dari ancaman balasan dan karena mereka yakin bahwa lembaga penegak hukum sendiri melakukan korupsi atau tidak kompeten serta tidak akan men-indaklanjuti informasi yang mereka berikan secara efektif.

Banyak usulan untuk menaikkan denda supaya meningkatkan kepa-tuhan hukum, karena denda lebih tinggi mungkin dapat menghalangi orang untuk melanggar hukum. Memang benar bahwa hukuman yang lebih berat bisa menjerakan, pengaruh kenaikan denda akan mengecil karena kemungkinan pelanggar untuk dikenai sanksi sangat kecil. Ada tiga temuan menarik dari observasi kami. Pertama, kelemahan sistem penegakan hukum perlu diperbaiki jika hukuman berat akan dijadikan penjara yang efektif. Ke dua, ketika kemungkinan pengenaan denda masih rendah, nilainya harus sangat besar sehingga bisa menjadi penjara (dalam kasus ini denda perlu dinaikkan sampai jutaan dolar). Ke tiga, nilai denda yang tepat akan melebihi nilai yang secara politis, ekonomi, atau budaya dapat dicapai, artinya langkah-langkah penegakan harus

diperkuat agar berat hukuman secara realistis dapat menjadi penjera yang efektif.

Berbagai Rekomendasi untuk Penguatan Penegakkan Hukum

Pada tahun 2003, Gubernur Papua mengeluarkan SK No. 50/2003 untuk membentuk Tim Terpadu pemberantasan pembalakan liar di Papua. Tim ini terdiri dari sekitar 23 lembaga; Kantor Wilayah Kehutanan Papua berperan sebagai ketua tim. Walaupun tim telah terbentuk, tindakan pelaksanaan masih belum cukup. LSM juga berperan penting dalam penegakan hukum. Pada bulan Juli 2004 CI Indonesia menyelenggarakan pertemuan Tim Terpadu Papua untuk memberantas pembalakan liar. Pertemuan ini didukung oleh Kantor Wilayah Kehutanan Papua dan sebuah LSM lokal yang berlokasi di Jayapura, Lembaga Penguatan Masyarakat Sipil Papua (ICS-LPMS). Hasil terpenting dari pertemuan ini adalah rencana kerja untuk tindakan mendesak.

Sementara berbagai upaya sistematis jangka panjang diperlukan untuk memperkuat penegakan hukum dan meningkatkan pemerintahan di seluruh Papua, memecahkan masalah di berbagai lokasi yang terkena dampak terburuk merupakan prioritas yang mendesak. Daftar singkat pembalakan liar yang paling kritis akan sangat membantu memfokuskan respon operasional yang diperlukan. Upaya ini juga dapat membantu membangun dukungan dan kemauan politis pemerintah pusat dan lokal serta dukungan dari berbagai lembaga terkait dan masyarakat. Pendekatan ini dapat mendorong tindakan cepat dan membantu menghasilkan momentum yang penting bagi tim ini untuk mendapat dukungan dan kepercayaan penuh dari publik.

Berbagai negara konsumen juga sering merupakan negara donor dan harus memberikan lebih banyak bantuan bagi Indonesia dan negara produsen lain untuk memperbaiki kepatuhan hukum (misalnya, bantuan untuk penguatan penegakan hukum, pengelolaan dan pemantauan yang adaptif), mendorong berbagai tindakan pencegahan (misalnya, kemitraan pengelolaan kawasan lindung, dukungan untuk sumber mata pencarian alternatif yang berkelanjutan). Perdagangan ilegal hidupan

liar juga membutuhkan perhatian internasional sama seperti pembalakan liar karena merupakan ancaman besar bagi keanekaragaman hayati Indonesia dan penegakan hukum harus dilakukan untuk memecahkan masalah ini. Beberapa tindakan khusus yang diperlukan di Papua diuraikan sebagai berikut.

Meningkatkan Pelacakan Kasus dan Pemantauan Kinerja Penegakkan Hukum

Ketiadaan sistem pelacakan kasus yang komprehensif (*case tracking system/CTS*) merupakan kendala utama untuk mendorong transparansi sistem penegakan hukum dan melakukan pemantauan dan evaluasi kinerja penegakan hukum untuk mengidentifikasi berbagai masalah kunci.

Dua sistem pelacakan kasus perlu diciptakan, satu oleh BKSDA Papua dan lainnya oleh Dinas Kehutanan sesuai dengan tanggung jawab lembaga masing-masing menurut perundangan yang relevan. Sistem pelacakan kasus yang digunakan oleh masing-masing lembaga harus sama, sehingga dapat saling diperbandingkan dan memastikan bahwa staf yang berpindah antara lembaga mengenal baik sistem pelacakan kasus. Kedua lembaga juga perlu membuat konsep *Memorandum of Understanding* (MoU) yang mencakup pengaturan cara saling berbagi data dan pengelolaannya dengan kantor polisi dan kejaksaan di tingkat kabupaten. MoU dengan LSM juga diperlukan untuk berbagi informasi yang mereka peroleh dan untuk menyediakan verifikasi independen tentang akurasi informasi dalam sistem pelacakan kasus.

Pelatihan cara mengembangkan dan menganalisis statistik penegakan hukum dari informasi kasus perlu dilakukan. Analisis tahunan tentang data dalam sistem pelacakan kasus dapat digunakan untuk mengevaluasi sistem penegakan hukum, memantau kasus dan data yang akurat serta mutakhir. Sistem pelacakan kasus ini baru-baru ini diluncurkan oleh Departemen Kehutanan di Jakarta, yaitu di Direktorat Perlindungan Hutan yang menangani upaya penegakan hukum. Pelatihan tentang

cara penggunaan sistem pelacakan kasus sedang dilakukan di tingkat pusat dan di sejumlah provinsi.

Mendorong Keterlibatan Masyarakat

Rendahnya kepercayaan LSM dan anggota masyarakat pada sistem penegakan hukum telah mengurangi keterlibatan masyarakat dalam sistem hukum formal. Akibatnya, masyarakat apatis untuk melaporkan dugaan kegiatan ilegal sehingga mengurangi kemampuan lembaga penegak hukum untuk mendeteksi tindak kriminal hutan. Masyarakat memerlukan informasi yang transparan dan terpercaya. Meningkatnya kepercayaan masyarakat terhadap keadilan dan kuatnya sistem penegakan hukum akan meningkatkan keterlibatan mereka dalam sistem penegakan hukum, yang akhirnya memperkuat penegakan hukum.

Ketika anggota masyarakat melaporkan dugaan kegiatan ilegal kepada Polisi Hutan, prosedur penegakan hukum mengharuskan Polisi Hutan akan mengisi laporan resmi dan memberikan catatan penghargaan atas laporannya. Catatan ini berisi informasi dasar terinci tentang dugaan kegiatan ilegal. Melaporkan pengaduan ini dapat membantu meningkatkan transparansi. Mekanisme pendukung seperti pusat krisis dan jalur pelaporan pembalakan liar bisa dijalankan oleh LSM. Anggota masyarakat dapat melaporkan dugaan kegiatan ilegal ke pusat ini, yang kemudian akan dilaporkan kepada Polisi Hutan dan polisi untuk penyidikan.

Meningkatkan Koordinasi antarlembaga

Koordinasi dan komunikasi antarlembaga penegak hukum saat ini belum efektif. Lembaga yang ada cenderung saling mencurigai dan akhirnya bekerja sendiri untuk memberantas pembalakan liar. Meningkatkan koordinasi dan komunikasi sangat dibutuhkan. Salah satu caranya adalah dengan membuat MoU yang memuat agenda dan rencana kerja untuk memberantas pembalakan liar.

Menciptakan dan memperkuat insentif positif bagi lembaga penegakan hukum

Lembaga penegak hukum, ada yang berhasil menangkap para pembalak liar dan para pedagang hidupan liar tetapi jarang yang mendapatkan pengakuan atau penghargaan, bahkan dengan risiko pribadi yang tinggi di lapangan. Promosi harus didasarkan pada kinerja, berupa bonus atau didasarkan pada jumlah kasus yang diproses ke tahapan berikutnya dan proporsi keberhasilannya sampai pengadilan.

Meningkatkan Pelatihan

Pelatihan untuk pengembangan kapasitas setiap lembaga penegakan hukum dan kelompok stafnya, termasuk para Polisi Hutan dan Penyidik Sipil Hutan, polisi, jaksa dan hakim. Pelatihan yang direkomendasikan meliputi meningkatkan pengetahuan tentang keanekaragaman hayati dan ekosistem secara umum; menyediakan kursus-kursus penyegaran bagi para Penyidik Sipil Hutan dalam menginvestigasi kasus hutan dan konservasi; proses penegakan hukum hutan dan konservasi bagi para polisi, jaksa dan hakim; pelatihan pengelolaan sistem *database* pelacakan kasus untuk pemantauan kasus kehutanan dan konservasi.

Mereformasi Kebijakan dan Prosedur Pokok Penegakkan Hukum

Tumpang tindihnya peraturan hutan tingkat nasional dan lokal menyebabkan kekacauan dalam pengelolaan hutan. Para pembalak liar dan pedagang hidupan liar menggunakan kesenjangan ini untuk mengeksploitasi sumber daya alam di Papua. Ketidaksesuaian dan kesenjangan berbagai peraturan perlu diatasi untuk memperjelas legalitas masing-masing. Di bawah Otonomi Khusus, lembaga pemerintah daerah sekarang memiliki tanggung jawab untuk menegakkan peraturan penebangan dan perdagangan kayu. Prosedur yang digunakan oleh lembaga-lembaga ini juga perlu diperjelas dan dicek supaya konsisten dengan hukum nasional.

Memperkuat penegakan hukum hanyalah alat untuk mengakhiri masalah, namun bukan merupakan tujuan akhir. Tujuan akhir meningkatkan penegakan hukum adalah menghapuskan berbagai kegiatan ilegal atau menguranginya sampai tingkat yang masih dapat ditoleransi. Penegakan hukum mendukung tujuan ini karena secara langsung menekan kegiatan kriminal dan menciptakan mekanisme pencegahan. Cara lain yang termasuk pencegahan adalah mengembangkan alternatif sumber nafkah yang legal, meningkatkan kesadaran masyarakat tentang hukum dan dukungan mereka untuk menegakkan hukum, mengurangi kesempatan untuk melanggar hukum, mengurangi permintaan produk ilegal, mengurangi keuntungan berbagai kegiatan ilegal dibandingkan dengan yang legal dan mereformasi hukum dengan mengubah atau memperjelas hukum yang tidak adil dan tidak berfungsi.

Cara-cara Meningkatkan Kepatuhan Hukum

Meningkatkan kepatuhan terhadap peraturan sumber daya alam dan lingkungan sangat bervariasi menurut tipe dan skala tindak kriminal, pasar suatu produk, identitas para pelaku kejahatan dan alasan di balik kegiatan ilegal. Misalnya, perburuan tradisional jenis yang terancam punah dan yang dilindungi oleh suku asli memerlukan perlakuan yang berbeda dengan perburuan yang dilakukan oleh kelompok kriminal yang terorganisir. Pendekatan pengelolaan bersama mungkin yang paling adil dan efisien untuk tipe kegiatan pertama, dengan melibatkan masyarakat lokal dalam penegakan hukum berbagai kegiatan yang memang sangat terkait dengan isu-isu lokal. Bantuan kepada lembaga penegak hukum pemerintah diperlukan untuk perburuan komersial. Untuk kegiatan ilegal karena budaya/tradisi atau sumber penghidupan, pendekatan pengelolaan bersama sering menggabungkan penegakan hukum dengan mengembangkan berbagai kegiatan alternatif yang cocok dengan budaya masyarakat lokal.

Di Papua, pemerintah, pemberi donor dan LSM sebaiknya mendukung hukum tradisional yang telah ada (misalnya, sistem sasi di Raja Ampat, yang mengizinkan dan melarang memungut sumber daya alam

yang berbeda pada saat yang berbeda). Lembaga penegak hukum pemerintah perlu mendukung sistem tradisional ini, misalnya mengizinkan masyarakat lokal untuk mengelola sumber daya alam skala kecil pada lahan mereka sendiri untuk pemanfaatan lokal. Jadi masyarakat lokal akan dapat menggunakan hukum tradisional untuk meningkatkan perlindungan dan penggunaan sumber daya alam mereka.

Cara terbaik untuk meningkatkan kepatuhan hukum juga bervariasi sesuai dengan penyebab ketidakefektikan penegakan hukum untuk tindak kriminal tertentu. Beberapa penyebab internal, seperti keterbatasan sumber dana atau sumber daya manusia, atau kurangnya pelatihan, mungkin relatif mudah ditingkatkan tetapi penyebab yang solusinya terletak di luar kendali lembaga penegak hukum, seperti kurangnya dukungan karena hukum umumnya dipandang tidak adil, ketidakpastian politis, kurangnya dukungan politis untuk penegakan hukum yang lebih kuat dan korupsi yang berakar kuat jauh lebih sulit diperbaiki.

Kepatuhan hukum yang terbaik biasanya ditingkatkan melalui implementasi gabungan tindakan pencegahan dan penegakan hukum melalui berbagai tindakan bersama. Upaya terpisah untuk memperkuat penegakan hukum jarang efektif. LSM dan kelompok masyarakat dapat memengaruhi efisiensi dan keefektifan penegakan hukum, khususnya jika jumlah staf penegakan hukum sangat terbatas, seperti di Papua. Membangun kepercayaan di antara lembaga penegak hukum dan kelompok-kelompok lain, hanya mungkin terjadi ketika lembaga penegak hukum lebih transparan dan staf penegakan hukum yang terlibat dalam berbagai kegiatan ilegal mendapat hukuman yang sesuai.

Memperkuat penegakan hukum tanpa kerja sama dengan lembaga lain berisiko menegakkan hukum yang tidak adil. Contohnya, para pemanfaat tradisional mungkin dianggap kriminal karena kebijakan dan hukum hutan dari pemerintah gagal menghormati hak-hak dan kepentingan masyarakat lokal. Untuk mengatasi masalah ini diperlukan reformasi hukum oleh pemerintah. Upaya memperkuat penegakan hukum umumnya tidak diberlakukan untuk peraturan yang masih diperdebatkan dalam proses reformasi, walaupun kondisi ini sering dimanfaatkan oleh

para pembalok liar di Papua, yang beralasan bahwa mereka bertindak berdasarkan kepentingan masyarakat agar dapat mengelak dari upaya penegakan hukum.

Langkah penting ke depan adalah memfokuskan berbagai upaya awal memperkuat penegakan peraturan yang sudah dianggap sah. Idealnya, peraturan seperti ini menangani tindak kriminal yang memiliki dampak ekonomi, sosial, lingkungan yang terbesar. Memperkuat penegakan hukum untuk memberantas tindak kriminal yang berdampak negatif langsung terhadap penduduk lokal dapat juga meningkatkan kepercayaan masyarakat lokal dan mendukung pelaksanaan peraturan. Memperkuat hukum lingkungan dan sumber daya alam yang melindungi hak-hak dan penghidupan orang miskin juga menjadi elemen penting berbagai strategi penurunan angka kemiskinan. Dalam beberapa kasus, peraturannya sendiri bukan merupakan masalah, tetapi penerapannya dipandang tidak sah oleh para pemangku kepentingan lokal yang tidak cukup dilibatkan dalam pengambilan keputusan. Dalam situasi seperti ini, pendekatan pengelolaan sumber daya alam atau kawasan lindung bersama masyarakat perlu dikembangkan untuk mendapatkan dukungan lokal.

Dalam kasus lain, hukum mungkin diterima karena sesuai dan adil, tetapi penegakan hukum mungkin diterapkan secara tidak berimbang; orang kaya dan berkuasa bisa terhindar dari jerat hukum. Sekali lagi, keadaan ini bukan alasan untuk lemahnya penegakan hukum tetapi untuk peningkatan upaya memastikan hukum ditegakkan secara lebih adil. Ketidakadilan penegakan hukum menunjukkan bahwa orang kaya dapat membayar pengacara yang lebih baik. Dalam kasus ini, kebutuhan utamanya adalah memfungsikan lembaga bantuan hukum bagi mereka yang tidak mampu membayar pengacara. Ketidakadilan penerapan hukum mungkin juga adalah gejala adanya korupsi.

Berbagai macam korupsi (kecil atau besar, dengan atau tanpa kolusi) merupakan tantangan untuk meningkatkan kepatuhan hukum. Memperkuat penegakan hukum sendiri dapat membantu mengurangi korupsi, secara langsung dengan mendeteksinya atau secara tidak langsung karena penegakan hukum yang lebih baik membuat korupsi menjadi lebih mahal

dan semakin sulit. Korupsi sendiri merusak semua bagian dari sistem penegakan hukum dan berbagai upaya untuk memberantas korupsi harus merupakan bagian integral dari program-program penguatan-penegakan hukum. Upaya penguatan penegakan hukum harus dimulai dengan membersihkan lembaga penegakan hukum dan perijinan itu sendiri. Meningkatkan kepercayaan pada lembaga pemerintah merupakan dasar penting untuk memperkuat respek masyarakat luas terhadap hukum dan lembaga-lembaga yang terkait. Upaya antikorupsi termasuk mendukung pengawasan oleh LSM atau masyarakat sipil dan juga berbagai upaya dalam sistem penegakan hukum, seperti menerapkan pemeriksaan dan keseimbangan (*checks and balances*) yang tepat, memastikan struktur pembayaran dan bonus untuk menciptakan insentif yang tepat, merevisi prosedur penempatan staf dan membuat informasi penegakan hukum yang diperlukan mudah diakses masyarakat untuk mengevaluasi kinerja. Berbagai upaya tersebut harus melibatkan lembaga peradilan. Sistem peradilan yang bersih dan efektif yang menangani kasus dengan adil akan memberikan rasa percaya diri kepada para penegak hukum karena mereka menyadari ada nilai lebih jika mereka melakukan pekerjaannya dengan baik. Peradilan yang bersih dan efektif juga dapat mendukung upaya reformasi sistem penegakan hukum, hingga membasmi dan menghukum staf yang korup.

Korupsi akan mengurangi keefektifan investasi untuk memperkuat penegakan hukum. Namun faktanya, memperkuat aturan hukum umumnya dipandang sebagai bagian penting dari berbagai upaya antikorupsi. Analisis sistem penegakan hukum untuk tipe kegiatan yang diuraikan dalam bab ini meningkatkan transparansi dan pemahaman dan dapat menjadi komponen yang berguna dalam upaya mengurangi korupsi.

Isu lain yang umumnya terkait dengan korupsi adalah keterlibatan militer dalam berbagai kegiatan ilegal. Jawaban jangka panjang yang umumnya dapat diterima adalah “kembalikan para tentara ke baraknya” dan menciptakan tentara “modern” yang sepenuhnya didanai pemerintah pusat untuk memenuhi fungsi militernya. Dalam jangka pendek, tindakan ini dapat dimulai dengan mencari kesepakatan agar kegiatan bisnis militer tertentu dilegalkan. Namun, kesepakatan ini

harus dengan syarat militer tidak terlibat dengan kegiatan ilegal apa pun seperti pengambilan sumber daya alam di wilayah tertentu, khususnya di kawasan lindung dan lahan masyarakat adat.

Cara-cara Meningkatkan Kesadartahuan Masyarakat

Ketika suatu peraturan dan pelaksanaannya adil tetapi pemahaman dan dukungan masyarakat terhadap peraturan masih rendah, upaya peningkatan kesadartahuan menjadi prioritas. Dalam konteks keterbatasan mata pencaharian lain, hukum yang baik dan penerapannya justru akan sangat menyiksa. Karena itu bantuan dan dukungan tambahan untuk mengembangkan kesempatan mendapatkan pendapatan alternatif sangat dibutuhkan. Selain itu, meningkatkan kesadartahuan peraturan dan alasan melakukannya dan membangun dukungan terhadap aturan hukum dapat dicapai lebih efektif dengan melibatkan banyak kelompok dan lembaga. Masyarakat akan lebih siap menangkap pesan hukum dan dasar pemikirannya jika dijelaskan dengan cara yang tidak mengancam. Mereka akan mendukung peraturan jika mereka melihat penerapannya lebih adil. Misalnya, menyediakan layanan telepon langsung untuk memungkinkan masyarakat melaporkan pelanggaran tanpa harus menyebutkan identitas dan melindungi para informan dan pembuka rahasia kejahatan.

Reformasi hukum dan prosedur, kompensasi, bantuan hukum, penyuluhan masyarakat, pengelolaan bersama yang inovatif, upaya antikorupsi dan dukungan bagi sumber penghidupan alternatif yang legal dapat meningkatkan kepatuhan hukum secara langsung dan dapat menyelesaikan tantangan penegakan hukum. Upaya-upaya yang mengakui dan mengatasi keprihatinan pemangku kepentingan juga cenderung lebih berhasil dalam membangun dan menjaga kemauan politik untuk bertindak. Karena itu, membangun kemauan politik untuk meningkatkan kepatuhan hukum juga perlu untuk meningkatkan dan memperluas kekuatan pro-reformasi.

Penegakan Hukum: Bagian dari Solusi

Demi mencapai banyak tujuan mulia, berbagai upaya penguatan penegakan hukum akan meningkat jika dilaksanakan bersama dengan suatu

EKOLOGI PAPUA

paket kegiatan yang berorientasi pada pencegahan yang langsung meningkatkan kepatuhan hukum sementara mengurangi tantangan penegakan hukum. Selain itu, berbagai kegiatan juga diperlukan untuk memastikan bahwa hukum dan penegakannya dapat berjalan dan adil. Paket yang paling efektif akan bervariasi menurut lokasi dan harus dikembangkan oleh para pakar dan pemangku kepentingan lokal.

Di Papua, lembaga yang andal untuk mengawasi proses penegakan hukum yang adil dan demokratis juga diperlukan. Karena itu, LSM, partai politik, kelompok masyarakat dan lembaga pemerintah lain perlu mendukung berbagai upaya penguatan hukum. Akhirnya, sistem penegakan hukum pemerintah harus mengizinkan dan mendukung pendekatan hukum nasional dan penegakan hukum tradisional dan berupaya untuk memastikan sistem ini berjalan konsisten dengan hukum nasional.

7.3. Kawasan Konservasi dan Pengelolaannya*

Bab ini membahas kawasan konservasi di Papua, khususnya tentang proses penetapan, analisis singkat status legal, ukuran, berbagai habitat yang tercakup di dalamnya serta berbagai peluang dan tantangan pengelolaannya. Penetapan hutan konservasi telah berlangsung sejak akhir abad ke-19, yaitu penetapan Taman Nasional Yellowstone di Amerika Serikat. Keputusan untuk menyisihkan kawasan yang tidak terganggu atau hutan rimba merupakan tanggapan atas konversi hutan alam yang berlangsung cepat di Amerika Utara, yang menurunkan luas hutan dan padang rumput (Miller 1988). Namun konsep kawasan konservasi dapat dilacak sejak abad ke-3 di Sri Lanka dan India (Chape dkk. 2003). Upaya-upaya pelestarian telah dilakukan untuk melindungi hutan dan margasatwa yang terkait erat dengan kepercayaan lokal dan praktik pengelolaan lokal. Perlindungan hutan juga sering bertujuan untuk melindungi kesenangan para raja dan penguasa kolonial, bukan karena pertimbangan kepentingan konservasi keanekaragaman hayati.

Meningkatnya pemahaman masyarakat akan pentingnya konservasi habitat dan keanekaragaman hayati mendorong pemerintah di seluruh dunia menetapkan habitat-habitat darat dan laut untuk dilindungi. Di tingkat global, pada tahun 1960-an sekitar 10.000 kawasan lindung telah ditetapkan, mencakup luas 2 juta km². Sekarang jumlah kawasan konservasi telah meningkat sepuluh kali lipat, jumlahnya mencapai lebih dari 100.000, dengan luas lebih dari 18 juta km² (Chape dkk. 2003). Meskipun kecenderungan ini sangat menggembirakan bagi konservasi, perlu ditekankan bahwa di kawasan-kawasan tropis yang memiliki keanekaragaman hayati sangat tinggi, penetapan dan pengelolaan ka-

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "The Protected Area System in Papua", Yance de Fretes.

wasan konservasi masih belum berkembang dibandingkan di Eropa dan Amerika Utara (Chape dkk. 2003).

Berbagai upaya konservasi juga telah lama ada di Indonesia, tetapi upaya penetapannya oleh pemerintah diawali pada jaman Belanda. Setiawan (2001) melaporkan perkembangan kawasan konservasi yang diprakarsai oleh Koorders, pendiri dan pemimpin Asosiasi Konservasi Alam Netherland (*Nederland Indische Vereeniging tot Natuurbescherming*) selama tahun 1863-1919. Sebelumnya, hutan lindung ditetapkan di Depok tahun 1714 (Setiawan 2001), lalu cagar alam yang pertama ditetapkan tahun 1889 di G. Gede Pangrango, Jawa Barat (Cribb 1988). Banyak praktik pengelolaan lahan tradisional yang menerapkan prinsip-prinsip konservasi telah lama diterapkan di Indonesia, meskipun tujuan utamanya bukan untuk konservasi.

Rencana pengelolaan kawasan konservasi di seluruh Indonesia pertama kali dikembangkan pada awal tahun 1980-an. Direktorat Jenderal Kehutanan (yang berada di bawah Departemen Pertanian) dengan bantuan teknis dan dukungan keuangan dari Organisasi Pangan Sedunia (*Food and Agriculture Organization/United Nations Development Program - FAO/UNDP*), *World Wildlife Fund* (WWF) dan *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN) merumuskan rencana konservasi nasional di Indonesia. Proyek ini menghasilkan rencana konservasi nasional, berdasarkan biogeografi provinsi yang ada di Indonesia (masing-masing dari tujuh biogeografi provinsi disajikan dalam jilid yang berbeda); jilid VIII berisi tentang Maluku dan Irian Jaya (Papua). Kedelapan jilid Rencana Pengelolaan Kawasan Konservasi Indonesia ini menguraikan usulan kawasan konservasi, alasan-alasan perlindungannya, status dan prioritas perlindungan dan penetapan skor secara keseluruhan (termasuk nilai genetik, penilaian sosial ekonomi dan pengelolaan secara lestari) dan berbagai bentuk ancaman di masing-masing kawasan (FAO 1981).

Pengelolaan Kawasan Konservasi di Indonesia

Ada beberapa departemen yang menangani isu lingkungan dan konservasi alam di Indonesia: Departemen Kehutanan, Departemen Ke-

KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA

lautan dan Perikanan (DKP) dan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). Hanya Departemen Kehutanan yang memiliki wewenang hukum atas tugas pengelolaan kawasan konservasi di darat dan laut. Namun dalam perkembangannya DKP sekarang mengemban peran yang lebih besar lagi dalam konservasi laut.

Ada dua undang-undang utama yang mengatur pengelolaan kawasan lindung, yaitu: Undang-Undang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya (UU No. 5/1990) dan Undang-Undang Kehutanan (UU No. 41/1999). Menurut UU No. 5/1990, kawasan konservasi ditetapkan berdasarkan dua kategori umum: Kawasan Suaka Alam (KSA) dan Kawasan Konservasi Alam (KKA) yang masing-masing terdiri dari beberapa kategori. KSA mencakup Cagar Alam, Suaka Margasatwa dan Cagar Biosfer sedangkan KKA mencakup Taman Nasional, Taman Hutan Raya, Taman Wisata dan Taman Buru.

Definisi masing-masing kawasan di atas adalah sebagai berikut:

Kawasan Suaka Alam adalah kawasan yang memiliki ciri khas tertentu, baik di darat maupun perairan yang mempunyai fungsi pokok sebagai kawasan pelestarian keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya, yang juga berfungsi sebagai daerah sistem penyangga kehidupan.

Kawasan Konservasi Alam adalah kawasan yang memiliki ciri khas tertentu, baik di darat maupun perairan yang mempunyai fungsi pokok perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya.

Cagar Alam adalah kawasan yang memiliki flora, fauna atau ekosistem khas yang masih belum terganggu dan memiliki nilai konservasi tinggi yang harus dilindungi untuk memberi kesempatan evolusi secara alami. Ditetapkan untuk pelestarian dan pemeliharaan proses-proses ekologis yang berlangsung secara alami. Tingkat perlindungan: tinggi/ketat (Kategori I-a menurut IUCN).

EKOLOGI PAPUA

Suaka Margasatwa adalah kawasan yang memiliki kekayaan fauna yang unik sehingga harus dikelola secara khusus. Ditetapkan untuk pelestarian taksa atau kelompok satwa tertentu. Tingkat perlindungan: bervariasi dari sedang sampai tinggi (Kategori I-b menurut IUCN).

Cagar Biosfer adalah kawasan yang memiliki berbagai ekosistem alami, unik dan yang mengalami kemerosotan sehingga harus dilindungi untuk pendidikan dan penelitian. Tingkat perlindungan: bervariasi dari rendah sampai sedang.

Taman Nasional adalah kawasan pelestarian alam yang mempunyai ekosistem asli yang dikelola dengan sistem zonasi untuk keperluan ilmu pengetahuan, pendidikan, penunjang budidaya tumbuhan dan/atau satwa, pariwisata dan rekreasi. Tingkat perlindungan: bervariasi sesuai dengan zonasinya, dari sangat rendah sampai sangat tinggi (Kategori II menurut IUCN).

Taman Hutan Raya adalah kawasan pelestarian alam yang ditetapkan untuk koleksi tumbuh-tumbuhan dan/atau satwa yang alami atau bukan alami dan jenis asli atau bukan asli, yang dimanfaatkan bagi kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, penunjang budidaya tumbuhan dan/atau satwa, budaya, pariwisata dan rekreasi. Tingkat perlindungan: rendah sampai sedang.

Taman Wisata adalah kawasan pelestarian alam dengan tujuan utama untuk dimanfaatkan bagi kepentingan pariwisata dan rekreasi alam. Tingkat perlindungan: rendah sampai sedang (Kategori III menurut IUCN).

Taman Buru adalah kawasan alami atau semialami yang ditetapkan sebagai tempat wisata buru. Tingkat perlindungan: sedang.

Hutan Lindung sering dianggap sebagai kawasan konservasi di Indonesia, tetapi kawasan ini biasanya ditetapkan untuk melindungi daerah resapan air dan untuk mencegah tanah longsor dan erosi. Hutan lindung dikelola oleh Dinas Kehutanan di bawah Departemen Dalam Negeri. Hutan lindung yang sangat luas dan kepentingannya bagi masyarakat lokal seharusnya dikelola dan dilindungi dengan cara yang sama seperti

KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA

KSA, di bawah pengelolaan Dephut melalui Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) dan Balai Taman Nasional (BTN). Karena upaya lobi yang intensif dan kesulitan ekonomi yang tengah berlangsung, pemerintah telah mengizinkan banyak kegiatan pertambangan beroperasi di sembilan hutan lindung di Indonesia pada tahun-tahun belakangan ini, termasuk dua hutan lindung di Papua.

KSA dan KKA berada di bawah wewenang Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam (Dirjen PHKA), namun beberapa aspek pengelolaannya tidak langsung berada di bawah Dirjen PHKA. Misalnya, pemetaan dan penetapan batas kawasan konservasi berada di bawah Direktorat Inventarisasi dan Pemetaan. Penetapan ini sering menimbulkan berbagai kesulitan dalam pengelolaan kawasan konservasi di Indonesia. Sebelum pemberlakuan UU No. 20/1999, Dephut memiliki Kantor Wilayah Kehutanan Papua, yang tugas utamanya adalah untuk melakukan tugas Dephut di tingkat provinsi. Selain itu, Dirjen PHKA mengelola dua kantor perwakilan utamanya di satu atau beberapa provinsi yaitu BKSDA dan BTN. Setelah UU No. 20/1999 diberlakukan, semua Kantor Wilayah Kehutanan ditiadakan dan seluruh BKSDA diserahkan ke tingkat provinsi, sementara Balai Taman Nasional tetap tidak berubah dan berada di lokasi taman nasional. Saat ini di Indonesia ada 44 BTN dan 32 BKSDA. Angka ini mungkin bervariasi seiring dengan pemekaran provinsi dan kabupaten baru setelah pemberlakuan UU No. 20/1999. Beberapa BKSDA juga dipecah sesuai dengan pembentukan provinsi baru. BKSDA bertanggung jawab atas pengelolaan 486 kawasan suaka (23.122.431 ha atau 12% luas wilayah darat dan laut Indonesia (Tabel 7.3.1). Kegiatan-kegiatan tertentu oleh masyarakat diizinkan di dalam KSA, tetapi hampir tidak diizinkan di Cagar Alam atau di dalam zona inti taman nasional. Berbagai kegiatan penelitian di kawasan konservasi harus seijin Dirjen PHKA (Tabel 7.3.3).

EKOLOGI PAPUA

Tabel 7.3.1. Kawasan konservasi menurut pola pengelolaannya di Indonesia, 2002.

Kawasan Konservasi	Habitat	Jumlah	Luas (km ²)
Cagar Alam	Daratan	173	27.186
	Laut	8	2.116
	Total	181	29.301
Suaka Margasatwa	Daratan	53	35.480
	Laut	3	62.220
	Total	56	36.132
Taman Nasional	Daratan	35	12.918
	Laut	6	36.809
	Total	41	149.727
Taman Wisata Alam	Daratan	87	2.839
	Laut	18	7.658
	Total	105	10.496
Taman Hutan Raya		17	3.343
Taman Buru		14	2.224
Jumlah Kawasan Konservasi Daratan		379	183.990
Jumlah Kawasan Konservasi Laut		35	47.235
Jumlah Kawasan Konservasi		414	31.224

Sumber: Dirjen PHKA (2003).

Tabel 7.3.2. Klasifikasi hutan di Indonesia.

KLASIFIKASI HUTAN DI INDONESIA		
Klasifikasi Hutan	Luas (ha)	Persentase lahan total
Hutan Suaka Alam dan Hutan Wisata	19.471.000	10,36
Hutan Lindung	29.961.000	15,95
Hutan Produksi Terbatas	25.629.000	13,65
Hutan Produksi Tetap	35.332.000	18,81
Hutan Produksi yang dapat dikonversi	22.735.000	12,11
Areal Penggunaan Lain	54.656.000	29,1
Luas Total	187.784.000	100

Sumber: Departemen Kehutanan (2003).

Catatan: Menurut UU No. 41/1999 tentang Kehutanan, hutan memiliki tiga fungsi utama: konservasi, perlindungan dan produksi. Untuk memastikan pengelolaan hutan yang memertahankan fungsi-fungsi ini maka hutan selanjutnya diklasifikasikan ke dalam enam kategori.

Pengelolaan dan Pengembangan Kawasan Konservasi di Papua
Sejarah Singkat dan Perkembangan Terkini

Seperti provinsi-provinsi lainnya di Indonesia, pengelolaan kawasan konservasi di Papua mengikuti peraturan-peraturan baku nasional untuk pengelolaan kawasan konservasi. Namun, pemberlakuan UU No. 20/1999 dan UU No. 21/2001, yang memberikan Otonomi Khusus untuk Papua, kemungkinan memengaruhi berbagai sistem pengelolaan kawasan lindung di kemudian hari. Dengan Otonomi Daerah, pemerintah provinsi dan kabupaten menuntut keterlibatan yang lebih banyak dalam pengelolaan hutan, termasuk pengelolaan kawasan konservasi. Namun, sampai sekarang tidak ada peraturan khusus atau upaya serius untuk menyelaraskan berbagai tuntutan dan kesenjangan antara undang-undang yang terkait (UU No. 20/1999, UU No. 21/2000, UU No.5/1990 dan UU No. 41/1999). Departemen Kehutanan telah mengadakan serangkaian lokakarya dan pertemuan menyangkut dampak UU No 20/1999 dan menjelaskan sebuah matriks pengelolaan dan perencanaan hutan di masa depan (Departemen Kehutanan dan Perkebunan 2000), tetapi tidak ada penyelesaian legal dan politis yang jelas untuk menampung usulan ini.

Laporan rinci tentang pengembangan kawasan konservasi di Papua disajikan oleh Petocz (1989). Seperti disebutkan di bagian pendahuluan, pengembangan kawasan konservasi di Papua dimulai tahun 1919, ketika pemerintah Belanda menetapkan kawasan Peg. Snow sebagai Cagar Alam Lorentz. Upaya konservasi yang lebih menyeluruh mulai dilakukan pada akhir tahun 1970-an (FAO 1981, Petocz 1983, 1989). Upaya nasional ini menghasilkan penetapan kawasan konservasi yang luas di Papua, yang mencalonkan sekitar 20% habitat daratan dan laut sebagai kawasan konservasi (Gambar 7.3.1) di Papua. Cakupan kawasan ini tertinggi di Indonesia; sekarang di provinsi ini terdapat 54 kawasan konservasi dalam berbagai kategori, antara lain Cagar Alam, Taman Nasional dan Suaka Margasatwa, yang dikelola oleh BKSDA dan BTN.

EKOLOGI PAPUA

Tabel 7.3.3 Kegiatan yang diijinkan dan dilarang di kawasan lindung di Indonesia.

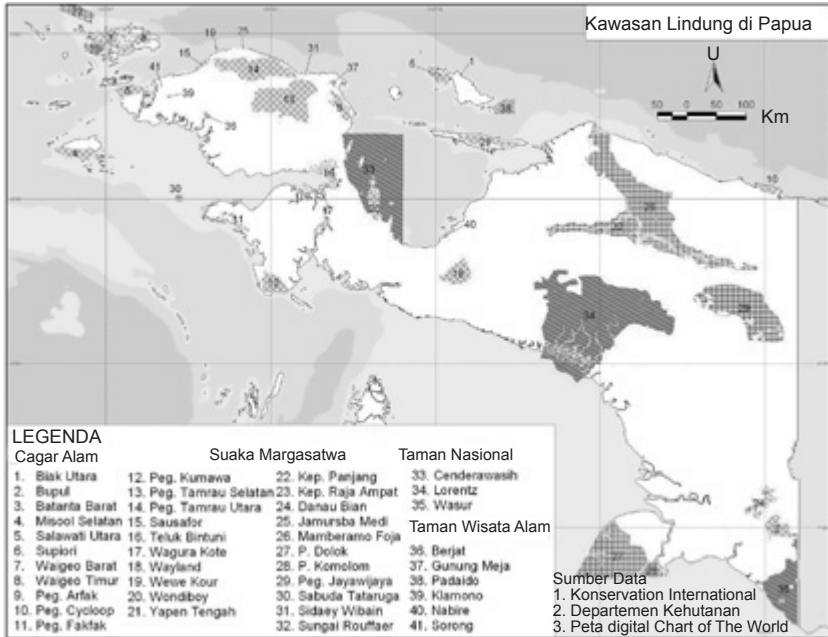
Kegiatan	Tipe Kawasan Lindung								
	CA	SM	TW	TB	HL	TN (ZI)	TN (ZR)	TN (ZP)	
Menanam tanaman pangan									
Menanam palawija/pohon			x	x	x				
Pemukiman penduduk									
Pembalakan komersial									
Mengumpulkan tanaman obat dan kayu bakar					x				
Perburuan				x	x				x
Pemancingan ikan			x	x	x				
Berkemah		*	x	x	x		*		x
Koleksi ilmiah dengan ijin	x	x	x	x	x	x	x		x
Pengelolaan habitat aktif		x	x	x	x		x		x
Introduksi jenis noneksotis		x	x	x	x		x		x
Mengumpulkan rotan dan kayu kecil dengan ijin				x	x				
Eksplorasi pertambangan					x				
Pengendalian hidupan liar		x	x	x	x		x		x
Kegiatan pengunjung		*	x	x	x		*		x
Introduksi jenis eksotis									

Sumber: MOF dan FAO (1990).

Catatan : CA (Cagar Alam); SM (Suaka Margasatwa); TW (Taman Wisata); TB (Taman Buru); HL (Hutan Lindung); TN (Taman Nasional); ZI (Zona Inti); ZR (Zona Rimba); ZP (Zona Pemanfaatan); x menunjukkan kegiatan yang diijinkan; * menunjukkan kegiatan yang dibatasi (perlu ijin); kolom yang kosong menunjukkan kegiatan yang dilarang.

Kantor BKSDA Papua, berada di Jayapura yang bertanggung jawab atas 8 kawasan di pegunungan utara, selatan dan tengah provinsi ini. BKSDA Papua 2 berada di Sorong, mengelola 19 kawasan di wilayah Kepala Burung (Manokwari, Sorong, Raja Ampat dan Fakfak). BTN Teluk Cenderawasih, berada di Manokwari, yang bertanggung jawab untuk pengelolaan Taman Nasional Laut Teluk Cenderawasih, BTN Wasur di Merauke mengelola Taman Nasional Wasur. Taman Nasional Lorentz masih belum memiliki UPT dan sekarang masih berada di bawah BKSDA Papua 1.

KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA



Gambar 7.3.1. Peta kawasan konservasi di Papua.

Jumlah dan Status Kawasan Konservasi di Papua

Dari 70 Kawasan Konservasi Alam yang saat ini berada di Papua, hanya 29 (41%) yang telah ditetapkan secara resmi dan memiliki status legal penuh. Dari yang telah ditetapkan, hanya sebagian kecil yang telah memiliki rencana pengelolaan, misalnya TN Lorentz, CA Arfak dan TN Wasur. Sebagian besar kawasan konservasi yang ditetapkan di Papua ini adalah dalam kategori Cagar Alam (50%), Taman Wisata (40%) dan Suaka Margasatwa (29%). Tiga taman nasional di Papua telah memiliki status resmi. Cagar Alam jumlahnya paling banyak, tetapi bentuk pengelolaan ini juga penuh tantangan karena luas dan kisaran perlindungan keanekaragaman hayatinya tinggi tetapi masyarakat sekitarnya juga memanfaatkannya, seperti untuk perburuan atau jalan setapak dan penegakan statusnya sebagai kawasan lindung cenderung menimbulkan konflik antara pemerintah dan masyarakat tradisional. Alasan utama munculnya konflik ini adalah prosedur birokrasi dalam

legalisasi penetapan kawasan (World Bank 2001). Faktor lainnya adalah anggaran dan kapasitas staf yang terbatas dalam mengelola kawasan konservasi secara legal. Karena banyak kawasan konservasi ini berada di kawasan terpencil, lokasinya tersebar dan tingkat kegiatan ekonomi di masa lalu relatif rendah, maka legalisasi sebagian besar kawasan lindung di Papua ini tidak mendapat prioritas tinggi. Namun masalah legalitas kawasan konservasi akan meningkat karena desentralisasi pengelolaan hutan ke daerah. Perubahan politis ini telah mendorong pemerintah daerah untuk berusaha menjalankan kewenangan baru mereka atas sumber daya alam (misalnya, hutan, tambang dan berbagai ekosistem perairan) sementara masyarakat lokal terus berusaha mendapatkan kembali hak pengelolaan tradisional mereka atas berbagai lahan dan sumber daya yang sama. Meskipun perebutan kekuasaan ini berlangsung, desentralisasi sebenarnya menawarkan peluang besar untuk meningkatkan pengelolaan kawasan lindung yang ada daripada di bawah pengawasan pemerintah pusat sebelumnya, asal saja komitmen dan keterlibatan para pemangku kepentingan lokal ditingkatkan. Petocz (1989) dan Diamond (1986), misalnya, berpendapat bahwa perencanaan dan penetapan kawasan konservasi yang dilakukan oleh pemerintah pusat di Papua gagal menjalin partisipasi seluruh pemangku kepentingan yang relevan. Sementara alasannya mungkin bisa dibenarkan, kawasan konservasi dirancang berdasarkan kriteria biologis (FAO/UNDP 1981, Diamond 1986, Petocz 1989, Conservation International 1999). Karena itu, untuk meningkatkan legalitas status kawasan konservasi, diperlukan berbagai proses yang lebih demokratis daripada proses yang dilakukan di masa lalu. Selain itu juga diperlukan upaya-upaya menggalang dukungan dan partisipasi aktif masyarakat dan pemerintah lokal dalam mengelola kawasan konservasi.

Ukuran kawasan konservasi di Papua

Ukuran dan lokasi merupakan dua faktor terpenting dalam merancang kawasan lindung. Ukuran kawasan konservasi akan menentukan jumlah, komposisi dan ukuran populasi jenis di dalamnya. Populasi yang cukup

besar dari jenis target harus terjamin di kawasan konservasi sehingga keberadaan populasi jangka panjangnya dapat terjamin dan untuk mencegah kepunahan populasi seandainya terjadi peristiwa serangan penyakit dan bencana alam. Seberapa besar ukuran suatu kawasan konservasi yang efektif tidak dapat dijawab secara konsisten, karena sangat bergantung pada faktor-faktor seperti sasaran jangka panjang kawasan lindung, karakteristik jenis yang memerlukan perlindungan, sistem pengelolaan yang dapat diadaptasikan di lokasi dan berbagai kondisi sosial ekonomi di sekitar suatu kawasan. Misalnya, kawasan lindung yang relatif kecil ukurannya kemungkinan cukup melindungi populasi tumbuhan, tetapi kawasan lindung yang ukurannya relatif lebih besar dibutuhkan untuk jenis yang memiliki kisaran persebaran yang lebih luas.

Teori biogeografi pulau (MacArthur dan Wilson 1967) mengusulkan jumlah jenis yang ada di suatu pulau atau habitat yang terisolasi (misalnya, kawasan lindung yang dikelilingi oleh lahan perkebunan) bergantung pada ukuran pulau itu dan tingkat kepunahan dan imigrasi di dalamnya. Teori ini digunakan untuk memperkirakan “ukuran yang sesuai” atau ukuran minimum populasi yang dapat bertahan hidup (*minimum viable population* - MVP) satu jenis tertentu (Gilpin dan Soulé 1986, Shaffer 1987, Soulé 1987). Pendekatan ini paling sesuai jika tujuan utama kawasan konservasi adalah untuk melindungi satu jenis tunggal, tetapi juga dapat berlaku untuk beberapa kelompok melalui pemilihan suatu jenis “pemayung” (*umbrella species*) yang menduduki trofik paling atas (Monk dkk. 1998).

Jenis yang memayungi jenis lain tidak hanya membutuhkan kawasan habitat yang lebih luas dibandingkan jenis di tingkat trofik yang lebih rendah, tetapi kelangsungan mereka juga bergantung pada jenis-jenis pada trofik yang lebih rendah. Karena itu, tindakan melindungi jenis pemayung berpotensi mewakili perlindungan langsung jenis ini di tingkat trofik bawahnya. Penetapan kawasan lindung dengan dua pendekatan ini membutuhkan sejumlah data penting, termasuk tingkat persebaran, kepunahan dan imigrasi, sejarah hidup tentang jenis-jenis yang relevan.

Menghadapi sejumlah tantangan keterbatasan data yang akurat dan lengkap untuk menentukan ukuran kawasan lindung yang tepat, para pakar konservasi menggunakan berbagai macam metode praktis. Misalnya, cagar untuk burung-burung tropis seharusnya lebih luas daripada 10.000 ha (Shafer 1990). Diamond (1976) dan Terborgh (1976) mengusulkan luas minimum habitat alam 25.000 ha berdasarkan pengamatan lapangan dan berbagai model matematika yang dirancang untuk populasi burung. Berdasarkan teori Ukuran Kritis Minimum, MacKinnon dan MacKinnon (1986) mengusulkan perkiraan luas yang lebih besar, yaitu 50.000 ha yang penting untuk melindungi jenis pohon di habitat hutan hujan dataran rendah yang jenisnya melimpah.

Ukuran rata-rata kawasan konservasi di Papua adalah 162.041 ha. Luas ini tampaknya memberi harapan karena ukurannya lebih dari ukuran minimum cagar alam yang disarankan di atas. Namun anggapan ini tidak tepat, karena luas rata-rata 52% kawasan konservasi di Papua lebih kecil dari 25.000 ha yang diusulkan oleh Diamond (1976) dan Terborgh (1976). Hampir semua cagar alam (72%) ukurannya lebih besar dari 25.000 ha dan taman nasional yang ada ukurannya lebih besar dari 150.000 ha (TN Lorentz luasnya 2.505.600 ha), sementara 50% dari seluruh suaka margasatwa dan 56% taman wisata ukurannya lebih kecil dari 5.000 ha. Berdasarkan ukuran minimum 50.000 ha yang diusulkan MacKinnon dan MacKinnon (1986), hanya 39% cagar alam yang ada yang memenuhi kriteria ini. Saat membandingkan ukuran kawasan konservasi di seluruh Indonesia, jelas bahwa kawasan konservasi di Papua cenderung lebih besar dan mungkin juga lebih dapat bertahan terus daripada di kawasan lainnya di Indonesia. Misalnya, hanya 17% hutan lindung di Maluku dan Nusa Tenggara yang memenuhi ukuran minimum (Monk dkk. 1998).

Cakupan dan Lokasi Kawasan Lindung

Penempatan kawasan konservasi juga merupakan faktor penting dalam memastikan pencapaian sasaran jangka panjang suatu kawasan (FAO/UNDP 1981). Karena kekurangan data rinci tentang kekayaan

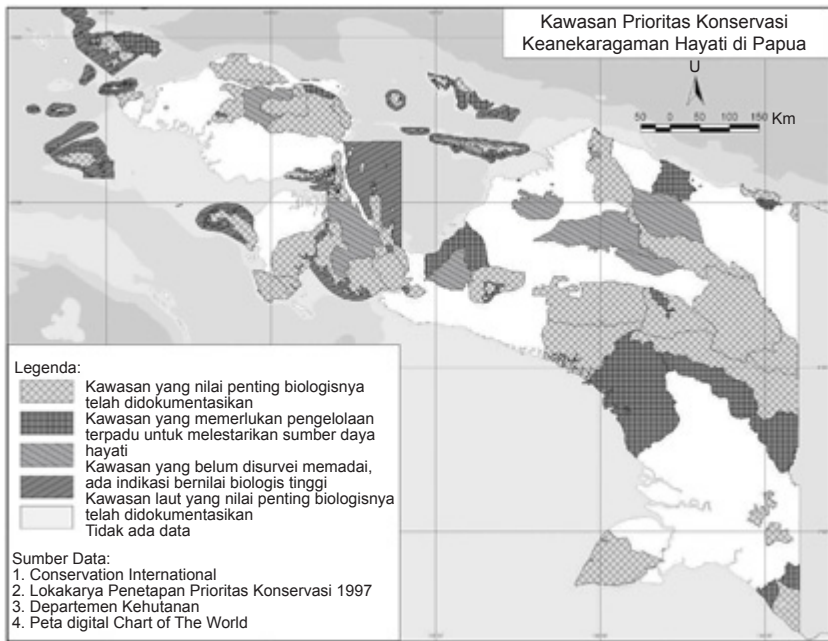
KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA

jenis dan persebaran spasialnya, sulit untuk menentukan apakah kawasan konservasi di Papua telah ditempatkan secara tepat untuk memenuhi berbagai prioritas konservasi jenisnya secara individu. Namun, berdasarkan persebaran beberapa taksa yang diketahui, isu ini dapat diatasi. Pada skala yang lebih besar, kepentingan kawasan untuk melindungi beberapa jenis yang terkait (yaitu, taksa yang lebih tinggi) juga dapat disimpulkan dari data yang ada dan digunakan untuk menentukan kawasan konservasi yang ada. Kawasan-kawasan penting untuk melindungi taksa khusus (yaitu kawasan yang dihuni jenis-jenis endemik, jenis yang terancam punah dan memiliki kekayaan jenis tinggi) diidentifikasi selama kegiatan Lokakarya Penetapan Prioritas Konservasi Keanekaragaman Hayati Irian Jaya tahun 1997 yang dipimpin oleh Conservation International (Bab 7.1).

Analisis kesenjangan spasial antara kawasan konservasi yang ada dan kawasan prioritas untuk konservasi keanekaragaman hayati (seperti yang diidentifikasi oleh Conservation International 1999, Gambar 7.3.2) menunjukkan bahwa 50% kawasan prioritas konservasi sekarang masih berada di luar kawasan konservasi yang ada (Gambar 7.3.3). Kawasan prioritas untuk konservasi keanekaragaman hayati merupakan gabungan kawasan-kawasan penting untuk konservasi taksa tertentu, burung, tumbuhan dan mamalia. Analisis kesenjangan antara kawasan konservasi yang ada dan lokasi kawasan prioritas untuk taksa khusus menunjukkan bahwa 39% kawasan burung, 40% kawasan tumbuhan dan 43% kawasan mamalia tercakup dalam kawasan yang ada sekarang.

Pertimbangan habitat (misalnya, ketinggian) merupakan faktor penting lainnya dalam penempatan kawasan konservasi. Misalnya, Petocz (1989) menjelaskan bahwa dengan meningkatnya ketinggian, kekayaan jenis berkurang, sementara proporsi jenis endemik meningkat. Tingginya tingkat keendemikan jenis di habitat-habitat pegunungan yang terpencil dan kekayaan jenis di lokasi yang lebih rendah dan ketergantungan banyak jenis pada berbagai tipe habitat yang beragam menunjukkan perlunya melindungi habitat di seluruh kisaran ketinggian dalam suatu kawasan konservasi. Selain itu luas habitat yang tercakup dalam suatu kawasan konservasi juga harus memadai.

EKOLOGI PAPUA

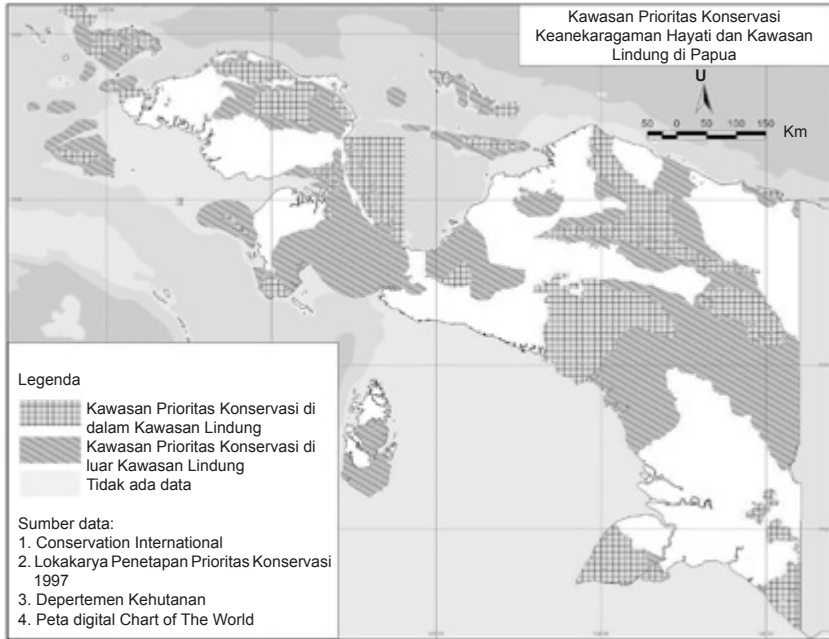


Gambar 7.3.2. Kawasan-kawasan prioritas untuk konservasi keanekaragaman hayati di Papua yang diidentifikasi selama Lokakarya Penetapan Prioritas Konservasi Keanekaragaman Hayati Irian Jaya (Conservation International 1999).

Karena itu, proporsi masing-masing ketinggian habitat khusus di kawasan konservasi Papua harus terwakili. Tabel 7.3.2 menunjukkan bahwa sebagian besar kawasan konservasi mencakup berbagai habitat dataran rendah, sementara hanya delapan kawasan lindung yang menyatukan berbagai habitat pada ketinggian di atas 3.000 m dari permukaan laut dan hanya tiga (TN Lorentz, SM Jayawijaya dan CA Enarotali) yang memiliki habitat asli alpin. Hanya beberapa kawasan yang lebih besar (SM Mamberamo-Foja, SM Jayawijaya, CA Wondiwoi dan TN Lorentz) tersebar pada kisaran ketinggian yang cukup luas.

Pada skala yang lebih besar, beberapa unit biogeografi (terdiri dari kumpulan habitat) telah diidentifikasi di provinsi ini dan seharusnya juga diwakili dalam kawasan konservasi. Misalnya, lima wilayah biogeografi yang diidentifikasi oleh Petocz (1989) – Bab 7.2.

KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA



Gambar 7.3.3. Analisis kesenjangan antara kawasan-kawasan prioritas untuk konservasi keanekaragaman hayati, seperti yang diidentifikasi dalam Lokakarya Penetapan Prioritas Konservasi Keanekaragaman Hayati Irian Jaya dan dalam kawasan konservasi yang ada di Papua. Hasilnya menunjukkan kesenjangan antara kawasan-kawasan prioritas konservasi dan kawasan konservasi yang ada.

Kawasan konservasi yang ada mencakup bagian-bagian dari seluruh unit biogeografi yang telah diketahui dan beberapa kawasan terluas (TN Lorentz, SM Jayawijaya, SM Mamberamo-Foja dan CA Weyland) bagian dari dua unit biogeografi yang ada. Pulau-pulau Samudra seperti Biak dan Numfor (yang jumlah jenis burung endemik per hektarnya tertinggi) hanya memiliki dua kawasan konservasi.

Analisis tutupan hutan terhadap 39 kawasan konservasi (hanya tiga yang merupakan kawasan suaka laut) baru-baru ini menunjukkan bahwa hutan hujan dataran rendah memiliki cakupan terbesar (39%), diikuti pegunungan atas/hutan alpin (11%) dan hutan pegunungan bawah (10%). Jika persentase cakupan habitat dalam 39 kawasan konservasi (Gambar 7.3.3) dibandingkan dengan ukuran habitat daratan

EKOLOGI PAPUA

Papua, maka persentase cakupan habitat paling tinggi hanya 7,53%. Hasil ini sangat menarik dalam kaitannya dengan perdebatan tentang syarat minimum kawasan lindung sebesar 10% luas daratan (Soulé dan Sanjayan 1998, Faith dkk. 2001), seperti yang dibahas berikut ini.

Tabel 7.3.2. Cakupan kawasan konservasi menurut ketinggian di Papua.

Kawasan Lindung	Tipe	Kisaran Ketinggian (m)	Ketinggian (m)						
			dpl	100 m	500 m	1.000 m	2.000 m	3.000 m	4.000 m
Enarotali	CA	1750 - 4000							
Gunung (Pantai) Wagura – Kote	CA	50 - 1134							
Kumbe – Merauke	CA	75							
Pulau Batanta Barat	CA	0 - 1183							
Pulau Biak Utara	CA	0 - 695							
Pulau Misool Selatan	CA	0 - 565							
Pulau Numfor	CA	100							
Pulau Pombo	CA	dpl							
Pulau Salawati Utara	CA	0 - 931							
Pulau Supiori	CA	0 - 1034							
Pulau Waigeo Barat	CA	0 - 777							
Pulau Yapen Tengah	CA	500 - 1496							
Pantai Muhrani – Kaironi	CA	dpl							
Pantai Sausapor	CA	dpl							
Pantai Sidei – Wibain	CA	dpl							
Pantai Wewe – Koor	CA	dpl							
Pegunungan Cyclop/Dafonsoro	CA	90 - 2160							
Pegunungan Fakfak	CA	275 - 1620							
Pegunungan Kumawa	CA	0 - 1442							
Pegunungan Tamrau Selatan	CA	0 - 3825							
Pegunungan Weyland	CA	900 - 3892							
Pegunungan Tamrau Utara	CA	0 - 3825							
Pegunungan Wandamen/Wondiwoi	CA	0 - 2222							
Rawa Biru	CA	0 - 90							
Sungai Kais	CA	0 - 150							
Mangrove Teluk Bintuni	CA	dpl							
Pegunungan Arfak	CA	1500 - 2941							
Danau Bian	SM	50							
Inggresau	SM	dpl							
Kep. Ajoie	SM	dpl							
Pulau Asia	SM	dpl							

KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA

Pulau Asia dan Ajoe	SM	dpl								
Kep. Raja Ampat	SM	dpl								
Pegunungan Mamberamo/Foja	SM	0 - 2103								
Pulau Anggrameos	SM	0 - 205								
Pulau Mapia	SM	dpl								
Pulau Sabuda dan Pulau Tataruga	SM	dpl								
Pantai Jamursba – Medi	SM	dpl								
Pegunungan Jayawijaya	SM	180 - 4646								
Teluk Dolok (Pulau Kimaam)	SM	150								
Sungai Rouffaer	SM	200								
Misool Selatan	SML	0 - 565								
Lorentz	TN	0 - 5031								
Wasur	TN	0 - 90								
Teluk Cenderawasih	TNL	dpl								
Pulau Sayang	TW	dpl								
Parieri (Biak)	TW	50								
Gunung Meja	TWA	50 - 250								
Teluk Yotefa	TWA	sea level								

Catatan: CA: Cagar Alam; SM: Suaka Margasatwa; SML: Suaka Margasatwa Laut; TN: Taman Nasional; TNL: Taman Nasional Laut; TW: Taman Wisata; TWA: Taman Wisata Alam.

Seperti dijelaskan sebelumnya, persentase kawasan konservasi di kawasan tropis relatif lebih kecil; hanya sekitar 5% habitat di hutan hujan yang dilindungi padahal keanekaragaman hayatinya tertinggi (Soulé dan Sanjayan 1998). Sementara itu, tingkat degradasi dan kepunahan habitat semakin mengkhawatirkan. Karena itu, memperluas ukuran kawasan konservasi di wilayah tropis merupakan suatu keharusan, karena kita masih memiliki peluang untuk melakukannya di berbagai kawasan yang disebut “Belantara Global” (75% habitat alam utuh, kepadatan penduduk rendah dan keanekaragaman hayati yang penting; Mittermeier dkk. 2003). Papua, yang diklasifikasikan sebagai salah satu Kawasan Belantara Tropis Utama, dapat berperan penting dalam upaya konservasi ini.

Presentase habitat daratan dan laut yang dilindungi di Papua sangat penting dan hampir mencapai dua kali lipat yang ditargetkan (10%). Bahkan, kawasan total yang dilindungi di Papua adalah yang terluas di Indonesia. Namun, masih ada kesenjangan besar antara kawasan konservasi yang ada dan kawasan prioritas untuk taksa tertentu (Conservation

EKOLOGI PAPUA

International 2004). Selain itu, dari di 39 kawasan konservasi di Papua perwakilan habitat daratan yang dilindungi hanya mencakup 10% yang berada di kawasan lindung.

Kotak 7.3.1. Proses dan kemajuan program kajian cepat

Program Kajian Cepat (**RAP, Rapid Assessment Program**) oleh Conservation International dilakukan tahun 1990 untuk menyediakan informasi biologis secara cepat yang diperlukan untuk mempercepat kegiatan konservasi dan memperbaiki perlindungan terhadap keanekaragaman hayati. RAP merupakan kumpulan tim yang terdiri dari negara tuan rumah dan para ilmuwan internasional yang bersama-sama melakukan kajian cepat nilai-nilai biologis berbagai wilayah yang belum diteliti, tidak hanya yang berpotensi sebagai lokasi penting bagi konservasi keanekaragaman hayati, tetapi juga yang terancam oleh konversi habitat. Kombinasi berbagai ilmu pengetahuan para pakar ini memungkinkan mereka untuk melakukan kajian dalam survei selama tiga sampai empat minggu mengenai keunikan dan nilai-nilai konservasi di suatu kawasan dan memberikan rekomendasi bagi pengelolannya. Informasi ini tersedia bagi para pengambil keputusan di daerah melalui berbagai laporan di internet, siaran pers, liputan media dan laporan-laporan tertulis. Sejauh ini, informasi biologis yang didapat dari hasil ekspedisi 23 RAP pada ekosistem daratan dan perairan tawar di seluruh dunia telah menghasilkan perlindungan ribuan hektar hutan tropis, termasuk pembentukan taman-taman nasional di Bolivia dan Peru, serta mengidentifikasi prioritas-prioritas keanekaragaman hayati di sejumlah negara.

Conservation International juga telah melakukan RAP di Indonesia, yaitu di Togian dan Banggai (2000). Bekerjasama dengan Universitas Cenderawasih, Universitas Negeri Papua, LIPI dan *Yayasan Lingkungan Hidup Papua* (Yali); beberapa RAP telah dilakukan di Papua, yaitu:

Seiwa dan Wapoga (Warope, April 1998). Para ilmuwan telah menemukan beberapa jenis baru, termasuk dua jenis reptil, dua jenis capung, tiga jenis ikan pelangi, lima tumbuhan (palem), 17 semut, 29 katak dan 36 heteroptera (wereng, kutu daun, kutu sisik, tonggeret).

Pelatihan RAP di Jayapura dan Mamberamo (September 2001). Ditemukan satu jenis ikan air tawar di Yongsu dan 24 jenis (6 katak dan 18 kutu air) ditemukan di Mamberamo.

RAP Laut di Kep. Raja Ampat (Sorong, 27 Maret–10 Mei 2002). Ditemukan Empat jenis ikan karang dan 9 jenis terumbu karang. Tim RAP mencatat ada 456 jenis karang keras. Lebih dari separuh jumlah jenis karang di dunia yang telah diketahui!

Berbagai Peluang dan Tantangan Konservasi

Sebagai provinsi yang kaya keanekaragaman hayatinya (Myers 1988, Johns 1995) berbagai temuan yang secara ilmiah merupakan jenis baru akan terus berlanjut seiring dengan terus berlangsungnya inventarisasi di lapangan (Mack dan Alonso 2000). Misalnya, dari kunjungan lapangan terbaru di DAS Mamberamo ditemukan 15 jenis katak baru dari 24 jenis yang dikoleksi (S. Richards, kom. pri., 2004).

Walaupun tingkat kehilangan hutan di Indonesia sudah mengkhawatirkan (sekitar 1,7% per tahun), sekitar 75% hutan primer di Papua masih utuh (World Bank 2001). Sejauh ini hanya hutan Papualah yang merupakan habitat hutan perawan terluas yang tersisa di Asia dan Pasifik. Luas dan kekayaan hutan Papua juga telah menjadikannya sasaran utama bagi sejumlah perusahaan penebangan kayu dari Indonesia dan luar negeri. Pertumbuhan kegiatan ekstraktif yang sangat cepat ini memicu peningkatan jumlah penduduk, perubahan gaya hidup dan inisiatif pemerintah untuk meningkatkan pembangunan ekonomi, yang akan menimbulkan ancaman serius bagi hutan-hutan yang unik di kawasan ini.

Seperti diuraikan sebelumnya, kegiatan konservasi sudah berlangsung sejak jaman Belanda melalui penunjukan kawasan Peg. Lorentz sebagai kawasan lindung pada tahun 1919. Banyak juga peraturan yang telah dikeluarkan untuk melindungi jenis binatang dan tumbuhan.

Pada awal tahun 1980, beberapa kawasan konservasi ditetapkan di Papua (Petocz 1989) tetapi upaya konservasi jenis tidak banyak berkembang. Kebanyakan dokumen strategi konservasi hanya menyebutkan jenis yang memiliki nilai komersial atau yang terancam punah karena dikonsumsi oleh masyarakat setempat, seperti burung paruh bengkok, kupu-kupu ekor panjang, buaya, burung cenderawasih dan penyu (Food and Agriculture Organization 1981, Petocz 1989, Conservation International 1999). Saat ini, kegiatan konservasi jenis masih dipusatkan pada upaya inventarisasi jenis (Allen dan Renyaan 1998, 2000, Mack dan Alonso 2000, Richards dan Suryadi 2002). Usaha untuk memusatkan konservasi jenis baru masih sedikit dilakukan (Kemp dan Burnett 2003, Muskita 2002) namun

EKOLOGI PAPUA

berbagai strategi terbaru juga telah diusulkan untuk melakukan kegiatan konservasi jenis yang spesifik (BAPPENAS 2003).

Papua diakui sebagai kawasan yang penting bagi konservasi secara global karena keanekaragaman hayatinya yang luar biasa, ekosistemnya yang unik (salah satu dari tiga gunung salju di kawasan tropis) serta fakta bahwa hutan alami dan lautnya masih berada dalam kondisi prima (McKenna dkk. 2002). Pada tahun 1990, sebagai hasil dari pelaksanaan sejumlah strategi konservasi, banyak strategi konservasi global dan regional disusun berdasarkan pemetaan persebaran habitat, komunitas-komunitas biologis, jenis pada skala besar dan status konservasi dan keterancamannya di seluruh dunia dan kemudian tata batas wilayah prioritas untuk konservasinya ditetapkan. Misalnya, pada tahun 1995, BirdLife International menerbitkan laporan (Sujatnika dkk. 1995) yang mengidentifikasi 24 Daerah Burung Endemik (DBE, dari sekitar 140 DBE di seluruh dunia) di Indonesia, 8 DBE berada di Papua.

Pada tahun 1997, Conservation International, bersama-sama dengan beberapa lembaga pemerintah yang memimpin di bidang ilmiah, kehutanan dan perencanaan di Indonesia (LIPI, Dephut, BAPPENAS) dan di Papua (Universitas Cenderawasih dan BAPPEDA) melaksanakan lokakarya *Irian Jaya Biodiversity Priority-setting* (Penetapan Prioritas Keanekaragaman Hayati di Irian Jaya). Kesimpulan pentingnya, Papua menyumbangkan hampir separuh keanekaragaman hayati Indonesia dan sistem kawasan lindung yang kini ada di Papua perlu dilipatgandakan agar dapat mencakup seluruh wilayah prioritas untuk konservasi keanekaragaman hayati di Papua (Conservation International 1999).

Pada tahun 2000, World Wildlife Fund-US menerbitkan strategi konservasi global yang disebut “Global 200”, yang mengidentifikasi sekitar 238 ekosistem darat terpenting untuk dilindungi. Pada daftar ekoregion darat, perairan tawar dan laut yang paling penting dalam Global 200, delapan di antaranya terdapat di Papua. Tahun 2002, Conservation International mengidentifikasi kawasan belantara (*Wilderness Areas*) di seluruh dunia (Mittermeier dkk. 2002), yaitu habitat alami yang masih sangat luas yang merupakan tempat dengan tingkat keanekaragaman dan

KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA

keendemikan jenis yang tinggi. Kawasan belantara ini dipilih karena lebih dari 70% habitatnya yang tersisa masih asli, ada 0,5% jenis tumbuhan vaskular di bumi merupakan jenis endemik di suatu kawasan dan kepadatan penduduknya kurang dari 5 orang per km² (Mittermeier dkk. 2003). Nugini telah teridentifikasi sebagai salah satu dari tiga kawasan belantara tropis global (dua lainnya adalah Amazonia dan Kongo).

Sebagai kawasan yang masih memiliki hutan basah tropis yang cukup luas dengan berbagai kriteria keunikan habitat dan jenis yang telah dijelaskan di atas (Mittermeier dkk. 2003; Sujatnika dkk. 1995; World Wildlife Fund 2000), Papua (dan PNG) merupakan prioritas konservasi yang terpenting. Sebagian besar komponen strategi konservasi global Papua ini telah diadopsi dalam Strategi dan Rencana Aksi Keanekaragaman Hayati Indonesia (IBSAP) yang berfungsi sebagai dokumen sah dalam melakukan kegiatan konservasi di Indonesia (BAPPENAS 2003) dan menyediakan arahan untuk bekerja di Papua. Pengesahan UU No. 21/2000 sangat penting untuk mengaitkan konservasi dengan pembangunan daerah dan memberikan dorongan yang lebih besar bagi pemerintah daerah dan organisasi-organisasi nonpemerintah (LSM) untuk turut serta dalam proses dan memberikan kesempatan yang belum pernah ada dalam lingkup konservasi di Indonesia.

Isu penting lainnya adalah kepadatan penduduk yang rendah. Saat ini jumlah penduduk Papua sekitar 2,2 juta jiwa, dengan kepadatan rata-rata 6 orang per km², dengan tingkat pertumbuhan rata-rata sekitar 3,18% per tahun (BP3D dan BPS Papua 2003). Selain itu, Papua telah menetapkan sejumlah besar habitat alaminya untuk dilindungi, lebih besar dari provinsi lainnya di Indonesia.

Seperti yang terjadi di banyak tempat di Indonesia, kawasan konservasi Papua menghadapi sejumlah masalah pengelolaan kronis, yaitu tidak ada kewenangan yang jelas antara pemerintah pusat dan daerah dan bahkan antara departemen pemerintah, rendahnya kemampuan pengelolaan dan sumber dana, kurangnya dukungan dari masyarakat dan secara politis dan kerapnya perselisihan antara pemerintah dan masyarakat adat mengenai tuntutan hak atas lahan. Di Papua, isu yang terakhir ini masih

belum terpecahkan, serta sangat berpengaruh pada pengelolaan kawasan konservasi di lapangan. Penduduk setempat kerap mendiami kawasan konservasi dalam upaya untuk menentang peraturan pemerintah dalam usaha mereka untuk memperkuat tuntutan atas tanah adat.

Berbagai Perubahan Politis dan Administrasi

Baru-baru ini pemerintah pusat telah memberikan sejumlah besar wewenangnya kepada pemerintah provinsi dan kabupaten melalui proses desentralisasi, tetapi masalah yang terkait dengan konservasi masih di bawah kewenangan pemerintah pusat (UU No. 20/2000). Alokasi kawasan lindung memengaruhi isu-isu konservasi dan proses ekonomi sampai di tingkat nasional, yang menjelaskan mengapa pemerintah pusat memilih untuk tetap memegang wewenang atas kawasan konservasi. Sangat disayangkan bahwa pengaturan seperti ini cenderung menimbulkan berbagai masalah pengelolaan yang berakar dari kurangnya dukungan dari pemerintah daerah dan masyarakat setempat.

Suatu tatanan yang lebih baik mungkin dapat dicapai melalui kerja sama dan pengelolaan kawasan ini secara bersama-sama oleh pihak yang berwenang di tingkat pusat, provinsi dan kabupaten, yang masing-masing memiliki peran tertentu untuk menyelesaikan tanggung jawabnya. Namun, sekarang masih belum ada yang mampu untuk menangani seluruh proses pengelolaan, mulai dari perancangan dan masalah hukum sampai pendanaan dan pengelolaan di lapangan. Pemerintah pusat dan provinsi adalah unit yang paling sesuai untuk membuat kebijakan nasional, mengoordinasi perencanaan kawasan konservasi, serta mencari pendanaannya. Pemerintah kabupaten lebih tepat untuk mengatur pengelolaan di lapangan. Namun dengan kewenangan yang tidak jelas dan tidak diatur saat ini, para bupati dapat segera menurunkan status kawasan konservasi menjadi hutan produksi; kecenderungan ini dapat meningkat drastis, bahkan dapat menimbulkan bencana, bila pemerintah kabupaten diberi kewenangan menyeluruh untuk kawasan konservasi.

Dalam Otonomi Khusus untuk Papua (UU No. 21/2001) disebutkan bahwa konservasi dan pembangunan berkelanjutan berada di bawah

KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA

kewenangan pemerintah provinsi (paragraf 58); sementara dalam Undang-Undang Kehutanan Nasional (No. 41/1999) ditentukan bahwa pengelolaan kawasan konservasi masih berada di bawah kewenangan pemerintah pusat (Dephut; Bab 7.4). Masih belum jelas bagaimana kedua undang-undang itu akan diselaraskan. Seperti yang tercantum dalam UU Otonomi Khusus No. 21/2001, Dewan Perwakilan Rakyat Daerah (DPRD) harus membuat sejumlah peraturan di tingkat provinsi dan kabupaten untuk menangani pengelolaan sumber daya alam dan isu-isu lingkungan dalam waktu satu tahun. Keadaan ini dipandang oleh kelompok konservasi sebagai suatu kesempatan untuk memengaruhi peraturan daerah, karena biaya ketidakterlibatan daerah akan terlalu besar jika diabaikan.

Terlepas dari adanya kontradiksi dalam Undang-Undang Otonomi (UU No. 20/1999 dan UU No. 21/2001), kedua undang-undang tersebut menyampaikan kewenangan yang luas dalam mengelola sumber daya alam (termasuk kawasan konservasi) kepada badan-badan pemerintah daerah. Sisi positif dari perkembangan ini adalah birokrasi berkurang dibandingkan dekade sebelumnya. Namun sisi negatifnya adalah risiko yang cukup besar dalam jangka panjang karena sebelumnya semua keputusan yang berdampak pada sumber daya alam dilakukan oleh pemerintah pusat. Sekarang dengan berlakunya UU No. 20/1999 dan UU No. 21/1999, wewenang dilimpahkan sampai ke tingkat kabupaten, yang kurang berpengalaman dalam menyeimbangkan antara kebutuhan pembangunan dengan keperluan konservasi. Pihak pemerintah provinsi dan kabupaten sudah dibebani dengan warisan konflik kebijakan yang belum dituntaskan selama dekade sebelumnya, informasi yang tidak memadai dan kualitasnya rendah, kapasitas kelembagaan untuk pengelolaan yang lemah, kurangnya penghargaan atas pentingnya konservasi keanekaragaman hayati dalam konteks pembangunan sosial ekonomi, serta perencanaan dan koordinasi pengelolaan yang buruk di antara berbagai lapisan pemerintahan (misalnya, kabupaten, provinsi dan nasional), masyarakat setempat dan LSM.

Selain itu, masih tidak jelas lembaga pemerintahan mana yang memegang kewenangan atas pengelolaan kawasan konservasi dan tipe-tipe

hutan lainnya. Di masa lalu, Departemen Kehutanan adalah pemegang tanggung jawab tunggal, tetapi sekarang tanggung jawab ini dipegang oleh beberapa badan pemerintah. Dinas Kehutanan di kabupaten khususnya mendapat wewenang yang lebih besar untuk mengelola hutan Papua dan isu-isu kehutanan lainnya. Namun dalam waktu yang sama lembaga di provinsi ini juga bertanggung jawab atas pemberian izin untuk melakukan pembalakan hutan. Dengan demikian, jelas bahwa tanpa adanya peran dan tanggung jawab serta mekanisme koordinasi yang baik di antara lembaga-lembaga pemerintah, pengelolaan dan perlindungan kawasan konservasi akan menghadapi berbagai kesulitan di era Otonomi Khusus ini.

Kapasitas Lokal dan Alokasi Anggaran

Pengelolaan kawasan konservasi yang efektif harus mencakup berbagai disiplin ilmu, termasuk ilmu pengetahuan alam dan biologi konservasi, demikian juga ekonomi makro dan mikro, pengetahuan politis dan antropologi sosial. Bila seluruh pegawai kawasan konservasi berlatar belakang biologi dan konservasi maka tidak menjamin keberhasilan pengelolaan kawasan konservasi. Meskipun demikian, setiap orang dengan pemahaman dasar akan biologi atau ilmu pengetahuan alam lainnya dan seorang lulusan pasca-sarjana mungkin memiliki kemampuan untuk menemukan jalan bagi isu-isu kompleks yang tidak dapat dipisahkan dalam pengelolaan kawasan konservasi. Di Papua dan di tempat lain di Indonesia, orang-orang yang memiliki kemampuan tersebut sangat jarang.

Sebuah laporan yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam (Dirjen PHKA 2003) menunjukkan bahwa sekitar 76% dari staf yang saat ini bekerja pada BKSDA Papua 1 dan Papua 2, serta di dua taman nasional di Papua hanya berpendidikan SMA. Mereka yang berpendidikan sarjana cenderung tidak berlatar belakang kehutanan. Selain itu, rasio antara jumlah staf dengan luas kawasan lindung adalah 1:27.000 ha dibandingkan dengan rata-rata di Indonesia 1:4.000 ha. Penelitian terbaru mengenai keefektifan kawasan konservasi di daerah tropis menunjukkan bahwa jumlah jagawana per

KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA

hektar kawasan lindung secara langsung memiliki hubungan positif dengan keefektifan kawasan dalam melindungi keanekaragaman hayatinya. Pada kenyataannya, penelitian menunjukkan bahwa rasio 3 jagawana/100 km² merupakan rasio yang paling efektif untuk mencapai konservasi keanekaragaman hayati (Bruner dkk. 2001).

Sayangnya, data terbaru mengenai jumlah dan latar belakang pendidikan dari staf yang bekerja untuk LSM di Papua tidak tersedia. Namun kajian pada tahun 1997 (Ohee dan Wakum 1997) menunjukkan bahwa sebagian besar staf LSM berlatar belakang pendidikan formal serupa dengan staf BKSDA di Papua; 65% memiliki pendidikan SMA. Jadi, keadaan ini masih belum membaik. Selain itu fokus prioritas badan penyandang dana baru-baru ini, yaitu mendukung upaya pengentasan kemiskinan, telah menurunkan pendanaan dan ketersediaan staf untuk program keanekaragaman hayati di Papua.

Daftar 115 LSM yang ada di Papua, banyak LSM yang bergiat pada proyek multisektor, mulai dari pengembangan pertanian sampai isu hak asasi manusia dan jender (Anon 2002). Dari semua LSM ini, hanya satu LSM lokal yang menangani isu lingkungan (pendidikan dan penyadartahuan), sementara sebagian besar investasi LSM hanya 10-25% dari komponen proyek mereka terkait dengan lingkungan atau konservasi. Selain itu, sebagian besar LSM bekerja di kota-kota besar di Papua seperti, Jayapura (30%), Manokwari (17%) dan Sorong (17%).

Peran LSM dalam pengelolaan dan perlindungan lingkungan di Papua sangat penting, seperti yang tercermin pada UU No. 21/2001 (Pasal 64/3). Namun, analisis sementara yang kami lakukan menunjukkan bahwa peran ini masih jauh dari terpenuhi. Kondisi sekarang merupakan tantangan penting yang harus dilakukan bila upaya-upaya konservasi di Papua akan terus berlanjut dan bermanfaat.

Dengan asumsi bahwa alokasi anggaran pemerintah sama besarnya dengan investasi, investasi pemerintah pusat untuk upaya konservasi di Papua tidak memadai. Bila Papua menyumbangkan sampai 50% keanekaragaman hayati Indonesia, seharusnya persentase alokasi anggaran untuk konservasi juga demikian. Namun kenyataannya, hanya 6% dari

anggaran konservasi total nasional yang digunakan untuk mendukung BKSDA di Papua. Kedua BKSDA di Papua memang menerima jumlah dana yang cukup besar, tetapi ukuran kawasan konservasi di bawah kewenangan mereka sangat luas sehingga anggarannya ternyata paling kecil di seluruh Indonesia.

Berbagai Kesenjangan dalam Sistem Kawasan Lindung

Penetapan, legalisasi dan pengelolaan kawasan konservasi di Papua merupakan tantangan yang sangat berat untuk memastikan perlindungan biota unik Papua secara berkelanjutan. Analisis di atas menunjukkan bahwa hutan konservasi sekarang harus diperluas ke wilayah-wilayah tambahan yang telah teridentifikasi sebagai lokasi-lokasi prioritas untuk konservasi. Perluasan ini harus didasari informasi ilmiah yang kuat serta memadai dengan pertimbangan kebutuhan sumber daya alam dan manusia. Selain itu, seluruh kawasan konservasi yang diusulkan harus memiliki status hukum yang sah (misalnya, penetapan secara formal).

Mengingat semua hambatan yang ada dalam mengelola kawasan konservasi, menambah lahan pada jaringan kawasan konservasi tampaknya hanya akan menambah masalah pengelolaan. Suatu strategi yang dapat mengurangi masalah ini mungkin melalui perumusan undang-undang yang ramah terhadap keanekaragaman hayati untuk mengatur pembangunan di wilayah yang sangat penting ini. Pembentukan kategori kawasan lindung baru yang lebih sesuai dengan kondisi lokal di Papua, seperti “Cagar Masyarakat Tradisional” yang dirancang untuk meningkatkan konservasi hutan dan keanekaragaman hayati tanpa mengancam kehidupan penduduk setempat.

Berbagai Hambatan Penelitian Konservasi di Lapangan

Papua jelas sangat menarik minat konservasi dan investasi dari berbagai organisasi konservasi, badan penyanggah dana internasional dan sektor swasta. Survei-survei keanekaragaman hayati lapangan mungkin merupakan bentuk perhatian ini. Misalnya, berdasarkan hasil RAP di Wapoga (Mack dan Alonso 2000), sebuah badan multilateral besar

KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA

telah mencantumkan Papua sebagai bagian terpenting dalam program keanekaragaman hayati di Indonesia. RAP laut di Raja Ampat (McKenna dkk. 2002) juga telah membangkitkan banyak minat di wisatawan dan penyelam tingkat nasional dan internasional terhadap keanekaragaman hayati laut dan keindahan alamnya, khususnya dari Eropa dan Amerika Serikat.

Namun, penelitian lapangan di Papua memerlukan proses perijinan yang rumit dari berbagai badan yang berwenang. Kebutuhan penelitian untuk fokus yang berbeda terus diperlukan, namun kendalanya juga meningkat. Tanpa adanya program strategis penelitian jangka panjang, maka perencanaan yang memadai dan upaya konservasi akan sangat terhambat. Pemerintah di berbagai tingkatan perlu mendukung suatu program multilembaga yang terkoordinasi untuk meneliti keanekaragaman hayati Papua dan kebutuhan konservasinya, mendorong para peneliti dari seluruh dunia untuk memusatkan kegiatannya di Papua dan dalam waktu yang sama mendorong keterlibatan LSM lokal.

Program penelitian harus ditata sedemikian rupa sehingga hasilnya dapat memperkuat kemampuan berbagai lembaga dan para ilmuwan setempat. Hasil-hasil dan informasi yang didapat harus sesegera mungkin dibagikan kepada masyarakat dan pihak berwenang setempat, dalam bahasa yang mudah dipahami, sehingga dapat membangkitkan kesadaran dan kemauan mereka untuk melindungi sumber daya alam dan keanekaragaman hayati. Penelitian asing tidak hanya membangkitkan pengetahuan tentang keanekaragaman hayati dan kebutuhan konservasi, tetapi juga meningkatkan kapasitas mitra setempat dan menambah keuntungan ekonomi, selama dan bahkan lama setelah kegiatan penelitian selesai, seperti contoh di Kep. Raja Ampat.

Kesimpulan dan Rekomendasi

Di Papua lahan hutan diklaim sebagai milik masyarakat adat, walaupun dalam hukum nasional disebutkan bahwa semua lahan di dalam wilayah negara diawasi dan dikelola oleh negara. Kebanyakan masyarakat masih bergantung pada hutan dan sumber daya alam lainnya untuk memenuhi

kebutuhan harian mereka. Pembentukan dan pengelolaan kawasan konservasi harus menampung kebutuhan ini dan sekaligus memerhatikan kebutuhan konservasi. Sistem pengelolaan saat ini melarang kegiatan manusia, kecuali pada zona yang ditunjuk di dalam taman nasional dan di taman wisata alam. Karena itu, penting sekali untuk membentuk suatu sistem pengelolaan yang baru yang mengizinkan kegiatan yang berdampak rendah dan pemanfaatan oleh masyarakat tradisional. Suatu bentuk taman nasional dengan berbagai tujuan telah sering dibahas dalam berbagai rapat, tetapi sampai saat ini tidak ada langkah resmi yang diambil untuk melaksanakan bentuk taman nasional seperti ini.

Tidak ada kegiatan konservasi jenis yang aktif di Papua kecuali untuk inventarisasi lapangan internasional baru-baru ini. Kegiatan konservasi yang lalu memusatkan kerjanya pada pembangunan strategis dan sedikit perhatian tentang pengelolaan kawasan lindung. Tidak ada rencana atau strategi untuk konservasi jenis yang ada (kecuali untuk peternakan buaya, yang telah dikembangkan oleh Whittaker dkk. 1985). Ada kebutuhan yang mendesak untuk mengembangkan strategi konservasi jenis yang menyeluruh, terutama yang dipusatkan pada jenis dalam kategori terancam punah oleh International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN 2004), seperti yang telah direkomendasikan dalam Strategi dan Rencana Aksi Keanekaragaman Hayati Indonesia (BAPPENAS 2003). Kawasan konservasi yang ada sekarang merupakan jaringan antarprovinsi terbesar di negara ini tetapi kebanyakan masih belum ditetapkan, sehingga status hukumnya masih belum pasti.

Mengatasi berbagai kendala pengelolaan konservasi di Papua sungguh tidak mudah. Langkah ke depan yang harus diambil adalah memperkuat kemampuan untuk pengembangan program yang lebih baik (termasuk penganggaran dan perencanaan) dengan meningkatkan kemampuan staf BKSDA. Langkah lainnya adalah meningkatkan keberlanjutan keberadaan kawasan konservasi dengan cara terlibat aktif dalam memengaruhi perencanaan pembangunan sosial ekonomi Papua pada tingkatan yang strategis. Ketika dokumentasi dan informasi untuk strategi konservasi di Papua telah mencukupi, ternyata kegiatan konservasi di lapangan masih kurang. Upaya selanjutnya harus difokuskan

KAWASAN KONSERVASI DAN PENGELOLAANNYA

pada peningkatan konservasi berbasis lapangan jangka panjang dan bermanfaat, yang dikembangkan berdasarkan pengetahuan yang kuat dari berbagai penelitian di lapangan.

*7.4. Berbagai Ancaman bagi Keanekaragaman Hayati**

Seperti diuraikan dalam Bagian 5, Papua memiliki beragam ekosistem, mulai dari terumbu karang, rawa-rawa air tawar pedalaman yang sangat luas dan hutan dataran rendah sampai hutan pegunungan, bahkan hingga puncak gunung bersalju. Taman Nasional Lorentz, yang merupakan situs Warisan Dunia, memiliki seluruh tipe bentang lahan ini: “[Lorentz] adalah satu-satunya kawasan konservasi di dunia yang merupakan transek bersinambungan mulai dari lingkungan laut tropis sampai ke puncak gunung bersalju, termasuk lahan basah dataran rendah yang luas di antaranya” (UNESCO 2005).

Seperti dijelaskan dalam Bagian 2, topografi Papua yang menakjubkan ini merupakan hasil serangkaian peristiwa tektonis yang terus berlangsung, menciptakan kondisi yang sangat ekstrim dan transisi lahan yang jelas: pegunungan, lembah-lembah dan jurang-jurang dengan hamparan hutan dataran rendah dan rawa-rawa yang dibelah oleh sungai-sungai. Ciri-ciri bentang alam ini berfungsi sebagai penghalang migrasi berbagai jenis binatang (Supriatna 1999), sehingga banyak di antaranya mengalami evolusi sendiri karena proses isolasi geobiologi. Berdasarkan biogeografinya, Papua dapat dibagi menjadi empat zona, masing-masing memiliki jenis biota tersendiri (Bab 1). Zona yang terpenting adalah DAS Mamberamo (seluas 8 juta hektar, berupa hutan tropis basah terluas dan belum terganggu, 93% wilayahnya masih berhutan) (Forest Watch Indonesia 2004). Karena itu zona ini merupakan ‘gudang’ yang luas dan

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: “Threats to Biodiversity”, Scott Frazier; A “Non-native Primate (*Macaca fascicularis*) in Papua: Implications for Biodiversity”, Neville J. Kemp & John Burke Burnett dan Exotic Herpetofauna: “A New Threat to New Guinea’s Biodiversity”, Burhan Tjaturadi, Stephen Richards & Keliopas Krey.

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

utuh, yang sangat penting bagi keanekaragaman hayati global. Di bagian selatan jajaran pegunungan tengah terdapat lahan basah air tawar terluas dan merupakan salah satu kawasan mangrove yang terluas. Daerah Kepala Burung terhubung dengan pulau utama oleh semenanjung yang sempit yang berbukit-bukit, dengan beberapa jajaran pegunungan yang terisolasi (misalnya, Peg. Cyclop, Van Rees dan Peg. Foja). Kepulauan yang terencil membentuk unit-unit ekologis yang terpisah dan sangat berbeda (seperti Kep. Raja Ampat, Biak, Yapen dan Aru). Kep. Raja Ampat merupakan contoh nyata kekayaan dan keragaman ekosistem pesisir dan laut dalam hal ukuran, kondisi asli serta heterogenitasnya. Karena itu kegaitan tektonis dan vulkanis telah membentuk bentang alam Papua menjadi sangat beragam. Selain itu ukuran dan letaknya dalam gugusan kepulauan di khatulistiwa menjadikan Papua sebagai pegunungan besar dan memiliki mosaik ekosistem alami yang dihuni oleh keanekaragaman hayati darat dan laut yang luar biasa (lihat Bagian 4 dan 5).

Papua sangat penting bagi keanekaragaman hayati global karena merupakan kawasan “Belantara dengan Keanekaragaman Hayati yang Tinggi” ke tiga terbesar di kawasan tropis setelah hutan Amazonia dan Kongo. Papua memiliki hampir 50% keanekaragaman hayati dunia, sehingga menjadikan Indonesia sebagai negara dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia (Supriatna 1999). Daerah yang dikategorikan sebagai “belantara” lebih dari 70% wilayahnya masih utuh. Tekanan dari perambahan manusia dan konversi skala besar lebih rendah daripada yang dialami pusat-pusat keanekaragaman hayati (“Biodiversity Hotspots”) (Mittermeier dkk. 2002), yaitu wilayah yang jumlah jenis endemiknya sangat tinggi, namun mengalami kerusakan dan kehilangan habitat yang cukup besar (Myers dkk. 2000).

Namun perbedaan antara “hotspots” dan “belantara” akan kehilangan relevansinya akibat meningkatnya berbagai ancaman yang dihadapinya. Misalnya, karena hutan di Sumatra dan Kalimantan semakin habis (lihat World Bank Group 2001), para penebang hutan kemudian mengalihkan kegiatannya ke Papua (Asia-Pacific Peoples Environmental Network 2000, 2002b; International Crisis Group 2002; Environmental Investigation Agency dan Telapak 2005). Data terkini menunjukkan bahwa Papua

masih memiliki hutan alami seluas 30,4 juta hektar, atau 73% dari luas provinsi (Forest Watch Indonesia 2004). Papua menghadapi tantangan berat untuk melindungi kekayaan alamnya dan melakukan pembangunan berkelanjutan dengan mencegah terjadinya fragmentasi pusat-pusat keanekaragaman hayati di dalamnya.

“Keanekaragaman hayati” merupakan konsep umum yang berkembang dari “jumlah jenis yang ada” menjadi konsep yang jauh lebih kompleks (seperti dijelaskan dalam Konvensi Keanekaragaman Hayati). Keanekaragaman hayati ada di tiga tingkatan organisasi biologi, yaitu keanekaragaman hayati pada tingkat ‘gen’, ‘organisme’ dan ‘ekologi’ (atau ‘komunitas’)” (Christie dkk. 2004, mengutip Harper dan Hawksworth 1995). Keanekaragaman hayati Papua mencakup keanekaragaman hayati yang tinggi di ke tiga tingkatan ini (Bab 3 sampai 5).

Keanekaragaman hayati sangat penting bagi manusia karena mendukung kehidupan dan kesejahteraan manusia secara langsung, dengan menyediakan sumber daya alam, atau secara tidak langsung dengan menjaga fungsi-fungsi ekosistem yang menguntungkan kehidupan manusia (Christie dkk. 2004). Daerah berhutan di Papua berfungsi sebagai perlindungan daerah resapan air, pengatur iklim dan menjaga keanekaragaman hayatinya di tingkat yang lebih luas, tidak hanya di wilayah lokal tetapi juga di tingkat global. Keanekaragaman hayati juga memiliki nilai-nilai intrinsik, terlepas dari manfaatnya bagi manusia. Bab ini membahas berbagai tipe dan skala ancaman bagi keanekaragaman hayati Papua.

Berbagai Bentuk Ancaman

Perubahan lingkungan global yang disebabkan oleh manusia telah memicu peristiwa kepunahan utama ke enam dalam sejarah kehidupan dan menyebabkan perubahan besar pada persebaran berbagai makhluk hidup secara global (Chapin dkk. 2000; J.A. Thomas dkk. 2004). Kepunahan jenis memang merupakan fenomena alami, namun tingkat kepunahan saat ini telah meningkat jauh dari tingkat kepunahan alaminya dengan laju tingkat kepunahan mendekati 1.000 kali tingkat kepunahan secara alami

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

(Stuart 1999; Pimm 1997). Laju ini diperkirakan akan meningkat secara dramatis (Purvis dkk. 2000). Pada tahun 1997, World Resources Institute melaporkan bahwa lebih dari 80% hutan di bumi telah rusak (Bryant dkk. 1997). Berbagai tekanan dan ancaman bagi 20% hutan sisanya meningkat dramatis selama dekade ini. Meningkatnya komunikasi dan perdagangan global secara langsung juga berperan dalam percampuran fauna dan flora yang mulanya terpisah oleh berbagai batas alam dan Papua tidak bebas dari ancaman ini.

Ada beberapa cara untuk mempelajari berbagai ancaman bagi keanekaragaman hayati. Misalnya, “klasifikasi ancaman” yang dikembangkan oleh Thorpe dan Godwin (1999), melalui “File Ancaman” yang digunakan bersama Daftar Merah Jenis Terancam Punah IUCN 2004 (IUCN 2004). Salah satu klasifikasi semacam ini dapat dilihat dalam Kotak 7.4.1.

Berbagai ancaman bagi keanekaragaman hayati dapat bersifat “top-down” (dari atas ke bawah) dan “bottom-up” (dari bawah ke atas). Kerusakan dan hilangnya keanekaragaman hayati bersifat kumulatif dan beruntun (contohnya, hilangnya suatu jenis tertentu dapat berdampak buruk bagi jaring-jaring makanan) dan ancaman-ancaman tersebut umumnya berlangsung secara sinergis (Hannah dan Lovejoy 2003). Ada beberapa ancaman yang bekerja di tingkat global dan bila digabungkan bersama dapat membentuk suatu ancaman global. Contoh ancaman “top-down” adalah perubahan iklim. Namun, iklim mikro juga dapat dipengaruhi oleh berbagai kegiatan lokal. Misalnya, tebang habis di kawasan hutan yang luas dapat meningkatkan suhu lokal, yang berdampak merugikan bagi unsur-unsur biotik dan abiotik lokal tertentu, selain dampak utama yaitu hilangnya habitat hutan. Perubahan iklim akibat meningkatnya gas rumah kaca (disebabkan oleh sejumlah kegiatan yang berbeda), merupakan fenomena global yang berdampak kumulatif dan global pada keanekaragaman hayati. Misalnya, hilangnya lahan basah yang produktif karena kenaikan permukaan air laut secara global. Perubahan iklim berdampak beruntun ke bawah, mulai dari tingkat bentang alam Papua hingga ke tingkat lokal. Ancaman-ancaman bagi bentang alam (seperti konversi hutan primer menjadi perkebunan kelapa sawit) dan ancaman

lokal (seperti jenis invasif) bisa bersifat kumulatif dan berskala global, namun terlebih dulu berdampak langsung pada bentang alam Papua.

Karena itu, pengukuran keanekaragaman hayati dan tingkat kehilangannya, telah menimbulkan perdebatan di kalangan para ilmuwan (Christie dkk. 2004; Myers 1997; Willis dkk. 2004). Contohnya, apakah semua jenis itu sama penting atau jenis tertentu lebih penting dari jenis lainnya (misalnya, jenis penentu - *keystone species*). Sementara perdebatan terus berlanjut, perlu diingat bahwa ancaman-ancaman yang terjadi di tingkat global, bentang alam dan lokal dapat berdampak merusak keanekaragaman hayati di berbagai tingkat (misalnya, di tingkat gen, jenis, ekosistem), mengingat keanekaragaman hayati juga diukur dan tersebar tidak merata. Sebagian besar manfaat yang diperoleh dari interaksi alami antarjenis di dalam suatu ekosistem bersifat lokal dan bila jenis penentu hilang dari suatu lokasi, maka akan terjadi suatu reorganisasi ekosistem yang dramatis. Kepunahan lokal akan sama pentingnya dengan kepunahan seluruh jenis di dunia (Mock 2000).

Selain ancaman global dan bentang alam, ada juga cara lain untuk mengelompokkan ancaman, seperti ancaman langsung vs sosial dan institusional, ancaman alami vs kegiatan manusia. Dikotomi untuk membedakan bentuk ancaman merupakan pendekatan yang disederhanakan. Kenyataannya bentuk ancaman berada pada suatu kisaran dan sering penyebab di balik suatu ancaman tidak sejelas ancaman yang terlihat. Berbagai ancaman langsung pada keanekaragaman hayati umumnya berakar dari masalah-masalah sosial, seperti tekanan penduduk, konsumsi sumber daya alam, kemiskinan dan akses tidak berimbang untuk mendapatkan sumber daya alam (BirdLife International 2004).

Selain itu, berbagai ancaman yang tampaknya terpisah sering berlangsung secara sinergis pada berbagai skala. Demikian juga berbagai ancaman kegiatan manusia sering memperburuk ancaman alaminya (misalnya, menebangi mangrove akan menghilangkan perlindungan alami terhadap terdampar ombak, tsunami, dll.). Berbagai ancaman pada keanekaragaman hayati Papua tampak di berbagai skala yang belum pernah terlihat sebelumnya. Bukti-bukti arkeologi dan paleoekologi menunjukkan bahwa hutan

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

tropis, termasuk yang berada di Nugini, telah dirusak sejak ribuan tahun (Willis dkk. 2004), tetapi skala atau besarnya perubahan bentang alam yang terjadi di hutan Papua sekarang ini sangat luar biasa.

Kotak 7.4.1. File berbagai ancaman bagi taksa, menurut IUCN

0. Tidak ada ancaman	7. Bencana alam
1. Kerusakan/kehilangan habitat (disebabkan oleh manusia)	7.1. Kemarau/kekeringan
1.1. Pertanian	7.2. Badai/banjir
1.2. Pengelolaan lahan nonpertanian	7.3. Suhu ekstrim
1.3. Ekstraksi	7.4. Kebakaran
1.4. Pembangunan infrastruktur	7.5. Gunung berapi
1.5. Jenis asing invasif (berpengaruh langsung pada habitat)	7.6. Longsor (es/tanah)
1.6. Perubahan dinamika jenis asli (berpengaruh langsung pada habitat)	8. Perubahan dinamika jenis asli
1.7. Kebakaran	8.1. Pesaing
2. Jenis asing invasif (berpengaruh langsung pada jenis)	8.2. Predator
2.1. Pesaing	8.3. Berdasarkan mangsa/makanan
2.2. Predator	8.4. Kawin silang
2.3. Kawin silang	8.5. Patogen/parasit
2.4. Patogen/parasit	8.6. Mutualisme
3. Pemanenan (perburuan/pengumpulan)	9. Faktor-faktor Intrinsik
3.1. Bahan makanan	9.1. Persebaran terbatas
3.2. Obat-obatan	9.2. Lemahnya reproduksi/regenerasi
3.3. Bahan bakar	9.3. Tingginya tingkat kematian anakan
3.4. Bahan bangunan	9.4. Perkawinan dalam keluarga
3.5. Kegiatan-kegiatan budaya/ilmiah/hiburan	9.5. Kerapatan rendah
4. Kematian akibat kecelakaan	9.6. Rasio jenis kelamin yang tidak berimbang
4.1. Tangkapan sampingan	9.7. Lambatnya Tingkat pertumbuhan
4.2. Tubrukan	9.8. Fluktuasi populasi
5. Penganiayaan	9.9. Sebaran terbatas
5.1. Pengendalian hama	10. Gangguan Manusia
6. Pencemaran (memengaruhi habitat dan/atau jenis)	10.1. Rekreasi/wisata
6.1. Pencemaran udara	10.2. Penelitian
6.2. Pencemaran tanah	10.3. Perang/kerusuhan
6.3. Pencemaran perairan	10.4. Transportasi
	10.5. Kebakaran
	11. Lain-lain¹
	12. Tidak diketahui¹

Kategori “Lain-lain” dan “Tidak diketahui” juga terdapat di tiap-tiap kategori ancaman utama, tetapi kategori ini telah dihilangkan untuk menghemat ruang.

Sumber: menurut IUCN (2005).

Bentuk-Bentuk Ancaman di Papua

Seperti disebutkan di atas, Papua dikaruniai kekayaan keanekaragaman hayati daratan dan laut yang menakjubkan, bahan tambang logam dan gas alam serta minyak yang sangat berharga. Papua juga merupakan provinsi terluas dan tersedikit penduduknya di Indonesia (hanya sekitar 2,2 juta orang pada tahun 2000, 70% tinggal di pedalaman). Ada sekitar 250 suku yang masing-masing memiliki bahasa dan tradisi yang berbeda (Anggraeni 2005; Bab 6.2). Keserakahan manusia untuk menghabiskan kayu dan berbagai sumber daya alam lainnya di berbagai tempat dan potensi untuk mendapatkan keuntungan besar dari pemanenan sumber daya alam telah menciptakan rangsangan besar untuk mengeksploitasinya (Millennium Institute 2003). Papua sangat terancam karena merupakan satu-satunya pulau yang masih memiliki kekayaan alam yang berlimpah. Tekanan kegiatan ekstraksi diperparah oleh krisis perubahan iklim yang akan terus meningkat serta berbagai ancaman lain yang sifatnya lebih lokal tetapi tidak dapat diabaikan. Bab ini menyoroti berbagai ancaman serius bagi keanekaragaman hayati Papua.

Pembalakan Hutan Skala Besar

Pada tahun 1997, tutupan hutan di Papua diperkirakan hanya seluas 33 juta hektar (Forest Watch Indonesia/Global Forest Watch 2002). Angka ini menurun hingga 30,4 juta hektar di tahun 2002 (Forest Watch Indonesia 2004). Dari semua ancaman terhadap keanekaragaman hayati Papua, hilangnya hutan adalah ancaman yang paling serius, baik dalam jangka pendek maupun panjang. “Pada tahun 2010, Papua akan menjadi satu-satunya wilayah di Indonesia yang masih memiliki hutan yang tidak terganggu” (FWI/GFW 2002).

Data tentang jumlah HPH (54-58 HPH) dan luas hutan di bawah HPH (10-14 juta hektar) sangat beragam bergantung dari tahun dan sumber datanya. Namun dari perkiraan minimumnya, paling sedikit sepertiga hutan Papua sudah ditetapkan atau direncanakan untuk produksi kayu (International Crisis Group 2002, Forest Watch Indonesia (2005). Sementara itu, beberapa perusahaan menghadapi perlawanan dari pemilik

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

lahan (penduduk asli), sehingga konsesinya tidak aktif (Asia-Pacific People's Environment Network 2000, 2002b; International Crisis Group 2002), fakta bahwa tidak ada sumber kayu di tempat lain (World Bank Group 2001) menambah tekanan pada hutan Papua.

Kotak 7.4.2. Dampak kehilangan hutan pada keanekaragaman hayati

- Hilangnya habitat suatu jenis dan kepunahan lokal
- Fragmentasi habitat yang mengacaukan siklus jenis dan proses-proses ekologi
- Kekacauan dan kerusakan fungsi ekologi yang menjaga dan mendukung keanekaragaman hayati
- Meningkatnya erosi dan sedimentasi dengan efek yang merusak ekosistem dan keanekaragaman hayati perairan dan laut
- Meningkatnya resiko kebakaran
- Pelepasan karbon dalam jumlah besar, sehingga memperburuk perubahan iklim dengan efek-efek yang merugikan keanekaragaman hayati.

“ . . . struktur ekologi yang bersifat nonlinear dan kompleks, dalam hal kepentingan hidrologi, iklim, geokimia dan biologi menjadi lenyap dan sering untuk selamanya” (Thompson 1996).

Departemen Kehutanan melaporkan sekitar 600.000 m³ kayu di Papua hilang setiap bulan di tahun 2003 akibat pembalakan ilegal. Kondisi sesungguhnya mungkin lebih parah, data dari Environmental Investigation Agency dan Telapak (2005) menunjukkan adanya ekspor ilegal hanya untuk jenis kayu merbau (jenis kayu besi dari Maluku: *Intsia bijuga* dan *I. palembanica*) dari Indonesia (hampir seluruhnya berasal dari Papua) sebanyak 300.000 m³ sebulannya!

Papua juga memiliki keragaman jenis mangrove terbesar di dunia (Bab 5.4), tetapi sekitar 55% mangrove yang ada di Indonesia telah musnah sejak tahun 1980-an (Mock 2000) dan lebih dari 50% yang tersisa terdapat di Papua (British Petroleum 2002), seluas 450.000 ha di Teluk Bintuni (The Nature Conservancy 2004). Ancaman bagi mangrove terus berlanjut oleh kegiatan ekstraksi kayu, produksi kayu kepingan di tingkat lokal, konversi hutan mangrove menjadi tambak udang, lahan pertanian, ladang-ladang garam, eksplorasi energi dan pencemaran (British Petroleum 2002). Pembangunan

EKOLOGI PAPUA

ekonomi di Bintuni juga meningkat dengan adanya pembukaan ladang gas alam baru di Teluk Bintuni dan adanya peningkatan penduduk secara cepat (The Nature Conservancy 2004). Dampak kehilangan mangrove dapat dilihat dalam Kotak 7.4.3.

Kotak 7.4.3. Dampak kehilangan mangrove pada keanekaragaman hayati

Hilang: makanan dan daerah perlindungan bagi sejumlah jenis

Hilang: hara untuk lingkungan laut yang mendukung struktur jaring-jaring kehidupan

Hilang: tempat pembenihan sejumlah jenis ikan dan kerang

Hilang: tempat bersarang dan bermigrasi bagi ratusan jenis burung

Hilang: perlindungan rumput laut dan ekosistem karang dari sedimentasi

Sumber: diambil dari UNEP (2001).

Kotak 7.4.4. Dampak konversi hutan untuk perkebunan terhadap keanekaragaman hayati

- 80-100% jenis mamalia, reptil dan burung akan hilang (bila perkebunan dibuka di hutan tropis primer).
- Api sering digunakan sebagai alat pengelolaan perkebunan tetapi api cepat menyebar ke habitat di sekelilingnya.
- Produksi kelapa sawit menyebabkan pencemaran. Ketidakpedulian dan penggunaan pestisida, herbisida dan pupuk secara berlebihan ditambah pengolahan limbah produk akan membahayakan flora dan fauna perairan dan daratan, bahkan membahayakan terumbu karang (dari air limpasan).

Sumber: Friends of the Earth (2004).

“bagi kebanyakan binatang lokal, perkebunan adalah gurun, tidak banyak makanan, tempat berlindung dan tidak ada kesempatan untuk bereproduksi”
(Carrere dan Lohmann 1996).

Perkebunan

Ancaman lain terhadap hutan berasal dari konversi hutan untuk pertanian perkebunan kelapa sawit (lihat Kotak 7.4.3). Sementara pemerintah mengeluarkan kebijakan untuk memberikan insentif bagi pengembangan

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

sektor perkebunan di wilayah Indonesia Timur, kurangnya ketersediaan lahan untuk perkebunan telah menarik banyak investor untuk membuka perkebunan kelapa sawit berskala luas di Papua (Casson 2003). Selain itu, perubahan-perubahan kebijakan pemerintah telah membuka jalan untuk memperluas kebun kelapa sawit hingga ke wilayah konsesi kayu atau ke hutan konversi dan ke hutan-hutan produksi yang tidak lagi produktif di Papua (Asia-Pacific People's Environment Network 2002a).

Hutan-hutan tidak produktif ini ditetapkan sebagai hutan konsesi bila memiliki kurang dari 20 m³ kayu per hektar. Berdasarkan peraturan ini, 60% luas daerah nonproduktif harus dikonversi menjadi hutan tanaman dan sisanya digunakan untuk perkebunan (FWI/GFW 2002). Peraturan ini memberikan insentif bagi perusahaan untuk mengurangi (secara ilegal) kerapatan kayu di bawah angka di atas, lalu mereka mulai mengajukan ijin untuk membuka perkebunan kelapa sawit dan hutan tanaman kayu (Wakker 2000). Selain itu, perkebunan kelapa sawit di seluruh Indonesia biasanya dibuka di lahan hutan konversi daripada di lahan rusak yang telah tersedia. Alasan utamanya ialah, perusahaan bisa mendapatkan ganti rugi atas biaya yang dikeluarkan untuk membuka perkebunan dengan mendapatkan keuntungan dari pengambilan kayu, termasuk di dalamnya jenis-jenis kayu keras tropis yang sangat berharga. Inilah masalah yang terjadi di Papua: pada tahun 2000 luas total perkebunan sawit hanya mencapai 517.328 ha, padahal perusahaan-perusahaan tersebut telah mengajukan ijin untuk membuka perkebunan sawit seluas lebih dari 3,8 juta hektar lahan hutan (Casson 2003, mengutip dari *Badan Planologi* 1999). Sampai tahun 1998, pembangunan perkebunan di Papua hanya mencapai 128.183 ha yang terdiri dari perkebunan milik masyarakat lokal (97.159 ha), perkebunan negara (31.024 ha) dan milik perorangan (18.270 ha). Sementara lahan yang telah dibebaskan untuk dikonversi menjadi perkebunan adalah seluas 1.263.742 ha. Menurut Dinas Perkebunan di Papua, lahan yang berpotensi untuk pengembangan perkebunan di Papua tahun 1999 adalah seluas 6.115.443 ha.

Sama seperti konversi hutan, langkah ini memungkinkan perusahaan untuk menebang habis hutan produksi asal menguntungkan. Walaupun ada banyak hambatan keuangan, infrastruktur, tenaga kerja atau masa-

lah sosial yang mungkin memperlambat pembukaan perkebunan, beberapa perusahaan jelas hanya menginginkan keuntungan dari kayu yang diperoleh dari pembersihan lahan karena pada dasarnya investasi jangka panjang di Papua yang industri sawitnya belum berkembang lebih berisiko daripada meninggalkan lahan yang kayunya telah diambil (Casson 2003).

Penambangan dan Energi: Merusak Permukaan Tanah

Penambangan terdiri dari lima tahap, mulai dari eksplorasi sampai selesai dan pascaoperasi. Setiap tahap melibatkan sejumlah kegiatan dan potensi dampaknya pada keanekaragaman hayati (lihat Miranda dkk. 2003). Penambangan juga menyebabkan kehilangan habitat yang sangat luas di Papua (lihat Kotak 7.4.5). Selain kehilangan dan kerusakan yang ditimbulkan oleh penambangan, pembangunan jalan, perkotaan, pelabuhan dan bahan pencemar yang terlarut di badan air, meningkatnya persaingan untuk mendapatkan lahan dan sumber daya alam oleh pendatang juga telah menyebabkan kerusakan (Asia-Pacific People's Environment Network 2002a). Walaupun saat ini lahan di Papua yang tengah dieksploitasi hanya seluas 1,3 juta hektar (oleh satu perusahaan, PT Freeport Indonesia), total wilayah yang telah disetujui untuk penambangan skala kecil dan yang dijanjikan untuk investigasi, eksplorasi dan eksploitasi penambangan komersial mencapai 11 juta hektar (Anggraeni 2005, mengutip JATAM 2000), atau lebih dari 25% wilayah provinsi, termasuk 13 perusahaan lain yang saat ini hanya melakukan kegiatan eksplorasi (Anggraeni 2005). Lebih dari 60% wilayah yang telah diberi ijin terletak di dalam hutan lindung dan kawasan konservasi (Conservation International Papua Program 2004a). Hampir 25% konsesi penambangan terletak di kawasan hutan pegunungan dan lebih dari 65% konsesi penambangan terletak di hutan dataran rendah. Hanya 15% konsesi penambangan yang berada pada jarak 10 km dari jalan raya (Conservation International Papua Program 2004b). Kawasan konsesi penambangan ini kebanyakan berada di Papua bagian utara dan terkonsentrasi di bagian tengah dan timurnya.

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

Ada pula empat ijin yang sudah diberikan kepada penambangan emas lokal berskala kecil yang beroperasi disepanjang sungai di kabupaten Jayapura dan Nabire, mencakup wilayah konsesi seluas 18.000 ha. Karena kebanyakan endapan mineral terbesar yang dapat ditambang di Papua ada di permukaan tanah, tidak terelakkan lagi bahwa bentang alam asli akan dirusak, termasuk keanekaragaman hayati dan ekosistem-ekosistem yang berada di dalamnya (Anggraeni 2005).

Kotak 7.4.5. Dampak penambangan pada keanekaragaman hayati

Dampak langsung

- Habitat hilang atau terfragmentasi
- Gangguan terhadap komunitas hidupan liar
- Kontaminasi kimia pada air di permukaan yang dapat berakibat pada:
 - Dampak keracunan pada makhluk hidup (binatang dan tumbuhan darat dan air)
 - Kontaminasi air permukaan yang terus-menerus dapat berakibat:
 - Makhluk hidup terus-menerus teracuni
 - Hilangnya vegetasi/keanekaragaman hayati asli
 - Menurunnya populasi suatu jenis

Dampak sekunder

- Meningkatnya pemukiman karena pembangunan (jalan)
- Kehilangan suatu jenis akibat perburuan

Sumber: diambil dari Miranda dkk. (2003).

Sebagai satu-satunya perusahaan pemegang konsesi penambangan komersial, PT Freeport Indonesia memiliki deposit emas terbesar di dunia dan deposit tembaga ke dua terbesar, semua di satu urat bijih, yaitu tambang Grasberg sebagai lokasi operasi utama. Ijin konsesi PTFI seluas 12.997 km² dan baru akan berakhir tahun 2021 dan dapat diperpanjang hingga dua kali 10 tahun (Anggraeni 2005, mengutip Dinas Pertambangan dan Energi 2000). Hasil gilingan rata-rata 219.500 metrik ton bijih per hari antara tahun 1998-2003 (Freeport-McMoRan Copper & Gold, Inc. 2003, 2004). Pada tahun 1996/1997 dilaporkan bahwa 125.000 ton limbah tambang dibuang ke S. Ajkwa setiap harinya (International Federation of Chemical, Energy, Mine and General Workers' Unions 1998). Berdasar-

kan hasil audit tahun 1999, 230.000 ton bijih diproses setiap harinya, menghasilkan 400.000 ton batuan dan hasil ikutannya terbuang per harinya (van Zyl dkk. 2002, mengutip Montgomery Watson 1999). Buangan ini mencemari sungai-sungai beraliran deras yang mengalir lingkungan Grasberg dan Ertsberg. Ketika limbah dialirkan lewat sungai, maka akan menimbulkan kerusakan dan kehilangan hutan dataran rendah di daerah tersebut (Asia-Pacific People's Environment Network 2002a). Walaupun ada tanggul untuk menahan limbah agar tidak meluap ke luar sungai, di masa lalu air yang mengandung limbah tumpah ke S. Minajerwi karena tingginya tingkat pelumpuran dan banjir (Kennedy 1998). Limbah buangan tambang lainnya menyebabkan masalah lingkungan yang besar dan kontroversial (PT Freeport Indonesia 2004).

Selain itu, sebelum menggali bijih yang mengandung besi, semua elemen yang ada di dalamnya: tumbuhan, tanah dan batuan harus disingkirkan. Rasio bahan ini di Grasberg mencapai 3:2 dan bahan buangan tambang dalam jumlah besar ini dibuang begitu saja di dua lembah alpin yang dekat dengan lokasi tambang (Kennedy 1998). Buangan tambang ini mengandung mineral sulfida yang menghasilkan limbah cair yang masam (van Zyl dkk. 2002), yang dapat menghancurkan ekologi sungai dan lingkungan terkait lainnya karena meningkatkan keasaman dan melepaskan logam berat beracun (seperti, merkuri, timah dan kadmium) ke dalam sistem sungai (International Federation of Chemical, Energy, Mine and General Workers' Unions 1998) ketika potensi netralisasi dari batuan gamping di sekitarnya telah habis (Kennedy 1998). Sebuah danau pegunungan yang bersih, Wanagon, menerima 30.000 ton buangan tambang setiap harinya. Danau ini tidak lagi bisa digunakan sebagai sumber air minum bagi penduduk lokal (Dwiwana 2001). Bendungan di D. Wanagon juga telah rusak untuk ke tiga kalinya: bulan Juni 1998, Maret 2000 dan Mei 2000 (Johansen 2002) dan telah mengalami peluapan di tahun 1999 (Asia-Pacific People's Environment Network 2003).

Dalam hal perusakan habitat yang terlihat di daerah penumpukan, literatur dari perusahaan hanya memfokuskan pada dampak dari sedimentasi berat. Namun sumber-sumber lain (misalnya, Asia-Pacific People's Environment Network 2001; Bryce 1996; Dwiwana 2001; International

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

Federation of Chemical, Energy, Mine and General Workers' Unions 1998; Johansen 2002; Kennedy 1998; van Zyl dkk. 2002.) mengindikasikan bahwa selain dampak fisik yang merusak, ada juga faktor kimia yang penting: bahwa air yang mengandung buangan tambang sangat tercemar dan merupakan sumber racun terbesar. Miranda dkk. (2003) berpendapat, "hanya ada beberapa penambangan di dunia yang saat ini mengelola limbahnya dengan memakai sungai untuk membuang limbahnya dan semua penambangan yang menggunakan cara ini berada di Nugini".

Minyak dan Gas

Deposit terbesar minyak mentah di Papua pertama ditemukan di sekitar Sorong, Salawati (Kep. Raja Ampat) dan di Teluk Bintuni pada saat penjajahan Belanda di masa Perang Dunia II. Sumur produktif pertama dibangun di Klamono, Salawati dan Wariagar (pada area seluas 150 km²) dan dieksploitasi oleh Pertamina sejak tahun 1964. Lapangan minyak lainnya dibangun di Sele dan Linda dan dipusatkan di daerah Kepala Burung (Dwiyana 2001).

Pada tahun 1998 sebuah ladang gas alam terbesar "Tangguh" terdapat di Wiriagar-Bintuni. Hasil penelitian pemboran mengungkap kandungan gas bisa sampai 15-20 tahun ke depan (Anggraeni 2005). The British Petroleum (BP) dan Pertamina kemudian memulai pembangunan proyek Tangguh LNG (gas alam cair) di akhir tahun 2002, dengan rencana produksi mulai tahun 2005 (BP 2002; Bab 6.4 dan 6.5).

Proyek Tangguh memerlukan pembangunan anjungan produksi lepas pantai dan pipa gas bawah laut di Teluk Berau-Bintuni, yang terhubung dengan fasilitas di daratan di teluk pantai bagian selatan. Lokasi proyeknya sendiri terletak antara S. Saengga dan S. Manggosa seluas 3.200 ha (BP 2002). Pada jarak 80 km di bagian timur proyek Tangguh terdapat hutan mangrove terbesar di Asia Tenggara, di Cagar Alam Teluk Bintuni (Tangguh Independent Advisory Panel 2002).

Walaupun dampak langsung kegiatan ini lebih kecil daripada penambangan atau pembalakan kayu, proyek ini memiliki potensi dampak sekunder yang merugikan. Dampak sekunder ini dipicu oleh kegiatan

EKOLOGI PAPUA

proyek dan dapat mencapai wilayah di luar proyek atau di batas-batas konsesi dan mungkin timbul sebelum atau setelah proyek selesai. Dampak-dampak ini cenderung timbul akibat keputusan pemerintah dan tindakan dan perilaku masyarakat dan pendatang di sekitarnya, sebagai bentuk reaksi atas keberadaan proyek, bukan karena kegiatan proyeknya (Energy and Biodiversity Initiative 2004).

Saat ini ada beberapa infrastruktur industri di sekitar lokasi proyek Tangguh, tetapi kualitas tanahnya buruk dan pasokan airnya sangat terbatas, sehingga pembangunan kota baru dengan industri terkait menjadi tidak lancar. Selain itu, sekarang masih belum ada jalan menuju lokasi proyek dan tidak ada rencana untuk membangunnya. Fasilitas yang hampir serba otomatis ini nantinya hanya akan mempekerjakan 500 orang (BP 2002), tapi selama pembangunan di Teluk Bintuni akan mempekerjakan 5.000 orang dan periode ini paling sensitif secara ekologis selama masa kerja proyek (Tangguh Independent Advisory Panel 2002).

Untuk mengurangi konflik sosial yang terkait dengan proyek, proyek Tangguh akan membatasi pekerjaannya untuk tinggal di dalam lokasi dan hanya bepergian ke Sorong, Fakfak dan Manokwari sebagai lokasi cuti (tempat pekerja biasanya pulang saat tidak bertugas dan mengambil gaji) dan sebagai pusat perbekalan, administrasi dan aspek-aspek pendukung proyek lainnya. Dengan cara ini, BP menebar dampak positif dan negatif secara merata di daerah sekitarnya daripada menumpuknya di sekitar lokasi proyek Tangguh (International Crisis Group 2002). Upaya keras serupa untuk mengendalikan dampak sekunder produksi minyak bumi dan gas di daerah hutan hujan yang sensitif tampaknya berhasil (Diamond 1999).

Namun ancaman secara langsung masih tetap ada, seperti: ancaman potensial dari penanganan cairan yang digunakan untuk pengeboran dan materi yang terambil. Proyek ini berupaya untuk menyuntikkan kembali bahan-bahan sampingan ini ke formasi bawah tanah dengan harapan seluruh operasi ini menjadi nihil buangan. Hanya dalam situasi darurat saja bahan buangan ini dibuang ke Teluk Berau-Bintuni dengan

mematuhi secara ketat peraturan standar lingkungan Indonesia dan World Bank.

Pembangunan Infrastruktur: Impian versus Perusakan

Pembangunan infrastruktur berskala besar, seperti pembangunan jalan dan bendungan juga mengancam keanekaragaman hayati di Papua, tidak hanya karena habitat yang hilang dan terfragmentasi, tetapi juga dari berbagai dampak sekunder yang mengikutinya. Kerapatan jalan (rasio antara panjang jalan dengan luas) di Papua terendah di Indonesia, yaitu sekitar 0,04 km/km², jauh di bawah angka rata-rata nasional sebesar 0,17 km/km² (Anggraeni 2005; Bab 6.4 dan 6.5). Namun setelah desentralisasi, masalah transportasi telah dimasukkan dalam mata anggaran tersendiri, yang besarnya sekitar 21% anggaran total pembangunan Provinsi Papua tahun 2002; jumlah yang terbesar dibandingkan dengan mata anggaran lainnya.

Sebagian besar dari anggaran tersebut direncanakan untuk menghubungkan bagian-bagian jalan yang strategis di Papua. Berdasarkan rencana resmi, jalan-jalan utama di Papua akan diperpanjang sampai 4.016 km, 2.303 km di antaranya telah dibuka (Anggraeni 2005). Menurut analisis tata ruang yang dilakukan proyek Conservation International's Rapid Assessment for Conservation and Economy (RACE) di Papua tahun 2002 (merujuk ke Mertens 2002), bila jalan yang direncanakan ditambahkan pada jalan daerah yang ada saat ini, maka jumlah lahan yang dirusak akan meningkat dramatis (Anggraeni 2005). Perkiraan panjang dan pengaruh jaringan jalan menunjukkan bahwa sekitar 15%, 22% dan 51% dari wilayah provinsi terletak dalam jarak 10 km, 20 km dan 50 km dari jalan provinsi yang ada sekarang atau yang direncanakan (Conservation International Papua Program 2004b). Hampir 25% luas hutan lindung dan kawasan konservasi berada pada jarak kurang dari 20 km dari jalan daerah sekarang. Artinya, 35% dari hutan lindung dan hampir 30% kawasan konservasi akan rusak (CIPP 2004b). Luas hutan pegunungan yang dirusak akan dua kali lipat jumlahnya bila segmen Enarotali-Wamena di bagian timur Paniai akan dibangun juga, sebab

lokasi-lokasi ini terletak dalam jarak antara 10-20 km dari jalan-jalan yang diusulkan (Anggraeni 2005).

Kotak 7.4.6. Faktor-faktor yang memicu dampak sekunder pada keanekaragaman hayati

Proyek pembangunan energi berskala luas menarik pencari kerja. Proyek minyak dan gas juga menyediakan akses ke daerah yang sebelumnya tidak terjangkau untuk berbagai kepentingan. Akses seperti biasanya dipermudah oleh pembangunan atau perbaikan jalan-jalan dan pipa-pipa menuju lingkungan tersebut. Beberapa potensi dampak sekunder pada keanekaragaman hayati mencakup:

- Deforestasi, akibat pembukaan lahan untuk pertanian, pembangunan rumah dan infrastruktur lainnya dan juga pengambilan kayu untuk bahan bangunan dan memasak.
- Meningkatnya kebutuhan sumber air dan bertambahnya limbah serta bahan pencemar lain.
- Meningkatnya permintaan pembangunan fasilitas umum seperti sekolah, penegakan hukum dan pusat kesehatan, yang dapat mengurangi sumber daya alam yang tersedia untuk menanggulangi hal-hal yang berkaitan dengan keanekaragaman hayati.
- Pembalakan komersial dan ilegal.
- Ekstraksi hasil hutan nonkayu, seperti serat, tanaman obat dan makanan dari alam
- Meningkatnya perburuan dan penangkapan ikan untuk kebutuhan sendiri atau untuk dijual
- Perburuan satwa liar untuk diambil kulitnya, perdagangan binatang eksotis, atau untuk penggunaan lainnya, seperti untuk obat tradisional.

Sumber: The Energy and Biodiversity Initiative (2004).

Belakangan ini ada dua pembangunan infrastruktur besar yang sangat mengancam keanekaragaman hayati Papua, yaitu usulan untuk membangun jalan raya trans-Papua sepanjang 11.280 km dan “mega proyek Mamberamo” yang melibatkan pembangunan beberapa bendungan seluas 8 juta hektar. Tujuannya adalah untuk menghasilkan listrik sebesar 12.000 mW, yang sebagian besar akan dimanfaatkan untuk kegiatan penambangan dan peleburan logam (Anggraeni 2005). Rencana di atas masih belum dilaksanakan, tapi tidak dilupakan dan melambangkan potensi malapetaka yang mengancam keanekaragaman

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

hayati Papua. Masing-masing akan menimbulkan kehilangan hutan yang sangat luas (pembalakan, konversi, atau banjir) dan fragmentasi habitat dan juga membawa berbagai dampak negatif sekunder.

Ancaman bagi Lingkungan Laut

Laut Papua juga menghadapi ancaman yang sama dengan ekosistem darat. Keragaman fauna terumbu karangnya yang sangat tinggi, khususnya di Kep. Raja Ampat yang merupakan pusat keanekaragaman hayati laut dunia, dalam kondisi terancam. Penyebab utama menurunnya jumlah terumbu karang adalah kegiatan wisata yang berlebihan, kegiatan pengambilan ikan yang merusak, pencemaran yang berasal dari daratan, perubahan iklim dan khususnya, dampak pemutihan terumbu karang. Ancaman yang paling mengkhawatirkan adalah penangkapan ikan yang merusak, terutama yang menggunakan bom buatan sendiri. Beberapa jenis terumbu karang yang sangat produktif dan spektakuler di dunia telah hancur karena diledakkan, semuanya hanya untuk keuntungan sesaat, untuk memenuhi kepentingan jangka pendek dan hanya sekali saja.

Selama kegiatan survei *Marine Rapid Assessment Program* (RAP) di Raja Ampat tahun 2001, tim peneliti mencatat bahwa seluruh terumbu karang berada dalam kondisi baik, tetapi lebih dari 13% yang disurvei mengalami kerusakan akibat peledakan (McKenna dkk. 2002). Penggunaan potasium sianida untuk menangkap jenis ikan laut tertentu (ikan-ikan karnivora besar seperti guropa besar, *Napoleon wrasse* dan lobster) telah merusak terumbu karang dan membunuh fauna laut lainnya. Pemanenan berlebih jenis avertebrata dan ikan (contohnya ikan *Napoleon wrasse* yang diperdagangkan hidup untuk dikonsumsi) juga merupakan ancaman lain bagi keanekaragaman hayati laut. Raja Ampat sangat rentan terhadap ancaman-ancaman ini, karena merupakan himpunan dari beberapa ratus pulau dan ancaman bisa datang dari berbagai penjuru. Ancaman langsung lainnya yang menghancurkan habitat yang kaya ini adalah penggalian terumbu karang untuk dijadikan bahan bangunan.

The Nature Conservancy (TNC) mengidentifikasi ancaman utama bagi populasi penyu di Raja Ampat (tercatat ada 68 cangkang penyu yang ditemukan di satu desa kecil) yaitu pemanenan komersial dan perdagangan sirip ikan hiu (Donnelly dkk. 2003). Berbagai ancaman juga datang dari daratan, limbah pertanian seperti pupuk, pestisida dan herbisida dapat merusak kehidupan laut. Pembalakan hutan dapat menimbulkan erosi yang menyebabkan pelumpuran dan menimbuni daerah berbiak binatang laut seperti mangrove, padang lamun dan terumbu karang produktif (Bab 5.2).

Jenis invasif: Tamu Tidak Diundang

Salah satu ancaman paling merusak keanekaragaman hayati di planet ini adalah jenis invasif, yang sengaja dibawa oleh manusia sebagai binatang peliharaan atau untuk ditenakkan (seperti, ikan) dan dilepaskan, atau secara tidak disengaja diintroduksi, sebagai penumpang gelap kapal, pesawat terbang, atau peralatan berat. Secara perlahan jenis invasif menimbulkan kerusakan pada ekosistem di penjuru bumi, melalui percampuran dengan fauna dan flora di berbagai lokasi yang semula terhalang oleh batas-batas biogeografi. Perdagangan dan komunikasi global juga menjadi agen penyebaran jenis invasif. Jenis asing yang tiba-tiba dimasukkan dalam lingkungan baru bisa jadi tidak selamat, atau mungkin tumbuh subur dan menjadi menang bersaing dengan jenis asli (IUCN/SSC 2005).

Jenis invasif dapat tumbuh baik di suatu lingkungan yang baru karena tidak ada predator atau parasit seperti di habitat aslinya; siklus hidup memungkinkannya untuk menginvasi; mengisi relung yang sebelumnya tidak ditempati; atau karena kemampuannya menginvasi ekosistem yang telah rusak karena kegiatan manusia atau oleh faktor lainnya. Apapun alasannya, dampak invasi jenis asing sering merupakan malapetaka bagi jenis asli (IUCN/SSC 2005), terutama yang tinggal di pulau-pulau kecil karena mereka umumnya kurang mampu berpindah ke tempat lain, terdiri dari beberapa populasi dan memiliki ukuran total populasinya lebih kecil dari jenis invasif. Ciri-ciri jenis invasif dan

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

isolasi dan endemisme menjadikan ekosistem pulau sangat sensitif terhadap gangguan dan jenis-jenis pulau biasanya lebih rentan untuk punah daripada yang hidup di bagian daratan benua.

Jenis invasif merupakan salah satu ancaman bagi keanekaragaman hayati di Papua, khususnya karena banyaknya jenis endemik di pulau ini (Baskin 2002, McNeeley dkk. 2001, Sherley 2000, Quammen 1998, Veitch 2002). Mitigasi dampak negatif jenis asing yang invasif dan pencegahan introduksi jenis asing perlu mendapat perhatian. Menurut Global Invasive Species Database (ISSG 2005) Papua juga telah diinvasi berbagai jenis asing dan yang paling mencolok adalah monyet, herpetofauna dan ikan (Bagian 4), seperti uraian berikut:

Macaca fascicularis

Monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*) yang berasal dari daratan utama Asia dan Indonesia bagian barat kebetulan atau sengaja didatangkan ke Jayapura sekitar tahun 1980-an. Populasinya sekarang diperkirakan 60 ekor dalam enam kelompok. Habitat yang sesuai untuk monyet ini sangat melimpah di Papua, namun persebaran monyet masih terbatas. Dari bukti tak langsung, introduksi monyet ke Papua tampaknya terjadi sekali saja dan tidak berulang, tetapi kemudian ada yang lepas ke alam. Masyarakat di wilayah Kotaraja-Vim menyatakan monyet tiba sebelum masa pemerintahan Indonesia. Namun karena monyet di Jayapura hanya tinggal di wilayah yang relatif kecil, mungkin introduksinya terjadi belum terlalu lama. Jika monyet tiba lebih lama, kemungkinan menyebarnya luas, khususnya karena hutan yang terfragmentasi yang sekarang mereka huni adalah bagian dari wilayah hutan yang sebelumnya bersinambungan.

Perlu ditekankan di sini bahwa jenis asing mudah sekali merusak dan mendominasi Papua. Masyarakat umumnya beranggapan bahwa semua jenis lokal merupakan jenis “Indonesia,” bukan jenis dari Jawa, Bali, atau Sulawesi karena pengetahuan mereka tentang biogeografi atau konsep tentang jenis endemik dan asing masih sangat terbatas. Kesadartahuan penduduk lokal, militer, atau pembuat kebijakan tentang berbagai ke-

ungkinan akibat buruk terlepasnya jenis binatang asing peliharaan bagi ekosistem lokal masih sangat rendah. Mengingat tuntutan politik dan ekonomi yang lebih mendapat prioritas, kondisi ini mungkin dapat dimengerti. Namun kemungkinan dampaknya sangat menakutkan bagi setiap orang yang peduli dengan perlindungan keanekaragaman hayati Papua. Populasi monyet sekarang memang masih rendah dan persebarannya terbatas, tetapi tidak ada batas fisik atau ekologis yang menghalangi monyet menyebar ke hutan pedalaman pulau ini. Keadaan ini dapat diatasi jika ada strategi pengendalian populasi yang efektif dan segera dilaksanakan sebelum monyet semakin menyebar lebih luas.

Kehadiran *M. fascicularis* di Papua semakin mengkhawatirkan karena tingkat adaptasinya dengan kondisi lingkungan lokal sangat tinggi, mampu memangsa dan bersaing dengan fauna asli untuk mendapatkan sumber makanan (Baskin 2002, Mapes 2001) dan dapat menjadi invasif. Semua faktor ini mengancam ekosistem serta jenis asli dan endemik Papua. Kelompok penyelamat binatang tertentu menyarankan agar binatang ini ditangkap dan direlokasi ke luar pulau atau menganggap ancaman dan risiko monyet ini tidak begitu penting dan jenis asli dan ekosistemnya dapat beradaptasi dengan kehadirannya.

M. fascicularis adalah salah satu primata yang terbanyak dan paling tersebar di dunia (Wheatley 1999). Persebaran alaminya luas sekali, dari Asia Tenggara, termasuk pulau-pulau Sumatra, Kalimantan, Jawa, Bali dan bagian timur kepulauan Nusa Tenggara (Poirier dan Smith 1974, Supriatna dkk. 1996, Wheatley dkk. 1996, Wheatley 1999). Selain tersebar luas, jumlah populasinya juga melimpah (UNEP-WCMC 2003) dan merupakan jenis asing di empat lokasi: Mauritius (Sussman dan Tattersall 1986), Angaur, Palau (Poirier dan Smith 1974), Hong Kong (Walker 2002) dan Papua. Angaur terletak agak dekat Nugini dan kondisi lingkungan dan iklim di kedua lokasi ini banyak kemiripannya.

Beberapa kriteria ancaman yang dibahas di awal bab ini dapat membantu memperkirakan potensi invasif *M. fascicularis* di Papua sehingga perlu dipertimbangkan dalam mengelola risiko invasif jenis ini. Berdasarkan ciri-ciri ekologi umum, jenis ini dan bukti dari pulau-pulau

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

lain di mana jenis asing ini berpotensi menjadi invasif di seluruh bagian pulau karena: (1) kemampuannya untuk hidup di lingkungan baru dan berkembang pesat di beragam habitat tropis (misalnya, hutan bakau, rawa, pesisir, hutan tepi sungai, hutan sekunder dan primer) dari ketinggian permukaan laut sampai 1.800 m; (2) karena bersifat arboreal (hidup di pohon) monyet ini sangat gesit, mampu memanjat tebing batu yang hampir vertikal dan menyukai habitat yang terganggu (Wheatley 1999, Sarawak Forest Department 2001). Selain itu, jenis ini telah beradaptasi di beberapa tipe habitat dataran rendah di Papua, seperti rawa-rawa yang didominasi sagu di Kotaraja, di hutan primer dan sekunder di daerah batuan kapur (yang telah ditebang pilih) dan hutan rawa air tawar yang didominasi sagu (*Metroxylon sagu*). Kelompok di Tanah Hitam ditemukan di kebun dan rawa sagu yang terganggu kegiatan manusia. Kelompok di Jayapura juga dapat hidup di dekat jalan yang ramai, dekat pemukiman manusia dan terlihat mengembara melalui alang-alang *Imperata* yang tumbuh karena gangguan manusia di dekat wilayah jelajahnya di kawasan hutan. Gangguan manusia yang semakin meningkat (terutama akibat pembalakan atau konversi lahan pertanian) di dalam dan sekitar hutan primer yang masih tersisa di Papua juga memperluas wilayah yang berpotensi menjadi habitatnya, sehingga akan semakin meningkatkan potensi invasifnya di seluruh pulau. Observasi langsung di lapangan, survei dan wawancara dengan masyarakat menunjukkan bahwa semua populasi keturunan *M. fascicularis* terbatas di sekitar Jayapura pada akhir 2003 dan tidak ada bukti populasinya telah menyebar di luar wilayah Kotaraja.

Kebiasaan Makan dan Pilihan Makanan

Macaca fascicularis sangat aktif dari fajar sampai senja. Sekitar 60%-90% makanannya adalah buah-buahan, tetapi juga berbagai sumber makanan lain yang sangat beragam, termasuk dedaunan, kulit kayu, pucuk bunga, biji-bijian dan serangga (Bercovitch dan Huffman 1999) sehingga digolongkan sebagai “omnivora oportunist” (Poirier dan Smith 1974). Monyet berburu dan memakan vertebrata ukuran kecil dan sedang (Nowak 1995) dan juga tercatat sebagai pemangsa sarang,

mengambil telur burung dan kadang anak burung (Sarawak Forest Department 2001, Carter dan Bright 2002). Menurut Nowak (1995), semua jenis monyet akan memakan serangga dan avertebrata lain kalau tersedia dan kadang memakan telur dan vertebrata kecil.

M. fascicularis memiliki jempol yang posisinya berlawanan, yang memungkinkannya mengupas kulit buah dan kacang sehingga pilihan makanannya lebih banyak. Monyet ini merupakan pesaing kuat jenis asli untuk mendapatkan sumber makanan, khususnya yang mendiami wilayah baru karena kebutuhan makanan mereka tidak terbatas pada jenis makanan tertentu dan dapat menginvasi relung yang tidak dimanfaatkan jenis lain. Jenis makanannya di Papua sama dengan di wilayah dan habitat aslinya, sebagian buah, khususnya buah ara (*Ficus* spp.) dan buah-buahan dari yang ditanam. Monyet juga memakan dedaunan dan tunas muda, khususnya *Intsia bijuga* dan *Pandanus* spp.; bunga-bunga; umbi-umbian (singkong); kulit kayu (dari beberapa subjenis liana, *Aglaiia* dan *Pometia pinnata*); sari sagu (sisa setelah proses pembuatan sagu); dan avertebrata, termasuk belalang dan ulat sagu. Daftar ini tentu saja tidak lengkap, tetapi perlu diperhatikan bahwa sebagian besar sumber makanannya tersebar di seluruh hutan dataran rendah Papua. Karena itu, *M. fascicularis* akan mudah sekali bertahan hidup di seluruh Nugini di luar daerah persebarannya sekarang.

Pesaing dan Pemangsa

Di lokasi persebaran aslinya, *M. fascicularis* hidup dengan sejumlah primata diurnal (aktif di siang hari) selain manusia dan wilayah jelajahnya saling tumpang tindih. Pemangsa dan pesaing utama monyet ini termasuk macan dahan dan beruang madu, serta ular besar yang dapat mengontrol populasinya (Hoogerwerf 1970, MacKinnon dkk. 1996, Wheatley 1996). Namun pemangsa dan pesaing ini tidak terdapat di Papua, kecuali anjing pemburu dan (mungkin) ular besar dari suku Boidae (boa dan piton).

Perburuan adalah penyebab penting kematian *M. fascicularis* di Papua. Seorang pemburu di Kotaraja melaporkan bahwa ia menangkap dua puluh ekor dalam dua tahun, atau sekitar 20% populasi total

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

monyet ini di Papua. Perburuan ini mungkin menjadi faktor utama yang sekarang membatasinya untuk menyebar.

Dampak *Macaca fascicularis* bagi Keanekaragaman Hayati Papua

Ada beberapa plot di kawasan hutan primer dan sekunder (dihuni atau tidak dihuni oleh *M. fascicularis*) untuk menginventarisasi fauna asli dan mengkaji dampak monyet terhadap fauna asli. Keragaman burung, reptil kecil dan mamalia besar umumnya lebih rendah di kawasan yang dihuni *M. fascicularis*, daripada habitat serupa yang tidak dihuni monyet ini. Temuan ini merupakan bukti kuat bahwa monyet ini mengganggu atau mengancam jenis asli. Berdasarkan alasan ini saja, populasi monyet di Papua harus dikendalikan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko ini. Indikasi kualitatif lainnya mungkin juga penting, misalnya, lokasi yang dihuni monyet ini memiliki jenis yang lebih sedikit dan kelimpahannya lebih rendah untuk merpati-merpatian (*Columbidae*), burung paruh bengkok (*Psittacidae*), cenderawasih (*Paradisaeidae*) dan paruh-kodok (*Podargidae*). Jenis-jenis ini kebanyakan merupakan endemik Papua yang mungkin lebih rentan dengan ancaman predator sarang atau persaingan sumber makanan dengan *M. fascicularis* daripada burung-burung lain.

Untuk mamalia dan reptil besar, studi ini menemukan sedikit perbedaan ekologis antara satu lokasi dengan lokasi lainnya. Di lokasi sekunder yang dihuni *M. fascicularis* tidak ada mamalia arboreal besar (hidup terutama di atas pohon). Mamalia kecil seperti kelelawar pemakan nektar (*Petaurus breviceps*) jarang terlihat, sedangkan Kus-kus bertotol (*Spilocuscus maculatus*) berukuran besar yang bergerak lambat terdapat di kedua lokasi yang tidak dihuni monyet. Kus-kus biasa (*Phalanger orientalis orientalis*) terdapat di lokasi primer yang dihuni monyet dan *Pometia pinnata* masih dominan. Hanya ada satu jenis ular besar, *Morelia amethystina amethystina*, tercatat dalam survei kami dan hanya terdapat di lokasi yang tidak dihuni monyet.

Walaupun data sensus di atas tidak mencukupi untuk menarik kesimpulan yang pasti, data yang terkumpul sangat mendukung hipotesis bahwa *M. fascicularis* berpengaruh negatif pada mamalia besar (khususnya

Phalangeridae) dan reptil karena meningkatnya persaingan yang dapat mengurangi keberhasilan reproduksi dan mengurangi pasokan makanan bagi predator besar, seperti ular *Morelia amethystina*.

Dampak *Macaca fascicularis* terhadap Manusia di Papua

Peran monyet sebagai penjarah hasil panen telah didokumentasikan secara luas (Chalise 2001, Hill 1998, Wheatley 1999, Wheatley dkk. 1999). Monyet yang merupakan satwa oportunistik tidak hanya makan binatang liar tetapi juga sayuran dan buah-buahan di kebun penduduk. Menurut Wheatley dkk. (1999) monyet di Angaur (Palau) dianggap hama utama karena menjarah kebun penduduk lokal. Antipati masyarakat terhadap monyet akibat penjarahan di musim panen telah mendorong program pemusnahan yang didukung pemerintah pada bulan Juni 2001. Kelompok monyet di Papua juga sering menjarah hasil panen, terutama sayuran dan buah-buahan (singkong/ubi kayu, jagung, kacang-kacangan, kacang tanah, pepaya, pisang, ubi jalar, mangga, kelapa muda, nenas, sukun/keluwih dan nangka) yang ditanam oleh petani lokal di pekarangan atau di pinggir hutan. Penjarahan ini menimbulkan kerugian ekonomi yang penting bagi para petani kampung yang miskin. Misalnya, di daerah Kotaraja kerugian ini diperkirakan mencapai Rp 30.000.000/tahun. Jika populasi dan wilayah jelajah monyet meningkat, kerugian ekonomi regional yang ditimbulkannya dapat lebih serius.

M. fascicularis juga merupakan perantara sejumlah penyakit yang berpotensi menular ke manusia (Baskin 1999, Brown 1997). Beberapa ekor monyet tercatat memiliki tingkat respon positif yang tinggi terhadap banyak antibodi, mengindikasikan banyaknya penyakit yang cukup umum dalam populasi liar monyet (Matsubayashi dkk. 1992). Di antara berbagai penyakit ini, monyet dapat berperan sebagai inang atau sebagai perantara ke manusia, termasuk B-virus (*Cercopithecine herpesvirus 1* [CHV-1] atau *Herpesvirus simiae*), rabies, virus varicella, Cytomegalovirus, Rhesus Rhadinovirus, Ebola, Hepatitis E dan virus-virus lain (lihat Baskin 1999).

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

Dalam kaitannya dengan kesehatan manusia, B-virus paling umum dan berpotensi sebagai virus patogen pada populasi liar *M. fascicularis*. Tingkat prevalensi B-virus pada individu dewasa monyet liar diperkirakan mencapai 73%-90% (UNEP-WCMC 2003, Baskin 1999). Sementara B-virus umumnya tidak berbahaya bagi monyet, mereka dapat menjadi perantara virus dan dapat menularkan penyakit ini kepada manusia dan jenis primata lain. Pada manusia, infeksi B-virus sangat berbahaya, menyebabkan serangan radang otak (*encephalomyelitis*) yang cepat yang berisiko kematian sekitar 55%- 80% dari kasus yang ada. Mereka yang selamat dari penyakit ini menderita kerusakan otak dan sistem syaraf yang parah (Laboratory Primate Newsletter 1995, B Virus Working Group 1987, Baskin 1999, Brown 1997, Centers for Disease Control 2003). Karena risiko B-virus yang mematikan, maka diperlukan tindakan pencegahan. B-virus adalah penyakit yang sangat langka pada manusia dan umumnya hanya mereka yang bekerja dengan monyet di laboratorium atau di kebun binatang berisiko tinggi. Namun penularan virus ini bersumber pada kontak sehingga setiap orang yang mengalami kontak langsung dengan monyet liar berpotensi terkena risiko ini. Karena itu, monyet Papua berpotensi mengancam kesehatan manusia dan ternak, meskipun risikonya kecil dan hanya melalui kontak langsung, misalnya para pemburu, yang kemungkinan tergigit atau terluka cukup tinggi. Selain itu, monyet berpotensi membawa rabies. Semua monyet liar di daerah yang terinfeksi rabies diasumsikan berisiko tinggi. Walaupun Papua sekarang bebas rabies, aparat pemerintah Indonesia waspada dengan potensi monyet yang dapat menjadi perantara penyakit ini.

Herpetofauna Asing

Ancaman serius introduksi herpetofauna asing umumnya bersumber dari perdagangan binatang peliharaan. Ada tujuh jenis asing yang telah diintroduksi di Papua dan potensi jenis-jenis ini untuk menyebar ke seluruh pulau sangat tinggi. Hanya jenis yang tercatat yang telah diintroduksi di Papua dibahas secara singkat dalam bagian berikut:

Kodok buduk atau Kodok puru (*Bufo melanostictus*) yang tersebar luas dilaporkan dari sekitar Manokwari (Menzies dan Tapilatu 2000) dan sekarang telah ada populasi ke dua di Sorong (K. Krey, B. Tjaturadi dan S. Richards, obs. pri.).

Bangkong besar (*Limnonectes cancrivora*) dilaporkan terdapat di Sorong, Sentani dan Jayapura (Menzies 1996). Pada tahun 2003 dan 2004 populasi lainnya ditemukan di Manokwari (K. Krey, obs. pri.). Menzies (1992) juga melaporkan *L. verruculosa* ini di Papua tetapi keberadaannya masih belum dipastikan.

Kura-kura brasil (*Trachemys scripta*) adalah kura-kura air tawar yang berasal dari Amerika Utara sampai Brazil (Ernst dan Barbour 1989). Binatang ini umumnya dijual di toko binatang peliharaan di Indonesia. Pada tahun 2003 dan 2004 kura-kura yang masih kecil dijual di Jayapura. Spesimen yang ada di Fakultas Biologi, Universitas Negeri Papua dikumpulkan dari alam di sekitar Manokwari.

Iguana hijau (*Iguana iguana*) adalah kadal herbivora yang berasal kawasan Amerika tropis. Pada bulan Agustus 2004 satu spesimen jenis ini ditemukan di pinggiran kota Jayapura. Jenis ini umum diperdagangkan sebagai binatang peliharaan di Indonesia.

Dua spesimen ular *Lycodon aulicus* dari suku Colubridae yang berasal dari Asia Tenggara dikoleksi dari pinggiran kota Sentani pada awal 2005.

Sejenis kadal *Mabuya multifasciata* tersebar luas di sebagian besar dataran rendah Asia Tenggara. Jenis ini sekarang semakin banyak dijumpai di kebun-kebun sekitar Sentani. Kemungkinan jenis yang dilaporkan dari bagian paling barat Papua adalah hasil introduksi manusia.

Kura-kura air tawar (*Cuora amboinensis*) umumnya dijual di toko binatang peliharaan di Indonesia dan paling sedikit satu spesimen diketahui telah terlepas di Papua dan kadang dipelihara sebagai binatang peliharaan.

Dampak herpetofauna asing terhadap biota asli Papua belum dikaji dan keterbatasan informasi ini harus segera diatasi. Beberapa jenis, seperti Iguana hijau, tidak mungkin menjadi populasi yang bisa berkembangbiak

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

atau lokasinya akan sangat terbatas. Namun jenis lain yang mampu menyebar dan cepat berkembangbiak mungkin akan berdampak serius pada biota asli. Potensi dampak termasuk pemangsaan fauna asli oleh jenis introduksi, masuknya berbagai penyakit dan persaingan dengan jenis lokal. Jenis yang paling perlu diperhatikan adalah *Bufo melanostictus* karena marga *Bufo* memiliki racun yang terdapat pada telur-telur, larva dan binatang dewasanya. Jenis makanan kodok ini sekarang sedang diteliti di Papua untuk menentukan apakah mereka memangsa jenis-jenis katak asli dan apakah mereka bersaing dengan jenis lokal untuk mencari makan. Di Manokwari, kepadatan jenis katak asli *Platymantis papuensis* tetap tinggi walaupun berada bersama dengan *B. melanostictus*. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa jenis asli tidak terpengaruh oleh jenis introduksi (K. Krey, B. Tjaturadi kom. pri).

Herpetofauna asing yang masuk ke Papua akan meningkatkan risiko masuknya berbagai penyakit yang berbahaya ke pulau ini. Misalnya, Katak lembu (*Rana catesbeiana*) yang diperdagangkan di seluruh Asia Tenggara mungkin akan diimpor ke Papua. Jenis ini berpotensi membawa penyakit *Chytridiomycosis* yang menyebabkan penurunan populasi amfibi (Daszak dkk. 2004). Masuknya jenis ini ke Papua akan menjadi bencana besar bagi populasi amfibi lokal. Jenis herpetofauna introduksi lainnya mungkin akan didokumentasi di Papua, seperti tokek (*Gekko gecko*) yang baru-baru ini diintroduksi di Sorong dan cicak (*Hemidactylus frenatus*), yang tidak dianggap sepenuhnya “asing” menyebar seiring dengan kedatangan manusia ke lokasi terpencil di wilayah Papua. Sebagian introduksi jenis asing ini tidak sengaja melalui bongkar muat kargo di seluruh kepulauan Indonesia, tetapi perdagangan binatang peliharaan yang aktif di Indonesia dapat menjadi faktor pemicu utama.

Perdagangan Tanaman Liar

Seperti perdagangan fauna yang diuraikan di atas, flora dan juga merupakan ancaman umum bagi keanekaragaman hayati Papua. Di kota-kota dan desa-desa di Papua berbagai jenis anggrek bertebaran di sepanjang jalan provinsi. Menurut pengamatan, sebagian besar perdagangan jenis

EKOLOGI PAPUA

dilakukan oleh tentara yang akan meninggalkan Papua setelah masa tugasnya berakhir. Penelitian selama tiga bulan mengenai hidupan liar ilegal oleh Conservation International dan BKSDA di Manokwari dan Jayapura menunjukkan adanya perdagangan binatang, tanaman dan produk lainnya dari Papua secara meluas dan dalam jumlah besar (Suryadi dkk. 2004).

Ancaman Sosial dan Kebijakan

Papua saat ini berada di ambang perubahan sosial dan kebijakan karena status otonomi khusus (UU No. 21/2001) dan adanya pembagian wilayah Provinsi di Papua secara *de facto* (UU No. 45/1999). Keadaan yang membingungkan ini dilandasi oleh peraturan yang saling berlawanan, masalah interpretasi dan persaingan yurisdiksi (provinsi vs kabupaten) (YPMD 2004) dan konstituen yang tidak mantap. Situasi ini membuat Papua sebagai tempat yang subur bagi kegiatan eksploitasi sumber daya alam yang tidak terkendali; semuanya merugikan masyarakat dan keanekaragaman hayati Papua.

Demam Pemekaran

Pembagian wilayah provinsi yang bersamaan dengan pembagian dan pemekaran kabupaten baru berasal dari rencana dan keputusan pemerintah pusat. Di bawah UU Otonomi Daerah (No. 22/1999) beberapa provinsi dan kabupaten baru telah terbentuk, karena keberhasilan pendekatan dari daerah yang berminat. Pembentukan unit administrasi baru di bawah undang-undang ini sering digerakkan oleh kelompok-kelompok indigenus untuk menciptakan pusat administrasi baru (Chauvel dan Bhakti 2004). Selain terbentuknya 4 kabupaten baru melalui UU No. 25/1999, ada 14 yurisdiksi lain yang lahir saat UU No. 26/2002 diumumkan.

Ada beberapa kriteria untuk membentuk kabupaten baru. Salah satunya adalah adanya jumlah minimum penduduk di suatu wilayah. Namun, ada banyak taktik di seluruh Papua untuk memecah beberapa kabupaten walaupun penduduknya sedikit, khususnya di daerah yang

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

kerapatan kayunya tinggi. Ada pula pemahaman bahwa status kabupaten akan mendatangkan dana dari pusat, tetapi yang lebih mengkhawatirkan adalah daya tarik akan kekayaan sumber daya alamnya, terutama hutan. Memang suatu kabupaten baru mendapat pembiayaan awal dari dana pemerintah pusat, tetapi akhirnya harus membiayai biaya operasionalnya sendiri, karena dana dari pusat akan menurun. Untuk membiayai administrasi dan khususnya pembangunan infrastruktur, kabupaten baru biasanya tidak dapat mendapat dana dari manapun, atau mungkin tidak ada sumber yang lebih mudah, kecuali hutan mereka. Namun umumnya kabupaten baru ini tidak memiliki kemampuan untuk mengelola eksploitasi hutan yang dilakukannya. Kejadian ini makin memperburuk kegiatan yang tidak berkelanjutan ini dan mendorong pembalakan ilegal dan tidak terkontrol, serta dapat menjadi potensi ancaman besar bagi keanekaragaman hayati.

Kegagalan pemerintah untuk memperkenalkan rencana dan kegiatannya kepada masyarakat adat merupakan ancaman sosial lainnya yang telah mengakar di kalangan pemerintah hingga ke badan-badan lainnya. Berdasarkan hasil suatu pengumpulan suara, sekitar 83% masyarakat Papua tidak pernah mendengar isu Undang-undang Otonomi Khusus (International Foundation for Election Systems 2003). Bagaimanapun, undang-undang ini telah memperkuat peran hukum adat (International Crisis Group 2002) dan merupakan ekspresi kebanggaan atas hak-hak tradisional (adat) yang diterima secara luas. Masyarakat adat menuntut hak adat mereka atas hutan, tempat mereka hidup sejak jaman nenek moyang mereka.

Ada pula keraguan dan kecurigaan terhadap para pendatang dan lembaga-lembaga lain, yang telah membangun Papua selama bertahun-tahun tanpa berkonsultasi dan telah berbuat curang kepada masyarakat adat. Saat ini adalah saat yang paling tepat bagi pemerintah, LSM dan pihak-pihak lain yang wajib memperlakukan masyarakat adat sebagai mitra yang sejajar dalam upaya menyelamatkan keanekaragaman hayati Papua.

Berbagai Ancaman Alami

Dunia ini sangat dinamis, ditandai pergantian musim dan pergerakan bumi, angin dan api. Interaksi-interaksi ini mendukung keanekaragaman hayati namun dan pada saat yang sama juga merupakan ancaman. Dinamika ini telah berlangsung sejak kehidupan ada dalam berbagai bentuk yang beraneka ragam. Berbagai jenis dan ekosistem telah beradaptasi dengan gangguan alami. Sesungguhnya, gangguan alami ini diperlukan untuk menjaga kesehatan dan vitalitasnya, bahkan untuk menjaga keberlangsungan ekosistem (Abramovitz 2001). Namun ancaman yang terbesar bersumber pada interaksi dengan manusia dan dikenal dengan istilah “bencana tidak alami” (lihat Abramovitz 2001), yaitu bencana alami yang diperburuk oleh perbuatan manusia sehingga menjadi tidak alami.

Ciri khas ancaman alami mencakup letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami, angin puyuh, fenomena cuaca yang ekstrim dan berulang, musim kemarau dan kebakaran karena petir. Kejadian-kejadian alami ini dapat mempercepat berbagai efek sekunder, seperti tanah longsor, banjir, kemarau dan perusakan habitat. Miranda dkk. (2003) menyebutkan bahwa penambangan memicu tanah longsor dan banjir, terutama yang berlokasi di daerah yang aktif secara seismik. Karena letaknya di perbatasan lempeng tektonik aktif, Papua kerap mengalami gempa bumi, kadang besar (di Nabire, 2004) dan gempa bumi dalam laut (seperti yang terjadi di Biak tahun 1996). Bencana alam yang terpenting bagi keanekaragaman hayati di Papua terjadi selama El Niño tahun 1997-1998, ketika musim kemarau berkepanjangan menimpa dataran tinggi bagian tengah dan diperburuk oleh kebakaran yang merusak hutan seluas 1.000.000 ha (Boissière 2002) dan 6.000 ha hutan di dalam kawasan Taman Nasional Lorentz ikut hangus dalam kejadian tersebut (UNEP-WCMC 2001).

Perubahan Iklim Global

Dari semua ancaman yang sejauh ini telah diketahui, tak ada satupun yang skala, cakupan atau jangkauannya menyaingi krisis akibat per-

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

ubahan iklim. Walaupun iklim merupakan fenomena alam yang sejak dahulu selalu berubah, ada bukti yang sangat kuat bahwa perubahan yang terjadi saat ini tidak alami. Secara global, tahun 1998 tercatat sebagai tahun yang terhangat, disusul oleh tahun 2002 dan 2003 di tempat ke dua dan ke tiga. Salah satu akibat ketidakstabilan iklim ini adalah bahwa suhu tahun 2005 lebih tinggi dari suhu di tahun 2003 dan 2004, bahkan mungkin melebihi suhu tahun 1998 (Goddard Institute for Space Studies 2005). Jumlah CO₂ di atmosfer tahun 2003 mencapai angka tertinggi sebesar 376 ppm (World Wildlife Fund 2005). Banyak jenis flora dan fauna yang mungkin tidak dapat bertahan karena perubahan iklim. Perubahan iklim memperparah akibat yang timbul dari ancaman-ancaman lain. Perubahan iklim dapat langsung memengaruhi suatu jenis, misalnya melalui perubahan suhu dan curah hujan, tetapi sering efek tidak langsung dapat lebih penting. Dampak sekunder dapat meningkatkan tekanan kompetitor, predator, parasit, penyakit dan gangguan lain (seperti, kebakaran atau badai). Perubahan iklim sering memperparah ancaman utama lainnya, seperti hilangnya habitat dan hadirnya jenis asing dan berdampak jauh lebih buruk (BirdLife International 2004).

Selain itu, dampak perubahan iklim tidak merata, bergantung pada letak geografis dan ketinggian. Kajian yang dilakukan oleh WWF tentang perubahan iklim menunjukkan bahwa perubahan habitat akibat pemanasan global lebih parah dampaknya di wilayah yang terletak di garis lintang yang lebih tinggi dan di wilayah yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah tropis di dataran rendah. Di Asia Tenggara, di bagian dalam pulau besar cenderung lebih stabil daripada pulau-pulau kecil lebih rentan. Tingginya kekayaan jenis di wilayah tropis mengharuskan perhatian khusus. Hilangnya sebagian biota bisa berarti hilangnya puluhan ribu jenis, atau bahkan lebih (Malcolm dkk. 2002).

Karena perubahan iklim datang dari luar Papua, hutan tropisnya yang sangat luas menjadi cadangan karbon global yang sangat besar. Pelepasan karbon melalui hilangnya hutan yang luas akan memberikan andil besar pada perubahan iklim global. Pilihan yang bijak bagi Papua adalah menjaga keutuhan hutannya untuk menjaga stabilitas iklim dan

keanekaragaman hayati. Di Papua, berkurangnya salju di Puncak Jaya merupakan tanda perubahan iklim yang nyata (UNEP-WCMC 2001).

Menghadapi Berbagai Ancaman

Ancaman bagi keanekaragaman hayati Papua datang dari berbagai sumber. Ancaman dari luar atau ancaman yang skalanya begitu besar membuat apapun yang kita lakukan seolah-olah sia-sia (seperti perubahan iklim). Namun, mengingat dampak negatif bagi keanekaragaman hayati sering bersifat sinergis, maka upaya untuk menanggulangi ancaman yang paling serius harus segera dilakukan. Pengelompokan kegiatan-kegiatan yang dianggap sebagai ancaman bagi keanekaragaman hayati Papua menunjukkan isu-isu pokok yang mendasarinya dan bukan dimaksudkan sebagai permintaan untuk melakukan kegiatan penghentian kegiatan-kegiatan yang telah disebutkan. Isu-isu yang telah dibahas di atas diharapkan akan dipelajari lebih jauh dan dilihat secara menyeluruh. Memang tidak dapat dihindari bahwa pengorbanan ekologis harus dialami dalam proses pembangunan, namun pengorbanan keanekaragaman hayati ini harus dikaji secara benar sehingga keuntungan ekonomi yang diperoleh lebih besar daripada kerugian lingkungan yang harus ditanggung (Thompson 1996; Bab 6.5).

Tugas tersebut sama sekali tidak ringan bagi para perencana, pengambil keputusan, para pengusaha, orang-orang yang berkecimpung di bidang konservasi dan masyarakat pada umumnya di Papua untuk mencapai kesejahteraan sosial dan ekonomi tanpa merusak sumber daya genetik, keanekaragaman hayati dan jasa lingkungan yang ada di Papua. Berbagai prakarsa lokal seperti yang diluncurkan oleh FKPTP (Forum untuk Konservasi dan Pembangunan di Tanah Papua) memberikan struktur dan mekanisme untuk mengajak semua pihak yang berkepentingan untuk bersama-sama menghadirkan perubahan ke arah yang lebih baik bagi Papua. Pemahaman akan pentingnya keanekaragaman hayati Papua oleh sebanyak mungkin kalangan merupakan langkah awal yang sangat penting untuk menyelamatkan keanekaragaman hayati Papua. Keberhasilan upaya tersebut pada dasarnya bergantung dari upaya yang

BERBAGAI ANCAMAN BAGI KEANEKARAGAMAN HAYATI

terus-menerus untuk memertahankan keefektifan dan kemajuan yang nyata dalam jangka pendek karena kritisnya kondisi keanekaragaman hayati di Papua.

7.5. *Konservasi Berbasis Masyarakat**

Nilai Biologis Bentang Alam

Papua bagian selatan, yang kawasannya berdekatan dengan PNG, mendukung avifauna yang khas di pulau ini sehingga dikategorikan sebagai Kawasan Burung Endemik (*Endemic Bird Area*) (Stattersfield dkk. 1998) oleh BirdLife International. Berbagai ekosistem yang terdiri dari savana, padang rumput, lahan basah, alang-alang dan hutan monsun yang begitu luas mendukung kombinasi flora dan fauna Nugini dan Australia bagian utara.

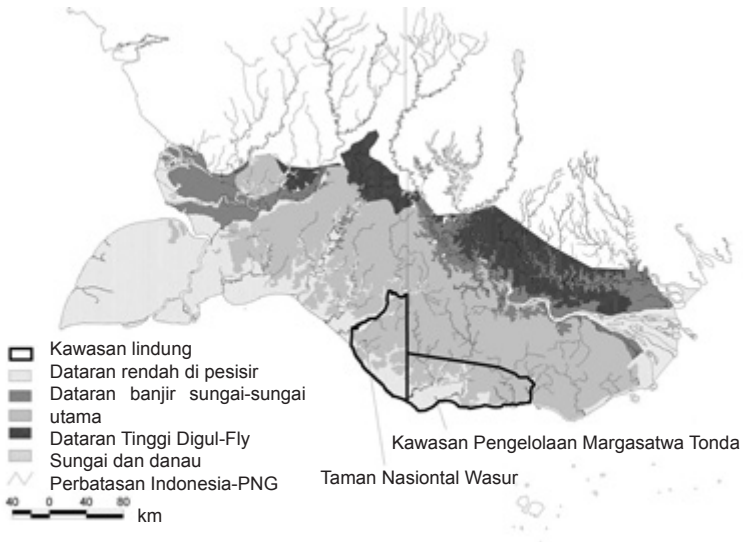
Berbeda dengan sebagian besar wilayah pulau yang berhutan tropis begitu lebat, bagian selatannya memiliki iklim monsun. Tiga perempat curah hujan tahunannya (1.875 mm/tahun) jatuh selama musim hujan (Desember sampai Mei); sisanya di musim kering (Juni sampai November) (Paijmans dkk. 1971). Akibatnya, vegetasinya didominasi oleh savana dan hutan monsun. Dengan curah hujan maksimum sekitar 55 mm, bentang alam kawasan ini unik karena datar dan terbuka, sangat kontras dengan pegunungan terjal di pedalaman dan lebih menyerupai kawasan pesisir di Australia bagian utara.

Dataran pesisir terdiri dari daratan yang rata dan daerah-daerah pantai yang rendah dan lahan basah di dekat pesisir, yang dilintasi oleh banyak sekali sungai kecil dan besar. Bantaran sungai-sungai seperti Bian, Kumbe dan sebagian besar daerah dataran rendahnya tergenang atau terkena banjir di musim hujan, menyebabkan terbentuknya lahan basah yang sangat luas. Di sekitar S. Bian savana dan lahan basah

* Bab ini diterjemahkan dan dirangkum dari: "Community-Based Conservation in the Trans-Fly Region", Michele Bowe.

KONSERVASI BERBASIS MASYARAKAT

di belakang pesisir yang datar merupakan tempat yang penting bagi burung-burung Australia dan belahan bumi selatan lainnya yang bermigrasi pada musim dingin.



Gambar 7.5.1. Berbagai bentuk lahan di Trans-Fly.

Selama musim hujan, ribuan burung air mengunjungi kawasan ini, di antaranya dari jenis jagal, Ibis putih dan Bangau leher-hitam. Avifauna yang ada di sini sangat beragam, menggambarkan beragam habitat di berbagai kawasan Australia dan Papua. Di Taman Nasional Wasur, tercatat ada 335 jenis burung (Craven dan Bowe 1992), tetapi kemungkinan besar jumlah jenisnya jauh lebih banyak. Jenis terancam (yang termasuk dalam Daftar Merah IUCN) yang diketahui masih ada dalam populasi yang memadai adalah Mambruk selatan (*Goura scheepmakeri*) dan Rajawali papua (*Harpyopsis novaeguineae*) (Stattersfield dkk. 1998). Tiga jenis burung endemik yang tercatat termasuk Cica-koreng mahkota-polos (*Megalurus albolimbatus*) dan Bondol topi-putih (*Lonchura nevermanni*) (Beehler dkk. 1986). Mamalia, reptil, amfibi

dan ikan di kawasan ini belum disurvei secara rinci, tetapi kemungkinan besar jumlah dan jenisnya beragam.

Vegetasi di kawasan ini terdiri dari alang-alang dan rumput tinggi di rawa permanen; padang rumput agak berawa dan hutan rawa *Melaleuca* di rawa semi-permanen hingga rawa musiman; dan savana *Melaleuca* dan padang alang-alang *Imperata* di dataran yang agak lebih tinggi (Paijmans dkk. 1971; Bab 5.5). Vegetasi ini menunjukkan pemanfaatan oleh manusia dalam jangka panjang, terutama pertanian subsisten yang melibatkan pembakaran padang rumput dan savana dan melalui perladangan berpindah skala kecil.

Pembukaan hutan untuk lahan pertanian dan pemukiman penduduk di Papua mengancam hampir seluruh hutan monsun yang luas. Kebanyakan savana dan lahan basah lainnya juga terancam, karena kawasan-kawasan yang luas di dataran selatan saat ini dijadikan lahan pemukiman dan diubah menjadi lahan pertanian, khususnya sebagai bagian dari program transmigrasi.

Padang rumput dan lahan basah terancam oleh invasi tumbuhan asing, termasuk Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Putri malu (*Mimosa pigra*). Kedua jenis ini merupakan ancaman kritis bagi keutuhan berbagai ekosistem alam di kawasan ini. Ancaman besar lainnya adalah dampak introduksi binatang peliharaan yang menjadi liar, termasuk ikan, monyet, sapi, kuda, anjing dan babi hutan, terutama rusa (*Cervus timorensis*) yang diintroduksi (Bab 7.4). Bentuk ancaman lainnya bagi pengelolaan habitat kawasan ini meliputi tipe pembakaran hutan dan perubahan-perubahan vegetasi skala besar karena invasi semak berkayu ke padang rumput di dataran rendah (Kitchener 1997, Stronach 2000).

Kawasan Konservasi

Cagar Alam Bupul merupakan salah satu kawasan konservasi untuk melindungi hutan monsun yang penting, sementara Taman Nasional Wasur (TNW) yang berbatasan dengan Kawasan Pengelolaan Hidupan Liar Tonda-Tonda *Wildlife Management Area* (WMA) di PNG melin-

KONSERVASI BERBASIS MASYARAKAT

dungi savana dan lahan basah dataran pesisir. Dua kawasan ini merupakan fokus kegiatan World Wide Fund for Nature (WWF) selama bertahun-tahun. Taman Nasional Wasur di Kabupaten Merauke berada di bawah wewenang Dirjen PHKA. Pada tahun 1990 Menteri Kehutanan menetapkan kawasan Wasur menjadi Taman Nasional (308.000 ha) dan akhirnya dikukuhkan pada tahun 1997 dengan luas total kawasan 413.810 ha (SK Menteri Kehutanan No. 282/Kpts-VI/1997). Sembilan tipe habitat utama telah diidentifikasi, mulai dari gosong lumpur pesisir, pantai dan mangrove, sampai dataran-dataran banjir, padang rumput savana dan hutan savana pedalaman. Pada tahun 1996 Wasur dicalonkan sebagai Lokasi Ramsar ke empat di Indonesia melalui Konvensi Lahan Basah untuk Kepentingan Internasional, terutama sebagai habitat burung air.

Konteks Masyarakat dan Pembangunan

Bahasa merupakan alat identifikasi yang penting untuk memahami isu-isu pengelolaan sumber daya. Selama proses melibatkan masyarakat ke dalam pengelolaan kawasan lindung, WWF membantu pembentukan berbagai Lembaga Masyarakat Adat (LMA). Melalui LMA para pemilik lahan komunal mengelompokkan diri mereka sendiri ke dalam unit-unit budaya sesuai dengan kelompok-kelompok bahasa utama. Selama pemerintahan Belanda dan Indonesia, penduduk desa dianjurkan untuk tinggal di pemukiman tetap untuk memudahkan pelayanan pendidikan, kesehatan dan administrasi. Mereka tinggal di sepanjang jalan atau di kawasan-kawasan yang aksesnya mudah bagi para pegawai pemerintah. Saat ini ada 13 pemukiman yang berbatasan dengan TNW, termasuk empat di antaranya yang dihuni oleh para pendatang baru.

Pemerintah Indonesia menyediakan beberapa fasilitas bagi masyarakat, termasuk jalan, pendidikan dan pelayanan kesehatan untuk sebagian besar masyarakat. Namun semua bentuk pelayanan ini sangat kekurangan dana, sehingga sekolah-sekolah dan berbagai klinik di desa-desa terpencil tidak berfungsi. Kesempatan penduduk desa untuk berpartisipasi dalam ekonomi tunai melalui perluasan pertanian dan usaha

wiraswasta skala kecil sangat terbatas. Selama awal proyek di TNW, WWF menekankan pembangunan peluang ekonomi berbasis sumber daya alam di berbagai desa.

Walaupun pemerintah berupaya menyediakan berbagai pelayanan dan penduduk lokal tinggal berdekatan dengan kota, mereka umumnya masih mengandalkan hidupnya pada sumber daya alam: berburu dan mengumpulkan hasil-hasil hutan untuk kelangsungan hidup mereka. Kelompok masyarakat Marind, Yei dan Marori-Mengey terutama menanam sagu dan penduduk Kanum kebanyakan adalah petani ubi rambat. Meskipun ada banyak sekali pengaruh dari luar, mereka tetap menggunakan bahasa, kepercayaan dan adat istiadat lokal.

Keterlibatan WWF di Taman Nasional Wasur

Keterlibatan WWF dimulai tahun 1991, setelah TNW diperkenalkan sebagai salah satu dari tujuh kawasan prioritas perencanaan pengelolaan, yang didasarkan pada kegiatan WWF/IUCN di provinsi ini selama tahun 1980-an (Petocz 1989). TNW merupakan kawasan lindung yang paling mudah dicapai di seluruh sistem kawasan lindung daratan di Papua. Kawasan ini sangat menderita akibat perburuan komersial terhadap rusa. Akibatnya, banyak bagian kawasan yang terbuka oleh jaringan jalan setapak yang meluas dan merusak kawasan dan jenis binatang asli lainnya seperti wallabi (*Macropus agilis*) yang menjadi sasaran perburuan ketika rusa tidak ada lagi, serta pembakaran padang rumput skala besar untuk memikat rusa datang merumput. Bentuk ancaman lainnya termasuk penebangan pohon untuk dijual dan dijadikan kayu bakar, penggalian pasir dan pembangunan pemukiman di sepanjang perbatasan TNW bagian barat untuk program transmigrasi, termasuk dua lokasi di dalam kawasan lindung. Berbagai ancaman ini semakin meningkat sehingga sebagian besar habitat dan hidupan liar akan lenyap dalam beberapa tahun jika pengelolaan intensif dan program perlindungan tidak dilaksanakan sekarang juga (Petocz 1989).

Pada saat itu kawasan lindung ini menjadi tanggung jawab BKSDA, yang tenaga dan dana untuk pengelolaannya sangat terbatas untuk

KONSERVASI BERBASIS MASYARAKAT

berpengaruh positif dalam melindungi TNW. Hasil penelitian Petocz mendorong Dirjen PHPA (sekarang PHKA) untuk memprioritaskan Wasur dan WWF diminta untuk membantu merancang dan melaksanakan strategi pengelolaan TNW. PHPA mengakui pentingnya memadukan kepentingan-kepentingan lokal ke dalam strategi pengelolaan TNW yang berbeda dengan kawasan lindung lainnya di Indonesia. Misalnya, kelompok masyarakat yang tinggal di dalam wilayah TNW tidak digusur. Proyek ini dimulai tahun 1991 dan selama dua tahun pertama memfokuskan kegiatan pada aspek sosial pengelolaan TNW, khususnya merancang berbagai strategi untuk melibatkan 13 kelompok masyarakat dalam perencanaan dan pelaksanaan TNW. Fokus awalnya adalah mengembangkan insentif ekonomi yang cocok dengan budaya masyarakat asli dan berbasis pemanfaatan sumber daya secara lestari.

Bersamaan dengan kegiatan pembangunan masyarakat, proyek ini juga aktif mencari jalan keluar bagi beberapa masalah yang menekan kondisi TNW, yaitu perburuan liar, penambangan pasir dan pembangunan khusus jaringan jalan dan pemukiman. Tentu saja dalam mengatasi isu-isu ini muncul masalah-masalah lainnya, termasuk invasi rumput-rumput liar dan perubahan pengelolaan kebakaran tradisional menjadi kurang teratur dan mengarah ke kebakaran liar skala besar di akhir musim kemarau. Selain itu, semakin jelas pula pengaruh invasi semak *Melaleuca* di rawa-rawa dan padang rumput dalam skala yang semakin besar.

Meskipun WWF telah mengangkat isu-isu tentang pengendalian gulma, binatang-binatang feral dan kebakaran selama beberapa tahun, pihak pengelola TNW enggan melakukan tindakan untuk mengatasi isu-isu ini. Beberapa alasan yang menjelaskan keengganan mereka meliputi status rusa sebagai jenis yang dilindungi di seluruh Indonesia, karena kelangkaannya di habitat aslinya. Berbagai upaya untuk mengendalikan atau memilih populasi rusa yang dilakukan bertentangan dengan undang-undang negara, meskipun jenis ini merusak di Papua. Selain itu, pengelolaan taman nasional di Indonesia sebagian besar mengandalkan penegakan hukum daripada pengelolaan proaktif dan kebanyakan staf taman nasional memiliki latar belakang kehutanan. Pemahaman

mereka tentang savana dan perlunya pengelolaan aktif sangat terbatas untuk mengelola lingkungan yang sebagian besar telah mengalami perubahan akibat kegiatan manusia. Pada tahun 1993, WWF Indonesia mengundang sekelompok pengelola TNW dan para pemilik tanah adat di sekitarnya untuk berkunjung ke Taman Nasional Kakadu, yang dikelola dengan baik di Australia utara. Lingkungan Kakadu serupa dengan TNW dan menghadapi ancaman-ancaman serupa. Kunjungan ini benar-benar sukses. Peserta kunjungan ini pertama kali dapat melihat taman nasional yang didanai dengan baik, dikelola secara aktif melalui pengendalian kebakaran, binatang feral dan gulma, yang semuanya merupakan komponen terpadu rencana pengelolaan taman nasional. Sebagai hasil kunjungan ini, minat mereka untuk mengatasi isu-isu serupa di TNW berkembang dan kemungkinan bantuan teknis lebih lanjut dari pakar pengelolaan taman nasional lainnya membantu para pengelola di Wasur untuk meningkatkan konsep-konsep pengelolaan yang tampaknya asing bagi kantor pusat di Jakarta.

Berdasarkan kemiripan lingkungan dan bentuk ancaman, kebutuhan pengelolaan dan hasrat untuk meningkatkan pertukaran informasi, WWF mulai merumuskan Program Lahan basah Tiga Bangsa. Pada tahun 1995 WWF Indonesia mencari dana untuk program ini, untuk memfasilitasi kerja sama antara TNW Wasur, Tonda dan Kakadu. Program ini juga terus meluas dan berkembang dan pada tahun 1998 dan didukung dana dari *Environment Australia* yang membagikan keahlian teknis dan pengelolaan bersama. Mereka juga menyelenggarakan berbagai lokakarya dan pelatihan, berbagai proyek penelitian kerja sama; studi banding untuk masyarakat, para pengelola kawasan lindung, para jagawana dan staf pemerintahan; dan pengembangan Nota Kesepakatan (MoU) tiga pemerintah.

Selain bantuan teknis di atas, proyek tersebut juga memperhatikan upaya-upaya untuk membagi informasi mengenai pengelolaan sumber daya alam berbasis masyarakat, terutama dalam konteks kawasan konservasi. Ketiga kawasan lindung yang terlibat memiliki tipe lingkungan dan ancaman yang sama, tetapi model pengelolaannya sangat berbeda karena perbedaan sistem legal di negara masing-masing. Ketiga model

pengelolaan tersebut memiliki kekuatan dan kelemahan masing-masing dan Program Lahan Basah Tiga Bangsa mencari cara yang memungkinkan ke tiga kawasan untuk saling belajar satu sama lain dan menyesuaikan unsur-unsur terbaik dari masing-masing sistem untuk mencapai model-model pengelolaan kawasan konservasi berbasis masyarakat yang kuat. Sebuah MoU untuk Program Tiga Lahan Basah Nasional ditandatangani pada bulan Juni 2002.

Hak-Hak Lahan dan Sumber Daya dan Undang-undang Konservasi

Di PNG, kekerabatan yang didasarkan atas pernikahan dan hubungan darah memiliki bersama semua sumber daya alam lokal. Para pemilik hak-hak atas lahan dan laut, alokasi akses dan batas-batas lahan milik bersama umumnya dikenal oleh mereka yang terlibat langsung, meskipun informasinya jarang sekali dicantumkan di dalam kontrak, surat sewa-menyewa, atau perjanjian resmi lainnya. Sistem adat dan metode-metode tradisional pengelolaan habitat dan jenis dikembangkan berdasarkan pengetahuan ekologis, bahasa dan budaya lokal, yang menjadi dasar pengalokasian sumber daya yang layak sepanjang kawasan tersebut telah dihuni.

Di Papua, hak-hak masyarakat asli atas tanah adat mereka dan peran mereka dalam konservasi dan pengelolaan kawasan lindung tidak begitu jelas dicantumkan dalam undang-undang. Balai Taman Nasional (BTN) didirikan untuk mengelola TNW dan bertanggung jawab secara langsung kepada pemerintah pusat, meskipun balai ini memiliki mandat untuk berhubungan dengan lembaga-lembaga pemerintahan daerah. Tanggung jawab TNW meliputi pengembangan dan pelaksanaan rencana pengelolaan taman nasional, dengan menetapkan zonasi berbagai tingkat pemanfaatan di dalamnya sebagai bagian penting dari rencana pengelolaannya. Salah satu keberhasilan penting di awal tugas WWF di TNW adalah melakukan lobi untuk mengembangkan “Zona Pemanfaatan Tradisional” di seluruh wilayah taman nasional, yang memungkinkan masyarakat tradisional untuk melakukan berbagai kegiatan pengelolaan tradisional dan adat di lahan mereka, termasuk

kegiatan berburu dan mengumpulkan hasil hutan dan pengelolaan kebakaran secara tradisional. TNW merupakan taman nasional pertama di Indonesia yang memberikan pengakuan yang tinggi atas hak dan kebutuhan masyarakat lokal. Sejak runtuhnya Orde Baru tahun 1998, berbagai lembaga pemerintah semakin paham akan hak-hak tradisional dan adat. WWF bekerjasama dengan BTN untuk menyelidiki cara-cara yang dapat meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan, termasuk pengembangan Lembaga Masyarakat Adat (LMA) yang menyediakan saluran bagi berbagai masukan dari masyarakat untuk pengelolaan TNW.

Meskipun banyak kemajuan penting yang dicapai dalam hal pengakuan atas peran dan hak-hak masyarakat adat di TNW, sampai sekarang masih belum ada pengakuan legal bahwa mereka adalah pemilik lahan.

Pendekatan Konservasi WWF di Wasur

Seperti dijelaskan sebelumnya, pendekatan-pendekatan WWF di TNW awalnya berfokus pada kerja sama dengan berbagai lembaga pemerintah dan mendorong keterlibatan masyarakat lokal dalam pengelolaan taman nasional. Salah satunya adalah dengan mendorong pemerintah untuk mengakui bahwa masyarakat harusnya mampu melakukan kegiatan-kegiatan pengelolaan dan gaya hidup tradisional mereka di seluruh wilayah TNW. Kegiatan ini melibatkan kerja sama dengan masyarakat untuk memahami sistem-sistem kepemilikan lahan tradisional dan kegiatan pengelolaan mereka dan berbagai kegiatan berburu dan berkebunnya, serta meningkatkan nilai untuk memertahankan semuanya ini bersama BTN. Namun, semua ini tidak mengatasi keinginan masyarakat bahwa mereka seharusnya berperan lebih langsung dalam pengelolaan TNW sehari-hari. Masyarakat tradisional sendiri menginginkan untuk menjadi bagian proses pembangunan yang akan memungkinkan mereka memperoleh pendapatan dari sumber daya alam mereka dan menjadi bagian dari ekonomi moderen. Sejumlah program berhasil dikembangkan, termasuk perburuan rusa dan babi untuk dijual sebagai

KONSERVASI BERBASIS MASYARAKAT

daging mentah atau daging asap, produksi ikan asin dan minyak atsiri dari daun *Asteromyrtus symphocarpa*, jenis pohon yang secara lokal tumbuh melimpah di taman nasional ini. Meskipun WWF berhasil memperhatikan kelangsungan usaha-usaha ini dari segi lingkungan, WWF bukan lembaga yang paling tepat di bidang pembangunan masyarakat, demikian juga pegawai BTN. LSM yang ada sekarang dan yang terlatih dalam pengembangan masyarakat sibuk dengan lingkup kerja mereka sendiri dan saat itu tidak ada yang bekerja di TNW. Karena itu, selama beberapa tahun dan beberapa kesalahan awal WWF dan BTN mendirikan Yayasan Wasur Lestari (YWL) yang terus mendukung sendiri kepentingan pembangunan masyarakat lokal dalam jangka panjang untuk mengembangkan dan menjalankan berbagai usaha mereka sendiri.

Bersamaan dengan proses ini pada pertengahan hingga akhir tahun 1990-an, WWF dan YWL mencari berbagai pilihan yang memungkinkan masyarakat lokal untuk berpartisipasi lebih banyak lagi dalam pengelolaan TNW. Meskipun pemerintah Indonesia tetap memberikan dukungan penuh untuk melibatkan masyarakat lokal dalam pengelolaan TNW dan untuk mengembangkan industri berkesinambungan, dukungan ini lebih bersifat untuk memastikan kegiatan masyarakat dipadukan dengan pengelolaan taman nasional dan tidak berarti melibatkan mereka dalam proses pengambilan keputusan. Pada tahun 1997 dan 1998 WWF menjadi bagian dari sebuah konsorsium LSM seluruh Papua, yaitu Konsorsium Penguatan Masyarakat Adat Irian, yang bertujuan “untuk mengkaji ulang model pengelolaan sumber daya alam di Papua untuk memastikan agar masyarakat Papua memiliki akses dan kendali atas pengelolaan sumber daya alam supaya memungkinkan berbagai keuntungan sosial, budaya dan ekonomi bagi masyarakat.” Pada tahun 1998 konsorsium ini memutuskan untuk membantu pembentukan Lembaga Masyarakat Adat, khususnya di kawasan-kawasan di mana kepentingan penanaman modal besar mengeksploitasi sumber daya alam lokal di lahan adat. Selanjutnya sejumlah LMA dibentuk, meliputi LMA Marind, LMA Kanum, LMA Yei dan LMA Marori-Mengey. LMA ini didukung oleh YWL untuk memperkuat peran mereka dalam

melakukan pengelolaan TNW. Cara-cara untuk melakukan hal ini diteliti melalui Program Lahan Basah Tiga Negara yang difasilitasi oleh WWF (lihat pembahasan di atas). Hasilnya, empat LMA menjadi bagian utuh Dewan Penasihat Taman Nasional Wasur. Badan ini juga meliputi wakil-wakil dari pemerintah daerah, berbagai LSM dan para ilmuwan (Warta 1998; Rahawarin, kom.pri). Meskipun masih belum jelas apakah BTN mempertimbangkan Badan Penasihat ini mampu menjalankan peran pengambilan keputusan dalam pengelolaan TNW, langkah ini merupakan kemajuan besar dibandingkan model yang sudah ada sebelumnya. Bisa saja Badan Penasihat ini menjadi batu loncatan bagi BTN Wasur untuk melakukan pengelolaan yang parsipatif sepenuhnya. Kombinasi masyarakat yang terlibat sepenuhnya dalam berbagai proses pengambilan keputusan dan BTN yang terlatih menyajikan bantuan untuk mengatasi berbagai ancaman regional seperti gulma dan binatang feral kemungkinan sangat kuat.

Memperluas Pendekatan: Konservasi Ekoregion

Pada akhir tahun 1990-an WWF mulai mengubah strategi konservasinya dan pelaksanaannya secara global. Mengingat bahwa upaya-upaya konservasi harus strategis untuk melindungi keanekaragaman hayati secara luas, WWF melakukan analisis global terhadap berbagai ekosistem dunia dan menetapkan prioritas konservasi di dunia dengan program Global 200. Global 200 adalah sebuah analisis keanekaragaman hayati komparatif untuk mencakup setiap tipe habitat utama di lima benua dan seluruh Samudra di dunia (Bab 7.1). Empat di antara habitat ini (3 daratan dan satu perairan) terletak di Nugini. WWF menganut prinsip bahwa nilai intrinsik keanekaragaman hayati dan kepentingan kritisnya bagi kesejahteraan manusia mengharuskan upaya untuk mencegah kehilangan jenis akibat campur tangan manusia. Secara praktis upaya ini melibatkan perubahan perencanaan dan pelaksanaan konservasi dan berbagai program pembangunan pada skala yang lebih besar daripada yang sudah dilakukan sejauh ini. Fokus cakupan bentang alam dan skala-skala regional juga harus diperluas, melalui kerja sama dengan

KONSERVASI BERBASIS MASYARAKAT

para pemangku kepentingan utama dan menggunakan informasi ilmiah terbaik untuk mendukung perencanaan dan pengelolaan. Skala wilayah yang lebih besar juga akan membantu menyelesaikan berbagai faktor sosial, ekonomi dan kebijakan yang sangat memengaruhi kelestarian mata pencaharian dan ekosistem.

Banyak sekali yang sudah dicapai WWF pada tahun 1990-an, yang mendorong munculnya visi keanekaragaman hayati bagi seluruh kawasan unik ini pada tahun 2002. Kegiatan ini mencakup pengumpulan data dan mobilisasi kemitraan untuk mendukung konservasi jangka panjang di Papua. Unsur-unsur utama dalam kegiatan ini meliputi pemantauan lapangan, penilaian cepat lintasdisiplin untuk menyiapkan kerangka pengembangan Rencana Konservasi Ekoregion dan mengidentifikasi berbagai kebutuhan mendesak yang membutuhkan tindakan segera. Ke dua, pengembangan visi keanekaragaman hayati yang jelas, yang akan mengemukakan berbagai tujuan jangka panjang (50 tahun) untuk konservasi kawasan, identifikasi lokasi, populasi dan berbagai proses ekologi yang terpenting. Visi ini merupakan landasan utama upaya konservasi WWF: memandu pengembangan Rencana Konservasi Ekoregion dan keputusan-keputusan strategis seiring dengan perubahan kendala dan kesempatan. Ke tiga, Rencana Konservasi Ekoregion akan menetapkan tujuan selama lebih dari 10–15 tahun untuk konservasi keanekaragaman hayati kawasan dan mengidentifikasi berbagai tindakan yang diperlukan untuk mencapai tujuan-tujuan ini. Ke empat, Rencana Konservasi Ekoregion WWF menguraikan kontribusi WWF bagi Rencana Konservasi Ekoregion selama lebih dari lima tahun yang akan datang. Berbagai koalisi (di antara berbagai LSM, lembaga pemerintah, sektor swasta dan para pemilik sumber daya secara adat) yang memiliki komitmen terhadap proses konservasi ekoregion juga telah berkembang. Koalisi-koalisi ini memadukan berbagai sumber daya, pengetahuan dan kemitraan yang mencerminkan minat dan kepentingan pemangku kepentingan untuk jangka panjang. Cara-cara untuk memertahankan banyak jenis, habitat dan ekosistem dengan mengembangkan program konservasi ekoregion untuk kawasan ini merupakan tugas yang berat, karena kerumitannya, kawasannya luas dan konteks politik yang berbeda di kawasan ini. Selain

EKOLOGI PAPUA

itu, pengetahuan terkini tentang keanekaragaman hayati, termasuk jenis dan berbagai proses biologi dan evolusi, yang penting untuk formulasi visi, hampir tidak ada di sebagian wilayah ini. Semua pengalaman kerja di Tonda and Wasur di masa lalu menunjukkan pentingnya pendekatan konservasi secara regional tetapi melibatkan masyarakat lokal.

Mengakui semua hal di atas, WWF mengembangkan metodologi penilaian cepat etnoekologi untuk mengembangkan visi komunitas yang secara serempak memulainya dengan pengumpulan informasi biologi untuk menginformasikan visi keanekaragaman hayati. Intinya kegiatan ini meliputi pemahaman masyarakat mengenai nilai keanekaragaman hayati tetapi juga peran masyarakat dalam memelihara nilai-nilai keanekaragaman hayati (misalnya, pembakaran untuk memertahankan padang rumput, melindungi hutan monsun). Proses ini meliputi eksplorasi nilai-nilai jenis binatang dan tumbuhan yang menjadi simbol budaya dan kerohanian mereka. Visi keanekaragaman hayati didasarkan pada keterwakilan semua habitat dan kebutuhan jenis yang penting dan berbagai proses ekologi sebagai dasar perencanaan. Salah satu yang telah dicapai oleh kegiatan etnoekologi adalah mengidentifikasi tumpang tindih antara jenis-jenis yang menjadi simbol kelompok suku dengan jenis yang penting secara biologis sehingga dapat digunakan sebagai dasar proses pengembangan visi. Pendekatan ini masih dalam tahap awal dan akan memakan waktu lama untuk mengidentifikasi nilai-nilai bentang alam yang dipandang penting oleh masyarakat lokal. Menggabungkan nilai-nilai budaya dan biologis merupakan langkah yang penting untuk membuat konservasi yang relevan dengan masyarakat lokal dan berhasil mencapai tujuannya dalam jangka panjang.

Daftar Pustaka

- Aarson, L.W. 1997. High productivity in grassland ecosystems: affected by species diversity or productive species? *Oikos* 80: 183-184.
- Abramovitz, J. 2001. *Unnatural disasters*. Worldwatch paper 158. October 2001. Worldwatch Institute.
- Adema, F., P.W. Leenhouts dan P.C. van Welzen. 1994. Sapindaceae. *Flora Malesiana* ser. I, 11 (3): 419-768. Rijksherbarium/Hortus Botanicus, Leiden.
- Aditjondro, G.J. 1986. 'Datang dengan Kapal, Tidur di Pasar, Buang Air di Kali, Pulang Naik Pesawat': Suatu Telaah tentang Dampak Migrasi Suku-suku Bangsa dari Sulawesi dan Tenggara ke Irian Jaya sejak Tahun 1962. Laporan Penelitian untuk Seminar Pengembangan Sumber Daya Manusia di Irian Jaya yang Diselenggarakan oleh LRKN/ LIPI di Jakarta, 5 Februari 1986. Yayasan Pengembangan Masyarakat Desa Irian Jaya (YPMD-IRJA), Jayapura.
- Aeby, G.S. 1991. Behavioral and ecological relationships of a parasite and its hosts within a coral reef system. *Pac. Sci.* 45: 263-269.
- Agoo, E.M.G., A. Schuiteman, dan E.F. de Vogel. 2003. *Flora Malesiana: Orchids of the Philippines*, vol. I; Illustrated Checklist and Genera. CD-ROM. ETI, Amsterdam; Nationaal Herbarium Nederland, Leiden.
- Airy Shaw, H.K. 1980. The Euphorbiaceae of New Guinea. *Kew Bull. Add. Ser.* 8: 1-243.
- Angiosperm Phylogeny Group. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Bot. J. Linn. Soc.* 141: 399-436.
- Akella, A.S. dan J.B. Cannon. 2004. Strengthening the weakest links: strategies for improving the enforcement of environmental law globally. Center for Conservation and Government report. Conservation International-Center for Conservation and Government, Washington, D.C.
- Alderwerelt, C.R.W.H. 1924. Pteridophyta. *Nova Guinea* 14: 1-172.
- Allen, G.R. 1975. *The Anemonefishes, Their Classification and Biology*, 2nd ed. Tropical Fish Hobbyist Publications, Neptune City, New Jersey.
- Allen, G.R. 1991. *Field Guide to the Freshwater Fishes of New Guinea*. Publication No. 9, Christensen Research Institute. Calendar Print Pte. Ltd., Singapore.
- Allen, G.R. 1991. *Field Guide to the Freshwater Fishes of New Guinea*. Christensen Research Institute, Madang.
- Allen, G.R. 1991. *Field Guide to the Freshwater Fishes of New Guinea*. Publication No. 9, Christensen Research Institute. Calendar Print Pte., Singapore.
- Allen, G.R. 1991a. *Damselfishes of the World*. Aquarium Systems, Mentor, Ohio.
- Allen, G.R. 1991b. *Field Guide to the Freshwater Fishes of New Guinea*. Publication No. 9, Christensen Research Institute, Madang, Papua New Guinea.
- Allen, G.R. 1995. *Rainbowfishes in Nature and the Aquarium*. Tetra Press, Melle, Germany.
- Allen, G.R. 1996. Freshwater fishes of Irian Jaya. Hlm. 15-21 dalam Kitchner, D.J. dan A. Suyanto (eds.) Proceedings of the first international conference on eastern Indonesian-Australian vertebrate fauna, Manado, Indonesia, November 22-26, 1994.

EKOLOGI PAPUA

- Allen, G.R. 2001a. Two new species of cardinalfishes (Apogonidae) from the Raja Ampat Islands, Indonesia. *Aqua, J. Ichthy. Aquat. Biol.* 4 (4): 143-149.
- Allen, G.R. 2001b. Description of two new gobies (*Eviota*, Gobiidae) from Indonesian seas. *Aqua, J. Ichthy. Aquat. Biol.* 4 (4): 125-130.
- Allen, G.R. 2002. Reef fishes of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia. Hlm. 46-57 dalam McKenna, S., G.R. Allen dan S. Suryadi (eds.) *A Marine Rapid Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 22. Conservation International, Washington, D.C.
- Allen, G.R. 2002a. Indo-Pacific coral-reef fishes as indicators of conservation hotspots. *Proc. 9th Int. Coral Reef Symp.* 2: 921-926.
- Allen, G.R. 2002b. Reef fishes of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia. Hlm. 46-57 dalam McKenna, S.A., G.R. Allen dan S. Suryadi (eds.) *A Rapid Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 22. Conservation International, Washington, D.C.
- Allen, G.R. 2003. Coral reef fishes of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia. Report to The Nature Conservancy.
- Allen, G.R. 2003. Coral reef fishes of the Raja Ampat Islands. Hlm. 42-58 dalam Donnelly, R., D. Neville dan P.J. Mous (eds.) *Report on a rapid ecological assessment of the Raja Ampat Islands, Papua, Eastern Indonesia*. The Nature Conservancy-Southeast Asia Center for Marine Protected Areas, Bali, Indonesia.
- Allen, G.R. 2003a. Unexplored islands of Papua New Guinea. *Fishes of Sahul* 17 (2): 926-948.
- Allen, G.R. 2003b. *Allomogurnda*, a new genus of gudgeon (Eleotridae) from fresh waters of New Guinea, with descriptions of 7 new species. *Fishes of Sahul* 17 (3-4): 978-997.
- Allen, G.R. dan M. Adrim. 1992. A new species of damselfish (*Chrysiptera*: Pomacentridae) from Irian Jaya, Indonesia. *Rec. West. Aust. Mus.* 16 (1): 103-108.
- Allen, G.R. dan M. Adrim. 2003. Coral reef fishes of Indonesia. *Zool. Stud.* 42 (1): 1-72.
- Allen, G.R. dan M. Boeseman. 1982. A collection of fishes from western New Guinea with descriptions of two new species (Gobiidae and Eleotridae). *Rec. West. Aust. Mus.* 10: 67-103.
- Allen, G.R. dan R. Swainston. 1992. Reef Fishes of New Guinea: A Field Guide for Divers, Anglers and Naturalists. Christensen Research Institute, Madang.
- Allen, G.R. dan S.J. Renyaan. 1998. Survey of the freshwater fishes of Irian Jaya Phase II (B): 1998 Fishes of the Raja Ampat Islands. Interim research report.
- Allen, G.R. dan S.J. Renyaan. 2000. Survey of the freshwater fishes of Irian Jaya: fishes of the Raja Ampat Islands, Misool Island, and South-Central Vogelkop Peninsula. Interim research report.
- Allen, G.R., dan S.J. Renyaan. 2000. Fishes of the Wapoga River System, northwestern Irian Jaya, Indonesia. Hlm. 50-58, 148-155 dalam Mack, A.L., dan L.E. Alonso (eds.) *ABiological Assessment of the Wapoga River Area of Northwestern Irian Jaya, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 9, Conservation International, Washington, D.C.
- Allen, G.R., K.G. Hurtle dan S.J. Renyaan. 2000. *Freshwater Fishes of the Timika Region, New Guinea*. P. T. Freeport Indonesia, Timika.
- Allen, G.R., K.G. Hurtle, dan S.J. Renyaan. 2000. *Freshwater Fishes of the Timika Region, New Guinea*. P.T. Freeport Indonesia, Timika.
- Allison, A. 1982. Distribution and ecology of New Guinea lizards. J.L. Gressitt: *Monographiae Biologicae* 42 (2): 803-813.

DAFTAR PUSTAKA

- Allison, A. 1998. Taxa group summary: reptiles and amphibians. Hlm. 47-48 dalam Burnett, J.B., Y. de Fretes, dan P. Kramadibrata (eds.) *The Irian Jaya Biodiversity Conservation Priority-Setting Workshop: Final Report*. Conservation International, Washington, DC.
- Allison, A. dan A.A. Dwiyaheni. 1998. The amphibians and reptiles of the PT Freeport Indonesia Contract of Work Mining Project Area, Irian Jaya, Indonesia. *Biodiversity Study Series*, vol. 8. P.T. Hatfindo, Bogor, Indonesia.
- Allison, A., F. Kraus dan M. McShane. 2004. Patterns of species richness in the Papuan region: a preliminary assessment using amphibians and reptiles. Report prepared for The Nature Conservancy. Bishop Museum, Honolulu.
- Allison, A., G.A. Samuelson dan S.E. Miller. 1993. Patterns of beetle species diversity in New Guinea rain forest as revealed by canopy fogging: preliminary findings. *Selbyana* 14: 16-20.
- Alongi, D.M. 2002. Present state and future of the world's mangrove forests. *Environ. Conserv.* 29: 331-349.
- Alongi, D.M., F. Tirendi dan B.F. Clough. 2000. Below-ground decomposition of organic matter in forests of the mangroves *Rhizophora stylosa* and *Avicennia marina* along the arid coast of Western Australia. *Aq Bot* 68: 97-122.
- Alston, A.H.G. 1959. Isoetaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 1 (1): 62-64.
- Alvard, M.S., J.G. Robinson, K.H. Redford dan H. Kaplan. 1997. The sustainability of subsistence hunting in the neotropics. *Conserv Biol* 11: 977-982.
- Amarasinghe, M.D. dan S. Balasubramaniam. 1992. Net primary productivity of two mangrove forest stands on the northwestern coast of Sri Lanka. *Hydrobiologia* 247: 37-47.
- Amarumollo, J. dan M. Farid. 2002. Exploitation of marine resources on the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia. Hlm. 79-86 dalam McKenna, S.A., G.R. Allen dan S. Suryadi (eds.) *A Rapid Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 22. Conservation International, Washington, D.C.
- Andersen, N.M. 1975. The *Limnogonus* and *Neogerris* of the Old World. *Entomologica Scandinavica*, Supp. 7: 1-96.
- Andersen, N.M. 1989a. The coral bugs, genus *Halovelina* Bergroth (Hemiptera, Veliidae). I. History, classification and taxonomy of species except the *H. malaya*-group. *Entomologica Scandinavica* 20: 75-120.
- Andersen, N.M. 1989b. The coral bugs, genus *Halovelina* Bergroth (Hemiptera, Veliidae). II. Taxonomy of the *H. malaya*-group, cladistics, ecology, biology and biogeography. *Entomologica Scandinavica* 20: 179-227.
- Anderson, P.K. 1994. Dugong distribution, the seagrass *Halophila spinulosa*, and thermal environment in winter in deeper waters of eastern Shark Bay, Western Australia. *Wildlife Research* 21: 381-388.
- Andréfouët, S. 2004. The diversity and extent of planet earth's modern coral reefs as viewed from space. 10th Int. Coral Reef Symp., Okinawa.
- Andrews, E.B. dan C. Little. 1982. Renal structure and function in relation to habitat in some cyclophorid land snails from Papua New Guinea. *Journal of Molluscan Studies* 48: 124-143.
- Anggraeni, D. 2001. Interim report of resource economic assessment in Irian Jaya Province. Conservation International Indonesia Program, Jakarta.
- Anggraeni, D. 2005. Rapid assessment for conservation and economy (RACE) in Papua: a summary. Conservation International Indonesia Program, Jakarta.

EKOLOGI PAPUA

- Angiosperm Phylogeny Group 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436.
- Anon. 2002. Daftar Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) yang Berkiprah di Papua Menurut Kabupaten [List of NGOs in Papua by kabupaten]. National Development Planning Agency 2003. Indonesian Biodiversity Action Plan. BAPPENAS, Jakarta.
- Aplin, K.P. 1998. Vertebrate zoogeography of the Bird's Head of Irian Jaya, Indonesia. Hlm. 803-890 dalam Miedema, J., C. Odé dan R.A.C. Dam (eds.) *Perspectives on the Bird's Head of Irian Jaya, Indonesia*. Rodopi, Amsterdam.
- Aplin, K.P., J.M. Pasveer dan W.E. Boles. 1999. Late Quaternary vertebrates from the Bird's Head Peninsula, Irian Jaya, Indonesia, including descriptions of two previously unknown marsupial species. *Records of the Western Australian Museum Supplement* 57: 351-387.
- Aplin, K.P., P.R. Baverstock dan S.C. Donnellan. 1993. Albumin immunological evidence for the time and mode or origin of the New Guinea terrestrial mammal fauna. *Science in New Guinea* 19: 131-145.
- Appanah, S. 1982. Pollination of androdioecious *Xerospermum intermedium* Radlk. (Sapindaceae) in a rain forest. *Biol. J. Linn. Soc.* 18: 11-34.
- Aptroot, A. 1997. Lichen biodiversity in Papua New Guinea, with the report of 173 species on one tree. *Biblioth. Lichenol.* 68: 203-213.
- Aptroot, A. dan H. Sipman. 1991. New lichens and lichen records from New Guinea. *Willdenowia* 20: 221-256.
- Aptroot, A. dan H. Sipman. 1993. *Musaespora*, a genus of pyrenocarpous lichens with campylidia, and other additions to the foliicolous lichen flora of New Guinea. *Lichenologist* 25: 121-135.
- Aptroot, A., P. Diederich, E. Sérusiaux dan H.J.M. Sipman. 1995. Lichens and lichenicolous fungi of Laing Island (Papua New Guinea). *Biblioth. Lichenol.* 57: 19-48.
- Aptroot, A., P. Diederich, E. Sérusiaux dan H.J.M. Sipman. 1997. Lichens and lichenicolous fungi from New Guinea. *Biblioth. Lichenol.* 64: 1-256.
- Aptroot, A., P. Diederich, E. Sérusiaux dan H.J.M. Sipman. 2002. Checklist of the lichens and lichenicolous fungi from New Guinea. Available at http://www.biologie.uni-hamburg.de/checklists/papuanewguinea_1.htm.
- Archbold, N.W. 1991a. Early Permian Brachiopoda from Irian Jaya. *Bureau of Mineral Resources (BMR) Journal of Australian Geology and Geophysics* 12 (4): 287-296.
- Archbold, N.W. 1991b. Late Paleozoic brachiopod faunas from Irian Jaya, Indonesia. Hlm. 347-353 dalam MacKinnon, D.I., D.E. Lee dan J.D. Campbell (eds). *Brachiopods through Time*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Archbold, R., A.L. Rand dan L.J. Brass. 1942. Results of the Archbold Expeditions, No. 41. summary of 1938-39 New Guinea expedition. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 79: 197-288.
- Archbold, R., A.L. Rand dan L.J. Brass. 1942. Results of the Archbold Expeditions. No. 41. Summary of the 1938-1939 New Guinea Expedition. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 79:199-288.
- Archbold, R., A.L. Rand dan L.J. Brass. 1942. Results of the Archbold Expeditions to New Guinea, No. 41. Summary of the 1938-1939 New Guinea expedition. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 79: 197-288.
- Archer, A.W. dan J.A. Elix. 1998. Additional new species and two new reports in the lichen genus *Pertusaria* (Lichenised Ascomycotina) from Papua New Guinea. *Mycotaxon* 67: 155-179.

DAFTAR PUSTAKA

- Archer, M., R. Arena, M. Bassarova, K. Black, J. Brammall, B.N. Cooke, K. Crosby, H. Godthelp, M. Gott, S.J. Hand, B. Kear, A. Krikmann, B. Mackness, J. Muirhead, A. Musser, T.J. Myers, N. Pledge, Y. Wang dan S. Wroe. 1999. The evolutionary history and diversity of Australia's mammals. *Australian Mammalogy* 21: 1-45.
- Armstrong, J.E. dan A.K. Irvine. 1989a. Floral biology of *Myristica insipida* (Myristicaceae), a distinctive beetle pollination syndrome. *Am J Bot* 76: 86-94.
- Armstrong, J.E. dan A.K. Irvine. 1989b. Flowering, sex ratios, pollen-ovule ratios, fruit set, and reproductive effort of a dioecious tree, *Myristica insipida* (Myristicaceae), in two different rain forest communities. *Am J Bot* 76: 74-85.
- Armstrong, J.E. dan B.A. Drummond. 1986. Floral biology of *Myristica fragrans* Houtt. (Myristicaceae), the nutmeg of commerce. *Biotropica* 18: 32-38.
- Armstrong, J.E. dan S.C. Tucker. 1986. Floral development in *Myristica* (Myristicaceae). *Am J Bot* 73: 1131-1143.
- Arndt, H. 1986. Transmigration to Irian Jaya. Hlm. 161-174 dalam May, Ron J. (ed.) *Between Two Nations: The Indonesia-Papua New Guinea Border and West Papua Nationalism*. Robert Brown and Associates, Bathurst, New South Wales.
- Ash, J. 1982. The *Nothofagus* Blume (Fagaceae) of New Guinea. Hlm. 355-380 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. Dr W. Junk Publisher, The Hague.
- Ashton, D.H. dan G.R. Hargraves. 1983. Dynamics of subalpine vegetation at Echo Flat, Lake Mountain, Victoria. *Proc. of the Ecol. Soc. of Australia* 12: 35-60.
- Ashton, D.H. dan R.J. Williams. 1989. Dynamics of the subalpine vegetation in the Victorian regions. Dalam Good, R. (ed.) *The Scientific Significance of the Australian Alps*. Australian Alps National Parks Liaison Committee/Australian Academy of Science, Canberra.
- Ashton, P. 1982. Dipterocarpaceae. *Flora Malesiana* ser. I, 9 (2): 237-552.
- Ashton, P. 2001. Ecology and conservation of Malesian flora. Hlm. 253-258 dalam Saw, L.G., L.S.L. Chua dan K.C. Khoo (eds.) *Proceedings of the Fourth International Flora Malesiana Symposium 1998*. Ampang Press Sdn, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Asia-Pacific People's Environment Network. 2000. Communities confront loggers. *Down to Earth Newsletter* No. 45, May 2000; and Contracts and communities. *Down to Earth Newsletter* No. 45, May 2000.
- Asia-Pacific People's Environment Network. 2001. Court orders Freeport to clean up its act. *Down to Earth Newsletter* No. 51, November 2001.
- Asia-Pacific People's Environment Network. 2002a. Forests, people and rights. *Down to Earth Special Report*: June 2002.
- Asia-Pacific People's Environment Network. 2002b. The logging of West. Papua. *Down to Earth Newsletter* No. 55, November 2002.
- Asia-Pacific People's Environment Network. 2003. Protests over fatal collapse at Freeport/Rio Tinto West Papua mine. *Down to Earth Newsletter* No. 59, November 2003.
- Asmussen, C.B. dan M.W. Chase. 2001. Coding and noncoding plastid DNA in palm family systematics. *American Journal of Botany* 88: 1103-1117.
- Asmussen, C.B., J. Dransfield, V. Deickmann, A.S. Barfod, J.-C. Pintaud dan W.J. Baker. 2006. A new subfamily classification of the palm family (Arecaceae): evidence from plastid DNA. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151: 15-38.
- Atmadja, W.S. dan Soeroyo. 1991. Structure and potential net primary production of mangrove forests at Grajagan and Ujung Kulon, Indonesia. Hlm. 441-451 dalam Alcalá, A.C. (ed.) *Proceedings of the Regional Symposium on Living Resources in*

EKOLOGI PAPUA

- Coastal Areas. ASEAN-Australia Cooperative Program in Marine Sciences, Manila and Townsville
- Aubréville, A. 1964. Sapotacées. *Adansonia*, *Mémoire* 1: 1-157.
- Austin, A.D., D.K. Yeates, G. Cassis, M.J. Fletcher, J. LaSalle, J.F. Lawrence, P.B. McQuillan, L.A. Mound, D.J. Bickel, P.J. Gullan, D.F. Hales dan G.S. Taylor. 2004. Insects “Down Under”—diversity, endemism and evolution of the Australian insect fauna: examples from select orders. *Australian Journal of Entomology* 43: 216-234.
- Bachman, S., W.J. Baker, N. Brummitt, J. Dransfield dan J. Moat. 2004. Elevational gradients, area and tropical island diversity: an example from the palms of New Guinea. *Ecography* 27: 299-310.
- Backhuys, W. 1968. Der Elevations-Effekt bei einigen Alpenpflanzen der Schweiz. *Blumea* 16: 274-320.
- Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional (BAPPENAS). 2003. Strategi dan Rencana Aksi Keanekaragaman Hayati Indonesia 2003-2020.
- Badan Perencanaan dan Pengendalian Pembangunan Daerah (BP3D) dan Badan Pusat Statistik (BPS) Papua. 2002. Gross Regional Domestic Products of Papua Province. Jayapura.
- Badan Perencanaan dan Pengendalian Pembangunan Daerah (BP3D) Provinsi Papua. 2004. Draft of Presidential Decree on Spatial Planning in Papua Island. Technical Team of Spatial Planning and Infrastructure Development in Papua, Jayapura.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. 1993. *Biodiversity Action Plan for Indonesia*. Vol. 1. National Development Planning Agency, Jakarta, and The World Bank, Washington, D.C.
- Badan Promosi Investasi Daerah* (BPID) Provinsi Papua. 2001. Directory of Domestic and Foreign Investment in Papua Province. Jayapura.
- Badan Pusat Statistik* (BPS). 2000. Irian Jaya Dalam Angka. BPS, Jayapura.
- Badan Pusat Statistik* (BPS). 2002. Irian Jaya Dalam Angka. BPS, Jayapura
- Badan Pusat Statistik* (BPS). 2003. Irian Jaya Dalam Angka. BPS, Jayapura.
- Baehni, C. 1938. Mémoires sur les Sapotacées. 1. Système de classification. *Candollea* 7: 394-508.
- Baehni, C. 1965. Mémoire sur les Sapotacées. 3. Inventaire des genres. *Boissiera* 11: 1-262.
- de Vogel, E.F. 1980. Seedlings of dicotyledons. Centre for Agric. Publ. and Doc., Wageningen.
- Bain, J.H.C., H.L. Davies, P.D. Hohnen, R.J. Ryburn, I.E. Smith, R. Grainger, R.J. Tingey dan M.R. Moffat. 1972. Geology of Papua New Guinea. Bureau of Mineral Resources Australia, Canberra, Geology and Geophysics, Canberra. 1:1,000,000 scale map.
- Baird, M. 2002. Farewell remarks by Mark Baird, World Bank Country Director for Indonesia. Jakarta Foreign Correspondents Club, August 27, 2002.
- Bakalowicz, M. 2005. Epikarst. Hlm. 220-223 dalam Culver, D.C., dan W.B. White (eds.) *Encyclopedia of Caves*. Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- Baker, W.J. 1997. Rattans and rheophytes, palms of the Mubi river. *Principes* 41:148-157.
- Baker, W.J. dan J. Dransfield. 2002. *Calamus longipinna* (Arecaceae: Calamoideae) and its relatives in New Guinea. *Kew Bulletin* 57: 853-866.
- Baker, W.J. dan J. Dransfield. 2006a. *Field Guide to the Palms of New Guinea*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Baker, W.J. dan J. Dransfield. 2006b. *Sebuah Panduan Lapangan untuk Palem New Guinea*. (Trans. Ary P. Keim.) Royal Botanic Gardens, Kew.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, W.J., C.B. Asmussen, S. Barrow, J. Dransfield dan T.A. Hedderson. 1999. A phylogenetic study of the palm family (Palmae) based on chloroplast DNA sequences from the *trnL-trnF* region. *Plant Systematics and Evolution* 219: 111-126.
- Ballard, C. 1999. Blanks in the writing: possible histories for West New Guinea. *The Journal of Pacific History* 34 (2): 149-155.
- Ballard, C. 2000. Condemned to repeat history? ENSO-related drought and famine in Irian Jaya, Indonesia. Hlm. 123-148 dalam Grove, R., dan J.M.A. Chappell (eds.) *El Niño—History and Crisis*. White Horse Press, Cambridge.
- Ballard, C. 2002. The signature of terror: violence, memory, and landscape at Freeport. Hlm.13-26 dalam David, B., dan M. Wilson (eds.) *Inscribed Landscapes: Marking and Making Place*. University of Hawai'i Press, Honolulu.
- Ballard, C., S. Vink dan A. Ploeg (eds.). 2001. *Race to the Snow: Photography of the Exploration of Dutch New Guinea, 1907-1936*. KIT (Royal Tropical Institute), Amsterdam.
- Balmford, A. dan T. Whitten. 2003. Who should pay for tropical conservation, and how could the costs be met? *Oryx* 37: 238-250.
- Balmford, A., A. Bruner, P. Cooper, R. Costanza, S. Farber, R.E. Green, M. Jenkins, P. Jefferiss, V. Jessamy, J. Madden, K. Munro, N. Myers, S. Naeem, J. Paavola, M. Rayment, S. Rosendo, J. Roughgarden, K. Trumper dan R.K. Turner. 2002. Economic reasons for conserving wild nature. *Science* 397: 950-953.
- Balmford, A., K.J. Gaston, S. Blyth, A. James dan V. Kapos. 2003. Global variation in conservation costs, conservation benefits, and unmet conservation needs *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.* 100: 1046-1050.
- Bangs, M.J. dan D.B. Subianto. 1999. El Niño and associated outbreaks of severe malaria in highland populations in Irian Jaya, Indonesia: a review and epidemiological perspective. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* 30: 608-619.
- Barber, C.V. dan K. Talbott. 2003. The chainsaw and the gun: the role of the military in deforesting Indonesian. Hlm. 137-166 dalam Price, S.V. (ed.) *War and Tropical Forests: Conservation in Areas of Armed Conflict*. The Haworth Press.
- Barfod, A.S., R. Banka dan J.L. Dowe. 2001. Field guide to the palms in Papua New Guinea—with a multi-access key and notes on the genera. AAU Reports 40. Department of Systematic Botany, University of Aarhus, Aarhus.
- Barham, A.J. 1999. The local environmental impact of prehistoric populations on Saibai Island, northern Torres Strait, Australia: enigmatic evidence from Holocene swamp lithostratigraphic records. *Quatern Inter* 59: 71-105.
- Barker, F.K., G.F. Barrowclough dan J.G. Groth. 2002. A phylogenetic hypothesis for passerine birds: taxonomic and biogeographic implications of an analysis of nuclear DNA sequence data. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 269: 295-308.
- Barker, K.F., A. Cibois, P. Schikler, J. Feinstein dan J. Cracraft. 2004. Phylogeny and diversification of the largest avian radiation. *Proc Natl Acad Sci U.S.* 101: 11040-11045.
- Barrau, J. 1962. Les plantes alimentaires de l'Océanie: origines, distribution et usages. *Annales du Musée Colonial de Marseille*, 7th series, volumes 39 (1955-1961). Faculté des Sciences de Marseille, Marseille. [Publication of his thesis, completed in 1962 in the Faculté des Sciences, Marseille]
- Barry, R.G. 1978b. Mountain climates of New Guinea. Hlm. 75-110 dalam van Royen, P. (ed.) *Alpine Flora of New Guinea*. Cramer Verlag, Vaduz.
- Bartolo, R.E., M. Bowe, N. Stronach dan G.J.E. Hill. 2002. Landscape change and the threat to wetland biodiversity in Wasur National Park, West Papua (Irian Jaya). Hlm. 11-

EKOLOGI PAPUA

- 19 dalam Ali, A., C.S.M. Rawi, M. Mansor, R. Nakamura, S. Ramakrishna dan T. Mundkur (eds.) Proceedings of the Asian Wetlands Symposium, 2001—Bringing partnerships into good wetland practices, 27-30 August 2001, Penang, Malaysia.
- Bartram, E.B. 1945. Mosses of Morobe District, Northeast New Guinea. *Bryologist* 48: 110-126.
- Baskin, G.B. 1999. *Pathology of Nonhuman Primates*. Tulane Regional Primate Research Center, Tulane University, Covington, Louisiana. Ada di www.primate.wisc.edu/pin/pola6-99.html.
- Baskin, Y. 2002. A Plague of Rats dan Rubber-Vines: The Growing Threat of Species Invasions. Island Press, Washington, D.C.
- Bauer, A.M. dan K. Henle. 1994. *Familia Gekkonidae (Reptilia, Sauria)*. Part 1 Australia and Oceania. Das Tierreich.
- Beehler, B.M. (ed.). 1993. A Biodiversity Analysis for Papua New Guinea. Vol. 2. Papua New Guinea Conservation Needs Assessment. Biodiversity Support Program, Washington, D.C.
- Beehler, B.M. 1982. Ecological structuring of forest bird communities in New Guinea. Hlm. 837-860 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. W. Junk, The Hague.
- Beehler, B.M. 1983. Fruigivory and polygamy in birds of paradise. *Auk* 100: 1-12.
- Kathriarachchi, H., P. Hoffmann, R. Samuel, K.J. Wurdack dan M.W. Chase. 2005. Molecular phylogenetics of Phyllanthaceae inferred from five genes (plastid atpB, matK, 3'ndhF, rbcL, and nuclear PHYC). *Molec. Phylog. Evol.* 36: 112-134.
- Beehler, B.M. 1985. Adaptive significance of monogamy in the Trumpet Manucode *Manucodia keraudrenii* (Aves: Paradisaeidae). Hlm. 83-99 dalam Gowaty, P.A. dan D.W. Mock (eds.) *Avian Monogamy*. American Ornithologists' Union, Washington, D.C.
- Beehler, B.M. 1987. Birds of paradise and mating system theory—predictions and observations. *Emu* 87: 78-89.
- Beehler, B.M. 1988. Lek behavior of the Raggiana Bird of Paradise. *Nat Geog Soc Res Rep* 4: 343-358.
- Beehler, B.M. 1989. Patterns of frugivory and the evolution of birds of paradise. Proceedings of the XIX International Ornithological Congress: 816-826
- Beehler, B.M. dan J.P. Dumbacher. 1996. More examples of fruiting trees visited predominantly by birds of paradise. *Emu* 96: 81-88.
- Beehler, B.M., dan B.W. Finch. 1985. *Species Check-List of Birds of New Guinea*. Monograph No. 1. Royal Australian Ornith. Union, Melbourne, Victoria.
- Beehler, B.M., J.B. Sengo, C. Filardi dan K. Merg. 1995. Documenting the lowland rainforest avifauna in Papua New Guinea—effects of patchy distributions, survey effort and methodology. *Emu* 95: 149-161.
- Beehler, B.M., T.K. Pratt dan D.A. Zimmerman. 1986. *Birds of New Guinea*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Beehler, B.M., W. Crill, B. Jefferies dan M. Jefferies. 1992. New Guinea Harpy Eagle attempts to capture a monitor lizard. *Emu* 92: 246-247.
- Beentje, H.J. 1982. A monograph on *Strophanthus* DC. (Apocynaceae). *Meded. Landb. Wag.* 82-4: 1-191.
- Beier, M. 1965. Die Mantodeen Neu-Guineas. *Pacific Insects* 7: 473-502.
- Bell, H.L. 1982a. A bird community of lowland rain forest in New Guinea. 2. Seasonality. *Emu* 82: 65-74.
- Bell, H.L. 1982b. A bird community of lowland rainforest in New Guinea. 1. Composition and density of the avifauna. *Emu* 82: 24-41.

DAFTAR PUSTAKA

- Bell, H.L. 1982c. A bird community of New Guinean lowland rainforest. 3. Vertical distribution of the avifauna. *Emu* 82: 143-162.
- Bell, H.L. 1983a. A bird community of lowland rainforest in New Guinea. 6. Foraging ecology and community structure of the avifauna. *Emu* 84: 142-158.
- Bell, H.L. 1983b. A bird community of lowland rainforest in New Guinea. 5. Mixed-species flocks. *Emu* 82: 256-275.
- Bellwood, D.R., A.S. Hoey dan J.H. Choat. 2003. Limited functional redundancy in high diversity systems: resilience and ecosystem function on coral reefs. *Ecol. Letters* 6: 281-285.
- Bellwood, D.R., T.P. Hughes, C. Folke dan M. Nyström. 2004. Confronting the coral reef crisis. *Nature* 429: 827-833.
- Benayas, J.M.R. dan E. de la Montana. 2003. Identifying areas of high-value vertebrate diversity for strengthening conservation. *Biol Conserv* 114: 357-370.
- Bennett, D. 1995. *A Little Book of Monitor Lizards*. Viper Press, Aberdeen.
- Bercovitch, F.B. dan M.A. Huffman. 1999. The macaques. Dalam Dolhinow, P. dan A. Fuentes (eds.) *The Nonhuman Primates*. Mayfield Publishing, California.
- Bergmans, W. 2001. Notes on distribution and taxonomy of Australasian bats. I. Pteropodinae and Nyctimeninae (Mammalia, Megachiroptera, Pteropodidae). *Beaufortia* 51: 119-152.
- Berry, P.F. (ed.). 1986. Faunal Survey of the Rowley Shoals and Scott Reef, Western Australia. *Records of the Western Australian Museum Supplement* 25: 41-58.
- Berry, P.F. (ed.). 1993. Marine faunal surveys of Ashmore Reef and Cartier Island, Northwestern Australia. *Records of the Western Australian Museum Supplement* 44.
- Bickford, D.P. 2004. Differential parental care behaviors of arboreal and terrestrial microhylid frogs from Papua P. Nugini. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 55 (4):402-409.
- Bigger, M. dan P. Schofield. 1983. Checklist of Cerambycidae, Curculionidae, Attelebidae, Scolytidae and Platypodidae of Melanesia. *Overseas Development Administration (London) Miscellaneous Report* 60: 1-62.
- Birch, W.R. dan M. Birch. 1984. Succession and pattern of tropical intertidal seagrasses in Cockle Bay, Queensland, Australia: a decade of observations. *Aquatic Botany* 19: 343-367.
- BirdLife International. 2004. *State of the World's Birds 2004: Indicators for Our Changing World*. BirdLife International, Cambridge.
- Biswas, C. dan B.M. Johri. 1997. *The Gymnosperms*. Narosa, New Delhi.
- Bleeker, P. 1868. Notice sur la faune ichthyologique de l'île de Waigiou. *Versl. Akad. Amsterdam* (2) II: 295-301.
- Bleekers, P. 1983. *Soils of Papua New Guinea*. Australian National University Press, Canberra.
- Boelaars, J.H.M.C. 1992, 1995, dan 1997. *Met Papoea's Samen op Weg: De Ontwikkeling van de Mensen en de Missionarissen*. 3 volumes. J.H. Kok, Kampen.
- Boissière, M. 1999a. Ethnobiologie et rapports à l'environnement des Yali d'Irian Jaya (Indonésie). Ph.D. diss., Université de Montpellier II.
- Boissière, M. 1999b. La patate douce et l'arachide. Transformations d'une agriculture Yali (Irian Jaya, Indonésie). *JATBA* 41 (1): 131-156.
- Boissière, M. 2002. The impact of drought and humanitarian aid on a Yali village in West Papua, Indonesia. *Asia Pacific Viewpoint* 43 (3), December 2002.
- Boissière, M. 2003. La mémoire des jardins: pratiques agricoles et transformations sociales en Nouvelle-Guinée. *Annales de la Fondation Fyssen* 18: 111-128

EKOLOGI PAPUA

- Bonaccorso, F.J. 1998. *Bats of Papua New Guinea*. Conservation International Tropical Field Guide Series, Washington, D.C.
- Borrell, O.W. 1989. An Annotated Checklist of the Flora of Kairiru Island, New Guinea. Privately published.
- Boto, K.G., J.S. Bunt dan J.T. Wellington. 1984. Variations in mangrove forest productivity in northern Australia and Papua New Guinea. *Estuar, Coast Shelf Sci* 19: 321-329.
- Bott, R. 1974. Die süßwasserdrabben von Neu Guinea. *Zoologische Verhandlungen* 136:1-36.
- Boulenger, G.A. 1921. Liste des publications ichthyologiques et herpétologiques (1877-1920). *Annales Société Royale et Malacologique de Belgique* 52: 11-88.
- Bowe, L.M., G. Coat dan C.W. de Pamphilis. 2000. Phylogeny of seed plants based on all three genomic compartments: extant gymnosperms are monophyletic and Gnetales' closest relatives are conifers. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 97: 4092-4097.
- Bowe, M. 1997. Turning a threat into an asset: an income generating scheme for community development and exotic species control in Wasur National Park, Irian Jaya, Indonesia. Case Study No. 8 dalam Claridge, G., dan B. O'Callaghan (eds.) *Community Involvement in Wetland Management: Lessons from the Field*. Wetlands International, Kuala Lumpur.
- Bowe, M., B.T. Hariadi dan E. Futunanembun. 1993. Preliminary report on the Melaleuca scrub encroachment of the grasslands of Wasur National Park. WWF Project No. ID 0105.
- Bowler, J.M., G.S. Hope, H.N. Jennings, G. Singh dan D. Walker. 1976. Late Quaternary climates of Australia and New Guinea. *Quaternary Research* 6: 359-94.
- Bowman, D.M.J.S., J.C.Z. Woinarski, D.P.A. Sands, A. Wells dan V.J. McShane. 1990. Slash-and-burn agriculture in the wet coastal lowlands of Papua New Guinea: response of birds, butterflies and reptiles. *Journal of Biogeography* 17: 227-239.
- BP3D dan BPS Papua. 2003. Papua dalam angka 2002 [Papua in Figures 2002] BP3D dan BPS Propinsi Papua, Jayapura
- BPS Papua. 2002. Papua Dalam Angka / Papua in Figures 2002. Badan Pusat Statistik Provinsi Papua, Jayapura.
- Brandl, R., A. Kristin dan B. Leisler. 1994. Dietary niche breadth in a local community of passerine birds, an analysis using phylogenetic contrasts. *Oecologia* 98: 109-116.
- Brandon-Jones, D. 1996. The Asian Colobinae (Mammalia: Cercopithecidae) as indicators of Quaternary climatic change. *Biological Journal of the Linnean Society* 59 (3): 327-350.
- Brass, L.J. 1938. Botanical results of the Archbold Expeditions. IX. Notes on the vegetation of the Fly and Wassi Kussa Rivers, British New Guinea. *J. Arnold Arbor.* 19: 175-190.
- Brass, L.J. 1941. The 1938-1939 Expedition to the Snow Mountains, Netherlands New Guinea. *J. Arnold Arbor.* 22 (23): 271-345.
- Brass, L.J. 1941. The 1938-39 expedition to the Snow Mountains, Netherlands New Guinea. *Journal of the Arnold Arboretum* 22: 271-295, 297-342.
- Brass, L.J. 1964. Results of the Archbold Expeditions. No. 86. Summary of the sixth Archbold expedition to New Guinea: 1959. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 127 (4): 149-215.
- Bridge, J. dan S.L.J. Page. 1984. Plant nematode pests of crops in Papua New Guinea. *Journal of Plant Protection in the Tropics* 1: 99-109.
- Bridges, K.W., R.C. Phillips dan P.C. Young. 1981. Patterns of some seagrass distribution in the Torres Strait, Queensland. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 33: 273-283.
- Briggs, J.C. 1994. Species diversity: land and sea compared. *Syst. Biol.* 43: 130-135.

DAFTAR PUSTAKA

- Briggs, J.C. 1995. *Global Biogeography*. Elsevier, Amsterdam.
- Briggs, J.C. 1999. Coincident biogeographic patterns: Indo-West Pacific Ocean. *Evolution* 53: 326-335.
- Brigham, R.M., S.J.S. Debus dan F. Geiser. 1998. Cavity selection for roosting, and roosting ecology of forest-dwelling Australian Owlet-nightjars (*Aegotheles cristatus*). *Aust J Ecol* 23: 424-429.
- Brinck, P. 1976. The Gyrinidae of the Bismarck Archipelago and the Solomon Islands (Coleoptera: Gyrinidae). *Entomologica Scandinavica* 7: 81-90.
- Brinck, P. 1981. *Spinodineutes* (Coleoptera: Gyrinidae) in New Guinea and adjacent islands. *Entomologica Scandinavica* Supp. 15: 353-364.
- Brinck, P. 1983. A revision of Rhombodineutes Ochs in New Guinea (Coleoptera: Gyrinidae). *Entomologica Scandinavica* 14: 205-233.
- Brinck, P. 1984. Evolutionary trends and specific differentiation in *Merodineutes* (Coleoptera: Gyrinidae). *International Journal of Entomology* 26 (3): 175-189.
- Brisbin, I.L., Jr., R.P. Coppinger, M.H. Feinstein dan S.N. Austad. 1994. The New Guinea singing dog: taxonomy, captive studies, and conservation priorities. *Science in New Guinea* 20: 27-38.
- British Petroleum. 2002. BP Indonesia Biodiversity Action Plan.
- British Petroleum. 2004. Towards a brighter future: Tangguh integrated social strategy review 2004. BP Berau Ltd., Jakarta.
- British Petroleum. 2005. BP Response to the TIAP report of February 2005. BP, London. Available at <http://www.bp.com>.
- British Petroleum. 2005. www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId2011026&contentId2016211, www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId2011028&contentId2016235. Accessed 26 February 2005.
- Brongersma, L.D. dan G.F. Venema. 1962. *To the Mountains of the Stars*. [English translation.] Hodder and Stoughton, London.
- Brookfield, H. 1964. The ecology of highland settlement: some suggestions. *American Anthropologist* 66: 20-38.
- Brookfield, H. 1989. Frost and drought through time and space: what were conditions like when the High Valleys were settled? *Mountain Research and Development* 9: 306-321.
- Brookfield, H. dan B. Allen. 1989. High altitude occupation and environment. *Mountain Research and Development* 9: 201-209.
- Brookfield, H.C. dan D. Hart. 1966. Rainfall in the tropical southwest pacific. Department of Geography Publ. G/3, Research School of Pacific Studies, Australian National University. Australian National University Press, Canberra.
- Brookfield, H.C., dan P. Brown. 1963. *Struggle for Land*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Brotherus, V.F. 1892. Musci. Dalam O. Warburg *Bergpflanzen aus Kaiser Wilhelm-Land, gesammelt auf der Zölller'schen Expedition in Finisterregebirge von F. Hellwig*. *Bot. Jahrb.* 16: 1-32.
- Brotherus, V.F. 1901. Musci. Hlm. 79-104 dalam Schumann, K. dan K. Lauterbach (eds.) *Die Flora der Deutschen Schutzgebiete in der Südsee*. Gebrüder Bornträger, Leipzig.
- Brotoisworo, E. 1991. Problems of enclosed coastal seas development: the Bintuni case, Irian Jaya, Indonesia. *Mar Pollut Bull* 23: 431-435.
- Brown, D.W.G. 1997. Threats to humans from virus infections of non-human primates. *Reviews of Medical Virology* 7: 239-246.

EKOLOGI PAPUA

- Brown, E.D. dan M.J.G. Hopkins. 1995. A test of pollinator specificity and morphological convergence between nectarivorous birds and rainforest tree flowers in New Guinea. *Oecologia* 103: 89-100.
- Brown, E.D. dan M.J.G. Hopkins. 1996. How New Guinea rainforest flower resources vary in time and space: implications for nectarivorous birds. *Aust J Ecol* 21: 363-378.
- Brown, G.P. dan R. Shine. 2002. Reproductive ecology of a tropical natricine snake *Tropidonophis mairii* (Colubridae). *Journal of Zoology* (London) 258: 63-72.
- Brown, K.S., Jr. 1991. Conservation of neotropical environments: Insects as indicators. Hlm. 349-404 dalam Collins, N.M. dan J.A. Thomas (eds.) *The Conservation of Insects and Their Habitats*. Academic Press, London.
- Brown, W.C. 1991. Lizards of the genus *Emoia* (Scincidae) with observations on their ecology and biogeography. *Memoirs of the California Academy of Sciences* 15: 1-94.
- Bruce, N.L., 1995. Range extension of the mangrove-dwelling isopod Genus *Ceratolana* Bowman (Cirolanidae). *Crustaceana* 68: 123-125.
- Bruner, A.G., R.E. Gullison, R.E. Rice dan G.A.B. da Fonseca. 2001. Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science* 291: 125-128.
- Brunig, E.F. 1970. Stand structure, physiognomy and environmental factors in some lowland forests in Sarawak. *Trop. Ecol.* 11: 26-43.
- Brunig, E.F. 1971. On the ecological significance of drought in the equatorial wet evergreen (rain) forest of Sarawak (Borneo). *Erdkunde* 23: 127-133.
- Brunig, E.F. 1974. Ecological Studies in the Kerangas Forests of Sarawak and Brunei. Borneo Literature Bureau, Kuching.
- Brussard, P.F. 1991. The role of ecology in biological conservation. *Ecol Appl* 1: 6-12.
- Brutti, L. dan M. Boissière. 2002. Le donneur, le receveur et la sage femme. Echanges de porcs a` Oksapmin (PNG). *Journal de la Société des Océanistes* 114/115: 141-157.
- Bryant, D., D. Nielsen dan L. Tanglely. 1997. The last frontier forests: ecosystems and economies on the edge. WRI/WCMC/WWF.
- Bryce, R. 1996. Spinning gold. *Mother Jones* September/October 1996.
- Budiman, A. 1991. Penelaahan beberapa gatra ekologi moluska bakau Indonesia. Ph.D. diss., University of Indonesia.
- Bulmer, S. 1982. Human ecology and cultural variation in prehistoric New Guinea. Hlm. 169-206 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. W. Junk, The Hague.
- Burbridge, F. dan J.E. Maragos. 1985. *Coastal Resource Management and Environmental Assessment Needs for Aquatic Resources Development in Indonesia*. Washington Institute for Environment and Development, Washington, D.C.
- Burgess, C.M. 1985. *Cowries of the World*. Gordon Verhoef, Seacomber Publications, South Africa.
- Burke, L., E. Selig dan M. Spalding. 2002. *Reefs at Risk in Southeast Asia*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Burt, B.L. dan R.M. Smith. 1976. Notes on the collection of Zingiberaceae. *Flora Males. Bull.* 29: 2599-2601.
- Böhme, W. 2003. Checklist of the living monitor lizards of the world (Suku Varanidae). *Zoologische Verhandelingen* 341: 1-43.
- Cadee, G.C. 1985. Some data on seabird abundance in Indonesian waters, July-August 1984. *Ardea* 73: 183-188.
- Cameron, T. 2002. the year of the "diversity-ecosystem function" debate. *Trend. Ecol. Evol.* 17: 495-496.

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, D.G. 1989. The importance of floristic inventory in the tropics. Hlm. 5-30 dalam Campbell, D.G. dan H.D. Hammond (eds.) *Floristic Inventory of Tropical Countries: The Status of Plant Systematics, Collections, and Vegetation, Plus Recommendations for the Future*. New York Botanical Garden, New York.
- Cann, J. 1998. *Australian Freshwater Turtles*. Privately published, Singapore.
- Carpenter, S.R. 1996. Microcosms have limited relevance for community and ecosystem ecology. *Ecology* 77: 677-680.
- Carter, S.P. dan P.W. Bright. 2002. Habitat refuges as alternatives to predator control for the conservation of endangered Mauritian birds. Hlm. 71-78. dalam Veitch, C.R. dan M.N. Clout (eds.) *Turning the Tide: The Eradication of Invasive Species*. IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK.
- Casson, A. 1999. The hesitant boom: Indonesia's oil palm sub-sector in an era of economic crisis dan political change. CIFOR, Bogor.
- Casson, A. 2003. Oil palm, soy bean and critical habitat loss. Review prepared for the WWF Forest Conversion Initiative. World Wildlife Fund, Switzerland.
- Centers for Disease Control. 2003. National Center for Infectious Diseases. B Virus (*Cercopithecine herpesvirus 1*) Infection. Center for Disease Control, Atlanta. Ada di www.cdc.gov/ncidod/diseases/bvirus.htm. Diakses pada 19 Juli 2003.
- Chalise, M.K. 2001. Crop raiding by wildlife, especially primates, and indigenous practices for crop protection in Lakuwa Area, East Nepal. *Asian Primates* 7 (3-4): 4-9.
- Chan, S., M.J. Crosby, M.Z. Islam dan A.W. Tordoff. 2004. *Important Bird Areas in Asia: Key Sites for Conservation*. BirdLife International, London.
- Chantler, P., dan G. Driessens. 2000. *Swifts*. Pica Press, Tonbridge, Kent.
- Chape, S., S. Blyth, L. Fish, P. Fox dan M. Spalding. 2003. United Nations List of Protected Areas. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources and UNEP, Gland.
- Chapman, P. 1976. Speleobiology. In *The British New Guinea Speleological Expedition 1975*. *Trans. British Cave Research Assoc.* 3: 192-203.
- Chappell, J. 1981. Relative and average sea level changes and endo-, epi-, and esogenic processes on the earth. Hlm. 411-430 dalam *Sea Level, Ice, and Climatic Change*. Int. Assoc. Hydrol. Sci. Publ. 1.
- Charlton, T.R. 1996. Correlation of the Salawati and Tomori Basins, eastern Indonesia: a constraint on left-lateral displacements of the Sorong Fault zone dalam Hall, R. dan D. Blundell (eds.) *Tectonic Evolution of Southeast Asia*. Geological Society of London Special Publication 106: 465-481.
- Charlton, T.R., R. Hall dan E. Partoyo. 1991. The geology and tectonic evolution of Waigeo Island, NE Indonesia. *Journal of Southeast Asian Sciences* 6: 289-297.
- Chase, M.W., K.M. Cameron, R.L. Barrett dan J.V. Freudenstein. 2003. DNA data and Orchidaceae systematics: a new phylogenetic classification. Hlm. 69-89 dalam Dixon, K.W., S.P. Kell, R.L. Barrett dan P.J. Cribb (eds.) *Orchid Conservation*. Natural History Publications, Kota Kinabalu, Sabah.
- Chauvel, R. dan I.N. Bhakti. 2004. *The Papua Conflict: Jakarta's Perceptions and Policies*. East-West Center, Washington, D.C.
- Chaw, S., C.L. Parkinson, Y. Cheng, T.M. Vincent dan J.D. Palmer. 2000. Seed plant phylogeny inferred from all three plant genomes: monophyly of extant gymnosperms and origin of Gnetales from conifers. *PNAS* 97: 4086-4091.
- Chaw, S.M., A. Zharkikh, H.M. Sung, T.C. Lau dan W.H. Li. 1997. Molecular phylogeny of extant gymnosperms and seed plant evolution-analysis of nuclear 18S rRNA sequences. *Mol. Biol. Evol.* 14: 56-68.

EKOLOGI PAPUA

- Chave, E.H. dan A. Malahoff. 1998. In Deeper Waters: Photographic Studies of Hawaiian Deep-sea Habitats and Life-forms. University of Hawai'i Press, Honolulu.
- Christiansen, K. 2004. Adaptation: morphological (external). Hlm. 7-9 dalam Gunn, J. (ed.) *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Fitzroy Dearborn, London.
- Christie M., J. Warren, N. Hanley, K. Murphy, R. Wright, T. Hyde dan N. Lyons. 2004. Developing measures for valuing changes in biodiversity: final report to Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA). London.
- CIFOR. 2004. Building capacity for multidisciplinary landscape assessment in Papua. Three phases of training dan pilot assessments in the Mamberamo Basin. CIFOR, Bogor.
- Clark, P.B. dan A.D. Landford. 1991. Farming insects in Papua New Guinea. *International Zoo Yearbook* 30: 127-131.
- Clarke, B. 2000. Review of *Patterns of Distribution of Amphibians: A Global Perspective*. Duellman, W.E. (ed.) [1999.] Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Clough, B.F. 1998. Mangrove forest productivity and biomass accumulation in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangr Salt Marsh* 2: 191-198.
- Coates, B.J. 1985. Birds of Papua New Guinea: Non-passerines. Dove, Alderley.
- Coates, B.J. 1985. The Birds of Papua New Guinea, Including the Bismarck Archipelago and Bougainville. Vol. 1. Dove Publications, Aderley, Queensland.
- Coates, B.J. 1990. Birds of Papua New Guinea: Passerines. Dove, Alderley.
- Cogger, H.G. 1964. A reptile collecting expedition to P. Nugini. *Australian Natural History* 14 (11): 363-368.
- Coles, R.G. dan L.J. McKenzie. 2005. Seagrass 3M workshop: mapping, monitoring and management of seagrass resources in the Indo-Pacific. Report to UNH on workshop held at The Nature Conservancy, Southeast Asia Center for Marine Protected Areas, Sanur, Bali, 9-12 May, 2005. DPI&F, Cairns.
- Coles, R.G. dan W.J. Lee Long. 1999. Seagrass. Hlm. 21-46 dalam Eldredge, L.G., J.E. Maragos, P.F. Holthuis dan H.F. Takeuchi (eds.) Marine and Coastal Biodiversity in the Tropical Islands Pacific Region. Vol 2: Population, Development and Conservation Priorities. Proceedings of two workshops held at the East-West Center, Honolulu, November 1994. East-West Center, Honolulu.
- Coles, R.G., L.J. McKenzie, S.J. Campbell, M. Fortes dan F.T. Short. 2003. The seagrasses of the western Pacific Islands. Hlm. 161-170 dalam Green, E.P. dan F.T. Short (eds.) *World Atlas of Seagrasses*. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley.
- Coles, R.G., W.J. Lee Long, R.A. Watson dan K.J. Derbyshire. 1993. Distribution of seagrasses, and their fish and penaeid prawn communities, in Cairns Harbour, a tropical estuary, northern Queensland, Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 44: 193-210.
- Colijn, A.H. 1937. *Naar de Eeuwige Sneeuw van Tropisch Nederland*. Scheltens and Giltay, Amsterdam.
- Collette, B.B. 1977. Mangrove fishes of New Guinea. Hlm. 91-102 dalam Teas, H.J. (ed.) *Tasks for Vegetation Science*. W. Junk, The Hague.
- Collins, B.G. dan D.C. Paton. 1989. Consequences of differences in body mass, wing length and leg morphology for nectar-feeding birds. *Aust J Ecol* 14: 269-289.
- Collins, N.M. dan M.G. Morris. 1985. Threatened Swallowtail Butterflies of the World: The IUCN Red Data Book. IUCN, Cambridge.
- Collins, N.M., J.A. Sayer dan T.C. Whitmore (eds.). 1991. *The Conservation Atlas of Tropical Forests, Asia and the Pacific*. Macmillan, London.
- Collinson, M.E. 1996. "What use are fossil ferns?"—20 years on: with a review of the fossil history of extant pteridophyte families and genera. Hlm. 349-394 dalam Camus,

DAFTAR PUSTAKA

- J.M., M. Gibby dan R.J. Johns (eds.) *Pteridology in Perspective*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Conn, B.J. (ed.). 1995. *Handbooks of the Flora of Papua New Guinea*. Vol. 3. Melbourne University Press, Carlton, Victoria.
- Conn, B.J. 1994. Documentation of the flora of New Guinea. Hlm. 123-156 dalam Peng, C.-I. dan C.H. Chou (eds.) *Biodiversity and Terrestrial Ecosystems*. Academia Sinica Monograph 14. Institute of Botany, Taipei.
- Conservation International Indonesia-Papua Program. 2004a. Rapid Assessment for Conservation and Economy (RACE) in Papua Province. Factsheet.
- Conservation International Indonesia-Papua Program. 2004b. Spatial implications of roads and other types of development for conservation in Papua. Factsheet.
- Conservation International. 1999. Lokakarya Penentuan Prioritas Konservasi Keanekaragaman Hayati Irian Jaya. Laporan Akhir [Irian Jaya Biodiversity Priority Setting Workshop, Final Report]. Conservation International, Jakarta.
- Conservation International. 1999. Peta Lokakarya Prioritas Konservasi di Irian Jaya. Lokakarya Penentuan Daerah Prioritas Konservasi Keanekaragaman Hayati Irian Jaya. The Irian Jaya Biodiversity Conservation Priority-Setting Workshop, 7-12 Januari, Biak, Irian Jaya. Conservation International, Washington, D.C.
- Conservation International. 2004. Conserving Earth's Living Heritage: A Proposed Framework for Designing Biodiversity Conservation Strategies. Conservation International, Washington, D.C.
- Conservation International. 2005. Papua Provincial Government supports establishment of the Forum for Conservation and Development in the Land of Papua (FKPTP). Press release no. 029/CI-PP/IV/05, 30 March 2005. Conservation International Indonesia Program, Jakarta.
- Coode, M.J.E. 1978. A conspectus of Elaeocarpaceae in Papuasia. *Brunonia* 1 (2): 131-302.
- Coode, M.J.E. 1981. Elaeocarpaceae. Hlm. 38-185 dalam Henty, E.E. (ed.) *Handbooks of the Flora of Papua New Guinea*, Vol. II. Melbourne University Press, Melbourne.
- Coode, M.J.E. 1995. *Elaeocarpus* in the Flora Malesiana area—*E. kraengensis* and ten new species from Sulawesi. *Kew Bull.* 50: 267-294.
- Coode, M.J.E., S.C. Hinchcliffe dan C.J. Marsden. 1997. Checklist of the Flowering Plants of N.E. Kepala Burung (Vogelkop), Irian Jaya, Indonesia. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Cook, C.D.T. 1995. The Amung way: the subsistence strategies, the knowledge dan the dilemma of the Tsinga Valley people in Irian Jaya, Indonesia. Ph.D. diss., Southern Illinois University at Carbondale, Illinois.
- Cook, J.M. dan J.-Y. Rasplus. 2003. Mutualists with attitude: coevolving fig wasps and figs. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 241-248.
- Cookson, L.J. 1991. Australasian species of Limnoriidae (Crustacea: Isopoda). *Mem. Mus. Victoria* 52: 137-362.
- Cookson, L.J. dan S.M. Cragg. 1988. Two new species of Limnoriidae (Isopoda) from Papua New Guinea. *J. Nat. Hist.* 21 (6): 1501-1514.
- Cooper, P. dan B. Taylor. 1987. Seismotectonics of New Guinea: a model for arc reversal following arc-continent collision. *Tectonics* 6: 53-67.
- Copeland, E.B. 1940a. Oleandrid ferns (Davalliaceae) in New Guinea. *PhiliHal. J. Sci.* 73 (3): 345-357.
- Copeland, E.B. 1940b. Notes on Hymenophyllaceae. *PhiliHal. J. Sci.* 73 (4): 457-468.
- Copeland, E.B. 1941a. Gleicheniaceae of New Guinea. *PhiliHal. J. Sci.* 75 (4): 347-359.
- Copeland, E.B. 1941b. Miscellaneous ferns of New Guinea. *PhiliHal. J. Sci.* 76 (1): 23-25.

EKOLOGI PAPUA

- Copeland, E.B. 1947. Cyathea in New Guinea. *PhiliHal. J. Sci.* 77 (2): 95-125.
- Copeland, E.B. 1949a. Pteridaceae of New Guinea. *PhiliHal. J. Sci.* 78 (1): 5-41.
- Copeland, E.B. 1949b. Aspleniaceae and Blechnaceae of New Guinea. *PhiliHal. J. Sci.* 78 (2): 207-229.
- Copeland, E.B. 1949c. Aspidiaceae of New Guinea. *PhiliHal. J. Sci.* 78 (4): 389-475.
- Copeland, E.B. 1953. Grammitidaceae of New Guinea. *PhiliHal. J. Sci.* 81 (2): 81-118.
- Coppejans, E. dan A. Meinesz. 1988. Marine algae of Papua New Guinea (Madang Prov.) I. Caulerpacae (Chlorophyta-Caulerpales). *Blumea* 33: 186-196.
- Coppins, B.J. 2002. *Checklist of Lichens of Great Britain and Ireland*. British Lichen Society, London.
- Corbet, G.B. dan J.E. Hill. 1992. *The Mammals of the Indomalayan Region: A Systematic Review*. Oxford University Press, Oxford.
- Cornelissen, J.F.L. 1988. Pater en Papoea: Ontmoeting van de Missionarissen van het Heilig Hart met de Cultuur der Papoea's van Nederlands-Zuid-Nieuw-Guinea (1905-1963). J.H. Kok, Kampen.
- Costanza, R. (ed.). 1991. *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press, New York.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton dan M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 252-260.
- Cotton, C.M. 1996. *Ethnobotany: Principles dan Applications*. John Wiley & Sons, New York.
- Couturaud, A. tidak dipublikasikan. Irian 93 ou Pérégrinations spéléologiques en Irian Jaya (Indonésie). Fédération Française de Spéléologie (unpublished report).
- Cowie, R.H. 1993. Non-Marine Mollusca of Papua New Guinea. Hlm. 311-320 dalam Beehler, B.M. (ed.) *Papua New Guinea Conservation Needs Assessment*, vol. 2. Papua New Guinea Department of Environment and Conservation, Boroko.
- Cracraft, J. dan J. Feinstein. 2000. What is not a bird of paradise? Molecular and morphological evidence places Macgregoria in the Meliphagidae and Cnemophilinae near the base of the corvoid tree. *Proc R Soc Lond B* 267: 233-241.
- Cragg, S.M. 1983. The mangrove ecosystem of the Purari River. Hlm. 295-324 dalam Petr, T. (ed.) *The Purari-Tropical Environment of a High Rainfall River Basin*. Monographiae Biologicae. W. Junk, The Hague.
- Cragg, S.M. 1987. Papua New Guinea. Hlm. 299-309 dalam Umali, R.M. (ed.) *Mangroves of Asia and the Pacific: Status and Management*. JMC Press, Quezon City, Philippines.
- Cragg, S.M. 1988. The wood-boring isopod *Sphaeroma*, a threat to maritime structures in warm waters. Hlm. 727-732 dalam Houghton, D., R.N. Smith dan H.O.W. Eggin (eds.) *Biodeterioration* 7. Elsevier, London.
- Cragg, S.M. 2003. Marine wood boring arthropods: ecology, functional anatomy and control measures. Hlm. 272-286 dalam Goodell, B., D.D. Nicholas dan T.P. Schultz (eds.) *Wood Deterioration and Preservation: Advances in Our Changing World*. American Chemical Society, Oxford University Press, Oxford.
- Cragg, S.M. dan C.R. Levy. 1979. Attack by the crustacean *Sphaeroma* on CCA-treated softwood in Papua New Guinean waters. *Int. J. Wood Pres.* 1 (4): 161-168.
- Cragg, S.M. dan J. Aruga. 1988. Intertidal and subtidal wood-boring faunas from the Gulf of Papua, Papua New Guinea. Hlm. 236-244 dalam *Advances in Aquatic Biology and Fisheries (N. Balakrishnan Nair Felicitation Volume)*. St. Josephs Press, Trivandrum, India.

DAFTAR PUSTAKA

- Cragg, S.M. 1993. Wood break-down in mangrove ecosystems: a review. *PNG J. Agric. For. Fish.* 36: 30-39.
- Crane, P.R. 1985. Phylogenetic analysis of seed plants and the origin of angiosperms. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 72: 716-793.
- Craven, I. dan M. Bowe. 1992. Wasur National Park Plan of Management final draft, WWF Indonesia Project ID 0105. World Wide Fund for Nature, Jakarta.
- Craven, I. dan Y. de Fretes. 1987. *The Arfak Mountains Nature Conservation Area, Irian Jaya: Management Plan, 1988-1992*. Directorate General of Forest Protection and Nature Conservation (PHPA), Ministry of Forestry, Republic of Indonesia, Bogor.
- Craven, L.A. 2003. *Rhododendron* publications of John L. Rouse. Available at <http://www.vireya.net/references-Rouse.htm> (accessed 12 August 2005).
- Craven, L.A., S. Sunarti, D. Mudiana, T. Yulistiarini dan M. Wardani. 2003. Identification key to the indigenous Indonesian genera of Myrtaceae. *Floribunda* 2: 89-94.
- Cribb, R. 1988. *The Politics of Environmental Protection in Indonesia*. Monash University, Clayton, Australia.
- Croft, J.R. 1980. A taxonomic revision of *Isoetes* L. (Isoetaceae) in Papuaia. *Blumea* 26: 177-190.
- Croxall, J.P. 1977. Feeding behaviour and ecology of New Guinea rainforest insectivorous passerines. *Ibis* 119: 113-146.
- CSIRO. 1991. *The Insects of Australia: A Textbook for Students and Research Workers*. 2nd ed. 2 vols. Melbourne University Press, Melbourne.
- Curran, L.M., S.N. Trigg, A.K. McDonald, D. Astiani, Y.M. Hardiono, P. Siregar, I. Caniago dan E. Kasischke. 2004. Lowland forest loss in protected areas of Indonesian Borneo. *Science* 303: 1000-1003.
- d'Abrera, B. 1977. Butterflies of the Australian Region. Vol. 1. *Butterflies of the World*. 2nd ed. Lansdowne Press, Melbourne.
- Daily, G.C. (ed.). 1997. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, D.C.
- Dalzell, P. dan D. Pauly. 1989. Assessment of the fish resources of southeast Asia, with emphasis on the Banda and Arafura Seas. *Neth J Sea Res* 24: 641-650.
- Danielsen, F., M.K. Sørensen, M.F. Olwig, M.F. Selvam, F. Parish, N.D. Burgess, T. Hiraishi, V.M. Karunakaran, M.S. Rasmussen, L.B. Hansen, A. Quarto, N. dan Suryadiputra. 2005. The Asian tsunami: a protective role for coastal vegetation. *Science* 310: 643.
- Daorueng, P. 2002. Indonesia: Gas Project Promises Income West Papuans Not Excited. Global Policy Forum Website. Inter Press Service News Agency. April 30, 2002.
- Darsidi, A. 1984. Pengelolaan hutan mangrove di Indonesia. Hlm. 19-26 dalam Soemodihardjo, S. (ed.) *Prosiding Seminar II Ekosistem Mangrove*. LIPI, Jakarta, Indonesia.
- Darwin, C. 1842. *Structure and Distribution of Coral Reefs*. Smith Elder, London.
- Das, D.I. dan G. Ismail. 2001. *Lizards of Borneo*. Available at <http://www.arbec.com.my/lizards/>.
- Das, I. dan V. Wallach. 1998. Scolecophidian arboreality revisited. *Herpetological Review* 29 (1): 15-16.
- Daszak, P., A. Striemy, A.A. Cunningham, J.E. Longcore, C.C. Brown dan D. Porter. 2004. Experimental evidence that the bullfrog (*Rana catesbeiana*) is a potential carrier of Chytridiomycosis, an emerging fungal disease of amphibians. *Herpetological Journal* 14: 201-207.
- Datwyler, S.L. dan G.D. Weiblen. 2004. On the origin of the fig: Phylogenetic relationships of Moraceae from ndhF sequences. *American Journal of Botany* 91: 767-777.

EKOLOGI PAPUA

- Davies, H.L. 1990. Structure and evolution of the border region of Papua New Guinea. Dalam Carman, G.J. dan Z. Carman (eds.) Petroleum Exploration in Papua New Guinea: Proceedings of the First PNG Petroleum Convention, Port Moresby, 12-14th February 1990. PNG Chamber of Mines and Petroleum, Papua New Guinea.
- Davies, H.L. dan A.L. Jaques. 1984. Emplacement of ophiolite on Papua New Guinea. Hlm. 341-349 dalam Gass, I.G., S.J. Lippard dan A.W. Shelton (eds.) *Ophiolites and Oceanic Lithosphere*. Geological Society of London Special Publication 14.
- Davies, H.L., Perembo, R.C.B., Winn, R.D. dan KenGemar, P. 1997. Terranes of the New Guinea orogen. Hlm. 61-66 dalam Hancock, G. (ed.) Proceedings of the Geology Exploration and Mining Conference, Madang. Australian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne.
- Davies, H.L., R.D. Winn dan P. KenGemar. 1996. Evolution of the Papuan Basin—a view from the orogen. Dalam Buchanon, P.G. (ed.) Petroleum Exploration, Development and Production in Papua New Guinea: Proceedings of the 3rd PNG Petroleum Convention, Port Moresby, 9th-11th September 1996. PNG Chamber of Mines and Petroleum, Papua New Guinea.
- de Beauchamp, P. 1972. Planaires terrestres de Nouvelle-Guinée. *Cahiers du Pacifique* 16: 181-192.
- de Beaufort, L.F. 1913. Fishes of the eastern part of the Indo-Australian Archipelago with remarks on its zoogeography. *Bijd. Neder. Dierk.*, Amsterdam 19: 95-163.
- de Boer, A.J. 1986. Taxonomy and biogeography of the *conviva* group of the genus *Baeturia* Sta'l 1866 (Homoptera: Tibicinidae). *Beaufortia* 36: 167-182.
- de Boer, A.J. 1995. Islands and cicadas adrift in the west-Pacific. Biogeographic patterns related to plate tectonics. *Tijdschrift voor Entomologie* 138: 169-244.
- de Boer, A.J. 1999. Taxonomy and biogeography of the New Guinean Cicadettini (Hemiptera, Tibicinidae). *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 46: 115-147.
- de Boer, A.J. 2000. The cicadas of Mt. Bosavi and the Kikori Basin, southern Papua New Guinea. *Bishop Museum Occasional Papers* 61: 1-23.
- de Boer, A.J. dan J.P. Duffels. 1996. Biogeography of Indo-Pacific cicadas east of Wallace's Line. Hlm. 297-300 dalam Keast, A. dan S. Miller (eds.) *The Origin and Evolution of Pacific Island Biotas, New Guinea to Eastern Polynesia: Patterns and Processes*. SPB Publishing, Amsterdam.
- de Boer, A.J. dan J.P. Duffels. 1996b. Historical biogeography of the cicadas of Wallacea, New Guinea and the West Pacific: a geotectonic explanation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 124: 153-177.
- de Boer, A.J. dan J.P. Duffels. 1997. Biogeography of Indo-Pacific cicadas east of Wallace's Line. Hlm. 297-330 dalam Keast, A. dan S.E. Miller (eds.) *The Origin and Evolution of Pacific Island Biotas, New Guinea to Eastern Polynesia: Patterns and Processes*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- de Bruijn, J.V. 1959. Anthropological research in Netherlands New Guinea since 1950 by Bureau for Native Affairs, Hollandia, Netherlands New Guinea. University of Sydney, Sydney.
- de Geus, P.B.R. 1984. De Nieuw-Guinea Kwesitie: Aspecten van Buitenlands Beleid en Militaire Macht. Martinus Nijhoff, Leiden.
- de Laubenfels, D.J. 1969. A revision of Malesian and Pacific rainforest conifer s. I. Podocarpaceae, in Part. *J. Arnold Arbor.* 50: 315-369.
- de Laubenfels, D.J. 1998. A taxonomic revision of the genera *Cycas* and *Epicycas* ge. nov. (Cycadaceae). *Blumea*. 43: 351-400.
- de Rooij, N. 1915. *The Reptiles of the Indo-Australian Archipelago*. I. Lacertilia, Chelonia, Emydosauria. E.J. Brill, Leiden.

DAFTAR PUSTAKA

- de Rooij, N. 1917. *The Reptiles of the Indo-Australian Archipelago*. II. Ophidia. E.J. Brill, Leiden.
- de Wilde, W.J.J.O. 1995. Census of *Myristica* (Myristicaceae) in New Guinea anno 1994. *Blumea* 40 (2): 237-344.
- de Wilde, W.J.J.O. 1998. The myrmecophilous species of *Myristica* (Myristicaceae) from New Guinea. *Blumea* 43: 165-182.
- de Wilde, W.J.J.O. 2000. Myristicaceae. *Flora Malesiana* ser. I, 14: 1-632.
- Defert, G. 1996. l'Indonésie et la Nouvelle-Guinée-Occidentale: Maintien des Frontières Coloniales ou Respect des Identités Communautaires. L'Harmattan, Paris.
- Deharveng, L. 1981. The fauna of caves (Papua New-Guinea). *Spelunca* suppl. 3: 38-39.
- Deharveng, L., dan A. Bedos. 2000. The cave fauna of Southeast Asia: origin, evolution and ecology. Hlm. 609-638 dalam Wilkens, H., D.C. Culver, dan W. Humphreys (eds.) *Ecosystems of the World 30: Subterranean Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam.
- Deharveng, L., dan Y. Suhardjono. 2004. *Pseudosinella maros* sp. n., a troglitic Entomobryidae (Collembola) from Sulawesi Selatan, Indonesia. *Rev. Suisse Zool.* 111 (4): 979-984.
- Denham, T.P., S.G. Haberle, C. Lentfer, R. Fullagar, J. Field, M. Therin, N. Porch dan B. Winsborough. 2003. Origins of agriculture at Kuk swamp in the Highlands of New Guinea. *Science* 301 (11): 189-193.
- Departemen Kehutanan dan Perkebunan (Dephutbun). 2000. *Laporan: Gugus Tugas Kelembagaan Kehutanan Dalam Rangka Desentralisasi, Hasil Kerja Desember 1999-Februari 2000* [Report: Task Force of Forestry institution in decentralization, December 1999-February 2000]. Departemen Kehutanan dan Perkebunan, Jakarta.
- Departemen Kehutanan dan Perkebunan. 1999. Daftar Perusahaan Kehutanan dan Perkebunan. Jakarta.
- Departemen Kehutanan. 2003. Press Release No. 51. Indonesia Ministry of Forestry, Jakarta.
- Departemen Kehutanan. 2003. Siaran Pers._No. 51/Ii/Pik-1/2003. Press release on controlling illegal logging. 15 January 2003.
- Departemen Kehutanan. 2003. *Statistik Kehutanan Indonesia, 2002* [Indonesian Forestry statistics 2002]. Departemen Kehutanan, Jakarta, <http://www.dephut.go.id/INFORMASI/STATISTIK/Stat2003/Baplan/IV1102.pdf>.
- Departemen Kelautan dan Perikanan dan LIPI. 2001. Pengkajian Stok Ikan di Perairan Indonesia. Center for Capture Fisheries Research MMAF and Center for Oceanic Research and Development, LIPI, Jakarta.
- Dewey, J.F. dan J.M. Bird. 1970. Mountain belts and the new global tectonics. *Journal of Geophysical Research* 75: 2625-2647.
- Diakonoff, A. 1952-1955. Microlepidoptera of New Guinea. Results of the Third Archbold Expedition (1938-39). Parts I-V. *Verh. Akad. Wet Amst. (Natuurk.)*, ser. 2, 49 (2): 1-167; 49 (3): 1-166; 49 (4): 1-164; 50 (1): 1-191; 50 (3): 1-210.
- Diamond, J. 1976. Island biogeography and conservation: strategy and limitations. *Science* 193: 1027-1029.
- Diamond, J. 1986. The design of a nature reserve system for Indonesian New Guinea. Dalam Soulé, M. (ed.) *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer and Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Diamond, J. 1999. *Guns, Germs, and Steel: The Fates of Human Societies*. W. W. Norton and Company, New York.
- Diamond, J. 1999. Paradise and oil: oil exploration in the jungle of New Guinea. *Discover Magazine* March 1, 1999.

EKOLOGI PAPUA

- Diamond, J., S.L. Pimm, M.E. Gilpin dan M. Lecroy. 1989. Rapid evolution of character displacement in Myzomelid honeyeaters. *Am Nat* 134: 675-708.
- Diamond, J.M. 1972. *Avifauna of the Eastern Highlands of New Guinea*. Nuttall Ornithological Club 12, Cambridge, Massachusetts.
- Diamond, J.M. 1973. The distributional ecology of New Guinea birds. *Science* 179: 759-769.
- Diamond, J.M. 1975. The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biological Conservation* 7: 129-146.
- Diamond, J.M. 1981. Birds of paradise and the theory of sexual selection. *Nature* 293: 257-258.
- Diamond, J.M. 1982b. Rediscovery of the Yellow-fronted Gardner Bowerbird. *Science* 216: 431-434.
- Diamond, J.M. 1983. *Melampitta gigantea*: possible relation between feather structure and underground roosting habits. *Condor* 85: 89-91.
- Diamond, J.M. 1985. New distributional records and taxa from the outlying mountain ranges of New Guinea. *Emu* 85: 65-91.
- Diamond, J.M. 1987. Bower building and decoration by the bowerbird *Amblyornis inornatus*. *Ethnology* 74: 177-204.
- Dick, J. 1991. Forest land use, forest use, forest use zonation and deforestation in Indonesia: a summary and interpretation of existing information. Ministry of Population and Environment (KLH) and the Environmental Impact Management Agency, BAPEDAL, Jakarta.
- Dinas Kehutanan Provinsi Papua. 1998. Statistik Kehutanan dan Perkebunan di Provinsi Papua. Jayapura.
- Dinas Kehutanan Provinsi Papua. 1999. Statistik Kehutanan dan Perkebunan di Provinsi Papua 1998/1999. Jayapura.
- Dinas Kehutanan Provinsi Papua. 2001. Kondisi Kehutanan di Provinsi Papua. Disampaikan dalam Lokakarya Kehutanan di Provinsi Papua. Jayapura.
- Dinas Perikanan Provinsi Papua. 1998. Perikanan di Papua Dalam Angka 1993-1997. Dinas Perikanan Provinsi Papua, Jayapura.
- Dinas Perikanan Provinsi Papua. 2002. Statistik Perikanan tahun 2002. Jayapura.
- Dinas Perkebunan Provinsi Papua. 1999a. Statistik Perkebunan di Papua. Jayapura.
- Dinas Perkebunan Provinsi Papua. 1999b. Rencana Pembangunan Lima Tahun di Papua VII (REPELITA VII) 1998/1999. Jayapura.
- Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Papua. 2000. Walking with potential mineral and energy in Papua toward Millennium III of human development. Jayapura.
- Ding, H., K. Larsen dan S.S. Larsen. 1996. Caesalpinaceae (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Flora Malesiana* ser. I, 12 (2): 409-730.
- Dingle, H. 2004. The Australo-Papuan bird migration system: another consequence of Wallace's Line. *Emu* 104: 95-108.
- Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam. 2003. *Statistik Perlindungan dan Konservasi Alam Tahun 2002*. Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Dixon, K.W., S.P. Kell, R.L. Barrett dan P.J. Cribb (eds.). 2003. *Orchid Conservation*. Natural History Publications, Kota Kinabalu, Sabah.
- Dobson, A. 1996. *Conservation and Biodiversity*. Scientific American Library, New York.
- Donaldson, T.J. 1986. Distribution and species richness patterns of Indo-West Pacific Cirrhitidae: support for Woodland's hypothesis. Hlm. 623-628 dalam Uyeno, T., R. Arai, T. Taniuchi dan K. Matsuura (eds.) *Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes*. Ichthyol. Soc. Japan, Tokyo.

DAFTAR PUSTAKA

- Donnelly, R., D. Neville dan P.J. Mous (eds.). 2003. *Report on a Rapid Ecological Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua, Eastern Indonesia*, held October 30-November 22, 2002. Report by The Nature Conservancy-Southeast Asia Center for Marine Protected Areas, Sanur, Bali, Indonesia.
- Donnelly, R., D. Neville dan P.J. Mous. 2004. *Report on a Rapid Ecological Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua, Eastern Indonesia, Oct. 30-Nov. 22, 2002*. The Nature Conservancy Southeast Asia Center for Marine Protected Areas, Bali.
- Dow, D.B. 1977. A geological synthesis of Papua New Guinea. Bureau of Mineral Resources, *Geology and Geophysics Bulletin*, Australian Government Publishing Service, Canberra 201: i-vii, 1-41.
- Dow, D.B., G.P. Robinson, U. Hartono dan N. Ratman. 1986. Geologic map of Irian Jaya, Indonesia. Geological Research and Development Centre, Ministry of Mines and Energy, Bandung. 1:1,000,000 scale map.
- Dowe, J.L. dan M.D. Ferrero. 2000. A new species of Rheophytic palm from New Guinea. *Palms* 44: 194-197.
- Doyle, J.A. dan M.J. Donoghue. 1986a. Relationship of angiosperms and Gnetales: a numerical cladistic analysis. Dalam Spicer, R.A. dan B.A. Thomas (eds.) *Systematic and Taxonomic Approaches in Palaeobotany*. Oxford, Clarendon Press. The Systematics Association Special Volume No. 31: 177-198.
- Dransfield, J. 1981. A synopsis of *Korthalsia* (Palmae: Lepidocaryoideae). *Kew Bulletin* 36: 163-194.
- Dransfield, J., N.W. Uhl, C.B. Asmussen, W.J. Baker, M.M. Harley dan C.E. Lewis. 2005. A new phylogenetic classification of the palm family, Arecaceae. *Kew Bulletin* 60: 559-569.
- Driscoll, P.V. 1984. The effects of logging on bird populations in lowland New Guinea rainforest. Ph.D. diss., University of Queensland, Brisbane.
- Duffels, J.P. dan A.J. de Boer. 1990. Areas of endemism and composite areas in East Malesia. Hlm. 249-272 dalam Baas, P., K. Kalkman dan R. Geesink (eds.) *The Plant Diversity of Malesia*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Duke, N.C. 1992. Mangrove floristics and biogeography. Hlm. 63-100 dalam Robertson, A.I. dan D.M. Alongi (eds.) *Tropical Mangrove Ecosystems*. American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Dulvy, N.K., Y. Sadovy dan J.D. Reynolds. 2003. Extinction vulnerability in marine populations. *Fish Fisheries* 4: 25-64.
- Dumbacher, J.P. dan R.C. Fleischer. 2001. Phylogenetic evidence for colour-pattern convergence in toxic pitohuis: Müllerian mimicry in birds? *Proc R Soc Lond B* 268: 1971-1976.
- Dumbacher, J.P., T.K. Pratt dan R.C. Fleischer. 2003. Phylogeny of the owl-nightjars (Aves: Aegothelidae) based on mitochondrial DNA sequence. *Mol Phyl Evol* 29: 540-549.
- Duméril, A.M.C. dan G. Bibron. 1836. *Erpétologie Générale ou Histoire Naturelle Complète des Reptiles*. Vol. 3. Roret, Paris.
- Duméril, A.M.C. dan G. Bibron. 1837. *Erpétologie Générale ou Histoire Naturelle Complète des Reptiles*. Vol. 4. Roret, Paris.
- Duméril, A.M.C. dan G. Bibron. 1839. *Erpétologie Générale ou Histoire Naturelle Complète des Reptiles*. Vol. 5. Roret, Paris.
- Dumont, E.R., G.D. Weiblen dan J.R. Winklemann. 2004. Preferences of fig wasps and fruit bats for figs of functionally dioecious *Ficus pungens*. *Journal of Tropical Ecology* 20: 233-238.

EKOLOGI PAPUA

- Durden, L.A. dan G.G. Musser. 1994. The sucking lice (Insecta, Anoplura) of the world: a taxonomic checklist with records of mammalian hosts and geographical distributions. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 218: 1-90.
- Dursin, K. 2004. Animal trade thrives amid crackdown. The Jakarta Post, March 5, 2004.
- Dwiyana, A. 2001. Oil, gas and mining development and decision making process in Papua a. Paper prepared in the context of Rapid Assessment of Conservation and Economy (RACE). Conservation International Indonesia, Jayapura.
- Dwyer, P.D. 1974. The price of protein: five hundred hours of hunting in the New Guinea highlands. *Oceania* 44: 278-293.
- Dwyer, P.D. 1982. Prey switching: a case study from New Guinea. *J Anim Ecol* 51: 529-542.
- Dwyer, P.D. 1983. Etolo hunting performance and energetics. *Human Ecol* 11: 145-174.
- Eastwood, C. 1996. A trip to Irian Jaya. *Muruk* 8: 12-23.
- Eaton, R.A. dan S.M. Cragg. 1996. Evaluation of creosote fortified with synthetic pyrethroids as wood preservatives for use in the sea. Part 1: Efficacy against marine wood-boring molluscs and crustaceans. *Material und Organismen* 29: 211-229.
- Edmunds, G.F., Jr. dan D.A. Polhemus. 1990. Zoogeographical patterns among mayflies (Ephemeroptera) in the Malay Archipelago, with special reference to Celebes. Hlm. 49-56 dalam Knight, W.J. dan J.D. Holloway (eds.) *Insects and the Rain Forests of South East Asia (Wallacea)*. Royal Ent. Soc., London.
- EIA dan Telapak. 2005. *The Last Frontier: Illegal Logging in Papua and China's Massive Timber Theft*. Environmental Investigation Agency (EIA) and Telapak, London and Jakarta.
- Eidenmüller, B. dan R. Wicker. 2005. Eine weitere neue Waranart aus dem *Varanus prasinus*-Komplex von der Insel Misol, Indonesien. *Sauria* 27 (1): 3-8.
- Ellison, J. 2005. Holocene palynology and sea-level change in two estuaries in Southern Irian Jaya. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 220: 291-309.
- Energy and Biodiversity Initiative. 2004. Negative secondary impacts from oil and gas development. Discussion paper. www.theebi.org/pdfs/impacts.pdf. Accessed 26 February 2005.
- Englund, R.A. 1999. The impacts of introduced poeciliid fish and Odonata on endemic Megalagrion (Odonata) damselflies on Oahu Island. *Hawaii. Journal of Insect Conservation* 3: 225-243.
- Englund, R.A., dan L.G. Eldredge. 2001. Fishes. Hlm. 32-40 dalam Staples, G.W., dan R.H. Cowie (eds.) *Hawaii's Invasive Species, A Guide to Invasive Plants and Animals in the Hawaiian Islands*. Mutual Publishing and Bishop Museum Press, Honolulu.
- Enright, N.J. 1982. The *Araucaria* forests of New Guinea. Hlm. 381-399 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. Dr W. Junk Publishers, The Hague.
- Environmental Investigation Agency dan Telapak. 2005. The last frontier: illegal logging in Papua and China's massive timber theft. Environmental Investigation Agency, London.
- Erfteimeijer, P.L., G.R. Allen dan Zuwendra. 1989. *Preliminary Resource Inventory of Bintuni Bay and Recommendations for Conservation and Management*. Prepared for Asian Wetlands Bureau and Indonesia Directorate General of Forest Protection and Nature Conservation. AWB-PHPA Report.
- Erfteimeijer, P.L.A., dan G.R. Allen. 1989. Bird observations at Danau Kurumoi, Irian Jaya. *Kukila* 4 (3/4): 153-155.
- Ernst, C.H. dan R.W. Barbour. 1989. *Turtles of the World*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

DAFTAR PUSTAKA

- Eschmeyer, W.N. (ed.). 1998. *The Catalog of Fishes*. 3 volumes. Center for Biodiversity Research and Information. Special Publication 1. California Academy of Sciences, San Francisco, California.
- Essig, F.B. 1973. Pollination in some New Guinea palms. *Principes* 17: 75-83.
- Essig, F.B. 1977. A preliminary analysis of the palm flora of New Guinea. *Botany Bulletin* 9. Office of Forests, Division of Botany, Lae.
- Evans, C.R. dan B.D. Kare. 1996. A note on the seasonality of the prawns *Penaeus merguensis* and *P. monodon* in the Gulf of Papua. *Papua New Guinea Natl Fish Newslett* 2: 11.
- Evans, F.C. 1956. Ecosystem as the basic unit in ecology. *Science* 123: 1127-1128.
- Evenhuis, N.L. (ed.). 1989. *Catalog of the Diptera of the Australasian and Oceanian Regions*. Bishop Museum Press and E.J. Brill, Honolulu and Leiden.
- Ewers, W.H. 1973. Bibliography of invertebrate animals from New Guinea. *Science in New Guinea* 1: 41-46.
- Fairbairn, A., G. Hope dan G. Summerhayes. 2006. Pleistocene occupation of New Guinea's highland and subalpine environments. In *Archaeology at Altitude*. *World Archaeology* 38: 371-386.
- Faith, D.P., C.R. Margules, P.A. Walker, J. Stein dan G. Natera. 2001. Practical application of biodiversity surrogates and percentage targets for conservation in Papua New Guinea. *Pacific Conservation Biology* 6: 289-303.
- Faith, D.P., H.A. Nix, C.R. Margules, M.F. Hutchison, P.A. Walker, J. West, J.L. Stein, J.L. Kesteven, A. Allison dan G. Natera. 2001. The BioRap Biodiversity Assessment and Planning Study for Papua New Guinea. *Pacific Conservation Biology* 6 (4): 279-288.
- FAO/UNDP. 1981. *National Conservation Plan for Indonesia, Vol. VII: Maluku and Irian Jaya*. Field Report of UNDP/FAO National Park Development Project INS/78/061. FAO, Bogor.
- Farjon, A. 2001. *World Checklist and Bibliography of Conifers*. Royal Botanical Garden, Kew.
- fBouchet, P., P. Lozouet, P. Maestrati dan V. Heros. 2002. Assessing the magnitude of species richness in tropical marine environments: exceptionally high numbers of mollusks at a New Caledonia site. *Biological Journal of the Linnean Society* 75: 421-436.
- Fearnside, P.M. 1997. Transmigration in Indonesia: lessons from its environmental dan social impacts. *Environmental Management* 21 (4): 553-570.
- Feiler, A. 1978. Ü ber artliche Abgrenzung und innerartliche Ausformung bei *Phalanger maculatus*. *Zoologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden* 35: 1-30.
- Ferrero, M.D. 1997. A checklist of Palmae for New Guinea. *Palms and Cycads* 55/56: 2-39.
- Ferris, G.F. 1951. The sucking lice. *Memoirs of the Pacific Coast Entomological Society* 1: 1-321.
- Fimbel, C. 1994. The relative use of abandoned farm clearings and old forest habitats by primates and a forest antelope at Tiwai, Sierra Leon, West Africa. *Biol. Cons.* 70: 277-286.
- Fimbel, R.A., A. Grajal dan J.G. Robinson. 2001. Logging and wildlife in the tropics. Hlm. 667-695 dalam Fimbel, R.A., A. Grajal, and J.G. Robinson (eds.) *The Cutting Edge Conserving Wildlife in Logged Tropical Forest*. Columbia University Press, New York.

EKOLOGI PAPUA

- Fishbein, M. 2001. Evolutionary innovation and diversification in the flowers of Asclepiadaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 88: 603-623.
- Flannery, T. 1995. *Mammals of New Guinea*. Reed Books Australia.
- Flannery, T.F. 1990. *Mammals of New Guinea*. Robert Brown and Associates, Carina, Queensland.
- Flannery, T.F. 1992. New Pleistocene marsupials (Macropodidae, Diprotodontidae) from subalpine habitats in Irian Jaya. *Alcheringa* 16: 321-331.
- Flannery, T.F. 1994. The fossil land mammal record of New Guinea: a review. *Science in New Guinea* 20: 39-48.
- Flannery, T.F. 1994b. Possums of the World: A Monograph of the Phalangeroidea. GEO Productions, Sydney.
- Flannery, T.F. 1995a. *Mammals of New Guinea*, rev. ed. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Flannery, T.F. 1995b. *Mammals of the South-West Pacific and Moluccan Islands*. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- Flannery, T.F. 1996. Mammalian zoogeography of New Guinea and the southwestern Pacific. Hlm. 399-406 dalam Keast, A. dan S.E. Miller (eds.) *The Origin and Evolution of Pacific Island Biotas, New Guinea to Eastern Polynesia: Patterns and Processes*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- Flannery, T.F. 1999. The Pleistocene mammal fauna of Kelangurr Cave, central montane Irian Jaya, Indonesia. *Records of the Western Australian Museum*, Supplement 57: 341-350.
- Flannery, T.F. dan C.P. Groves. 1998. A revision of the genus *Zaglossus* (Monotremata, Tachyglossidae), with description of new species and subspecies. *Mammalia* 62: 367-396.
- Flannery, T.F. dan L. Seri. 1990. The mammals of southern West Sepik Province, Papua New Guinea: their distribution, abundance, human use, and zoogeography. *Records of the Australian Museum* 42: 173-208.
- Flannery, T.F., Boeadi dan A.L. Szalay. 1995. A new tree-kangaroo (*Dendrolagus*: Marsupialia) from Irian Jaya, Indonesia, with notes on ethnography and the evolution of tree-kangaroos. *Mammalia* 59: 65-84.
- Flannery, T.F., R. Martin dan A. Szalay. 1996. *Tree Kangaroos: A Curious Natural History*. Reed Books, Melbourne.
- Food and Agriculture Organization. 1981. National conservation plan for Indonesia Vol VII: Maluku and Irian Jaya. Field Report of UNDP/FAO National Park Development Project INS/78/061. Food and Agriculture Organization, Jayapura.
- Forest Watch Indonesia (FWI). 2002. Calculation from forest cover map. Preliminary result of imagery interpretation. FWI-BAPLAN-CI.
- Forest Watch Indonesia. 2004. Landsat7 ETM Satellite's Land Use Land Cover (LULC) mapping of Mamberamo and Raja Ampat in Papua Province. Unpublished report.
- Forest Watch Indonesia/Global Forest Watch. 2002. *The State of the Forest: Indonesia*. Forest Watch Indonesia, Bogor dan Global Forest Watch, Washington, D.C.
- Forest Watch Indonesia-Conservation International Indonesia Papua Program. Forest Watch Indonesia. 2005. Database Perusahaan Kehutanan. www.fwi.or.id/cgi-bin/perusahaan.cgi. Accessed 17 February 2005.
- Forster, P.I. 1991. A taxonomic revision of *Sarcolobus* R.Br. (Asclepiadaceae: Marsdenieae) in Australia and Papuasia. *Austrobaileya* 3: 443-466.
- Forster, P.I. 1992. Pollination of *Hoya australis* (Asclepiadaceae) by *Ocybadistes walkeri sothis* (Lepidoptera: Hesperidae). *Australian Entomological Magazine* 19: 39-43.

DAFTAR PUSTAKA

- Forster, P.I. 1993. Conspectus of *Cryptolepis* R.Br. (Asclepiadaceae: Periplocoideae) in Malesia. *Austrobaileya* 4: 67-73.
- Forster, P.I. 1994. A taxonomic revision of *Tylophora* (Asclepiadaceae: Marsdenieae) in Papuaia. *Australian Systematic Botany* 7: 485-505.
- Forster, P.I. 1995. Circumscription of *Marsdenia* (Asclepiadaceae: Marsdenieae) with a revision of the genus in Australia and Papuaia. *Australian Systematic Botany* 8: 703-933.
- Forster, P.I. 1996a. A checklist of the Asclepiadaceae of Papuaia. *Science in New Guinea* 22: 15-22.
- Forster, P.I. 1996b. Asclepiadaceae. *Flora of Australia* 28: 197-283. *Hoya*, *Dischidia* by Forster, P.I., D.J. Liddle. CSIRO Australia, Melbourne.
- Forster, P.I. 2000. *Cryptolepis papillata* P.I.Forst. and *Sarcobolus porcatus* P.I.Forst. (Asclepiadaceae), newly recorded from West Papua. *Austrobaileya* 5: 729.
- Forster, P.I., D.J. Liddle dan I.M. Liddle. 1997. *Madangia inflata* (Asclepiadaceae: Marsdenieae), a new genus and species from PNG. *Austrobaileya* 5: 53-57.
- Forster, P.I., D.J. Liddle dan I.M. Liddle. 1998. Diversity in the genus *Hoya* (Asclepiadaceae: Marsdenieae). *Aloe* 35: 44-48.
- Fowler, H.W. 1939. Zoological results of the Denison-Crockett South Pacific Expedition for the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 1937-1938. Part III.-Fishes. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia* 91: 77-96.
- Frahm, J.P. 1987. Which factors control the growth of epiphytic bryophyte in tropical rain forests? *Symposia Biol. Hungarica* 35: 639-648.
- Frakes, L.A. 1997. Grossplots: a method for estimating the temperature state of the Earth and of Australia, Cretaceous to Middle Miocene. *Australian Journal of Botany* 45: 359-372.
- Freeport-McMoRan Copper and Gold, Inc. 2000. Working to produce value. Annual report 2000.
- Freeport-McMoRan Copper and Gold, Inc. 2001. Annual report 2001.
- Freeport-McMoRan Copper and Gold, Inc. 2003. Real assets/real value. 2002 annual report.
- Freeport-McMoRan Copper and Gold, Inc. 2003. The strength of our metals. Annual report 2003.
- Freeport-McMoRan Copper and Gold, Inc. 2004. Making the commitment: 2004 working towards sustainable development report. Freeport-McMoRan Copper and Gold, Inc., New Orleans.
- Freeport-McMoRan Copper and Gold, Inc. 2004. The strength of our metals. 2003 annual report.
- Friends of the Earth. 2004. Greasy palms—palm oil, the environment and big business. Summary report.
- Frith, C.B. 1971. Some undescribed nests and eggs of New-Guinea birds. *Bull Brit Orn Club* 91: 46-49.
- Frith, C.B. 1981. Displays of Count Raggi's Bird of Paradise *Paradisaea raggiana* and congeneric species. *Emu* 81: 193-201.
- Frith, C.B. dan B.M. Beehler. 1998. *The Birds of Paradise: Paradisaeidae*. Oxford University Press, Oxford.
- Frith, C.B. dan D.W. Frith. 1993. The nesting biology of the Ribbon-tailed *Astrapia Astrapia mayeri* (Paradisaeidae). *Emu* 93: 12-22.

EKOLOGI PAPUA

- Frith, C.B. dan D.W. Frith. 1994. The nesting biology of Archbold's Bowerbird *Archboldia papueis* and a review of that of other bowerbirds (Ptilonorhynchidae). *Ibis* 136: 153-160.
- Frith, C.B. dan D.W. Frith. 2004. *The Bowerbirds: Ptilonorhynchidae*. Oxford University Press, Oxford.
- Frith, D.W. dan C.B. Frith. 1988. Courtship display and mating of the Surperb Bird of Paradise *Lophorhina surperba*. *Emu* 88: 183-188.
- Frith, H.J., F.H.J. Crome dan T.O. Wolfe. 1976. Food of fruit pigeons in New Guinea. *Emu* 76: 49-58.
- Frodin, D.G. 1988. The natural world of New Guinea: hopes, realities, and legacies. Hlm. 89-138 dalam MacLeod, R. dan P.F. Rehbock (eds.) *Nature in Its Greatest Extent: Western Science in the Pacific*. University of Hawaii Press, Honolulu.
- Frodin, D.G. 1990. Botanical progress in Papuaasia. Hlm. 235-247 dalam Baas, P., K. Kalkman dan R. Geesink (eds.) *The Plant Diversity of Malesia*, Proceedings of the Flora Malesiana Symposium Commemorating Prof. Dr. C.G.G.J. van Steenis. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts.
- Frodin, D.G. dan C.R. Huxley. 1975. Mangroves of the Port Moresby Region. University of Papua New Guinea, *Dept Biol Occas Pap* No. 3. Port Moresby, Papua New Guinea.
- Frodin, D.G. dan J.L. Gressitt. 1982. Biological exploration in New Guinea. Hlm. 87-130 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. W. Junk (Monogr. Biol. 42), The Hague.
- Frost, D.R. 2005. *Amphibian Jenis of the World: An Online Reference*. Version 3.0 (22 August 2004). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, New York.
- Frumhoff, P.C. 1995. Conserving wildlife in tropical forests managed for timber to provide a more viable complement to protected areas. *BioScience* 45: 456-464.
- Fuller, D.O., T.C. Jessup dan A. Salim. 2004. Loss of forest over in Kalimantan, Indonesia, since the 1997-1998 El Niño. *Cons. Biol.* 18: 249-254.
- Fuller, E. 1995. *The Lost Birds of Paradise*. Swan Hill Press, Shrewsbury, England.
- Fuller, P.L., L.G. Nico, dan J.D. Williams. 1999. Nonindigenous fishes introduced into inland waters of the United States. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Gadek, P.A., D.L. Alpers, M.M. Heslewood dan C.J. Quinn. 2000. Relationships within Cupressaceae sensu lato: a combined morphological and molecular approach. *Amer. J. Bot.* 87: 1044-1057.
- Gaina, C., R.D. Müller, B.J. Brown dan T. Ishihara. 2003. Microcontinent formation around Australia. Hlm. 405-416 dalam Hillis, R.R. dan R.D. Müller (eds.) *Evolution and Dynamics of the Australian Plate*. Geological Society of Australia Special Publication 22 and Geological Society of America Special Paper 372.
- Gallup, J.L., J.D. Sachs, dan A. Mellinger. 1999. Geography and economic development. Working paper no. 1. Center for International Development, Harvard University, Cambridge, Massachusetts.
- Gao, J.-Y., L. Zhang, X.-B. Deng, P.-Y. Ren, J.-L. Kong dan Q.-J. Li. 2004. The floral biology of *Curcumorpha longiflora* (Zingiberaceae): a ginger with two-day flowers. *Amer. J. Bot.* 91: 289-293.
- Gase, R. 1984. Misleiding of Zelfbedrog: Een Analyse van het Nederlands Nieuw-Guinea-beleid aan de Hand van Gesprekken met Betrokken Politici en Diplomaten. Anthos, Baarn.
- Gaudichaud, C. 1827. Botanique. Hlm. 147-165 dalam Freycinet, L. (ed.) *Voyage autour du monde sur l'Uranie et la Physicienne*. Pilletainé, Paris.

DAFTAR PUSTAKA

- Gaulke, M. 1975. Observations on arboreality in a Philippine blind snake. *Asiatic Herpetological Research* 6: 45-48.
- Gay, H., E. Hennipman, C.R. Huxley dan F.J.E. Parrott. 1993. The taxonomy, distribution and ecology of the epiphytic Malesian Ant-fern *Lecanopteris* Reinw. (Polypodiaceae). *Gardens' Bull.* 45: 293-335.
- Geesink, R. 1990. The general progress of Flora Malesiana. Pp. 11–16 in Baas, P., K. Kalkman, and R. Geesink (eds.) *The Plant Diversity of Malesia, Proceedings of the Flora Malesiana Symposium Commemorating Prof. Dr. C.G.G.J. van Steenis*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts.
- Gentry, A. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 75: 1-34.
- Geoffroy, J.J. 2001. Papouasie-Nouvelle-Guinée. Hlm. 2133-2146 dalam Juberthie, C., dan V. Decu (eds.) *Encyclopaedia Biospeologica* Vol. III. Société de Biospéologie, Moulis.
- Georges, A., M. Adams dan W. McCord. 2002. Electrophoretic delineation of species boundaries within the marga *Chelodina* (Testudines: Chelidae) of Australia, New Guinea and Indonesia. *Zoological Journal of the Linnean Society* 134: 401-421.
- Georges, A., S. Doody, J. Young dan J. Cann. 2000. *The Australian Pig-Nosed Turtle*. Robey, Canberra.
- Gepp, A. 1917. Pteridophyta. Hlm. 67-78, 192-197 dalam Gibbs, L.S. (ed.) *Dutch N.W. New Guinea. A Contribution to the Phytogeography and Flora of the Arfak Mountains* Etc. Taylor and Francis, London.
- Gerth, H. 1965. Ammoniten des mittleren und oberen Jura und der ältesten Kreide vom Nordabhang des Schneegebirges in Neu Guinea. *Neues Jahrbuch der Geologie und Paleontologie Abhandlungen* 121: 209-218.
- Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 2003. Decentralization in Indonesia since 1999—an overview. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Available at <http://www.gtzsfdm.or.id>
- Giay, B. 1995. Zakheus Pakage and his communities: indigenous religious discourse, socio-political resistance, and ethnohistory of the Me of Irian Jaya. Ph.D. thesis, Free University of Amsterdam. VU University Press, Amsterdam.
- Gibbons, O. dan D.B. Lindenmayer. 2002. *Tree Hollows and Wildlife Conservation in Australia*. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria.
- Gibbs, D. 1994. Undescribed taxa and new records from the Fakfak Mountains, Irian Jaya. *Bull Brit Orn Club* 114: 4-12.
- Gibbs, J.P., M.L. Hunter dan S.M. Melvin. 1993. Snag availability and communities of cavity-nesting birds in tropical versus temperate forests. *Biotropica* 25: 236-241.
- Gibbs, L.S. 1917. Dutch North-West New Guinea. A Contribution to the Flora and Phytogeography of the Arfak Mountains. Taylor and Francis, London.
- Gibbs, R. 1974. Fagaceae. *Chemotaxonomy of Flowering Plants*. 3: 1304-1309. McGill Queen's Univ. Press, Montreal and London.
- Gibert, J., dan L. Deharveng. 2002. Subterranean ecosystems: a truncated functional biodiversity. *Bioscience* 52 (6): 473-481.
- Gideon, O. 1996. Systematics and evolution of the genus *Tapeinochilos* Miq. (Costaceae, Zingiberaceae). Ph.D. thesis, James Cook University, Queensland.
- Gilpin, M.E. dan M.E. Soulé. 1986. Minimum populations: processes of species extinction. Dalam Soulé, M.E. (ed.) *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

EKOLOGI PAPUA

- Glazebrook, D. 2001. Dwelling in exile, perceiving return: West Papuan refugees from Irian Jaya living in East Awin in Western Province, Papua New Guinea. Ph.D. thesis, The Australian National University.
- Goddard Institute for Space Studies. 2005. Global temperature trends: 2004 summation. www.giss.nasa.gov/data/update/gistemp/2004/. Accessed 15 February 2005.
- Goldstein, J.H. 1991. The prospects for using market incentives to conserve biological diversity. *Environmental Law* 21: 985-1014.
- Gómez-Pompa, A., T.C. Whitmore dan M. Hadley (eds.). 1991. *Rain Forest Regeneration and Management*. Man and the Biosphere Series Volume 6. FAO Paris, UNESCO, and the Parthenon Publishing Group, Paris.
- Goodman, S.M. dan J.P. Benstead. 2005. Updated estimates of biotic diversity and endemism for Madagascar. *Oryx* 39: 73-77.
- Goodwin, H. dan I.R. Swingland. 1996. Ecotourism, biodiversity, and local development. *Biodiver. Cons.* 5: 275-276.
- Gorchov, D.L., F. Cornejo, C. Ascorra dan M. Jaramillo. 1993. The role of seed dispersal in the natural regeneration of rain forest after strip-cutting in the Peruvian Amazon. *Vegetatio* 107/108: 339-349.
- Gorecki, P.P., M. Mabin dan J. Campbell 1991. Archaeology and geomorphology of the Vanimo Coast, Papua New Guinea: preliminary results. *Archaeology in Oceania* 26: 119-122.
- Gosliner, T.M. 2002. Biodiversity, endemism and evolution of opisthobranch gastropods on Indo-Pacific coral reefs. Hlm. 937-940 dalam Kasim Moosa, M., S. Soemodihardjo, A. Soegiarto, K. Romimohtarto, A. Nontji, Soekarno, dan Suharsono (eds.) *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia, 23-27 October 2000*. Ministry of Environment, Indonesian Institute of Sciences and International Society for Reef Studies, Jakarta.
- Gosliner, T.M. 2002. Biodiversity, endemism, and evolution of opisthobranch gastropods on Indo-Pacific coral reefs. *Proc. 9th Int. Coral Reef Symp.* 2: 937-940.
- Gosliner, T.M., D.W. Behrens dan G.C. Williams. 1996. *Coral Reef Animals of the IndoPacific*. Sea Challengers, Monterey, California.
- Gotts, R.I.C. dan N. Pangemanan. 2001. *Mimika butterflies: a guide to the butterflies of the Mimika subdistrict of Papua*. PT Freeport Indonesia Biodiversity Centre, Timika, Indonesia.
- Govaerts, R. dan J. Dransfield. 2005. World Checklist of Palms. Royal
- Gradstein, S.R. 1997. The taxonomic diversity of epiphyllous bryophyte. *Abstracta Bot.* 21: 15-19.
- Gradstein, S.R. dan T. Pócs. 1989. Bryophyte. Hlm. 311-325 dalam Lieth, H. dan M.J.A. Werger (eds.) *Tropical Rain Forest Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam.
- Gradstein, S.R., N.M. Nadkarni, T. Krömer, I. Holz dan N. Nöske. 2003. A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity of tropical rain forests. *Selbyana* 24: 87-93.
- Gradstein, S.R., X.-L. He, S. Piippo dan M. Mizutani. 2002. Bryophyte flora of the Huon Peninsula, Papua New Guinea. LXVIII. Ptychanthoideae (Hepaticae). *Acta Bot. Fenn.* 174: 1-88.
- Green, E.P. dan F.T. Short (eds.). 2003. *World Atlas of Seagrasses*. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley.
- Greene, H.W. 1986. Diet and arboreality in the emerald monitor, *Varanus prasinus*, with comments on the study of adaptations. *Fieldiana, Zoology* 31: 1-12.
- Greenpeace. 2003. Partners in Crime. Greenpeace, London.

DAFTAR PUSTAKA

- Greer, A.E. 1970b. A subfamilial classification of scincid lizards. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 139: 151-183.
- Greer, A.E. 1985. The relationships of the lizard genus *Anelytropis* and *Dibamus*. *Journal of Herpetology* 19 (1): 116-156.
- Greer, A.E. 1989. *The Biology and Evolution of Australian Lizards*. S. Beatty, Chipping Norton, Australia.
- Greer, A.E. 1997. *The Biology and Evolution of Australian Snakes*. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton, New South Wales.
- Gressitt, J.L. (ed.). 1982. *Biogeography and Ecology of New Guinea*. W.R. Junk, The Hague.
- Gressitt, J.L. 1982b. Zoogeographical summary. Hlm. 897-918 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. W. Junk, The Hague.
- Gressitt, J.L. dan J.J.H. Szent-Ivany. 1968. Bibliography of New Guinea entomology. *Pacific Insects Monograph* 18: 1-674.
- Gressitt, J.L. dan R.W. Hornabrook. 1977. *Handbook of Common New Guinea Beetles*. Handbook 2. Wau Ecology Institute, Wau.
- Groenewegen, K., dan D.J. van de Kaa. 1964. *Resultaten van het Demografisch Onderzoek Westelijk Nieuw-Guinea*. 4 volumes. Government Printing and Publishing Office, The Hague.
- Grolle, R. dan S. Piippo. 1984. Annotated catalogue of Western Melanesian bryophyte. I. Hepaticae and Anthocerotae. *Acta Bot. Fenn.* 125: 1-86.
- Groombridge, B. 1982. *The IUCN Amphibia-Reptilia Red Data Book*. Part 1. Testudines, Crocodylia, Rhynchocephalia. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland.
- Groves, C. 2003. *Drafting a Conservation Blueprint: A Practitioner's Guide to Planning for Biodiversity*. Island Press, Washington, D.C.
- Groves, C.P. dan T.F. Flannery. 1994. A revision of the genus *Uromys* Peters, 1867 (Muridae: Mammalia) with descriptions of two new species. *Records of the Australian Museum* 46: 145-169.
- Groves, R.H. dan J. Chappell (eds.). 2000. *El Niño—History and Crisis*. The White Horse Press, Cambridge.
- Grubb, P.J. dan T.C. Whitmore. 1966. A comparison of montane and lowland forest in Ecuador. II. The climate and its effects on the distribution and physiognomy of the forests. *J. Ecol.* 54: 303-333.
- Grubb, P.J., J.R. Lloyd, T.D. Pennington dan T.C. Whitmore. 1963. A comparison of montane and lowland rain forest in Ecuador. I. The forest structure, physiognomy and floristics. *J. Ecol.* 51: 567-601.
- Grumbine, R.E. 1992. *Ghost Bears: Exploring the Biodiversity Crisis*. Island Press, Washington, D.C.
- Grumbine, R.E. 1994. What is ecosystem management? *Cons. Biol.* 8: 27-38.
- Guilcher, A. 1988. *Coral Reef Geomorphology*. John Wiley, New York.
- Gyi, K.K. 1970. A revision of colubrid snakes of the subfamily Homalopsinae. *Miscellaneous Publications of the Museum of Natural History, University of Kansas* 20 (2): 47-223.
- Günther, R. 1999. Morphological and bioacoustic characteristics of frogs of the genus *Platymantis* (Amphibia, Ranidae) in Irian Jaya, with descriptions of two new species. *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin. Zoologische Reihe* 75 (2): 317-335.

EKOLOGI PAPUA

- Günther, R. 2000a. *Albericus laurini* species nova, the first record of the genus *Albericus* (Anura, Microhylidae) from the west of P. Nugini. *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin. Zoologische Reihe* 76 (2): 167-174.
- Günther, R. 2000b. In alten Sammlungen aus Neuguinea entdeckt: zwei neue Arten der Gattung *Lipinia* (Squamata: Scincidae). *Salamandra* 36 (3): 157-174.
- Günther, R. 2001. The Papuan frog genus *Hylophorbus* (Anura: Microhylidae) is not monospecific: description of six new species. *Russian Journal of Herpetology* 8 (2): 81-104.
- Günther, R. 2002a. Beschreibung einer neuen *Copiula*-Art (Amphibia, Anura, Microhylidae) von der Insel Yapen im Nordwesten von Papua, Indonesien. *Zoologische Abhandlungen* 52: 77-86.
- Günther, R. 2002b. Westernmost records of the Papuan frog genus *Copiula* with descriptions of two new species (Amphibia: Anura: Microhylidae). *Zoologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde Dresden* 23 (2): 35-58.
- Günther, R. 2003a. First record of the microhylid frog genus *Cophixalus* from western Papua, Indonesia, with descriptions of two new species. *Herpetozoa* 16 (1/2): 3-21.
- Günther, R. 2003b. Further new species of the genus *Oreophryne* (Amphibia, Anura, Microhylidae) from western P. Nugini. *Zoologische Abhandlungen* (Dresden) 53: 65-85.
- Günther, R. 2003c. Sexual colour dimorphism in ranid frogs from P. Nugini: description of two new species (Amphibia, Anura, Ranidae). *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin. Zoologische Reihe* 79 (2): 207-227.
- Günther, R. 2003d. Three new species of the genus *Oreophryne* from western Papua, Indonesia. *Spixiana* 26 (2): 175-191.
- Günther, R. 2004a. Description of a new treefrog species from western P. Nugini showing extreme color polymorphism (Anura, Hylidae, *Litoria*). *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin. Zoologische Reihe* 80 (2): 251-260.
- Günther, R. 2004b. Two new treefrog species of the genus *Litoria* (Anura: Hylidae) from the west of P. Nugini. *Zoologische Abhandlungen* (Dresden) 54: 163-175.
- Günther, R. dan H. Rösler. 2002. Eine neue Art der Gattung *Cyrtodactylus* Gray, 1827 aus dem Westen von Neuguinea (Reptilia: Sauria: Gekkonidae). *Salamandra* 38 (4): 195-212.
- Günther, R. dan S.J. Richards. 2000. A new species of the *Litoria gracilentia* group from Irian Jaya. *Herpetozoa* 13 (1/2): 27-43.
- Günther, R., M. Kapisa dan I. Tetzlaff. 2001. Ein seltense Brutpflegeverhalten bei Froschlurchen: Männchen von *Sphenophryne cornuta* transportiert Jungtiere auf seinem Rücken (Anura, Microhylidae). *Herpetofauna* 23 (135): 14-24.
- Günther, R., S.J. Richards dan D. Iskandar. 2001. Two new species of the genus *Oreophryne* from Irian Jaya, Indonesia. *Spixiana* 24 (3): 257-274.
- Haantjens, H.A., J.J. Reijnders, W.L.P.J. Mouthaan dan F.A. van Baren. 1967. Major soil groups of New Guinea and their distribution. Communication No. 55, Royal Tropical Institute, Amsterdam.
- Haberle S.G., G.S. Hope dan Y. de Fretes. 1991. Environmental change in the Baliem Valley, montane Irian Jaya, Republic of Indonesia. *Journal of Biogeography* 18 (1): 25-40.
- Haberle, S.G. 1998. Late Quaternary vegetation change in the Tari Basin, Papua New Guinea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 137: 1-24.
- Haberle, S.G., G.S. Hope dan S. van der Kaars. 2001. Biomass burning in Indonesia and Papua New Guinea: natural and human induced fire events in the fossil record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 171: 259-268.

DAFTAR PUSTAKA

- Hafellner, J. dan R. Türk. 2001. Die lichenisierten Pilze Österreichs—eine Checkliste der bisher nachgewiesenen Arten mit Verbreitungsangaben. *Stapfia* (Linz) 76: 1-167.
- Hahn, W.J. 2002. A molecular phylogenetic study of the Palmae (Arecaceae) based on atpB, rbcL, and 18S nrDNA sequences. *Systematic Biology* 51: 92-112.
- Haines, A.K. 1983. Fish fauna and ecology. Hlm. 367-384 dalam Petr, T. (ed.) *The Purari-Tropical Environment of a High Rainfall River Basin*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- Hall, P.M. 1989. Variation in geographic isolates of the P. Nugini Crocodile (*Crocodylus novaeguineae* Schmidt) compared with the similar, allopatric, Philippine Crocodile (*C. mindorensis* Schmidt). *Copeia* 1989 (1): 71-80.
- Hall, R. 1996. Reconstructing Cenozoic SE Asia. Hlm. 153-184 dalam Hall, R. dan D.J. Blundell (eds.) *Tectonic Evolution of SE Asia*. Geol. Soc. London Spec. Publ. 106.
- Hall, R. 1998. The plate tectonics of Cenozoic SE Asia and the distribution of land and sea. Hlm. 99-131 dalam Hall, R. dan J.D. Holloway (eds.) *Biogeography and Geological Evolution of South-East Asia*. Backhuys, Leiden.
- Hall, R. 2001. Cenozoic reconstructions of SE Asia and the SW Pacific: changing patterns of land and sea. Hlm. 35-56 dalam Metcalfe, I., J.M.B. Smith, M. Morwood dan I. Davidson (eds.) *Faunal and Floral Migrations and Evolution in SE Asia-Australasia*. Balkema, Lisse.
- Hall, R. 2002. Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW Pacific: computer-based reconstructions, model and animations. *Journal of Asian Earth Sciences* 20 (4): 353-431.
- Hall, R. dan W. Spakman. 2003. Mantle structure and tectonic evolution of the region north and east of Australia. Hlm. 361-381 dalam Hillis, R.R. dan R.D. Müller (eds.) *Evolution and Dynamics of the Australian Plate*. Geological Society of Australia Special Publication 22 and Geological Society of America Special Paper 372.
- Hamann, A. dan E. Curio. 1999. Interactions among frugivores and fleshy fruit trees in a Philippine submontane rainforest. *Conserv Biol* 13: 766-773.
- Hamilton, W. 1978. Tectonic map of the Indonesian region. U.S. Geol. Survey. Misc. Invest. Ser., Map 1-875-D. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 1:5,000,000 scale map.
- Hamilton, W.B. 1979. Tectonics of the Indonesian region. U.S. Geol. Survey Professional Paper 1078: 1-345. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Hamilton, W.B. 1988. Plate tectonics and island arcs. *Geological Society of America Bulletin* 100: 1503-1527.
- Hammen, L. van der. 1983. Contribution to the knowledge of the soil-fauna of New Guinea. *Zoologische Verhandelingen* 206:1-36, pl. 1-19.
- Han, D., K. Zhou dan A.M. Bauer. 2004. Phylogenetic relationships among gekkotan lizards inferred from C-mos nuclear DNA sequences and a new classification of the Gekkota. *Biological Journal of the Linnean Society* 83 (3): 353-368.
- Hannah, L. dan T.E. Lovejoy (eds.). 2003. *Climate Change and Biodiversity: Synergistic Impacts*. Advances in Applied Biodiversity Science No. 4, August 2003. Center for Applied Biodiversity Science. Conservation International, Washington, D.C.
- Hansen, M., R. DeFries, J.R.G Townshend dan R. Sohlberg. 1998. *Land Cover Classification Derived from AVHRR*. The Global Land Cover Facility, College Park, Maryland.
- Hanson, L.W, B.J. Allen, R.M. Bourke dan T.J. McCarthy. 2001. Papua New Guinea Rural Development Handbook. Land Management Group, Australian National University, Canberra.
- Hardjasasmita, H.S. 1985. Fossil diprotodontid: *Zygomaturus Owen* 1859 dari Nimboran, Irian Jaya. *Pertemuan Ilmiah Arkeologi* 3: 999-1004.

EKOLOGI PAPUA

- Harlow, P. dan R. Shine. 1992. Food habits and reproductive biology of the Pacific Island boas (*Candoia*). *Journal of Herpetology* 26 (1): 60-66.
- Harper, J.L. dan D.L. Hawksworth. 1995. Preface Hlm. 5-12 dalam D.L. Hawksworth (ed). Biodiversity: Measurement and estimation. Chapman and Hall, London.
- Harrison, K. dan D.M. Holdich. 1983. Sphaeromatid isopods (Crustacea) from brackish waters in Queensland, Australia. *Zool. Scripta* 12: 127-140.
- Harrison, K., and D.M. Holdich. 1984. Hemibranchiate sphaeromatids (Crustacea: Isopoda) from Queensland, Australia, with a world wide review of the genera discussed. *Zool. J. Linn. Soc.* 81: 275-387.
- Harrison, R.P. 1992. *Forests: The Shadow of Civilization*. University of Chicago Press, Chicago.
- Hartemink, A.E. dan R.M. Bourke. 2000. Nutrient deficiencies of agricultural crops in Papua New Guinea. *Outlook on Agriculture* 29: 97-108
- Hassler, M. 2001. Statistischer Überblick über die Familie Orchidaceae und eine weltweite Checkliste der Orchideen. Hlm. 2826-2898 dalam Schlechter, R. (ed.) *Die Orchideen*, vol. 1/ C. Parey Buchverlag, Berlin.
- Hastenrath, S. 1991. *Climate Dynamics of the Tropics*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Haudricourt, A.-G. 1987 (1965). L'origine des techniques. Hlm. 287-298 dalam La technologie science humaine. Recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques. Ed. of the Maison des Sciences de l'Homme, Paris.
- Havel, J.J. 1965. Plantation establishment of Klinki Pine (*A. hunsteinii*) in New Guinea. *Commonw. For. Rev.* 44: 172-187.
- Hay, A.J. 1984. Palmae. Hlm. 195-318 dalam Johns, R.J. dan A.J. Hay (eds.) A Guide to the Monocotyledons of Papua New Guinea, 3. Papua New Guinea University of Technology, Lae.
- Haynes, P. 1989. Agriculture, soil dan climate in Irian Jaya. *Irian* 17: 88-105.
- Headland, T.N. 1987. The wild yam question: how well could independent hunter-gatherers live in a tropical rain forest ecosystem? *Human Ecology* 15: 463-491.
- Heads, M. 2001. Regional patterns of biodiversity in New Guinea plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 136 (1): 67-73.
- Heads, M. 2001a. Birds of paradise (Paradisaeidae) and bowerbirds (Ptilonorhynchidae): Regional levels of biodiversity and terrane tectonics in New Guinea. *J Zool* (London) 255: 221-339.
- Heads, M. 2001b. Birds of paradise, biography and ecology in New Guinea: a review. *J Biogeogr* 28: 893-925.
- Heads, M. 2001c. Regional patterns of biodiversity in New Guinea plants. *Bot J Linn Soc* 136: 67-73.
- Heads, M. 2002a. Birds of paradise, vicariance biogeography and terrane tectonics in New Guinea. *J Biogeogr* 29: 1-23.
- Heads, M. 2002b. Regional patterns of biodiversity in New Guinea animals. *Journal of Biogeography* 29: 285-294.
- Heads, M.J. 2003. Ericaceae in Malesia: vicariance biogeography, terrane tectonics and ecology. Proceedings of the 5th International Flora Malesiana Symposium 2001. *Telopea* 10 (1): 311-449.
- Healey, C. 1993. Folk taxonomy and mythology of birds of paradise in the New Guinea highlands. *Ethnology* 32: 19-34.
- Healey, C.J. 1986. Men and birds in the Jimi Valley. The impact of man on birds of paradise in the Papua New Guinea highlands. *Muruk* 1: 34-71.
- Heaney, L.R., D.S. Balete, M.L. Dolar, A.C. Alcala, A.T.L. Dans, P.C. Gonzales, N.R. Ingle, M.V. Lepiten, W.L.R. Oliver, P.S. Ong, E.A. Rickart, B.R. Tabaranza Jr.

DAFTAR PUSTAKA

- dan R.C.B. Utzurrum. 1998. A synopsis of the mammalian fauna of the Philippine Islands. *Fieldiana Zoology* n.s. 88: 1-61.
- Heaney, W. 1982. The changing roles of birds of paradise plumes in bridewealth in the Wahgi Valley. Hlm. 227-231 dalam Morauta, L., J. Pernetta dan W. Heaney (eds.) *Traditional Conservation in Papua New Guinea, Implications for Today*. Institute of Applied Social and Economic Research, Boroko.
- Heatwole, H. 1999. *Sea Snakes*. 2nd ed. University of New South Wales Press, Sydney, Australia.
- Hector, A., J. Joshi, S.P. Lawler, E.M. Spehn dan A. Wilby. 2001. Conservation implications of the link between biodiversity and ecosystem functioning. *Oecologia* 129: 624-628.
- Hegnauer, R. 1966. Chemataxonomie der Pflanzen. 4: 141-155. Birkhauser Verlag, Basel and Stuttgart.
- Helgen, K.M. 2003. The feather-tailed glider (*Acrobates pygmaeus*) in New Guinea. *Treubia* 33: 107-111.
- Helgen, K.M. 2005. The amphibious murines of New Guinea (Rodentia, Muridae): the generic status of *Baiyankmys* and description of a new species of *Hydromys*. *Zootaxa* 913: 1-20.
- Helgen, K.M. dan P.M. Oliver. 2004. A review of the mammal fauna of the Trans-Fly ecoregion. Report to the WWF South Pacific Program, Papua New Guinea.
- Helgen, K.M. dan T.F. Flannery. 2004a. A new species of bandicoot, *Microperoryctes aplini*, from western New Guinea. *Journal of Zoology* (London) 264: 117-124.
- Helgen, K.M. dan T.F. Flannery. 2004b. Notes on the phalangerid marsupial genus *Spiloguscus*, with description of a new species from Papua. *Journal of Mammalogy* 85: 825-833.
- Hendrian dan D.J. Middleton. 1999. A revision of *Rauvolfia* L. in Malesia. *Blumea* 44: 449-470.
- Hendrian. 2004. Revision of *Ochrosia* (*Apocynaceae*) in Malesia. *Blumea* 49: 101-128.
- Hennipman, E. 1978. Bolbitis. *Flora Malesiana* ser. II, 1 (4): 314-330.
- Henty, E.E. (ed.). 1981. *Handbooks of the Flora of Papua New Guinea*, Vol. 2. Melbourne University Press, Melbourne.
- Heywood, V.H. dan S.D. Davis. 1995. Centres of Plant Diversity. A Guide and Strategy for Their Conservation. Volume 2. Asia, Australasia and the Pacific. IUCN, Cambridge.
- Hide, R. 2004. *Pig Husbandry in New Guinea: A Literature Review and Bibliography*. Australian Centre for Agricultural Research, Canberra.
- Hill, D. dan K. Hill. 1998. Primates as pests: conflict and conservation. Abstracts of the Congress of the International Primatological Society.
- Hill, J.E. 1990. A memoir and bibliography of Michael Rogers Oldfield Thomas, F.R.S. *Bulletin of the British Museum of Natural History* (Historical Series) 18: 25-113.
- Hill, J.K., K.C. Hamer, L.A. Lace dan W.M.T. Banham. 1995. Effects of selective logging on tropical forest butterflies on Buru, Indonesia. *Journal of Applied Ecology* 32: 752-760.
- Hill, K.C. dan A. Raza. 1999. Arc-continent collision in Papua New Guinea: constraints from fission track thermochronology. *Tectonics* 18: 950-966.
- Hill, K.C. dan R. Hall. 2003. Mesozoic-Cenozoic evolution of Australia's New Guinea margin in a west Pacific context. Hlm. 265-290 dalam Hillis, R.R. dan R.D. Müller (eds.) *Evolution and Dynamics of the Australian Plate*. Geological Society of Australia Special Publication 22 and Geological Society of America Special Paper 372.

EKOLOGI PAPUA

- Hillis, W.E. dan T. Inoue. 1967. The polyphenols of *Nothofagus* species 2. The heartwood of *Nothofagus fusca*. *Phytochemistry* 6: 59-67.
- Hitchcock, G. 2002. Fish fauna of the Bensbach River, southwest Papua New Guinea. *Memoirs of the Queensland Museum* 48 (1): 119-122.
- Hitipeuw, C. 2003. Status of sea turtle populations in the Raja Ampat Islands. Hlm. 85-96 dalam Donnelly, R., D. Neville dan P.J. Mous (eds.) *Report on a Rapid Ecological Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua, Eastern Indonesia*, held October 30 -Southeast Asia Center for Marine Protected Areas, Sanur, Bali, Indonesia.
- Hnatiuk R.J., J.M.B. Smith dan D.N. McVean. 1976. Mt. Wilhelm Studies, 2. The climate of Mt. Wilhelm. Research School of Pacific Studies, Department of Biogeography and Geomorphology Publications BG/4. Australian National University, Canberra.
- Hnatiuk, R. J. 1975. Aspects of the growth and climate of tussock grassland in montane New Guinea and sub-Antarctic islands. Ph.D. diss., Australian National University, Canberra.
- Ho, B.C. dan B.C. Tan. 2002. Additions to the moss flora of Endau Rompin National Park, Johore State, Peninsular Malaysia. *Tropical Bryol.* 22: 67-76.
- Hobbs, H.H., III, 1998. Decapoda (Caridea, Astacidea, Anomura). Hlm. 891-911 dalam Juberthie, C., dan V. Decu (eds.) *Encyclopaedia Biospeologica* Vol. II. Société de Biospéologie, Moulis.
- Holbrook, K.M., T.B. Smith dan B.D. Hardesty. 2002. Implications of long-distance movements of frugivorous rain forest hornbills. *Ecography* 25: 745-749.
- Holdich, D.M., K. Harrison dan N.L. Bruce. 1981. Cirolanid isopod crustaceans from the Townsville region of Queensland, Australia, with descriptions of six new species. *J. Nat. Hist.* 15: 555-605.
- Holland, G.P. 1969. Contribution towards a monograph of the fleas of New Guinea. *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 61: 1-77.
- Holloway, J.D. 1984b. The larger moths of the Gunung Mulu National Park: a preliminary assessment of their distribution, ecology, and potential as environmental indicators. *Sarawak Museum Journal* 30: 149-190.
- Holloway, J.D. dan N.E. Stork. 1991. The dimensions of biodiversity: the use of invertebrates as indicators of man's impact. Dalam Hawksworth, D.L. (ed.) *The Ecological Foundations of Sustainable Agriculture*. CAB International, Wallingford, U.K.
- Holloway, J.D. dan R. Hall. 1998. SE Asian geology and biogeography: an introduction. Hlm. 1-23 dalam Hall, R. dan J.D. Holloway (eds.) *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*. Backhuys Publishers, Leiden.
- Holmes, D. 2002. Deforestation in Indonesia: A Review of the Situation in Sumatra, Kalimantan and Sulawesi. The World Bank, Washington, D.C.
- Holthuis, L. 1973. Caridian shrimps found in land-locked salt water pools at four IndoWest Pacific localities (Sinai Peninsula, Funafuti Atoll, Maui and Hawaii islands), with description of one new genus and four new species. *Zoologische Verhandelingen* 128: 1-48.
- Holthuis, L.B. 1939. Decapoda Macrura, with a revision of the New Guinea Parastacidae. *Zoological Results of the Dutch New Guinea Expedition 1939* 3: 289-328.
- Holthuis, L.B. 1950. Results of the Archbold Expeditions. No. 63. The Crustacea Decapoda Macrura collected by the Archbold New Guinea Expeditions. *American Museum Novitates* 1461: 1-17.
- Holthuis, L.B. 1956. Contributions to New Guinea carcinology I. *Nova Guinea* (new series) 7: 123-137.
- Holthuis, L.B. 1958. Freshwater crayfish in the Netherlands New Guinea Mountains. *SPC Quarterly Bulletin* 8: 36-39.

DAFTAR PUSTAKA

- Holthuis, L.B. 1982. Freshwater Crustacea Decapoda of New Guinea. Hlm. 603-619 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. Dr. W. Junk, The Hague.
- Holthuis, L.B. 1986. The freshwater crayfish of New Guinea. *Freshwater Crayfish* 6: 48-58.
- Holtum, R.E. 1959a. Gleicheniaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 1 (1): 1-36.
- Holtum, R.E. 1959b. Schizaeaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 1 (1): 37-61.
- Holtum, R.E. 1963. Cyatheaceae [including Dicksoniaceae]. *Flora Malesiana* ser. II, 1 (2): 65-158.
- Holtum, R.E. 1978. Lomariopsis group. *Flora Malesiana* ser. II, 1 (4): 255-314.
- Holtum, R.E. 1981. Thelypteridaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 1 (5): 331-599.
- Hoogerwerf, A. 1970. Ujung Kulon. E.J. Brill, Leiden. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). 2002. 2002 IUCN Red List of Threatened Species. Ada di www.redlist.org/search/details.php?species=12551. Diakses tanggal 20 Oktober 2003.
- Hoogland, R.D. 1958. The alpine flora of Mt Wilhelm. *Blumea*, Suppl. 4: 220-238.
- Hooper, D.U. dan P.M. Vitousek. 1997. The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science* 277: 1302-1305.
- Hooper, D.U., E.S. Chapin, III, J.J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, J.H. Lawton, D.M. Lodge, M. Loreau, S. Naeem, B. Schmid, H. Setälä, A.J. Symstad, J. Vandermeer dan D.A. Wardle. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol. Monographs* 75: 3-35.
- Hope, G.S. 1976. The vegetation of Mt Jaya. Hlm. 113-172 dalam Hope, G.S., J.A. Peterson, I. Allison dan U. Radok (eds.) *The Equatorial Glaciers of New Guinea*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Hope, G.S. 1976a. The vegetational history of Mt Wilhelm, Papua New Guinea. *J. Ecol.* 64: 627-663.
- Hope, G.S. 1976b. Vegetation. Hlm. 112-172 dalam Hope, G.S., J.A. Peterson, I. Allison dan U. Radok (eds.) *The Equatorial Glaciers of New Guinea*. Balkema, Rotterdam.
- Hope, G.S. 1980. New Guinea mountain vegetation communities. Hlm. 153-222 dalam van Royen, P. (ed.) *The Alpin Flora of New Guinea*, Vol. 1. J. Cramer, Vaduz.
- Hope, G.S. 1983. The vegetation changes of the last 20,000 years at Telefomin, Papua New Guinea. *Singapore Journal of Tropical Geography* 4: 25-33.
- Hope, G.S. 1989. Climatic implications of timberline changes in Australasia from 30,000 BP to present. Hlm. 91-99 dalam Donnelly, T., dan R. Wasson (eds.) CLIMANZ. CSIRO, Div. Water Resources, Canberra.
- Hope, G.S. 1996. Quaternary change and historical biogeography of Pacific Islands. Hlm. 165-190 dalam Keast, A., dan S.E. Miller (eds.) *The Origin and Evolution of Pacific Island Biotas, New Guinea to Eastern Polynesia: Patterns and Process*. SPB Publishing, Amsterdam.
- Hope, G.S. 1996a. Quaternary change and historical biogeography of Pacific Islands. Hlm. 165-190 dalam Keast, A. dan S.E. Miller (eds.) *The Origin and Evolution of Pacific Island Biotas, New Guinea to Eastern Polynesia: Patterns and Process*. SPB Publishing, Amsterdam.
- Hope, G.S. 1996b. History of *Nothofagus* in New Guinea and New Caledonia. Hlm. 257-270 dalam Veblen, T.T., R.S. Hill dan J. Read (eds.) *The Ecology and Biogeography of Nothofagus Forests*. Yale University Press, New Haven, Connecticut.
- Hope, G.S. 1998. Early fire and forest change in the Baliem Valley, Irian Jaya, Indonesia. *Journal of Biogeography* 25: 453-461.

EKOLOGI PAPUA

- Hope, G.S. 2005. The Quaternary in Southeast Asia. Hlm. 24-37 dalam Gupta, A. (ed.) *The Physical Geography of Southeast Asia*. Oxford University Press, Oxford.
- Hope, G.S. dan J. Golson. 1995. Late Quaternary change in the mountains of New Guinea. Dalam Allen, F.J., dan J.F. O'Connell (eds.) *Transitions*. *Antiquity* 69 (265): 818-830.
- Hope, G.S. dan J. Tulip. 1994. A long vegetation history from lowland Irian Jaya, Indonesia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 109: 385-398.
- Hope, G.S. dan J.H. Hope. 1976. Man on Mt. Jaya. Hlm. 225-239 dalam Hope, G.S., J.A. Peterson, U. Radok dan I. Allison (eds.) *The Equatorial Glaciers of New Guinea*. Results of the 1971-1973 Australian Universities' Expeditions to Irian Jaya: Survey, Glaciology, Meteorology, Biology and Palaeoenvironments. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Hope, G.S. dan K. Aplin. 2005. Environmental change in the Aru Islands. Dalam O'Connor, S., M. Spriggs dan P. Veth (eds.) *The Archaeology of the Aru Islands, Eastern Indonesia*. Pandanus Press, Canberra.
- Hope, G.S., dan J. Tulip. 1994. A long vegetation history from lowland Irian Jaya, Indonesia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 109: 385-398.
- Hope, G.S., J.A. Peterson dan R. Mitton 1973. Recession of the minor ice fields of Irian Jaya. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* IX: 73-87.
- Hope, G.S., J.A. Peterson, U. Radok dan I. Allison (eds.). 1976. *The Equatorial Glaciers of New Guinea*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Hope, G.S., T.F. Flannery dan Boeardi. 1993. A preliminary report of changing Quaternary mammal faunas in subalpine New Guinea. *Quaternary Research* 40: 117-126.
- Hope, J.H. 1981. A new species of *Thylogale* (Marsupialia: Macropodidae) from Mapala rock shelter, Jaya (Carstenz) Mountains, Irian Jaya (Western New Guinea), Indonesia. *Records of the Australian Museum* 33: 368-387.
- Hopley, D. 1982. *The Geomorphology of the Great Barrier Reef: Quaternary Development of Coral Reefs*. John Wiley, New York.
- Horn, H.-G. 2004. *Varanus salvadorii*. Hlm. 234-243 dalam Pianka, E.R., D.R. King dan R.A. King (eds.) *Varanoid Lizards of the World*. Indiana University Press, Bloomington, Indiana.
- Hoser, R. 2000. A new species of snake from Irian Jaya (Serpentes: Elapidae). *Litteratura Serpentiaria* 20 (6): 178-186.
- Houston, D. dan R. Shine. 1994. Population demography of Arafura filesnakes (Serpentes: Acrochordidae) in tropical Australia. *Journal of Herpetology* 28 (3): 273-280.
- Howarth, F.G. 1991. Environmental impacts of classical biological control. *Ann. Rev. Ent.* 36: 485-509.
- Howarth, F.G. dan G.W. Ramsay. 1991. The conservation of island insects and their habitats. Hlm. 71-107 dalam Collins, N.M. dan J.A. Thomas (eds.) *The Conservation of Insects and Their Habitats*. Academic Press, London.
- Hovenkamp, P.H., M.T.M. Bosman, E. Hennipman, H.P. Nooteboom, G. Rödl-Linder dan M.C. Roos. 1998. Polypodiaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 3: 1-234.
- Hughes, T.P., D.C. Reed dan M. Boyle. 1987. Herbivory on coral reefs: community structure following mass mortalities of sea urchins. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 113: 39-59.
- Hughes, T.P., D.R. Bellwood dan S.R. Connolly. 2002. Biodiversity hotspots, centres of endemism, and the conservation of coral reefs. *Ecol. Letters* 5: 775-784.
- Huizinga, F. 1998. Relations between Tidore and the North Coast of New Guinea in the Nineteenth Century. Hlm. 385-419 dalam Miedema, J., C. Odé, dan R.A.C. Dam (eds.) *Perspectives on the Bird's Head of Irian Jaya, Indonesia: Proceedings of the Conference, Leiden, 13-17 October 1997*. Editions Rodopi, Amsterdam.

DAFTAR PUSTAKA

- Humoto, M. dan M.K. Moosa. 2005. Indonesian marine and coastal biodiversity: present status. *Indian Journal of Marine Sciences* 34: 88-97.
- Humphreys, W.F. 2000. Background and glossary. Hlm. 3-14 dalam Wilkens, H., D.C. Culver, dan W.F. Humphreys (eds.) *Ecosystems of the World 30: Subterranean Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam.
- Huston, M.A. 1999. Microcosm experiments have limited relevance for community and ecosystem ecology: synthesis of comments. *Ecology* 80: 1088-1089.
- Huston, M.A. dan A.C. McBride. 2002. Evaluating the relative strengths of biotic versus abiotic controls on ecosystem processes. Hlm. 47-60 dalam Loreau, M., S. Naeem, dan P. Inchausti (eds.) *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*. Oxford University Press, Oxford.
- Huydecoper van Nigtevecht, J.L.R. 1990. *Nieuw-Guinea: Het Einde van een Koloniaal Beleid*. SDU, The Hague.
- Huynh, K.-L. 2000. The genus *Freycinetia* (Pandanaceae) in New Guinea (part 3). *Candollea* 55: 299-322.
- Huynh, K.-L. 2001. The genus *Freycinetia* (Pandanaceae) in New Guinea (part 5). *Bot. Jahrb. Syst.* 123 (3): 321-340.
- Huynh, K.-L. 2002a. The genus *Freycinetia* (Pandanaceae) in New Guinea (part 4). *Blumea* 47 (3): 513-536.
- Huynh, K.-L. 2002b. The genus *Freycinetia* (Pandanaceae) in New Guinea (part 6). *Candollea* 57: 55-65.
- Huynh, K.-L. 2002c. The genus *Freycinetia* (Pandanaceae) in New Guinea (part 7). *Bot. Jahrb. Syst.* 124 (2): 151-161.
- Huynh, K.-L. 2003. The genus *Freycinetia* (Pandanaceae) in New Guinea (part 8). *Bot. Jahrb. Syst.* 125 (1): 73-83.
- Hyndman, D.C. dan J.I. Menzies. 1990. Rain forests of the Ok Tedi headwaters, New Guinea: an ecological analysis. *J Biogeogr* 17: 241-273.
- Hynes, R.A. 1973. Ecology of *Nothofagus* forest in central New Guinea. Master's thesis, Univ. Papua New Guinea.
- Hynes, R.A. 1974. Altitudinal zonation of forests in Malesia. Hlm. 75-120 dalam Flenley, J.R. (ed.) *Altitudinal Zonation of Forests in Malesia*. Dept. Geogr., Univ. of Hull.
- Hyvönen, J. 1989. On the bryogeography of Western Melanesia. *J. Hattori Bot. Lab.* 66: 231-254.
- Hyvönen, J., T. Koponen dan D.H. Norris. 1987. Human influence on the moss flora of tropical rain forest in Papua New Guinea. *Symposia Biol. Hungarica* 35: 621-629.
- Indonesian Seagrass Committee. 2002. Assessment of institution and legal aspect relevant to management of seagrass ecosystem. The 1st Six Months Progress Report of Indonesian Seagrass Committee. UNEP-GEF Project: "Reversing Environmental Degradation Trends in South China Sea and the Gulf of Thailand." UNEP, Jakarta.
- Inger, R.F. dan F.L. Tan. 1996. Checklist of the frogs of Borneo. *Raffles Bulletin of Zoology* 44 (2): 551-574.
- Ingram, G. dan J.A. Covacevich. 1989. Revision of the genus *Carlia* (Reptilia, Scincidae) in Australia with comments on *Carlia bicarinata* of P. Nugini. *Memoirs of the Queensland Museum* 27 (2): 443-490.
- International Crisis Group. 2002. Indonesia: resources and conflict in Papua. ICG Asia report no. 39, 13 September 2002. International Crisis Group, Jakarta/Brussels.
- International Crisis Group. 2003. Dividing Papua: how not to do it. Indonesia Briefing 9 April 2003. International Crisis Group, Jakarta and Brussels.
- International Federation of Chemical, Energy, Mine and General Workers' Unions. 1998. Rio Tinto Tainted Titan. The Stakeholders Report 1997.

EKOLOGI PAPUA

- International Foundation for Election Systems. 2003. Public opinion survey Papua Indonesia. February 28, 2003.
- International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). 1994. Guidelines for protected areas management categories. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Cambridge, UK, and Gland, Switzerland, www.iucn.org/themes/wcpa/.
- International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species, www.redlist.org. February 2005.
- International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources. 2005. The IUCN Red List of Threatened Species. Threats Authority File (Version 2.1) www.iucn.org/themes/ssc/sis/authority.htm. Accessed 15 February 2005.
- Invasive Species Specialist Group. 2005. ISSG Global Invasive Species Database. www.issg.org/database. Accessed 15 February 2005.
- Iskandar, D.T. 2000. *Turtles and Crocodiles of Insular Southeast Asia and P. New Guinea*. Department of Biology, Institute of Technology, Bandung, Indonesia.
- IUCN. 1991. *A Directory of Asian Wetlands*. IUCN Conservation Monitoring Centre, Cambridge.
- IUCN. 2002. *IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Iverson, J. 1992. Species richness maps of the freshwater and terrestrial turtles of the world. *Smithsonian Herpetological Information Service* 88: 1-18.
- Iverson, J.B. 1986. *A Checklist with Distribution Maps of the Turtles of the World*. Privately published, Richmond, Indiana.
- Jacobs, H.J. 2003. A further new emerald tree monitor lizard of the *Varanus prasinus* species group from Waigeo, West Irian (Squamata: Sauria: Varanidae). *Salamandra* 39(2): 65-74.
- Jacobs, H.J. 2004. *Varanus kordensis*. Hlm. 205-207 dalam Pianka, E.R., D.R. King dan R.A. King (eds.) *Varanoid Lizards of the World*. Indiana University Press, Bloomington, Indiana.
- Jacobs, M. 1974. Panorama Botanique de l'Archipel Malais (Pltes. Vasc.). Ressources Naturelles de l'Asie Trop. Humide, UNESCO. *Recherches sur les Ress. Nat.* XII, 285-320.
- James, A., K. Gaston dan A. Balmford. 1999. Balancing the earth's accounts. *Nature* 401: 323-324.
- James, P.W., A. Aptroot, P. Diederich, H.J.M. Sipman dan E. Sérusiaux. 2001. New species in the lichen genus *Menegazzia* in New Guinea. *Biblioth. Lichenol.* 78: 91-108.
- Jasinska, E.J., dan B. Knott. 2000. Root-driven faunas in cave waters. Hlm. 287-307 dalam Wilkens, H., D.C. Culver, dan W.F. Humphreys (eds.) *Ecosystems of the World 30: Subterranean Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam.
- JATAM (Mining Advocacy Network). 2001. *Compilation of mining companies in Papua (update 2000)*. Jakarta.
- Jelden, D.C. 1981. Preliminary studies on the breeding biology of *Crocodylus porosus* and *Crocodylus n. novaeguineae* on the middle Sepik, Papua P. New Guinea. *Amphibia-Reptilia* 1 (3/4): 353-358.
- Jenkins, C. 1992. Environmental change and human health in Papua New Guinea. Hlm. 75-82 dalam Pearl, M., et al. (eds.) *Conservation and Environment in Papua New Guinea: Establishing Research Priorities*. Embassy of Papua New Guinea, Washington, D.C. dan Wildlife Conservation International, Bronx, New York.
- Jepson, P. dan R.J. Whittaker. 2002. Ecoregions in context: a critique with special reference to Indonesia. *Conservation Biology* 16 (1): 42-57.

DAFTAR PUSTAKA

- Jepson, P., J.K. Jarvie, K. MacKinnon dan K.A. Monk. 2001. The end for Indonesia's lowland forests? *Science* 292: 859-861.
- Johansen, B.E. 2002. *Indigenous Peoples and Environmental Issues: An Encyclopedia*. Irian Jaya/Papua New Guinea. www.ratical.org/ratville/IPEIE/IJ_PNG.html.
- Johns, A.D. 1983. Tropical forest primates and logging—can they co-exist? *Oryx* 17: 114-118.
- Johns, R.J. 1976. A classification of the montane forests of Papua New Guinea. *Science in New Guinea* 4: 105-128.
- Johns, R.J. 1976. A provisional classification of the montane vegetation of New Guinea. *Science in New Guinea* 4: 105-117.
- Johns, R.J. 1976-1978. *Common Forest Trees of Papua New Guinea*. 12 parts. PNG Office of Forests.
- Johns, R.J. 1982. Plant zonation. Hlm. 309-330 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht, The Netherlands.
- Johns, R.J. 1982. Plant zonation. Hlm. 309-330 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- Johns, R.J. 1986. The instability of the tropical ecosystem in Papuasias. *Blumea* 31: 341-371.
- Johns, R.J. 1987. *The Flowering Plants of Papuasias. Dicotyledons. Part 1: Magnoliidae*. PNG University of Technology Forestry Department, Lae.
- Johns, R.J. 1988. *The Flowering Plants of Papuasias. Dicotyledons. Part 2: Hamamelidae*. Christensen Research Institute Publication No. 1. Christensen Research Institute and the PNG University of Technology Forestry Department, Lae.
- Johns, R.J. 1989. *The Flowering Plants of Papuasias. Part 3: the Caryophyllidae*. Christensen Research Institute Publication No. 2. Christensen Research Institute and the PNG University of Technology Forestry Department, Lae.
- Johns, R.J. 1993. Biodiversity and conservation of the native flora of Papua New Guinea. Hlm. 15-75 dalam Beehler, B. (ed.) *Papua New Guinea Conservation Needs Assessment Report*. Vol. 2. PNG Dept. of Environment and Conservation, Boroko.
- Johns, R.J. 1995. Endemism in the Malesian flora. *Curtis's Botanical Magazine* 12 (2): 95-110.
- Johns, R.J. 1995. Malesia—an introduction. *Curtis's Botanical Magazine* 12 (2): 52-62.
- Johns, R.J. dan P.F. Stevens. 1972. Mt Wilhelm flora: a check list of the species. *Botany Bulletin* 6. Dept. of Forests, Papua New Guinea.
- Johns, R.J., dkk. Dalam persiapan. A Guide to the Subalpin and Alpin Flora of Mount Jaya, New Guinea. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Johns, R.J., P.J. Edwards, T.M.A. Litteridge dan H.C.F. Hopkins, 2006. *A Guide to the Alpine and Subalpine Flora of Mount Jaya*. Kew Publishing, Royal Botanic Gardens, Kew.
- Johnson, A., R. Bino dan P. Igag. 2004. A preliminary evaluation of the sustainability of cassowary (Aves: Casuariidae) capture and trade in Papua New Guinea. *Anim Conserv* 7: 129-137.
- Johnson, D.S. 1967. Distributional patterns of Malayan freshwater fish. *Ecology* 48: 722-730.
- Johnstone, I.M. 1982. Ecology and distribution of seagrasses. Hlm. 497-512 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. Monographiae Biologicae Vol 42. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.

EKOLOGI PAPUA

- Johnstone, I.M. dan D.G. Frodin. 1982. Mangroves of the Papuan subregion. Hlm. 513-528 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- Jokiel, P. dan F.J. Martinelli. 1992. The vortex model of coral reef biogeography. *J. Biogeogr.* 19: 449-458.
- Jones, D.A., J.D. Icely dan S.M. Cragg. 1983. Some corallanid isopods associated with wood from Papua New Guinea. *Journal of Natural History* 17: 837-847.
- Jones, D.N., R.J. Dekker dan C.S. Roselaar. 1995. *The Megapodes*. Oxford University Press, Oxford.
- Jones, F.W. 1909. The fauna of the Cocos-Keeling Atoll, collected by F. Wood Jones. *Proceedings of the Zoological Society of London* 1909 (3): 132-160.
- Jones, S. 1993. *1992 Caves of Thunder Expedition*. Sedbergh, Cumbria.
- Jones, W.G., K.D. Hill, dan J.M. Allen. 1995. *Wollemia nobilis*, a new living Australian genus and species in the Araucariaceae. *Telopea* 6: 173-176.
- Jones, W.K., D.C. Culver, dan J.S. Herman (eds.). 2004. *Epikarst*. Karst Waters Institute Special Publication 9, Charles Town, West Virginia, U.S.
- Jongmans, W. 1940. Beitrage zur kenntnis der Karbonflora von Nederlandsch Neu Guinea. *Mededeelingen Geologische Stichting* 1938-1939: 263-274.
- Kalkman, C. 1963. Description of vegetation types in the Star Mountains region, West New Guinea. *Nova Guinea, Botany* 15: 247-261.
- Kalkman, C. dan W. Vink. 1970. Botanical exploration in the Doma Peaks region, New Guinea. *Blumea* 18: 88-135.
- Kambuou, R.N. 1996. Papua New Guinea: country report to the FAO International Technical Conference on Plant Genetic Resources, Leipzig: 26.
- Kamma, F.C. 1947/1948. De Verhouding tussen Tidore en de Papoesche Eilanden in Legende en Historie. Indonesia: I, 361ff.; II, 536 ff.
- Kamma, F.C. 1976. Dit Wonderlijke Werk: Het Probleem van de Communicatie tussen Oost en West Gebaseerd op de Ervaringen in het Zendingswerk op Nieuw-Guinea (Irian Jaya) 1855-1972, Een Socio-missiologicalische Benadering. 2 volumes. Raad voor de Zending der Ned. Hervormde Kerk, Oegstgeest.
- Kaneheira, R. dan S. Hatusima. 1943. The Kanehira and Hatusima 1940 Collection of New Guinea Plants XXI. *Botanical Magazine* (Tokyo) 57: 215-236. Mez, C. 1902. Myrsinaceae. Hlm. 1-437 dalam Engler, A. (ed.) *Das Pflanzenreich* IV. 236 (Heft 9). Leipzig.
- Kapisa, N. 2004. Policy in forest resource management under Special Autonomy in Papua. Jayapura.
- Karasov, W.H. dan D.J. Levey. 1990. Digestive trade-offs and adaptations of frugivorous passerine birds. *Physiol Zool* 63: 1248-1270.
- Karlson, R., H. Cornell dan T.P. Hughes. 2004. Coral communities are regionally enriched along an oceanic biodiversity gradient. *Nature* 429: 867-870.
- Kartawinata, K., S. Adisoemarto, S. Soemodihardjo dan I.G.M. Tantra. 1979. Status pengetahuan hutan bakau di Indonesia. Hlm. 21-39 dalam Soemodihardjo, S., A. Nontji dan A. Djamali (eds.) *Prosiding Seminar Ekosistem Hutan Mangrove*. LIPI, Jakarta, Indonesia.
- Kastoro, W.W., B.S. Soedibjo, A. Aziz, I. Aswandy dan I.A. Hakim. 1991. A study of the soft-bottom benthic community of a mangrove creek in Grajagan, East Java. Hlm. 207-221 dalam Alcalá, A. (ed.) *Proceedings of the ASEAN-Australia Regional Symposium on Living Resources in Coastal Areas*. Manila, Philippines.
- Kathiresan, K. dan B.L. Bingham. 2001. Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Adv Mar Biol* 40: 81-251.

DAFTAR PUSTAKA

- Kathirithamby, J. 1989. Review of the order Strepsiptera. *Systematic Entomology* 14: 41-92.
- Kato, M. 1990. The fern flora of Seram. Hlm. 225-234 dalam Baas, P., K. Kalkman dan R. Geesing (eds.) *The Plant Diversity of Malesia*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Kato, M. 1998. Matoniaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 3: 289-294.
- Kato, M., A. Takimura dan A. Kawakita. 2003. An obligate pollination mutualism and reciprocal diversification in the tree genus *Glochidion* (Euphorbiaceae). *PNAS* 100: 5264-5267.
- Kawakita, A. dan M. Kato. 2004. Obligate pollination mutualism in *Breynia* (Phyllanthaceae): further documentation of pollination mutualism involving *Epicephala* moths (Gracillariidae). *Am. J. Bot.* 91: 1319-1325.
- Kayoi, M. 2004. Direction and policy of Papua forestry development in Special Autonomy era. Forestry Services of Papua Province, Jayapura.
- Kedubes AS Jakarta. 2005. LNG report: troubles in Indonesia's LNG industry. *Energy News*, June 6, 2005. Embassy of the United States, Jakarta.
- Kemp, A. dan R.E. Molnar. 1981. *Neoceratodus forsteri* from the lower Cretaceous of New South Wales. *Aus. J. Paleo.* 55: 211-217.
- Kemp, N.J. dan J.B. Burnett. 2003. Laporan: Kera ekor panjang (*Macaca fascicularis*) di Pulau Nugini: penilaian dan penatalaksanaan resiko terhadap keanekaragaman hayati. Indo-Pacific Conservation Alliance dan Universitas Cenderawasih, Jayapura.
- Kennedy, D. 1998. Risky business: the Grasberg gold mine. An independent annual report on P.T. Freeport Indonesia. Project Underground, Berkeley, California.
- Kennedy, J. dan W. Clarke. 2004. Cultivated landscapes of the Southwest Pacific. RMAP Working Papers, No. 50, Canberra.
- Kensely, B. dan M. Schotte. 1987. New records of isopod crustacea from the Caribbean, the Florida Keys, and the Bahamas. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 100: 216-247.
- Kern, J.H. 1974. Cyperaceae. *Flora Malesiana* ser. I, 7 (3): 435-753.
- Kern, J.H. dan H.P. Nooteboom. 1979. Cyperaceae-II. *Flora Malesiana* ser. I, 9 (1): 107-187.
- Khan, A.H. 1976. Palynology of Neogene sediments from Papua (New Guinea) stratigraphic boundaries. *Pollen et Spores* 16: 265-284.
- Kifune, T. dan Y. Hirashima. 1989. Taxonomic studies on the Strepsiptera in the collection of Bishop Museum (Notulae Strepsipterologicae-XX). *Esakia* 28: 11-48.
- King, F.W. dan R.L. Burke. 1989. Crocodilian, Tuatara, and Turtle Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. Association of Systematics Collections, Washington, D.C.
- King, R.J. 1990. Macroalgae associated with the mangrove vegetation of Papua New Guinea. *Bot Mar* 33: 55-62.
- Kinnaird, M.F., T.G. O'Brien dan S. Suryadi. 1999. Importance of figs to Sulawesi's imperiled wildlife. *Trop Biodiv* 6: 5-18.
- Kinzig, A.P., S.W. Pacala, dan D. Tilman (eds.). 2001. *The Functional Consequences of Biodiversity*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Kirch, P.V. 1989. Second millennium b.c. arboriculture in Melanesia: archeological evidence from the Mussa Islands. *Economic Botany* 43: 225-240.
- Kirch, P.V. 1997. *The Lapita Peoples*. Blackwell, Malden, Massachusetts. Kitchener, D.J., N. Cooper dan I. Maryanto. 1995. The *Myotis adversus* (Chiroptera: Vespertilionidae) species complex in eastern Indonesia, Australia, Papua New Guinea and the Solomon Islands. *Records of the Western Australian Museum* 17: 191-212.
- Kitayama, K. 1992a. An altitudinal transect study of the vegetation on Mount Kinabalu, Borneo. *Vegetatio* 102: 149-171.

EKOLOGI PAPUA

- Kitayama, K. 1992b. Comparative vegetation analysis on the wet slopes of two tropical mountains: Mt Haleakala, Hawaii and Mt. Kinabalu, Borneo. Ph.D. diss., University of Hawaii.
- Kitchener, D. (ed.). 1997. Wasur National Park—Tonda Wildlife Management Area biodiversity research planning workshop, Jakarta, 8-10 December 1997. Report of workshop proceedings. World Wide Fund for Nature Indonesia Programme.
- Kleijn, D. dan R. van Donkelaar. 2001. Notes on the taxonomy and ecology of the genus *Hoya* (Asclepiadaceae) in central Sulawesi. *Blumea* 46: 457-483.
- Klein, W.C. (ed.). 1935-1938. *Nieuw Guinee*. Three volumes. De Bussy and Molukken-Instituut, Amsterdam.
- Kluge, A.G. 1974. A taxonomic revision of the lizard family Pygopodidae. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan* 147: 1-221.
- Klump, D.W., R.K. Howard dan D.A. Pollard. 1989. Thropodynamics and nutritional ecology of seagrass communities. Hlm. 394-457 dalam Larkum, A.W.D., A.J. McComb dan S.A. Shepherd (eds.) *Biology of Seagrasses: A Treatise on the Biology of Seagrasses with Special Reference to the Australian Region*. Elsevier, Amsterdam.
- Koentjaraningrat, R.M. 1970. *Keseragaman dan Anekawarna Masyarakat Irian Barat*. Lembaga Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Koentjaraningrat, R.M. 1974. *Kebudayaan, Mentalitas dan Pembangunan*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kohn, A.J. 2001. Maximal species richness in *Conus*: diversity, diet and habitat on reefs of northeast Papua New Guinea. *Coral Reefs* 20: 25-38.
- Kol, E. dan J.A. Peterson. 1976. Cryobiology. Hlm. 81-91 dalam Hope, G.S., J.A. Peterson, U. Radok dan I. Allison (eds.) *The Equatorial Glaciers of New Guinea*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Koponen, T. 1990. Bryophyte flora of Western Melanesia. *Tropical Bryol.* 2: 149-160.
- Koponen, T. 2000. *Index of the Bryophyte Flora of Western Melanesia*. Division of Systematic Biology, University of Helsinki, Helsinki.
- Koponen, T. dan D.H. Norris. 1983. Bryophyte flora of the Huon Peninsula, Papua New Guinea. I. Study area and its bryological exploration. *Ann. Bot. Fenn.* 20: 15-29.
- Kottelat, M. dan T. Whitten. 1996. *Freshwater Biodiversity in Asia: With Special Reference to Fish*. World Bank, Washington, DC.
- Kottelat, M., T. Whitten, S.N. Kartikasari dan S. Wirjoatmodjo. 1993. *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Periplus Editions, Hong Kong.
- Krajewski, C., G.R. Moyer, J.T. Sipiorski, M.G. Fain dan M. Westerman. 2004. Molecular systematics of the enigmatic "phascolosoricine" marsupials of New Guinea. *Australian Journal of Zoology* 52: 389-415.
- Krajewski, C., S. Wroe dan M. Westerman. 2000. Molecular evidence for the timing of cladogenesis in dasyurid marsupials. *Zoological Journal of the Linnean Society* 130: 375-404.
- Kramer, K.U. 1971. Lindsaea-group. *Flora Malesiana* ser. II, 1 (3): 177-254.
- Krebs, C.J. 2001. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Benjamin Cummings, San Francisco.
- Kremen, C., R.K. Colwell, T.L. Erwin, D.D. Murphy, R.F. Noss dan M.A. Sanjayan. 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning. *Conservation Biology* 7: 796-808.
- Kress, W.J., L.M. Prince dan K.J. Williams. 2003. The phylogeny and a new classification of the gingers (Zingiberaceae): evidence from molecular data. *Amer. J. Bot.* 89: 1682-1696.

DAFTAR PUSTAKA

- Kress, W.J., L.M. Prince, W.J. Hahn dan E.A. Zimmer. 2001. Unraveling the evolutionary radiation of the families of the Zingiberales using morphological and molecular evidence. *Syst. Biol.* 50: 926-944.
- Kroenke, L.W. 1984. Cenozoic tectonic development of the Southwest Pacific. United Nations Economic and Social Commission, Committee for Co-ordination of Joint Prospecting for Mineral Resources in South Pacific Offshore Areas (CCOP/SOPAC), Technical Bulletin 6: 1-122.
- Kroenke, L.W. 1996. Plate tectonic development of the western and southwestern Pacific Mesozoic to the present. Hlm. 19-34 dalam Keast, A. dan S.E. Miller (eds.) *The Origin and Evolution of Pacific Island Biotas, New Guinea to Eastern Polynesia: Patterns and Processes*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- Kubitzki, K. 2004. *The Families and Genera of Vascular Plants VI*. Springer, Berlin.
- Kuch, U., J.S. Keogh, J. Weigel, L.A. Smith dan D. Mebs. 2005. Phylogeography of Australia's king brown snake (*Pseudechis australis*) reveals Pliocene divergence and Pleistocene dispersal of a top predator. *Naturwissenschaften* 92 (3): 121-127.
- Kumar, R. 2001. Insect Pests of Agriculture in Papua New Guinea. Part 1. Principles and Practice, Pests of Tree Crops and Stored Products. *Science in New Guinea*, Port Moresby, Papua New Guinea.
- Kunze, H. 1991. Structure and function in asclepiad pollination. *Plant Systematics and Evolution* 176: 227-253.
- Kuriandewa, T.E., W. Kiswara, M. Hutomo dan S. Soemodihardjo. 2003. The seagrasses of Indonesia. Hlm. 171-182 dalam Green, E.P. dan F.T. Short (eds.) *World Atlas of Seagrasses*. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley.
- Kurniawan, M.N. 2003a. Illegal logging costs \$609M in environmental destruction. The Jakarta Post, January 17, 2003.
- Kurniawan, M.N. 2003b. Police, military told to curb animal smuggling. The Jakarta Post, March 29, 2003.
- Kühne, H. 1976. Zur geographische Verbreitung holzerstörender Crustaceen und Systematik der Untergattung *Limnoria* s. str. *Menzies*. *Material und Organismen Suppl.* 3: 543-553.
- Laboratory Primate Newsletter. 1995. New B Virus Guidelines Available. *Laboratory Primate Newsletter* 34 (2): 5.
- Lacas, M., P. Leclerc, dan J.P. Mary. 2001. 5. Reconnaissance spéléologique du secteur de FakFak (Ouest Irian Jaya). Hlm. 47-57 dalam Rigal, D. (ed.) *Indonésie 92, rapportspéléologique*. APS, Toulouse.
- Ladd, H.S. 1960. Origin of the Pacific island molluscan fauna. *Amer. J. Sci.* 258A: 137-150.
- Laferrière, J.E. 1998a. Cheiroleuriaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 3: 285-286.
- Laferrière, J.E. 1998b. Equisetaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 3: 287-288.
- Lagerberg, C.S.I.J. 1962. *Jaren van Reconstructie: Nieuw-Guinea van 1949 tot 1961*. Ph.D. thesis, University of Utrecht. Zuid-Nederlandse Drukkerij, 's-Hertogenbosch.
- Lam, H.J. (trans. L.M. Perry). 1945. *Fragmenta Papuana* [Observations of a Naturalist in Netherlands New Guinea]. *Sargentia* 5: 1-196.
- Lam, H.J. 1934. Materials towards a study of the flora of the island of New Guinea. *Blumea* 1: 115-159.
- Lambley, P.W. 1991. Lichens of Papua New Guinea. Hlm. 69-84 dalam Galloway, D.J. (ed.) *Tropical Lichens: Their Systematics, Conservation, and Ecology*. Systematics Association Special Volume 43. Oxford Science Publications, Oxford.

EKOLOGI PAPUA

- Lane-Poole, C.E. 1925. The Forest Resources of the Territories of Papua and New Guinea. Govt. Printer, Melbourne.
- Lansbury, I. 1966. Notes on the genus *Aphelonecta* (Hemiptera-Heteroptera: Notonectidae). *Pacific Insects* 8 (3): 629-632.
- Lansbury, I. 1968. The *Enithares* (Hemiptera-Heteroptera: Notonectidae) of the Oriental Region. *Pacific Insects* 10 (2): 353-442.
- Lansbury, I. 1972. A review of the Oriental species of *Ranatra* Fabricius (Hemiptera Heteroptera: Nepidae). *Transactions of the Royal Entomological Society of London* 124 (3): 287-341, 262 figs.
- Lansbury, I. 1973. A review of the genus *Cercotmetus* Amyot and Serville 1843 (Hemiptera-Heteroptera: Nepidae). *Tijdschrift voor Entomologie* 116 (5): 83-106, 91 figs.
- Lansbury, I. 1993. *Rhagovelia* of Papua New Guinea, Solomon Islands and Australia (Hemiptera-Veliidae). *Tijdschrift voor Entomologie* 136: 23-54.
- Lansbury, I. 1996. Two new species of *Ciliometra* Polhemus (Hem., Gerridae) from Papua New Guinea. *Entomologist's Monthly Magazine* 132: 55-60.
- Lanyon, J.M., C.J. Limpus dan H. Marsh. 1989. Dugongs and turtles: grazers in the seagrass system. Hlm. 610-34 dalam Larkum, A.W.D., A.J. McComb dan S.A. Shepherd (eds.) *Biology of Seagrasses: A Treatise on the Biology of Seagrasses with Special Reference to the Australian Region*. Elsevier, Amsterdam.
- Larsen, K. 1998. Costaceae. Dalam Kubitzki, K. (ed.) *The Families and Genera of Vascular Plants*. Springer-Verlag, Berlin.
- Larsen, K., J.M. Lock, H. Maas dan P.J.M. Maas. 1998. Zingiberaceae. Hlm. 474-495 dalam Kubitzki, K. (ed.) *The Families and Genera of Vascular Plants*, vol. IV. Flowering Plants. Monocotyledons. Alismatanae and Commelinanae (except Gramineae). Springer-Verlag, Berlin
- Larson, G., K. Dobney, U. Albarella, M. Fang, E. Matisoo-Smith, J. Robins, S. Lowden, H. Finlayson, T. Brand, E. Willerslev, P. Rowley-Conwy, L. Andersson dan A. Cooper. 2005. Worldwide phylogeography of wild boar reveals multiple centers of pig domestication. *Science* 307: 1618-1621.
- Laumonier, Y. 1997a. *The Vegetation and Physiography of Sumatra*. Geobotany 22. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Laumonier, Y. 1997b. International map of the vegetation and of environmental conditions (3 color maps at 1:1,000,000 scale). Institut de la Carte Internationale du Tapis Végétal and SEAMEO-BIOTROP, Toulouse and Bogor.
- Laumonier, Y., A. Gadrinab dan Purnajaya. 1983. International map of vegetation and environmental conditions: Southern Sumatra, scale 1:1,000,000. Institut de la Carte Internationale du Tapis Végétal and SEAMEO-BIOTROP, Toulouse and Bogor.
- Laumonier, Y., Purnajaya dan Setiabudi. 1986. International map of vegetation and environmental conditions: Central Sumatra, scale 1:1,000,000. Institut de la Carte Internationale du Tapis Végétal and SEAMEO-BIOTROP, Toulouse and Bogor.
- Laumonier, Y., Purnajaya dan Setiabudi. 1987. International map of vegetation and environmental conditions: Northern Sumatra, scale 1:1,000,000. Institut de la Carte Internationale du Tapis Végétal and SEAMEO-BIOTROP, Toulouse and Bogor.
- Laurie, E.M.O. dan J.E. Hill. 1954. *List of Land Mammals of New Guinea, Celebes, and Adjacent Islands, 1758-1952*. British Museum (Natural History), London.
- Lautenbach, H. 1999. Demographic survey research in Irian Jaya: population dynamics in the Teminabuan area of the Bird's Head Peninsula of Irian Jaya, Indonesia. Ph.D. thesis, University of Groningen. Thela Thesis, Amsterdam.
- Lawler, S.P., J.J. Armesto dan P. Kareiva. 2001. How relevant to conservation are studies linking biodiversity and ecosystem functioning? Hlm. 294-313 dalam Kinzig, A.P.,

DAFTAR PUSTAKA

- S.W. Pacala dan D. Tilman (eds.) *The Functional Consequences of Biodiversity*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Lawton, J.H. dan V.K. Brown. 1993. Redundancy in ecosystems: biodiversity and ecosystem function. Hlm. 255-270 dalam Schulze E.-D. dan H.A. Mooney (eds.) *Biodiversity and Ecosystem Services*. Springer-Verlag, New York.
- Lee Long, W.J., J.E. Mellors dan R.G. Coles. 1993. Seagrasses between Cape York and Hervey Bay, Queensland, Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 44: 19-31.
- Lee Long, W.J., R.G. Coles dan L.J. McKenzie. 1996. Deepwater seagrasses in North-eastern Australia—How deep? How meaningful? Hlm. 41-50 dalam Kuo, J., R.C. Phillips, D.I. Walker dan H. Kirkman (eds.) *Seagrass Biology*. Proceedings of an International Workshop. University of Western Australia, Perth.
- Lee, D.W. 1991. Ultrastructural basis and function of iridescent blue colour of fruits in *Elaeocarpus*. *Nature* 349: 260-263.
- Lee, S.Y. 1998. Ecological role of grapsid crabs in mangrove ecosystems: a review. *Marine and Freshwater Research* 49 (4): 335-344.
- Leenhouts, P.W. 1956. Burseraceae. *Flora Malesiana* ser. I, 5 (2): 209-296.
- Leeuwenberg, A.J.M. 1985. *Voacanga* Thou. Series of revisions of Apocynaceae Part XV. Wageningen Agricultural University Papers 85-3: 5-80.
- Leeuwenberg, A.J.M. 1991. A revision of *Tabernaemontana*: 1. The Old World species. Royal Botanical Gardens, Kew.
- Leeuwenberg, A.J.M. 1999. Series of revisions of Apocynaceae 47. The genus *Cerbera* L. Wageningen Agricultural University Papers 98-3: 1-64.
- Leeuwenberg, A.J.M. 2002. Series of revisions of Apocynaceae 52. *Chilocarpus*. *Syst. Geogr. Pl.* 72: 127-166.
- Leeuwenberg, A.J.M. 2003. Series of revisions of Apocynaceae 53. *Melodinus*. *Syst. Geogr. Pl.* 73: 3-62.
- Leeuwenberg, A.J.M. dan F.J.H. Van Dilst. 2001. Series of revisions of Apocynaceae XLIX. *Carissa* L. Wageningen Agricultural University Papers 01.1: 3-109.
- Leith, D. 2003. *The Politics of Power: Freeport in Suharto's Indonesia*. Honolulu: University of Hawai'i Press.
- Lemonnier, P. 1993. Le porc comme substitut de vie: formes de compensation et échanges en Nouvelle-Guinée. *Social Anthropology* 1: 33-55.
- Lessios, H.A. 1988. Mass mortality of *Diadema antillarum* in the Caribbean: what have we learned? *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 19: 371-393.
- Lessios, H.A., D.R. Robertson dan J.D. Cubit. 1984. Spread of *Diadema* mass mortality through the Caribbean. *Science* 35: 335-337.
- Lesson, R.P. 1830. Zoologie. Hlm. 1-65 dalam Duperrey, L.I. (ed.) Atlas de zoologie, Voyage autour du monde, exécuté par ordre du roi, sur la corvette de sa Majesté, La Coquille, penandt les années 1822, 1823, 1824 et 1825. Vol. 2 (1), Arthus Bertrand, Paris.
- Li, Q.-J., W.J. Kress, Z.-F. Xu, Y.-M. Xia, L. Zhang, X.-B. Deng dan J.-Y. Gao. 2002. Mating system and stigmatic behaviour during flowering of *Alpinia kwangsiensis* (Zingiberaceae). *Plant Syst. Evol.* 232: 123-132.
- Lieftinck, M.A. 1932. The dragonflies (Odonata) of New Guinea and neighboring islands. Part I. Descriptions of new genera and species of the families Lestidae and Agrionidae. *Nova Guinea* 15, *Zoology* 5: 485-602.
- Lieftinck, M.A. 1933. The dragonflies (Odonata) of New Guinea and neighboring islands. Part II. Descriptions of a new genus and species of Placyneminae (Agrionidae) and of new Libellulidae. *Nova Guinea* 17, *Zoology* 1: 1-66.

EKOLOGI PAPUA

- Lieftinck, M.A. 1935. The dragonflies (Odonata) of New Guinea and neighboring islands. Part III. Descriptions of new and little known species of the families Megapodagrionidae, Agrionidae, and Libellulidae (genera *Podopteryx*, *Argiolestes*, *Papuagrion*, *Teinobasis*, *Huonia*, *Synthemis*, and *Protocordulia*). *Nova Guinea* 17: 203-300.
- Lieftinck, M.A. 1937. The dragonflies (Odonata) of New Guinea and neighboring islands. Part IV. Descriptions of new and little known species of the families Agrionidae (sens.lat.), Libellulidae and Aeshnidae (genera *Idiocnemis*, *Notoneura*, *Papuagrion*, *Teinobasis*, *Ociagrion*, *Bironides*, *Agyrtacantha*, *Plattycantha* and *Oreaeschna*). *Nova Guinea* (new series) 1: 1-82.
- Lieftinck, M.A. 1938. The dragonflies (Odonata) of New Guinea and neighboring islands. Part V. Descriptions of new and little known species of the families Libellaginidae, Megapodagrionidae, Agrionidae (sens. lat.) and Libellulidae (genera *Rhinocypha*, *Argiolestes*, *Drepanosticta*, *Notoneura*, *Palaiargia*, *Papuargia*, *Papuagrion*, *Teinobasis*, *Nannophlebia*, *Synthemis* and *Anacordulia*). *Nova Guinea* (new series) 2: 47-128.
- Lieftinck, M.A. 1949. The dragonflies (Odonata) of New Guinea and neighbouring islands. Part VII. *Nova Guinea*, n.s. 5: 1-271.
- Lieftinck, M.A. 1949a. Synopsis of the Odonate fauna of the Bismarck Archipelago and the Solomon Islands. *Treubia* 20, part 2: 319-374.
- Lieftinck, M.A. 1949b. The dragonflies (Odonata) of New Guinea and neighboring islands. Part VII. Results of the Third Archbold Expedition 1938-1939 and of the Le Roux Expedition 1939 to Netherlands New Guinea (II. Zygoptera). *Nova Guinea* (new series) 1: 1-82.
- Lieftinck, M.A. 1955a. Notes on Australasian species of *Neurobasis* Selys (Odonata, Argiidae). *Nova Guinea* (new series) 6 (1): 155-166.
- Lieftinck, M.A. 1955b. Notes on species of *Nannophlebia* Selys from the Moluccas and New Guinea (Odonata). *Zoologische Mededelingen* 33 (29): 301-318.
- Lieftinck, M.A. 1956a. Revision of the genus *Argiolestes* Selys (Odonata) in New Guinea and the Moluccas. *Nova Guinea* (new series) 7 (1): 59-121.
- Lieftinck, M.A. 1956b. Two new Platycnemididae (Odonata) from the Papuan region. *Nova Guinea* (new series) 7 (2): 249-258.
- Lieftinck, M.A. 1957. Notes on some argiine dragonflies (Odonata) with special reference to the genus *Palaiargia* Forster, and with descriptions of new species and larval forms. *Nova Guinea* (new series) 8 (1): 41-80, 5 pls.
- Lieftinck, M.A. 1958. A review of the genus *Idiocnemis* Selys in the Papuan region, with notes on some larval forms of the Platycnemididae. *Nova Guinea* (new series) 9 (2): 253-292.
- Lieftinck, M.A. 1959a. On the New Guinea species of *Ischnura* Charpentier and Oreagrion Ris, with special reference to the larval forms and notes on the species of adjacent regions (Odonata, Coenagrionidae). *Nova Guinea* (new series) 10 (2): 213-240.
- Lieftinck, M.A. 1959b. New and little known isostictine dragonflies from the Papuan region (Odonata, Protoneuridae). *Nova Guinea* (new series) 10 (2): 279-302.
- Lieftinck, M.A. 1960. Three new species of *Notoneura* Tillyard from western New Guinea. *Nova Guinea* (new series) 10 (7): 117-126.
- Lieftinck, M.A. 1963. New species and records of Libellulidae from the Papuan region. *Nova Guinea, Zoology* 25: 751-780.
- Lienhard, C. dan C. N. Smithers. 2002. *Pscoptera (Insecta): World Catalogue and Bibliography*. Muséum d'Histoire Naturelle, Geneva.

DAFTAR PUSTAKA

- Lijphart, A. 1966. *The Trauma of Decolonization: The Dutch and West New Guinea*. Yale University Press, New Haven, Connecticut.
- Ling, H.Y., R. Hall dan G.J. Nichols. 1991. Early Eocene radiolaria from Waigeo Island, eastern Indonesia. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 6: 299-305.
- Loeffler, E. 1977. *Geomorphology of Papua New Guinea*. Australian National Univ. Press, Canberra.
- Lomolino, M.V. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecol Biogeogr Lett* 10: 3-13.
- Loreau, M., S. Naeem dan P. Inchausti. 2002. Perspectives and challenges. Hlm. 237-242 dalam Loreau, M., S. Naeem dan P. Inchausti (eds.) *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*. Oxford University Press, Oxford.
- Loreau, M., S. Naeem, P. Inchausti, J. Bengtson, J.P. Grime, A. Hector, D.U. Hooper, M.A. Huston, D. Raffaelli, B. Schmid, D. Tilman, D.A. dan Wardle. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294: 804-808.
- Lourie, S.A. dan A.C.J. Vincent. 2004. Using biogeography to help set priorities in marine conservation. *Conservation Biology* 18 (4): 1004-1020.
- Louwhoff, S.H.J.J. dan J.A. Elix. 1999. *Parmotrema* and allied lichen genera in Papua New Guinea. *Biblioth. Lichenol.* 73: 1-152.
- Louwhoff, S.H.J.J. dan J.A. Elix. 2002. *Hypotrachyna* (Parmeliaceae) and allied genera in Papua New Guinea. *Biblioth. Lichenol.* 81: 1-149.
- Lundquist, E. 1942. Verslag van een bosexploratie in Nieuw Guinea in de Vogelkop en lans de Zuid-West kust tot de Bloemenrivier. Mei-Augustus, 1941, Batavia, Dienst Landbouw en Visserij, afdeling Boswezen; mimeo.
- Lücking, R. dan A. Vězda. 1998. Taxonomic studies in foliicolous species of the genus *Porina* (lichenized Ascomycotina: Trichotheliaceae)—II. The *Porina epiphylla* group. *Willdenowia* 28: 181-225.
- Maas, P.J.M. 1979. Notes on Asiatic and Australian Costoideae (Zingiberaceae). *Blumea* 25: 543-549.
- Mabberley, D.J. 1997. *The Plant Book*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mabberley, D.J., C.M. Pannell dan A.M. Sing. 1995. Meliaceae. *Flora Malesiana* ser. I, 12 (1): 1-407.
- MacArthur, R. 1955. Fluctuations of animal populations, and a measure of community stability. *Ecology* 36: 533-536.
- MacArthur, R.H. dan E.O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- MacFarlane, J.W. 1980. Surface and bottom sea currents in the Gulf of Papua and western Coral Sea with reference to the distribution of larvae from the commercially important prawn and lobster fisheries off the south coast of Papua. *Papua New Guinea Dept Primary Indust Res Bull* 27: 1-28.
- Mack, A. dan L.E. Alonso (eds.). 2000. *A Biological Assessment of the Wapoga River Area of Northwestern Irian Jaya, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 14, Conservation International, Washington, D.C.
- Mack, A.L. 1993. The sizes of vertebrate-dispersed fruits: a neotropical-paleotropical comparison. *Am Nat* 142: 840-856.
- Mack, A.L. dan D.D. Wright. 1996. Notes on the occurrence and feeding of birds at Crater Mountain Biological Research Station, Papua New Guinea. *Emu* 96: 89-101.
- Mack, A.L. dan D.D. Wright. 1998. The Vulturine Parrot, *Psittichas fulgidus*, a threatened New Guinea endemic: notes on its biology and conservation. *Bird Conserv Intl* 8: 185-194.

EKOLOGI PAPUA

- Mack, A.L. dan D.D. Wright. 2005. The frugivore community and the fruiting plant flora in a New Guinea rainforest: identifying keystone frugivores. Hlm. 184-203 dalam Dew, L. dan J.P. Boubli (eds.) *Tropical Fruits and Frugivores: The Search for Strong Interactors*. Springer, The Netherlands.
- Mack, A.L. dan L.E. Alonso (eds.). 2000. A biological assessment of the Wapoga River area of northwestern Irian Jaya, Indonesia. RAP Bulletin of Biological Assessment 14. Conservation International, Washington, D.C.
- Mack, A.L. dan P. West. 2005. Ten thousand tonnes of small animals: wildlife consumption in Papua New Guinea, a vital resource in need of management. *Resource Management in Asia-Pacific Working Paper* 61: 1-23.
- Mack, A.L., K. Ickes, J.H. Jessen, B. Kennedy dan J.R. Sinclair. 1999. Ecology of *Aglaia mackiana* (Meliaceae) seedlings in a New Guinea rain forest. *Biotropica* 31: 111-120.
- Mackay, R.D. 1992. *Neuguinea*. Time-Life, Amsterdam.
- MacKinnon, J. dan K. MacKinnon. 1986. Review of the protected area systems in the Indo-Malayan realm. Prepared for the International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources/United Nations Environmental Program, England.
- MacKinnon, J., K. MacKinnon, G. Child dan J. Thorsell. 1986. *Managing Protected Areas in the Tropics*. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Gland.
- MacKinnon, K. G. Hatta, H. Halim dan A. Mangalik. 2000. *Ekologi Kalimantan*. Buku III Seri Ekologi Indonesia. Prenhalindo, Jakarta.
- MacKinnon, K., G. Hatta, H. Halim dan A. Mangalik. 1996. *The Ecology of Kalimantan*. The Ecology of Indonesia Series, Volume III. Periplus Editions, Singapore.
- Maeyama, T. dan T. Matsumoto. 2000. Colonial system of *Pholidris* ants (Formicidae; Dolichoderinae) occupying epiphytic myrmecophytes in a tropical mangrove forest. *Trop Ecol* 41: 209-216.
- Majnep, I.S., dan R. Bulmer. 1977. *Birds of My Kalam Country*. Auckland University Press/Oxford University Press, Oxford.
- Malcolm, J.R., C. Liu, L.B. Miller, T. Allnutt dan L. Hansen. 2002. *Habitats at Risk: Global Warming and Species Loss in Globally Significant Terrestrial Ecosystems*. World Wildlife Fund-World Wide Fund for Nature, Gland, Switzerland.
- Malnate, E.V. dan G. Underwood. 1988. Australasian natricine snakes of the genus *Tropidonophis*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences, Philadelphia* 140 (1): 59-201.
- Mangen, J.M. 1993. *Ecology and Vegetation of Mt Trikora, New Guinea (Irian Jaya/Indonesia)*. Travaux Scientifiques du Musée National d'Histoire Naturelle de Luxembourg, Luxembourg.
- Manning, C., dan M. Rumbiak. 1989. Irian Jaya: economic change, migrants, and indigenous welfare. Hlm. 77-106 dalam Hill, H. (ed.) *Unity and Diversity: Regional Economic Development in Indonesia since 1970*. Oxford University Press, Oxford.
- Mansfeld, R. 1925. Die Melastomataceen von Papuasien. *Bot. Jahrb. Syst.* 60: 115-130.
- Mansoben, J.R. 1985. Sistem politik pria berwibawa di Irian Jaya: suatu studi komparatif terhadap lima suku-bangsa. Universitas Indonesia (Thesis S-2), Jakarta.
- Mansoben, J.R. 1994. *Sistem politik tradisional di Irian Jaya*. Ph.D. diss., Leiden.
- Mansoben, J.R., dan M.T. Walker. 1990. Irian Jaya cultures: an overview. *IBJD* 18: 1-16.
- Mapes, T. 2001. Monkeys threaten New Guinea's wildlife: greedy macaques have bad reputation among locals. *The Asian Wall Street Journal*, 2 October 2001.
- Margules, C.R. dan R.L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.

DAFTAR PUSTAKA

- Margules, C.R. dan T.D. Redhead. 1995. *Guidelines for Using the BioRap Methodology and Tools*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Canberra.
- Marsh, H. dan W.K. Saalfeld. 1989. Distribution and abundance of dugongs in the northern Great Barrier Reef Marine Park (Australia). *Australian Wildlife Research* 16: 429-440.
- Marsh, H., A.N.M. Harris dan I.R. Lawler. 1997. The sustainability of the indigenous dugong fishery in Torres Strait, Australia/Papua New Guinea. *Conservation Biology* 11 (6): 1-13.
- Marshall, A.J., Nardiyono, L.M. Engström, B. Pamungkas, J. Palapa, E. Meijaard dan S.A. Stanley. 2006. The blowgun is mightier than the chainsaw in determining population density of Bornean orangutans (*Pongo pygmaeus morio*) in the forests of East Kalimantan. *Biol. Cons.* 129: 566-578.
- Maruanaya, Y. 2000. Studi komunitas lamun dan ikan di Taman Nasional Teluk Cendrawasih Irian Jaya. Master's thesis, Universitas Hasanudin, Makassar.
- Maryanto, I. dan D.J. Kitchener. 1999. Mammals of Gag Island. *Treubia* 31: 177-219.
- Masci, P. dan P. Kendall. 1995. *The Taipan: The World's Most Andgerous Snake*. Kangaroo Press, Kenthurst, New South Wales, Australia.
- Matanubun, H., A. Rochani dan A. Sumule. 1995. Some aspects of the indigenous knowledge of selected sweet potato farming systems in Irian Jaya. Hlm. 57-62 dalam Schneider, Jürg (ed.) *Indigenous Knowledge in Conservation of Crop Genetic Resources*, Proceedings of an International Workshop Held in Cisarua, Bogor, Indonesia January 30-February 3, 1995. CIP-ESEAP/CRIFC, Bogor.
- Matsubayashi, K., S. Gotoh, Y. Kawamoto, T. Watanabe, K. Nozawa, M. Takasaka, T.Narita, O. Griffiths dan M.A. Stanley. 1992. Clinical examinations on Crab-eating Macaques in Mauritius. *Primates* 33 (2): 281-288.
- Matthews, M.L. dan P.K. Endress. 2002. Comparative floral structure and systematics in Oxalidales (Oxalidaceae, Connaraceae, Brunelliaceae, Cephalotaceae, Cunoniaceae, Elaeocarpaceae, Tremandraceae). *Bot. J. Linn. Soc.* 140: 321-381.
- Mattick, F. 1942. Beiträge zur Flora von Papuasien XXVI. 147. Die Flechten von Neu-Guinea. 1. Allgemeines. Die Gattung *Cladonia*. *Bot. Jahrb.* 72: 151-158.
- May, R.M. 1972. Will a large complex system be stable? *Nature* 238: 413-414.
- Mayr, E. 1941. List of New Guinea Birds: A Systematic and Faunal List of the Birds of New Guinea and Adjacent Islands. American Museum of Natural History, New York.
- Mayr, E. 1963. *Animal Species and Evolution*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Mayr, E. dan J.M. Diamond. 1976. Birds on islands in the sky: origin of the montane avifauna of northern Melanesia. *Proc Natl Acad Sci U.S.* 73: 1765-1769.
- McAlpine, J.R., G. Keig dan R. Falls. 1983. *Climate of Papua New Guinea*. CSIRO/ Australian National University Press, Canberra.
- McCaffrey, R. 1996. Slip partitioning at convergent plate boundaries of SE Asia. Dalam Hall, R. dan D. Blundell (eds.) *Tectonic Evolution of Southeast Asia*. Geological Society of London Special Publication 106: 3-18.
- McCord, W.P. dan S.A. Thomson. 2002. A new species of *Chelodina* (Testudines: Pleurodira: Chelidae) from northern Australia. *Journal of Herpetology* 36: 255-267.
- McCoy, M. 1980. *Reptiles of the Solomon Islands*. Wau Ecology Institute, Wau, Papua New Guinea.
- McDiarmid, R.W., J.A. Campbell dan T.S.A. Touraê. 1999. *Snake Jenis of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. Herpetologists' League, Washington, D.C.
- McDowell, S.B. 1967. *Aspidomorphus*, a genus of P. Nugini snake of the family Elapidae, with *Catantans* on related genus. *Journal of Zoology*, London 151: 497-543.

EKOLOGI PAPUA

- McDowell, S.B. 1969. *Toxicocalamus*, a P. Nugini genus of snakes of the family Elapidae. *Journal of Zoology*, London 159: 443-511.
- McDowell, S.B. 1972. The species of *Stegonotus* (Serpentes, Colubridae) in Papua New Guinea. *Zoologische Mededelingen* 47: 6-26.
- McDowell, S.B. 1975. A catalogue of the snakes of P. Nugini and the Solomons, with special reference to those in the Bernice P. Bishop Museum. Part II. Aniliodea and Pythoninae. *Journal of Herpetology* 9 (1): 1-79.
- McDowell, S.B. 1979. A catalogue of the snakes of P. Nugini and the Solomons, with special reference to those in the Bernice P. Bishop Museum. Part III. Boinae and Acrochordoidea. *Journal of Herpetology* 13 (1): 1-92.
- McDowell, S.B. 1987. Systematics. Hlm. 3-50 dalam Seigel, R.A., J.T. Collins dan S.S. Novak (eds.) *Snakes: Ecology and Evolutionary Biology*. Macmillan, New York.
- McGibbon, R. 2004. Secessionist Challenges in Aceh and Papua: Is Special Autonomy the Solution? Policy Studies No. 10. East-West Center, Washington, D.C.
- McGoldrick, J.M. dan R. MacNally. 1998. Impact of flowering on bird community dynamics in some central Victorian eucalypt forests. *Ecol Res* 13: 125-139.
- McGrady-Steed, J., P.M. Harris dan P.J. Morin. 1997. Biodiversity regulates ecosystem predictability. *Nature* 390: 162-165.
- McKenna, S.A., G.R. Allen dan S. Suryadi (eds.). 2002. *A Marine Rapid Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia*. Bulletin of the Rapid Assessment Program 22, Conservation International, Washington, D.C.
- McKenna, S.A., P. Boli dan G.R. Allen. 2002. Condition of coral reefs at the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia. Hlm. 66-86 dalam McKenna, S.A., G.R. Allen dan S. Suryadi (eds.) *A Rapid Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 22. Conservation International, Washington, D.C.
- McNab, B.K. 1988. Food habits and the basal rate of metabolism in birds. *Oecologia* 77: 343-349.
- McNab, B.K. 2005. Food habits and the evolution of energetics in birds of paradise (Paradisaeidae). *J Comp Physiol B Biochem Syst Environ Physiol* 175: 117-132.
- McNeeley, J.A. (ed.). 2001. *The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species*. IUCN, Gland, Switzerland dan Cambridge, UK.
- McShane, T.O. dan M.P. Wells. 2004. *Getting Biodiversity Projects to Work: Towards More Effective Conservation and Development*. Columbia University Press, New York.
- Mees, G.F. 1980. Supplementary notes on the avifauna of Misool. *Zool Meded* 55: 1-10.
- Mees, G.F. 1982. Birds from the lowlands of southern New Guinea (Merauke and Koembe). *Zoologische Verhandelingen* 191: 1-188.
- Meijaard, E., D. Sheil, B. Rosenbaum, D. Iskandar, D. Augeri, T. Setyawati, W. Duckworth, M.J. Lammertink, I. Rachmatika, R. Nasi, A. Wong, T. Soehartono, S. Stanley dan T. O'Brien. 2005. *Life after Logging: Reconciling Wildlife Conservation and Production Forestry in Indonesian Borneo*. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor.
- Meinig, H. 2002. New records of bats (Chiroptera) from Indonesian islands. *Myotis* 40: 59-79.
- Melville, D. 1979. Ornithological notes on a visit to Irian Jaya. *PNG Bird Society Newsletter* 161: 3-22.
- Melville, D. 1980. Some observations on birds in Irian Jaya, New Guinea. *Emu* 80: 89-91.
- Mendes, L.F., M. Pinheiro dan C. Ruas. 1994. Resultados das missoes de estudo realizadas em Macau pelo Centro de Zoologia do IICT. IV.-Nota sobre os conteudos gastricos

DAFTAR PUSTAKA

- de anuros. 2-Microhylidae, Ranidae, Rhacophoridae. *Conclusões. Garcia de Orta Série de Zoologia* 20 (1-2): 41-48.
- Menzel, M. 1988. Annotated catalogue of the Hepaticae and Anthocerotae of Borneo. *J. Hattori Bot. Lab.* 65: 145-206.
- Menzies, J.I. 1976. *Handbook of Common New Guinea Frogs*. Wau Ecology Institute, Handbook 1, Wau, Papua New Guinea.
- Menzies, J.I. 1987. A taxonomic revision of the Papuan *Rana* (Amphibia: Ranidae). *Australian Journal of Zoology* 35: 373-418.
- Menzies, J.I. 1991. *A Handbook of New Guinea Marsupials and Monotremes*. Kristen Press, Madang, Papua New Guinea.
- Menzies, J.I. 1992. Ecological and taxonomic notes on ranid frogs (Amphibia: Ranidae) from far western New Guinea. *Science in New Guinea* 18: 115-122.
- Menzies, J.I. 1993. A history of mammalogy in New Guinea from 1726 to 1993. *Science in New Guinea* 19: 115-122.
- Menzies, J.I. 1996. Unnatural distribution of fauna in the East Malesian region. Hlm. 31-38 dalam Kitchener, D.J. dan D. Suyanto (eds.) *Proceedings of the First International Conference on Eastern Indonesian-Australian Vertebrate Fauna*. Published by the Western Australian Museum for Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Indonesian Institute of Sciences), Perth.
- Menzies, J.I. 1996a. A systematic revision of *Melomys* (Rodentia: Muridae) of New Guinea. *Australian Journal of Zoology* 44: 367-426.
- Menzies, J.I. dan R.F. Tapilatu. 2000. The introduction of a second species of toad (*Amphibia: Bufonidae*) into New Guinea. *Science in New Guinea* 25: 70-73.
- Menzies, R.J. 1957. The marine borer family Limnoriidae (Crustacea: Isopoda). *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb.* 7: 101-200.
- Mercer, C.W.L. 1997. Sustainable production of insects for food and income by New Guinea villagers. *Ecology of Food and Nutrition* 36: 151-157.
- Mertens, B. 2002. Spatial analysis for the Rapid Assessment of Conservation Economics (RACE) in Papua. 1st Task Report, July 10, 2002. Center for International Forestry Research (CIFOR), France.
- Mertens, B. 2002a. Spatial analysis for the Rapid Assessment of Conservation and Economy (RACE) in Irian Jaya: Report 1. Center for International Forestry Research report for Conservation International, Washington, D.C.
- Mertens, B. 2002b. Spatial analysis for the Rapid Assessment of Conservation and Economy (RACE) in Papua: Report 2. Center for International Forestry Research report for Conservation International, Washington, D.C.
- Metcalfe, I. 2001. Palaeozoic and Mesozoic tectonic evolution and biogeography of SE Asia-Australasia. Hlm. 15-34 dalam Hall, R. dan J.D. Holloway (eds.) *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*. Backhuys Publishers, Leiden.
- Meyer, A.B. 1874. Über die von ihm auf Neu-Guinea und den Inseln Jobi, Mysore und Mafoor im Jahre 1873 gesammelten amphibien. *Monatsbericht der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1874: 128-140.
- Middleton, D.J. 1994. A revision of *Ichnocarpus* (Apocynaceae). *Blumea* 39: 73-94.
- Middleton, D.J. 1995. A revision of *Papuechites* (Apocynaceae). *Blumea* 40: 439-442.
- Middleton, D.J. 1996a. A revision of *Anodendron* A. DC. (Apocynaceae). *Blumea* 41: 37-68.
- Middleton, D.J. 1996b. A revision of *Aganonerion* Pierre ex Spire, *Parameria* Benth. And *Urceola* Roxb. (Apocynaceae). *Blumea* 41: 691-722.
- Middleton, D.J. 1997. A revision of *Parsonsia* R. Br. (Apocynaceae) in Malesia. *Blumea* 42: 191-248.

EKOLOGI PAPUA

- Middleton, D.J. 1997a. A revision of *Parsonsia* R. Br. (Apocynaceae) in Malesia. *Blumea* 42: 191248.
- Middleton, D.J. 1997b. A revision of *Carruthersia* Seem. *Blumea* 42: 489498.
- Middleton, D.J. 2000. Revision of *Alyxia* (Apocynaceae). Part 1: Asia and Malesia. *Blumea* 45: 1146.
- Middleton, D.J. 2004. A revision of *Kopsia* (Apocynaceae: Rauvolfioideae). *Harvard Papers in Botany* 9: 89142.
- Middleton, D.J. 2005. A revision of *Wrightia* (Apocynaceae: Apocynoideae) in Malesia. *Harvard Papers in Botany* 10: 161182.
- Millennium Institute. 2003. Threshold 21 model project for Conservation International: strategic options for Papua, Indonesia.
- Miller, G.T. 1988. *Living in the Environment: An Introduction to Environment Science*. Wadsworth Publishing, California.
- Miller, S.E. 1993. Biodiversity and conservation of the nonmarine invertebrate of Papua New Guinea. Hlm. 227-325 dalam Beehler, B.M. (ed.) *Papua New Guinea Conservation Needs Assessment*, volume 2. Papua New Guinea Department of Environment and Conservation, Boroko.
- Miller, S.E. 1996. Biogeography of Pacific insects and other terrestrial invertebrates: a status report. Hlm. 463-475 dalam Keast, A. dan S.E. Miller (eds.) *The Origin and Evolution of Pacific Island Biotas, New Guinea to Eastern Polynesia: Patterns and Processes*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- Miller, S.E. 1998. Taxa group summary: insects/terrestrial invertebrates. Hlm. 46-47 dan peta dalam Burnett, J.B. (ed.) *The Irian Jaya Biodiversity Conservation Priority-Setting Workshop: Final Report*. Conservation International, Washington, D.C.
- Miller, S.E. dan J.D. Holloway. 1992. Priorities for conservation research in Papua New Guinea: non-marine invertebrates. Hlm. 44-58 dalam Pearl, M., et al. (eds.) *Conservation and Environment in Papua New Guinea: Establishing Research Priorities*. Embassy of Papua New Guinea, Washington, DC dan Wildlife Conservation International, Bronx, New York.
- Miller, S.E. dan L.M. Rogo. 2001. Challenges and opportunities in understanding and utilisation of African insect diversity. *Cimbebasia* 17:197-218.
- Milliman, J.D. 1995. Sediment discharge to the ocean from small mountainous rivers: the New Guinea example. *Geo-Marine Lett* 15: 127-133.
- Milsom, J. 1991. Gravity measurements and terrane tectonics in the New Guinea region. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 6: 319-328.
- Ministry of Forestry dan Food and Agriculture Organisation. 1990. Indonesian forestry action programme: country brief. Minister of Forestry and the Food and Agriculture Organisation, Jakarta.
- Miranda, M., P. Burris, J.F. Bingcang, P. Shearman, J.O. Briones, A. La Vina dan S. Menard. 2003. *Mining and Critical Ecosystems: Mapping the Risks*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Mittermeier, R.A., C.G. Mittermeier, P.R. Gil dan J. Pilgrim. 2002. *Wilderness: Earth's Last Wild Places*. Conservation International/CEMEX, Washington, D.C.
- Mittermeier, R.A., C.G. Mittermeier, T. M. Brooks, J.D. Pilgrim, W.R. Konstant dan G.A.B. da Fonseca. 2003. Wilderness and biodiversity conservation. *Ecology* 100 (18): 10309-10313.
- Mittermeier, R.A., C.G. Mittermeier, T.M. Brooks, J.D. Pilgrim, W.R. Konstant, G.A.B da Fonseca dan C. Kormos. 2003. Wilderness and biodiversity conservation. *Proc. Nat. Acad. Sci., U.S.* 100: 10309-10313.

DAFTAR PUSTAKA

- Mittermeier, R.A., C.G. Mittermeier, T.M. Brooks, J.D. Pilgrim, W.R. Konstant dan G.A.B. da Fonseca. 2003. Wilderness and biodiversity conservation. *PNAS* 100 (18): 10309-10313.
- Mittermeier, R.A., P.R. Gil, M. Hoffman, J. Pilgrim, T. Brooks, C.G. Mittermeier, J. Lamoreux dan G.A.B. da Fonseca. 2005. *Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. Conservation International/CEMEX, Washington, D.C.
- Mock, G. (ed.). 2000. Linking people and ecosystems. Dalam *World Resources 2000-2001: People and Ecosystems: The Fraying Web of Life*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Mohamed, H., K.T. Yong dan G. Gunaseelan. 2004. Additions to the moss flora of Peninsular Malaysia. *J. Bryol.* 26: 47-52.
- Mollet, J.A. 2001. District budget collection under decentralization and the impacts to the natural resource in Papua. Makalah disampaikan dalam Rapid Assessment for Conservation and Economy (RACE). Cenderawasih University, Jayapura.
- Mols, J.B., and P.J.A. Keßler. 2003a. The genus *Miliusa* (Annonaceae) in the Austro-Malesian area. *Blumea* 48: 421-462.
- Mols, J.B., B. Gravendeel, L.W. Chatrou, M.D. Pirie, P.C. Bygrave, M.W. Chase, and P.J.A. Keßler. 2004. Identifying clades in Asian Annonaceae: monophyletic genera in the polyphyletic Miliuseae. *Amer. J. Bot.* 91: 590-600.
- Monk, K., Y. de Fretes dan G. Reksodihardjo-Lilley. 1998. *The Ecology of Nusa Tenggara and Maluku*. Periplus, Singapore.
- Monnier, C., J. Girardeau, M. Pubellier, M. Polve, H. Permana dan H. Bellon. 1999. Petrology and geochemistry of the Cyclops ophiolites (Irian Jaya, East Indonesia): consequences for the Cainozoic evolution of the north Australian margin. *Mineralogy and Petrology* 65: 1-28.
- Montfoort, D. dan R.C. Ek. 1990. Vertical distribution and ecology of epiphytic bryophytes and lichens in a lowland rain forest in French Guiana. Unpubl. report, Utrecht.
- Moog, U., B. Fiala, W. Federle dan U. Maschwitz. 2002. Thrips pollination of the dioecious ant plant *Macaranga hullettii* (Euphorbiaceae) in southeast Asia. *Am. J. Bot.* 89: 50-59.
- Moore, C. 2003. *New Guinea: Crossing Boundaries and History*. University of Hawai'i Press, Honolulu.
- Moore, S. 1916. Myrsinaceae. Dalam Ridley, H.N., Report on the botany of the Wollaston Expedition to Dutch New Guinea, 1912-1913. *Transactions of the Linnaean Society London, Botany* 9: 1-269.
- Moosa, M.K. dan I. Aswandy. 1983. The distribution of ocypodid crabs of the genus *Uca* in the Sunda Strait (Crustacea, Decapoda, Ocypodidae). Symp 100th Krakatau, 1883-1983, 23-27 August 1983, Jakarta, Indonesia.
- Moran, R.C. 2004. *A Natural History of Ferns*. Timber Press, Portland.
- Morley, R.J. 2000. *Origin and Evolution of Tropical Rain Forests*. London: Wiley.
- Morren, G.E.B. 1986. The Miyanmin: Human Ecology of a Papua New Guinea Society. UMI Research Press, Ann Arbor.
- Morren, G.E.B., Jr dan D.C. Hyndman. 1987. The taro monoculture of central New Guinea. *Human Ecology* 15 (3): 301-315.
- Morren, G.E.B., Jr. 1989. Mammals of the East Miyanmin area, Telefomin District, Papua New Guinea, with notes on folk knowledge and taxonomy. *Science in New Guinea* 15: 119-135.
- Morris, M.G. 1986. A butterfly farming and trading agency in Irian Jaya. Unpublished report on consultancy in Indonesia for World Wildlife Fund and USAID.

EKOLOGI PAPUA

- Morrison, R.J. dan J.R. Delaney. 1996. Marine pollution in the Arafura and Timor Seas. *Mar Pollut Bull* 32: 327-334.
- Moss, S.J. dan M.E.J. Wilson. 1998. Biogeographic implications of the Tertiary paleogeographic evolution of Sulawesi and Borneo. Hlm. 133-163 dalam Hall, R. dan J.D. Holloway (eds.) *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*. Backhuys Publishers, Leiden.
- Moyer, J.T., W.K. Emerson dan M. Ross. 1982. Massive destruction of scleractinian corals by the muricid gastropod, *Drupella* in Japan and the Philippines. *Nautilus* 96: 69-82.
- Muskita, Y. 2002. Peredaran dan kepemilikan satwa asal Papua di Kota Jayapura: Laporan Survey. World Wildlife Fund, Jayapura.
- Musser, G.G. dan E. Piik. 1982. A new species of *Hydromys* (Muridae) from western New Guinea (Irian Jaya). *Zoologische Mededelingen* 56: 153-167.
- Musser, G.G. dan M.D. Carleton. 1993. Family Muridae. Hlm. 501-755 dalam Wilson, D.E. dan D.R. Reeder (eds.) *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*, 2nd ed. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Musser, G.G. dan M.D. Carleton. 2005. Family Muridae. Dalam Wilson, D.E. dan D.R. Reeder (eds.) *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*, 3rd ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland.
- Myers, N. 1980. *Conversion of Tropical Moist Forests*. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Myers, N. 1988. Threatened biotas: 'hotspots' in tropical forests. *Environmentalists* 8: 187-208.
- Myers, N. 1997. The rich diversity of biodiversity issues. Dalam Marjorie L. Reaka-Kudla, Wilson, D.E. dan Wilson, E.O. (eds.) *Biodiversity II. Understanding and Protecting Our Biological Resources*. National Academy of Sciences. Joseph Henry Press, Washington, D.C.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B da Fonseca dan J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Myers, R.F. 1999. *Micronesian Reef Fishes: A Comprehensive Guide to the Coral Reef Fishes of Micronesia*. Coral Graphics, Barrigada, Guam.
- Nadkarni, N. 1984. Epiphyte biomass and nutrient capital of a neotropical elfin forest. *Biotropica* 16: 249-256.
- Nadkarni, N. 1985. Biomass and nutrient capital of epiphytes in an *Acer macrophyllum* community of a temperate moist coniferous forest, Olympic Peninsula, Washington State. *Can. J. Bot.* 62: 2223-2228.
- Naeem, S., L.J. Thompson, S.P. Lawler, J.H. Lawton, dan R.M. Woodfin. 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature* 403: 734-737.
- Nair, K.S.S. (ed.). 2000. *Insect Pests and Diseases in Indonesian Forests: An Assessment of the Major Threats, Research and Efforts*. CIFOR, Bogor.
- Nakamura, M. 1992. An ecological study of earthworms in Papua New Guinea. *Journal of Chuo University* 13: 19-33.
- Nakata, S. 1961. Some notes on the occurrence of Phasmatodea in Oceania. *Pacific Insects Monograph* 2: 107-121.
- Nash, C.R., G. Artmont, M.L. Gillan, D. Lennie, G. O'Connor dan K.R. Parris. 1993. Structure of the Irian Jaya mobile belt, Irian Jaya, Indonesia. *Tectonics* 12: 519-535.
- Nash, S.V. 1992. Parrot trade records for Irian Jaya, Indonesia, 1985-1990. *TRAFFIC Bulletin* 13: 42-45.
- Nash, S.V. 1994. Further parrot trade records for Irian Jaya, Indonesia. *TRAFFIC Bulletin* 14: 121-124.

DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, R.E., R. Jusuf, M. Siregar, M. Mansur, A. Sawito dan H. Kurniati. 1996. Eksplorasi flora dan fauna di Cagar Alam Pegunungan Cyclops, Irian Jaya. Hlm. 466-497 dalam Arief, A.J., D.S. Said, Y. Jamal, S. Paryanti, H. Julistiono, Rochadi dan E. Harsono (eds.) *Laporan Teknik Proyek Penelitian, Pengembangan dan Pendayagunaan Biota darat Tahun 1995/1996*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor, Indonesia.
- National Human Development Report. 2004. Indonesia National Human Development Report 2004: The Economics of Democracy, Financing Human Development in Indonesia. BPS-Statistics Indonesia, BAPPENAS, and UNDP Indonesia, Jakarta.
- Nature Conservancy. 2004. Bintuni Bay. Protecting the world's third largest mangrove area. Factsheet. <http://nature.org/wherewework/asiapacific/indonesia/work/art13456.html>. Accessed 20 February 2005.
- Ndoen, M.L. 1994. Ekonomi politik migrasi di Irian Jaya. *Bina Darma* 44: 55-65.
- Neboiss, A. 1986. Atlas of Trichoptera of the SW Pacific-Australian Region. W. Junk, Dordrecht.
- Neboiss, A. 1989. Additions and corrections to the Atlas of Trichoptera of the SW Pacific-Australian region. *Occasional Papers from the Museum of Victoria* 4: 63-67.
- Neumann, K. 2003. New Guinea: a cradle of agriculture. *Science* 301 (11): 180-181.
- New, T.R. 2003. *The Neuroptera of Malesia*. Brill, Leiden.
- Newman, M.F., A. Lhuillier dan A.D. Poulsen. 2004. Checklist of the Zingiberaceae of Malesia. *Blumea*, Suppl. 16.
- Ng, F.S.P. 1991. Manual of forest fruits, seeds and seedlings 1. *Malayan For. Rec.* 34: 67-83, figs. 57-69, 321-366.
- Ng, F.S.P. 1992. Manual of forest fruits, seeds and seedlings. *Malayan For. Rec.* 34: 505-510.
- Nielsen, I.C. 1992. Mimosaceae (Leguminosae-Mimosoideae). *Flora Malesiana* ser. I, 11 (1): 1-226.
- Nietschmann, B.Q., T.B. Norris, R.S. Rose dan J.M. Roswell. 2000. Coral world map (scale 1:28.510.000) and virtual reefscape poster. Dalam Williams, R.S., J. Steele, H.J. deBlij dan B.S. Nietschmann (eds.) National Geographic Society: Committee for Research and Exploration, Washington D.C.
- Nishida, G.M. dan N.L. Evenhuis. 2000. Arthropod pests of conservation significance in the Pacific: a preliminary assessment of selected groups. Hlm. 115-142 dalam Sherley, G. (ed.) *Invasive Species in the Pacific: A Technical Review and Draft Regional Strategy*. SPREP, Apia, Samoa.
- Nix, H.A. dan J.D. Kalma. 1972. Climate as a dominant control in the biogeography of northern Australia and New Guinea. Hlm. 61-91 dalam Walker, D. (ed.) *Bridge and Barrier: The Natural and Cultural Heritage of the Torres Strait*. Department of Biogeography and Geomorphology, Research School of Pacific Studies, Australian National University, Canberra.
- Noguchi, A. 1953. Mosses of Mt. Sarawaket, New Guinea. *J. Hattori Bot. Lab.* 10: 1-23.
- Nooteboom, H.P. 1998. Davalliaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 3: 235-276.
- Norris, C.A. dan G.G. Musser. 2001. Systematic revision within the *Phalanger orientalis* complex (Diprotodontia, Phalangeridae): a third species of lowland gray cuscus from New Guinea and Australia. *American Museum Novitates* 3356: 1-20.
- Norris, D.H. 1990. Bryophyte in perennially moist forests of Papua New Guinea: ecological orientation and prediction of disturbance effects. *Bot. J. Linn. Soc.* 104: 281-291.
- Noss, R.F. 1991. What can wilderness do for biodiversity? *Wild Earth* 1: 51-56.

EKOLOGI PAPUA

- Nowak, R.M. 1995. *Walker's Mammals of the World*. Johns Hopkins University Press, Baltimore. Ada di www.press.jhu.edu/books/walker/primates.cercopithecidae.macaca.html.
- Novaro, A.J., K.H. Redford dan R.E. Bodmer. 2000. Effect of hunting in source-sink systems in the neotropics. *Conserv Biol* 14: 713-721.
- Novotny, V., P. Drozd, S.E. Miller, M. Kulfan, M. Janda, Y. Basset dan G.D. Weiblen. 2006. Why are there so many species of herbivorous insects in tropical rainforests? *Science* 313: 1115-1118.
- Novotny, V., S.E. Miller, J. Leps, Y. Basset, D. Bito, M. Janda, J. Hulcr, K. Damas dan G.D. Weiblen. 2004. No tree an island: the plant-caterpillar food web of a secondary rainforest in New Guinea. *Ecology Letters* 7: 1090-1100.
- Novotny, V., S.E. Miller, Y. Basset, L. Cizek, K. Darrow, B. Kaupa, J. Kua dan G.D. Weiblen. 2005. An altitudinal comparison of caterpillar (Lepidoptera) assemblages on *Ficus* trees in Papua New Guinea. *Journal of Biogeography* 32: 1303-1314.
- Novotny, V., Y. Basset, S.E. Miller, G.D. Weiblen, B. Bremer, L. Cizek dan P. Drozd. 2002c. Low host specificity of herbivorous insects in a tropical forest. *Nature* 416: 841-844.
- Novotny, V., Y. Basset, S.E. Miller, P. Drozd dan L. Cizek. 2002a. Host specialization of leaf-chewing insects in a New Guinea rain forest. *Journal of Animal Ecology* 71: 400-412.
- Nugroho, B. 2001. *A Review of Forest Policies in Papua*. Conservation International Indonesia Program, Jakarta.
- Nursahid, 2003. Law enforcement on Indonesia's wildlife. Proceedings of Indonesia's Wildlife Seminar. Pusat Informasi Lingkungan Indonesia, Jakarta.
- O'Connor, S. dan J. Chappell. 2004. Colonisation, settlement and subsistence in Greater Australia from 60,000 BP. Hlm. 15-32 dalam Sand, C. (ed.) Proceedings of the International Conference for the 50th Anniversary of the first Lapita Excavation Kone-Noumea 2002. Les Cahiers de l'Archéologie en Nouvelle Calédonie 15, Service des Musées et du Patrimoine de Nouvelle Calédonie, Nouméa.
- O'Dowd, D.J. dan M.F. Wilson. 1989. Leaf domatia and mites on Australasian plants: ecological and evolutionary implications. *Biol. J. Linn. Soc.* 37: 191-236.
- O'Shea, M. 1996. *A Guide to the Snakes of Papua P. New Guinea*. Independent Publishing, Port Moresby, Papua P. New Guinea.
- O'Shea, M.T. 1988. *Liasis papuanus* (Papuan Olive Python) feeding. *Herpetological Review* 19 (2): 36.
- Oatham, M. dan B. Beehler. 1997. Richness, taxonomic composition, and species patchiness in three lowland forest plots in Papua New Guinea. Hlm. 649-668 dalam Dallmeier, F., dan J. Comisky (eds.) *Forest Biodiversity Research, Monitoring and Modeling: A Conceptual Background and Old World Case Studies*. Parthenon Publishing, Casterton, UK.
- Ogden, J.C. dan N.B. Ogden. 1982. A preliminary study of two representative seagrass communities in Palau, Western Caroline Islands (Micronesia). *Aquatic Botany* 12: 229-244.
- Ohee, H.L. dan T. Wakum. 1997. Kapasitas lembaga swadaya masyarakat (LSM) di Irian Jaya: suatu analisa untuk penyusunan program pelatihan. Conservation International-Indonesia Program/Yayasan Pengembangan Masyarakat Desa Irian Jaya, Jayapura.
- Ollerton, J. dan S. Liede. 1997. Pollination systems in the Asclepiadaceae: a survey and preliminary analysis. *Bio. Jour. Linn. Soc.* 62: 593-610.

DAFTAR PUSTAKA

- Olson, D. 1997. Priority-setting for biodiversity conservation. Presentasi pada "Applications of NASA Technology for Biodiversity Conservation," April 1-2, 1997. Website online <http://science.hq.nasa.gov/earth-sun/science/biodiversity/paper2.html>.
- Olson, D.M., E. Dinerstein, E.D. Wikramanayake, N.D. Burgess, G.V.N. Powell, E.C. Underwood, J.A. D'Amico, I. Itoua, H.E. Strand, J.C. Morrison, C.J. Loucks, T.F. Allnutt, T.H. Ricketts, Y. Kura, J.F. Lamoreux, W.W. Wettengel, P. Hedao dan K.R. Kassem. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. *BioScience* 51: 933-938.
- Oosterbroek, P. 1998. The Families of Diptera of the Malay Archipelago. Brill, Leiden.
- Oppel, S. 2006. Comparison of two Odonata communities from a natural and modified rainforest in Papua New Guinea. *International Journal of Odonatology* 9 (1): 89-102.
- Orme, C.D.L., R.G. Davies, M. Burgess, F. Eigenbrod, N. Pickup, V.A. Olson, A.J. Webster, T. Ding, P.C. Rasmussen, R.S. Ridgely, A.J. Stattersfield, P.M. Bennett, T.M. Blackburn, K.J. Gaston dan I.P.F. Owens. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* 436: 1016-1019.
- Orsak, L.J. 1993. Killing butterflies to save butterflies: a tool for tropical forest conservation in Papua New Guinea. *News of the Lepidopterist's Society* 1993 (3): 71-80.
- Owen, I.L. 2005. Parasitic zoonoses in Papua New Guinea. *Journal of Helminthology* 79: 1-14.
- Paclt, J. 1982. On some Solomon Islands, Papua New Guinea and Sarawak Thysanura. *Annotationes Zoologicae et Botanicae* 151: 1-10.
- Paclt, J. 1985. Diplura from the Bismarck Archipelago and the Solomon Islands. *International Journal of Entomology* 27: 208-211.
- Pajmans, K. (ed.). 1976. *New Guinea Vegetation*. CSIRO bekerjasama dengan Australian National University, Canberra.
- Pajmans, K. 1967. Vegetation of the Safia-Pongani area. *CSIRO Aust. Land Res. Series* 17: 142-167.
- Pajmans, K. 1970. An analysis of four tropical rain forest sites in New Guinea. *J. Ecol.* 58: 77-101.
- Pajmans, K. 1971. Vegetation, forest resources, and ecology of the Morehead-Kiunga area. Hlm. 88-113 dalam *CSIRO Land Resources of the Morehead-Kiunga Area, Territory of Papua and New Guinea*. Land Research Series No 29: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Melbourne.
- Pajmans, K. 1976. *New Guinea Vegetation*. National University Press, Canberra.
- Pajmans, K., D.H. Blake dan P. Bleeker. 1971. Summary description of the Morehead-Kiunga Area. Hlm. 12-17 dalam *CSIRO Land Resources of the Morehead-Kiunga Area, Territory of Papua and New Guinea*. Land Research Series No 29: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Melbourne.
- Pajmans, K., D.H. Blake, P. Bleeker dan J.R. McAlpine. 1971. *Land resources of the Morehead-Kiunga area, Territory of Papua and New Guinea*. Land Research Series No. 29. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Melbourne.
- Paiki, F.A. 1996. Symptoms of taro leaf blight disease (*Phytophthora colocasiae*) dan relationship with yield components in Biak, Irian Jaya. *Science in New Guinea* 21 (3): 153-157.
- Paine, R.T. 1995. A conversation on refining the concept of keystone species. *Conserv Biol* 9: 962-964.
- Palmer, C.E. 2000. The extent and causes of illegal logging: an analysis of a major cause of tropical deforestation in Indonesia. Centre for Social and Economic Research on the

EKOLOGI PAPUA

- Global Environment working paper. University College London, and University of East Anglia, London.
- Pandofi, J.M. 1996. Limited membership in Pleistocene reef assemblages from the Huon Peninsula, Papua New Guinea: constancy during global changes. *Palaeo* 22: 152-176.
- Pannell, C.M. 1992. A taxonomic monograph of the genus *Aglaiia* Lour. (Meliaceae). *Kew Bull. Additional Series* XVI.
- Parker, H.W. 1934. *A Monograph of the Frogs of the Family Microhylidae*. British Museum (Natural History), London.
- Parris, B.S. 1983. A taxonomic revision of the genus *Grammitis* Swartz (Grammitidaceae: Filicales) in New Guinea. *Blumea* 29 (1): 13-222.
- Parsons, M. J. 1991. *Butterflies of the Bulolo-Wau Valley*. Bishop Museum Press, Honolulu.
- Parsons, M. J. 1998. *The Butterflies of Papua New Guinea: Their Systematics and Biology*. Academic Press, San Diego.
- Parsons, M.J. 1992. The butterfly farming and trading industry in the Indo-Australian region and its role in tropical forest conservation. *Tropical Lepidoptera* 3 (Supplement 1): 1-31.
- Parsons, M.J. 1998. *The Butterflies of Papua New Guinea: Their Systematics and Biology*. Academic Press, San Diego.
- Pasveer, J.M. 2004. The Djief hunters: 26,000 Years of Rainforest Exploitation on the Bird's Head of Papua, Indonesia. *Modern Quaternary Research in Southeast Asia* 17. A. A Balkema, Leiden.
- Pasveer, J.M. dan K.P. Aplin. 1998. Late Pleistocene to modern vertebrate faunal succession and environmental change in lowland New Guinea: evidence from the Bird's Head of Irian Jaya, New Guinea. Hlm. 891-939 dalam Miedema, J., C. Odé dan R.A.C. Dam (eds.) *Perspectives on the Bird's Head of Irian Jaya, Indonesia*. Rodopi, Amsterdam.
- Patchell, F.C. dan R. Shine. 1986a. Feeding mechanisms in pygopodid lizards: how can *Lialis* swallow such large prey? *Journal of Herpetology* 20 (1): 59-64.
- Patel, A. 1997. Phenological patterns of *Ficus* in relation to other forest trees in southern India. *J Trop Ecol* 13: 681-695.
- Patlis, J.M. 2002. Mapping Indonesia's forest estate from the lawyer's perspective: laws, legal fictions, illegal activities, and the gray area. Unpublished report to The World Bank-World Wildlife Fund Alliance
- Paton, D.C. dan B.G. Collins. 1989. Bills and tongues of nectar-feeding birds—a review of morphology, function and performance, with intercontinental comparisons. *Aust J Ecol* 14: 473-506.
- Paton, D.M. 1988. Genesis of an inverted tree line associated with a frost hollow in south-eastern Australia. *Aust. Journ. Bot.* 36: 655-663.
- Patterson, B.D., D.F. Stotz, S. Solari, J.W. Fitzpatrick dan V. Pacheco. 1998. Contrasting patterns of elevational zonation for birds and mammals in the Andes of southeastern Peru. *J Biogeogr* 25: 593-607.
- Paul, D., G. Banks, C. Ballard dan D. Gillieson. 2006. Monitoring the environmental impact of mining in remote locations through remotely sensed data. *Geocarto International* 21, 33-42.
- Payne, J., C.M. Francis dan K. Phillipps. 1985. *A Field Guide to the Mammals of Borneo*. Sabah Society and World Wildlife Fund Malaysia, Kota Kinabalu, Sabah and Kuala Lumpur, Malaysia.

DAFTAR PUSTAKA

- Pearson, D.L. 1977. A pantropical comparison of bird community structure on six lowland rain forest sites. *Condor* 79: 232-244.
- Pedercini, M. 2004. Evaluation of alternative development strategies for Papua, Indonesia. Master's thesis, Information Science Department, University of Bergen, Norway.
- Peekel, P.G. (trans. E.E. Henty). 1984. *Flora of the Bismarck Archipelago for Naturalists*. Kristen Press, Madang.
- Peet, J. 1992. *Energy and the Ecological Economics of Sustainability*. Island Press, Washington, D.C.
- Penders, C.L.M. 2002. *The West New Guinea Debaacle: Dutch Decolonisation and Indonesia, 1945-1962*. Crawford House, Adelaide.
- Pennington, T.D. 1991. *The Genera of Sapotaceae*. Royal Botanic Gardens, Kew, and New York Botanical Garden, Bronx.
- Pennington, T.D. 2004. Sapotaceae. Hlm. 390-421 dalam Kubitzki, K. (ed.) *The Families and Genera of Vascular Plants VI*. Springer-Verlag, Berlin.
- Penny, N.D. dan G.W. Byers. 1979. A check-list of the Mecoptera of the world. *Acta Amazonica* 9: 365-388.
- Pepera. 1972. Penentuan Pendapat Rakyat (Pepera) di Irian Barat 1969, hlm. 82-83. Pemerintah Daerah Provinsi Irian Barat, Djajapura.
- Percival, M. dan J.S. Womersley. 1975. *Floristics and Ecology of the Mangrove Vegetation of Papua New Guinea*. Botany Bulletin 8, Department of Forests, Division of Botany, Lae.
- Peres, C.A. 2000. Identifying keystone plant resources in tropical forests: the case of gums from *Parkia* pods. *J Trop Ecol* 16: 287-317.
- Perfecto, I., J.H. Vandermeer, G.L. Bautista, G.I. Nunez, R. Greenberg, P. Bichier dan S. Langridge. 2004. Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology* 85: 2677-2681.
- Perlman, D.L. dan G. Adelson. 1997. *Biodiversity: Exploring Values and Priorities in Conservation*. Blackwell Science, Malden, Massachusetts.
- Petchey, O.L., P.T. McPherson, T.M. Casey dan P.J. Morin. 1999. Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature* 402: 69-72.
- Peterson, J.A., G.S. Hope, M. Prentice dan W. Hantoro. 2001. Mountain environments in New Guinea and the late Glacial Maximum "warm seas/cold mountains" enigma in the West Pacific Warm Pool region. Hlm. 173-187 dalam Kershaw, P., B. David, N. Tapper, D. Penny dan J. Brown (eds.) *Bridging Wallace's Line: Advances in GeoEcology*. Catena Verlag, Reiskirchen.
- Petocz, R. 1983. Recommended reserves for Irian Jaya Province: statements prepared for the formal gazettement of thirty-one conservation area. World Wildlife Fund/International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Jayapura.
- Petocz, R. 1989. *Conservation and Development in Irian Jaya: A Strategy for Rational Resource Utilization*. E.J. Brill, Leiden.
- Petocz, R., M. Kirenius dan Y. de Fretes. 1983. Avifauna of the reserves in Irian Jaya. World Wildlife Fund Report. World Wildlife Fund, Bogor, Indonesia.
- Petocz, R.G. 1989. *Conservation and Development in Irian Jaya: A Strategy for Rational Resource Utilization*. E.J. Brill, Leiden.
- Philipp dan Philipp. 2006. The monitor lizards of Papua. Dalam Marshal, A.J. dan B.M. Beehler (Editor). *The Ecology of Papua*. Singapore: Periplus Editions.
- Philipp, K.M., T. Ziegler, dan W. Böhme. 2004. *Varanus jobiensis*. Hlm. 189-192 dalam Pianka, E.R., D.R. King, dan R.A. King (eds.) *Varanoid Lizards of the World*. Indiana University Press, Bloomington, Indiana.

EKOLOGI PAPUA

- Philipp, K.M., W. Böhme, dan T. Ziegler. 1999. The identity of *Varanus indicus*: redefinition and description of a sibling species coexisting at the type locality (Sauria: Varanidae, *Varanus indicus* group). *Spixiana* 22 (3): 273-287.
- Philpott, S.M., R. Greenberg, P. Bichier dan I. Perfecto. 2004. Impacts of major predators on tropical agroforest arthropods: comparisons within and across taxa. *Oecologia* 140: 140-149.
- Pianka, E.R., D. King dan R.A. King. 2004. *Varanoid Lizards of the World*. Indiana University Press, Bloomington, Indiana.
- Pigram, C.J. dan H.L. Davies. 1987. Terranes and the accretion history of the New Guinea orogen. Bureau of Mineral Resources, *Journal of Australian Geology and Geophysics* 10: 193-211.
- Pigram, C.J. dan H.L. Davies. 1987. Terranes and the accretion history of the New Guinea orogen. Bureau of Mineral Resources, *Journal of Australian Geology* 10: 193-211.
- Pigram, C.J. dan P.A. Symonds. 1991. A review of the timing of the major tectonic events in the New Guinea orogen. *J So East Asian Earth Sci* 6: 307-318.
- Piippo, S. 1994. Phytogeography and habitat ecology of Western Melanesian endemic Hepaticae. *J. Hattori Bot. Lab.* 75: 275-293.
- Piippo, S., T. Koponen dan D.H. Norris. 1987. Endemism of the bryophyte flora in New Guinea. *Symposia Biol. Hungarica* 35: 361-372.
- Pimm, S.L. 1997. Extinctions, geographic ranges, and patterns of loss. Plenary address at "Humans and other catastrophes" symposium. American Museum of Natural History, New York. www.amnh.org/science/biodiversity/extinction/Day1/bytes/PimmPres.html.
- Pimm, S.L. dan J.L. Gittleman. 1992. Biological diversity: where is it? *Science* 255: 940.
- Pitcher, R. 1991. Research for sustainable development of the tropical rock lobster fishery in Torres Strait. Hlm. 253-259 dalam Lawrence, D. dan P. Cansfield-Smith (eds.) *Sustainable Development for Traditional Inhabitants of the Torres Strait Region: Proc Torres Strait Baseline Stud.*, Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australia.
- Ploeg, A. 2000. Dr. P.J. Eyma's writings on agriculture in the Paniai area, Central Highlands, Western New Guinea. *Journal of the Polynesian Society* 109 (4): 401-420.
- Ploeg, A. 2005. Sweet potato in the central highlands of west New Guinea. Hlm. 149-161 dalam Ballard, C., P. Brown, R.M. Bourke dan T. Harwood (eds.) *The Sweet Potato in Oceania: A Reappraisal. Oceania Monograph 56*, Sydney.
- Ploeg, A. 1970. *Land Tenure in West Irian. New Guinea Research Bulletin* 38. Australian National University, Canberra.
- Pócs, T. 1976. The role of the epiphytic vegetation in the water balance and humus production of the rain forests of the Uluguru Mountains, East Africa. *Boissiera* 24b: 499-503.
- Pócs, T. 1980. The epiphytic biomass and its effect on the water balance of two rain forest types in the Uluguru Mountains (Tanzania, East Africa). *Acta Bot. Acad. Sci. Hungaricae* 26:143-167.
- Pócs, T. 1982. Tropical forest bryophyte. Hlm. 59-104 dalam Smith, A.J.E. (ed.) *Bryophyte Ecology*. Chapman & Hall, London.
- Poffenberger, M. 1995. Beyond the timber barons: rethinking Indonesian forest policy. Presented paper to OECD Development Center Experts' Meeting on Trade, Environment and Sustainable Development, December 7-8, 1994. East-West Center, Washington, D.C.
- Poirier, F.E. dan E.O. Smith. 1974. The Crab-eating Macaque (*Macaca fascicularis*) of Angaur Island, Palau, Micronesia. *Folia Primatologica* 22: 258-306.

DAFTAR PUSTAKA

- Polak, M. 2000. The botanical diversity in the Ayawasi area, Irian Jaya, Indonesia. *Biodiversity and Conservation* 9: 1345-1375.
- Polhemus, D.A. 1996. Island arcs dan their influence on Indo-Pacific biogeography. Hlm. 51-66 dalam Keast, A. dan S.E. Miller (eds.) *The Origin and Evolution of Pacific Island Biotas, New Guinea to Eastern Polynesia: Patterns and Processes*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- Polhemus, D.A. 1998. Aquatic insects of the Wapoga River area, Irian Jaya, Indonesia. Hlm. 39-42 dan 90-94 dalam Mack, A.L., dan L.E. Alonso (eds.) *A Biological Assessment of the Wapoga River area of northwestern Irian Jaya, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 14. Conservation International, Washington, D.C.
- Polhemus, D.A. 2002. Aquatic insects of the Dabra area, Mamberamo River basin, Papua, Indonesia. Hlm. 57-60 dan 129-137 dalam Richards, S.L., dan S. Suryadi (eds.) *A Biodiversity Assessment of the Yongsu-Cyclops Mountains and the Southern Mamberamo Basin, Papua, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 25. Conservation International, Washington, D.C.
- Polhemus, D.A. dan J.T. Polhemus. 1998. Assembling New Guinea: 40 million years of island arc accretion as indicated by the distributions of aquatic Heteroptera (Insecta). Hlm. 327-340 dalam Hall, R. dan J.D. Holloway (eds.) *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*. Backhuys Publishers, Leiden.
- Polhemus, D.A. dan J.T. Polhemus. 2000. A biodiversity survey of aquatic insects in the Ajkwa River Basin and adjacent areas, Irian Jaya, Indonesia. *Tropical Biodiversity* 5: 197-216.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 1985. Naucoridae of New Guinea. I. A review of the genus *Nesocricos* La Rivers (Hemiptera: Naucoridae) with descriptions of two new species. *International Journal of Entomology* 27 (3): 197-203.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 1986a. Naucoridae of New Guinea. II. A review of the genus *Idiocarus* Montandon (Hemiptera: Naucoridae) with descriptions of three new species. *Journal of the New York Entomological Society* 94 (1): 39-50.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 1986b. Naucoridae of New Guinea. III. A review of the genus *Tanyricos* with description of a new species. *Journal of the New York Entomological Society* 94: 163-173.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 1989. Naucoridae (Heteroptera) of New Guinea. IV. A revision of the genus *Cavocoris* La Rivers, with descriptions of four new species. *Journal of the New York Entomological Society* 97: 73-86.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 1997. A review of the genus *Limnometra* Mayr in New Guinea, with the description of a very large new species (Heteroptera: Gerridae). *Journal of the New York Entomological Society* 105: 24-39.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 1998. Assembling New Guinea—40 million years of island arc accretion as indicated by the distribution of aquatic Heteroptera (Insecta). Hlm. 327-340 in Hall, R., and J. Holloway (eds.) *Biogeographical and Geological Evolution of SE Asia*. Backhuys Publishers, Leiden.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 2000a. Naucoridae (Heteroptera) of New Guinea. 6. A revision of the genera *Sagocoris* and *Aptinocoris*, with descriptions of new species. *Journal of the New York Entomological Society* 107 (4): 331-371.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 2000b. Additional new genera and species of Microveliinae (Heteroptera: Veliidae) from New Guinea and adjacent regions. *Tijdschrift voor Entomologie* 143: 91-123.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 2000c. New species of Microveliinae (Heteroptera: Veliidae) from the Raja Ampat Islands. *Tijdschrift voor Entomologie* 143: 279-289.

EKOLOGI PAPUA

- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 2000d. A biodiversity survey of aquatic insects in the Ajkwa River basin and adjacent areas, Irian Jaya, Indonesia. *Tropical Biodiversity* 5: 197-216.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 2001. A revision of the genus *Ptilomera* (Heteroptera: Gerridae) on New Guinea and nearby islands. *Journal of the New York Entomological Society* 109 (1): 81-166.
- Polhemus, D.A., and J.T. Polhemus. 2004. Two new genera and thirty new species of Microveliinae (Heteroptera: Veliidae) from the East Papua Composite Terrane, fareastern New Guinea. *Tijdschrift voor Entomologie* 147: 113-189.
- Polhemus, D.A., dan J.T. Polhemus. 2000d. A biodiversity survey of aquatic insects in the Ajkwa River basin and adjacent areas, Irian Jaya, Indonesia. *Tropical Biodiversity* 5: 197-216.
- Polhemus, D.A., J. Maciolek, and J. Ford. 1992. An ecosystem classification of inland waters for the tropical Pacific islands. *Micronesica* 25 (2): 155-173.
- Polhemus, J.T. dan D.A. Polhemus. 2002. The Trepobatinae (Gerridae) of New Guinea and surrounding regions, with a review of the world fauna. Part 6. Phylogeny, biogeography, world checklist, bibliography, and final taxonomic addenda. *Insect Systematics and Evolution* 33: 253-290.
- Polunin, N.V.C. 1983. The marine resources of Indonesia. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 21: 455-531.
- Ponzetta, M.T. dan M.G. Paoletti. 1997. Insects as food of the Irian Jaya populations. *Ecology of Food and Nutrition* 36: 321-346.
- Pospisil, L. 1963. *Kapauku Papuan Economy*. Yale University Publications in Anthropology No. 67. Department of Anthropology, Yale University, New Haven, Connecticut.
- Potgieter, K. dan V.A. Albert. 2001. Phylogenetic relationships within Apocynaceae *s.l.* based on *trnL* intron and *trnL-F* spacer sequences and propagule characters. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 88 (4): 523-549.
- Potts, D.C. 1983. Disequilibrium among Indo-Pacific corals. *Bull. Mar. Sci.* 33: 619-632.
- Poulgrain, G. 1999. Delaying the 'discovery' of oil in West New Guinea. *The Journal of Pacific History* 34 (2): 205-218.
- Pouwer, J. 1966. Toward a configurational approach to society and culture in New Guinea. *Journal of Polynesian Society* 75: 267-286.
- Pouwer, J. 1999. The colonisation, decolonisation and recolonisation of West New Guinea. *The Journal of Pacific History* 34 (2): 157-179.
- Powell, J. M. 1970. The history of agriculture in the New Guinea highlands. *Search* 1 (5): 199-200.
- Prance, G.T. 1977. Floristic inventory of the tropics: where do we stand? *Ann. Missouri Bot. Gard.* 64: 659-684.
- Pratt, T.K. 1984. Examples of tropical frugivores defending fruit-bearing plants. *Condor* 86: 123-129.
- Pratt, T.K. 2000. Evidence for a previously unrecognized species of owllet-nightjar. *Auk* 117: 1-11.
- Pratt, T.K. dan E.W. Stiles. 1983. How long fruit-eating birds stay in the plants where they feed: implications for seed dispersal. *Am Nat* 122: 797-805.
- Prentice, M.L. dan K. Maryunani. 2002. The history of the Carstenz Glaciers 1936 to 1999 and relations to climate change. Report to PT Freeport Indonesia.
- Prentice, M.L., G.S. Hope, K. Maryunani dan J.A. Peterson. 2005. An evaluation of snowline data across New Guinea during the last major glaciation, and area-based glacier snowlines in the Mt. Jaya region of Papua, Indonesia, during the Last Glacial Maximum. *Quaternary International* 138-139: 93-117.

DAFTAR PUSTAKA

- Price, R.D. 2003. *The Chewing Lice: World Checklist and Biological Overview*. Illinois Natural History Survey, Champaign.
- Pridgeon, A.M., P.J. Cribb, M.A. Chase dan F. Rasmussen (eds.). 1999. *Genera Orchidacearum*, vol. 1. Oxford University Press, Oxford.
- Proctor, J., J.M. Anderson, P. Chai dan H.W. Vailack. 1983. Ecological studies in four contrasting lowland rainforests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. I. Forest environment, structure and floristics. *Journal of Ecology* 71: 237-260.
- Pruett-Jones, S.G. dan M.A. Pruett-Jones. 1988. The use of court objects by Lawes' Parotia. *Condor* 90: 538-545.
- Pryer, K.M., H. Schneider, A.R. Smith, R. Cranfill, P.G. Wolf, J.S. Hunt dan S.D. Sipes. 2001. Horsetails and fens are a monophyletic group and the closest living relatives to seed plants. *Nature* 409: 618-622.
- PT Freeport Indonesia. July 2004. Riverine tailings transport. Freeport-McMoRan Copper & Gold Inc.
- Purwanto, Y. 1997. Gestion de la biodiversité: relations aux plantes et dynamiques végétales chez les Dani de la vallée de la Baliem en Irian Jaya, Indonésie. 2 vols. Ph.D. diss., Université Paris VI.
- Purwanto, Y. 2003. Ethnoecological study of the Dani-Baliem society dan the environment changes in Baliem Valley, Jayawijaya, Irian Jaya. *Berita Biologi* 6 (5), Edisi Khusus Kebun Biologi Wamena dan Biodiversitas Papua.
- Purvis, A., P.-M. Agapow, J.L. Gittleman dan G.M. Mace. 2000. Nonrandom extinction and the loss of evolutionary history. *Science* 288: 328-330.
- Putrawidjaja, M. 2000. Marine species trade in Irian Jaya. Cendrawasih Bay National Park case (report). Conservation Science, WWF-Indonesia-Sahul Bioregion, Jayapura.
- Putrawidjaja, M. 2000. Marine turtles in Irian Jaya, Indonesia. *Marine Turtle Newsletter* 90: 8-10.
- Pyle, R.L. 1995. Pacific reef and shore fishes. Hlm. 205-238 dalam Maragos, J.E., M.N.A. Peterson, L.G. Eldredge, J.E. Bardach dan H.F. Takeuchi (eds.) *Marine and Coastal Biodiversity in the Tropical Pacific Region*. Vol. 1. *Species Systematics and Information Management Priorities*. Program on Environment, East-West Center, Honolulu.
- Qu, W., G. Barney, dan M. Pedercini. 2003. Documentation for the Threshold 21 (T21) Integrated Development Model, 8th Edition with Additions from Mozambique and Papua. Millennium Institute, Arlington, Virginia.
- Quammen, D. 1998. Planet of weeds: tallying the losses of earth's animals and plants. *Harper's Magazine* October 1998: 57-69.
- Quarles van Ufford, A. dan M. Cloos. 2005. Cenozoic tectonics of New Guinea. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 89: 119-140.
- Radcliffe-Smith, A. 2001. *Genera Euphorbiacearum*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Rahayu, D.L. dan P.J.F. Davie. 2002. Two new species and a new record of *Perisesarma* (Decapoda, Brachyura, Grapsidae, Sesarmidae) from Indonesia. *Crustaceana* 75: 597-607.
- Rahayu, D.L. dan P.K.L. Ng. 2003. The Camptanriidae of Irian Jaya, Indonesia, including the descriptions of two new species (Decapoda: Brachyura). *J Crust Biol* 23: 951-962.
- Rahbek, C. 1997. The relationship among area, elevation, and regional species richness in neotropical birds. *Am Nat* 149: 875-902.
- Ramsey, M.W. 1988. Differences in pollinator effectiveness of birds and insects visiting *Banksia menziesii* (Proteaceae). *Oecologia* 76: 119-124.
- Ramsey, M.W. 1989. The seasonal abundance and foraging behavior of honeyeaters and their potential role in the pollination of *Banksia menziesii*. *Aust J Ecol* 14: 33-40.

EKOLOGI PAPUA

- Rand, A.L. dan E.T. Gilliard. 1967. *Handbook of New Guinea Birds*. Weidenfeld and Nicolson, London.
- Rand, A.L. dan L.J. Brass. 1940. Results of the Archbold Expeditions no. 29. Summary of the 1936-37 New Guinea expedition. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 77: 341-380.
- Randall, J.E. 1965. Grazing effects on seagrass by herbivorous reef fishes in the West Indies. *Ecology* 46: 255-260.
- Randall, J.E. 1998. Zoogeography of shore fishes of the Indo-Pacific region. *Zool. Stud.* 37: 227-268.
- Rappard, F.W. dan P. van Royen. 1959. Enige notities over de vegetatie in het gebied van de Wisselmeren [Some notes on the vegetation in the Wissel Lakes area]. *Nova Guinea*, new ser. 10 (2): 159-176.
- Rayner, S.M. 1979. Comparison of the salinity range tolerated by teredinids (Mollusca: Teredinidae) under controlled conditions with that observed in an estuary in Papua New Guinea. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 30: 521-533.
- Rayner, S.M. 1983. Distribution of teredinids (Mollusca: Teredinidae) in Papua New Guinea. *Records of the Australian Museum* 35: 61-76.
- Reaka-Kudla, M.L. 1995a. An estimate of known and unknown biodiversity and potential for extinction on coral reefs. *Reef Encounter* 17: 8-12.
- Reaka-Kudla, M.L. 1995b. The global biodiversity of coral reefs: a comparison with rainforests. Hlm. 83-108 dalam Reaka-Kudla, M.L., D.E. Wilson dan E.O. Wilson (eds.) *Biodiversity II, Understanding and Protecting Our Biological Resources*. Joseph Henry Press, Washington, D.C.
- Reaka-Kudla, M.L. 1997. An estimate of known and unknown biodiversity and potential for extinction on coral reefs. *Reef Encounter* 17: 8-12.
- Reid, D.G. 1986. The Littorinid Mollusks of Mangrove Forests in the Indo-Pacific Region the Genus *Littoraria*. British Museum (Natural History), London.
- Renner, S.S. 1993. Phylogeny and classification of the Melastomataceae and Memecylaceae. *Nord. J. Bot.* 13: 519-540.
- Rentz, D.C.F. 1996. Grasshopper Country: The Abundant Orthopteroid Insects of Australia. University of New South Wales Press, Sydney.
- Repetto, R. 1988. The Forest for the Trees? Government Policies and the Misuse of Forest Resources. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Report on Netherlands New Guinea 1960. Ministry of Home Affairs and Ministry of Foreign Affairs, The Hague.
- Report on Netherlands New Guinea 1961. Ministry of Home Affairs and Ministry of Foreign Affairs, The Hague.
- RePPProT (Regional Physical Planning Program for Transmigration). 1990. *The Land Resources of Indonesia: A National Overview. Final Report*. Land Resource Department of the Overseas Development Administration, London (Government of UK), and Ministry of Transmigration (Government of Indonesia), Jakarta.
- RePPProT. 1986. Review of Phase I and II Results for Irian Jaya. Regional Physical Planning Programme for Transmigration (RePPProT), Ministry of Transmigration, Jakarta.
- RePPProT. 1990. The land resources of Indonesia. A national overview. Regional Physical Planning Programme for Transmigration (RePPProT), Ministry of Transmigration, Jakarta, and the U.K. Overseas Development Agency.
- Reynders, J.H. 1962. Shifting cultivation in the Star Mountains area. *Nova Guinea, Anthropology* 10 (3): 45-73.

DAFTAR PUSTAKA

- Rhodin, A.G.J., R.A. Mittermeier dan P.M. Hall. 1993. Distribution, osteology, and natural history of the Asian giant softshell turtle, *Pelochelys bibroni*, in Papua New Guinea. *Chelonian Conservation and Biology* 1 (1): 19-30.
- Richard, P. 1985. *Indigenous Agriculture Revolution*. Unwin Hyman, London.
- Richards, P.W. 1952. *The Tropical Rain Forest*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Richards, S. 2001. A new species of torrent-dwelling frog (Anura: Hylidae: *Litoria*) from the mountains of Indonesian P. Nugini (West Papua). *Memoirs of the Queensland Museum* 46: 733-739.
- Richards, S. dan D. Iskandar. 2000. A new minute *Oreophryne* (Anura: Microhylidae) from the mountains of Irian Jaya, Indonesia. *Raffles Bulletin of Zoology* 48 (2): 257-262.
- Richards, S., D.T. Iskandar dan A. Allison. 2000. Amphibians and reptiles of the Wapoga River area, Irian Jaya, Indonesia. Dalam Mack, A.L. dan L.E. Alonso (eds.) A biological assessment of the Wapoga River area of northwestern Irian Jaya, Indonesia. *RAP Bulletin of Biological Assessment* 14: 54-57, 113-120.
- Richards, S., D.T. Iskandar dan B. Tjaturadi. 2002. Amphibians and reptiles of the Dabra area, Mamberamo River Basin, Papua, Indonesia. *RAP Bulletin of Biological Assessment* 25: 76-79, 164-167.
- Richards, S.J. dan S. Suryadi (eds.). 2002. A Biodiversity assessment of Yongsu: Cyclops Mountains and the Southern Mamberamo Basin, Papua, Indonesia. *RAP Bulletin of Biological Assessment* 25. Conservation International, Washington, D.C.
- Ridley, N.H. 1916. Report on the botany of the Wollaston Expedition to Dutch New Guinea, 1912-13. *Transactions of the Linnean Society of London*, 2nd ser. Bot. 9 (1): 1-269.
- Ridsdale, C.E. 1968. Botanical results of the New Guinea border demarcation expedition, 1967. *Trans. Papua New Guinea Sci. Soc.* 9: 3-22.
- Riedel, A. 2001. Revision of the simulans-group of *Euops* Schoenherr (Coleoptera, Curculionoidea, Attelabidae) from the Papuan region. *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 48: 139-221.
- Rigby, J.F. 1997. The significance of a Permian flora from Irian Jaya (West New Guinea) containing elements related to coeval floras of Gondwanaland and Cathaysia. *Palaeobotanist* 45: 295-302.
- Robbins, R.G. 1958. Montane formations in the Central Highlands of New Guinea. Hlm. 176-195 dalam Proc. Symposium on Humid Tropics Vegetation, Tjiawari, Indonesia. UNESCO.
- Robbins, R.G. 1968. Vegetation of the Wewak-Tari area. *CSIRO Aust. Land Res. Series* 22:109-124.
- Roberts, C.M., C.J. McClean, J.E.N. Veron, J.P. Hawkins, G.R. Allen, D.E. McAllister, C.G. Mittermeier, F.W. Schueler, M. Spalding, F. Wells, C. Vynne dan T.B. Werner. 2002. Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs. *Science* 295 (5558): 1280-1284.
- Roberts, R.G., T.F. Flannery, L.K. Ayliffe, H. Yoshida, J.M. Olley, G.J. Prideaux, G.M. Laslett, A. Baynes, M.A. Smith, R. Jones, dan B.L. Smith. 2001. The last Australian megafauna: new ages indicate continent-wide extinction about 46,000 years ago. *Science* 292: 1888-1892.
- Roberts, T.R. 1978. An ichthyological survey of the Fly River in Papua New Guinea with descriptions of new species. *Smithsonian Contributions to Zoology* 281: 1-70.
- Roberts, T.R. 1989. The freshwater fishes of western Borneo (Kalimantan Barat, Indonesia). *Memoirs of the California Academy of Sciences* 14: 1-210.

EKOLOGI PAPUA

- Robertson, A.I. 1988. Abundance, diet and predators of juvenile banana prawns, *Penaeus merguensis*, in a tropical mangrove estuary. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 38: 467.
- Robertson, A.I., D.M. Alongi dan K.G. Boto. 1992. Food chains and carbon fluxes. Hlm. 293-326 dalam Robertson, A.I. dan D.M. Alongi (eds.) *Tropical Mangrove Ecosystems*. American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Robinson, J.G., K.H. Redford dan E.L. Bennett. 1999. Wildlife harvest in logged tropical forests. *Science* 284: 595-596.
- Roisin, Y. dan J.M. Pasteels. 1996. The nasute termites (Isoptera: Nasutitermitinae) of Papua New Guinea. *Invertebrate Taxonomy* 10: 507-616.
- Roos, M. 1996. Mapping the world's pteridophyte diversity—systematics and floras. Hlm. 29-42 dalam Camus, J.M., M. Gibby dan R.J. Johns (eds.) *Pteridology in Perspective. Proceedings of the Holttum Memorial Pteridophyte Symposium, Kew, 1995*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Roos, M.C. 2003. Flora Malesiana 1991-2001. What has been achieved: revitalisation, momentum? What next? Proceedings of the 5th International Flora Malesiana Symposium 2001. *Telopea* 10 (1): 1-10.
- Roos, M.C., P.J.A. Kessler, S.R. Gradstein dan P. Baas. 2004. Jenis diversity and endemism of five major Malesian islands: diversity-area relationships. *Journal of Biogeography* 31 (12): 1893-1908.
- Rosariyanto, E., H. van Mastrigt, H.S. Innah dan H. Yoteni. 2002. Butterflies of the Yongsu area, Papua, Indonesia. Hlm. 61-62, 138-139 dalam Richards, S.J. dan S. Suryadi (eds.) *A Biodiversity Assessment of Yongsu-Cyclops Mountains and the Southern Mamberamo Basin, Papua, Indonesia*. Conservation International, Washington, D.C.
- Rose, M., F. Parker dan A.G.J. Rhodin. 1982. P. Nugini plateless turtle or pitted shell turtle (Fly River or pig-nosed turtle), *Carettochelys insculpta* Ramsay 1886. Hlm. 243-246 dalam Groombridge, B. (ed.) *The IUCN Amphibia-Reptilia Red Data Book*. Part 1. Testudines, Crocodylia, Rhynchocephalia. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland.
- Rosenfeld, J.S. 2002. Functional redundancy in ecology and conservation. *Oikos* 98: 156-162.
- Ross, C.A. 1989. *Crocodyles and Alligators*. Golden Press Pty, Silverville, New South Wales.
- Ross, C.A. 1990. *Crocodylus raninius* Müller and Schlegel, a valid species of crocodile (Reptilia: Crocodylidae) from Borneo. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 103 (4): 955-961.
- Ross, E.S. 1948. The Embioptera of New Guinea. *Pan-Pacific Entomologist* 24: 97-116.
- Ross, R.A. dan G. Marzec. 1990. *The Reproductive Husbandry of Pythons and Boas*. Institute for Herpetological Research, Stanford, California.
- Roth, L.M. 2003. Systematics and phylogeny of cockroaches (Dictyoptera: Blattaria). *Oriental Insects* 37: 1-186.
- Rowe, J.S. 1961. The level-of-integration concept and ecology. *Ecology* 42: 420-427.
- Royal Botanic Gardens, Kew. 2003. Monocot Checklist. Available at <http://www.kew.org/wcsp> (accessed 2 February 2004).
- Ruitenbeek, H.J. 1992. *Mangrove Management: An Economic Analysis of Management Options with a Focus on Bintuni Bay, Irian Jaya*. School for Resource and Environmental Studies, Dalhousie University, Halifax.

DAFTAR PUSTAKA

- Ruitenbeek, H.J. 1994. Modelling economy-ecology linkages in mangroves: economic evidence for promoting conservation in Bintuni Bay, Indonesia. *Ecol Econ* 10: 233-247.
- Rumbiak, A.M. 1984. Observations on the trade in birds of paradise in Bomakia District of Kouh, Region of Merauke.
- Ruppert, E.E. dan R.D. Barnes. 1994. *Invertebrate Zoology*. 6th ed. Saunders, Philadelphia.
- Stehli, G.G. dan J.W. Wells. 1971. Diversity and age patterns in hermatypic corals. *Syst. Zool.* 2: 115-126.
- Rusman, R. 1998. Youth, education and employment in Irian Jaya. Hlm. 365-381 in Miedema, J., C. Odé, dan R.A.C. Dam (eds.) *Perspectives on the Bird's Head of Irian Jaya, Indonesia: Proceedings of the Conference, Leiden, 13-17 October 1997*. Editions Rodopi, Amsterdam.
- Rutherford, D. 2003. Raiding the Land of the Foreigners: The Limits of the Nation on an Indonesian Frontier. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Rümmler, H. 1938. Die Systematik und Verbreitung der Muriden Neuguineas. *Mitteilungen Zoologischen Museum Berlin* 23: 1-297.
- Röckel, D., W. Korn dan A.J. Kohn. 1995. *Manual of the Living Conidae*, Vol. 1: IndoPacific Region. Verlag Christa Hemmen, Wiesbaden.
- Sabar, F., M. Djajasasmita dan A. Budiman. 1979. Susunan dan penyebaran moluska dan krustacea pada beberapa hutan rawa payau: suatu studi pendahuluan. Hlm. 120-125 dalam Soemodihardjo, S., A. Nontji dan A. Djamali (eds.) *Prosiding Seminar Ekosistem Hutan Mangrove*. LIPI, Jakarta.
- Saenger, P. dan S.C. Snedaker. 1993. Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litterfall. *Oecologia* 96: 293-299.
- Sakai, S. M. Kato dan T. Inoue. 1999. Three pollination guilds and variation in floral characteristics of Bornean gingers (Zingiberaceae and Costaceae). *Maer. J. Bot.* 86: 646-658.
- Salafsky, N., H. Cauley, G. Balachander, B. Cordes, J. Parks, C. Margoluis, S. Bhatt, C. Encarnacion, D. Russell dan R. Margoluis. 2001. A systematic test of an enterprise strategy for community-based biodiversity conservation. *Cons. Biol.* 15: 1585-1595.
- Salm, R.V., R.G. Petocz dan T. Soehartono. 1982. Survey of coastal areas in Irian Jaya. UNDP/FAO dan WWF/IUCN. FO/INS/78/061 Special Report. Bogor.
- Samedi dan D.T. Iskandar. 2000. Freshwater turtle and tortoise conservation and utilization in Indonesia. *Chelonian Research Monographs* 2: 106-111.
- Sanchez-Cordero, V. 2001. Elevation gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, Mexico. *Global Ecol Biogeogr Lett* 10: 63-76.
- Sanderson, E.W., K.H. Redford, A. Vedder, P.B. Coppolillo dan S.E. Wardrecord. 2002. A conceptual model for conservation planning based on landscape species requirements. *Lands Urban Plan* 58: 41-56.
- Santesson, R. 1952. Foliicolous lichens I. A revision of the taxonomy of the obligately foliicolous, lichenized fungi. *Symb. Bot. Upsal.* 12 (1): 1-590, pl. 1, fig. 1-92.
- Santesson, R., R. Moberg, A. Nordin, T. Tønberg, and O. Vitikainen. 2004. *Lichen-forming and Lichenicolous Fungi of Fennoscandia*. Museum of Evolution, Uppsala.
- Sarawak Forest Department. 2001. *Macaca fascicularis*. Forest Department Sarawak. www.forestry.sarawak.gov.my/forweb/wildlife/fauna/mammal/itmac.htm.
- Sarbu, S. 2000. Movile cave: a chemoautotrophically based groundwater ecosystem. Hlm. 319-343 dalam Wilkens, H., D.C. Culver, dan W.F. Humphreys (eds.) *Ecosystems of the World 30: Subterranean Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam.

EKOLOGI PAPUA

- Saunders, J.C. 1965. Forest resources of the Wabag-Tari Area. Hlm. 116-124 dalam *Lands of the Wabag-Tari Area, Papua New Guinea*. CSIRO, Land Res. Ser. 15. CSIRO, Melbourne.
- Saunders, J.C. 1970. Forest resources of the Goroka-Mount Hagen area. Hal 119-125 dalam *Lands of the Goroka-Mount Hagen Area, Papua New Guinea*. CSIRO, Land Res. Ser. 27. CSIRO, Melbourne.
- Saunders, R.M.K. 1998. Azollaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 3: 277-284.
- Scheltze-Westrum, T. 2001. West-Papua: only the village people can save their reefs and rainforests. *Biodiversity* 2 (1): 15-19.
- Schiffner, V. 1898. *Conspectus Hepaticarum Archipelagi Indici*. Staatsbruckerei, Batavia.
- Schiffner, V. dan F. Stephani. 1901. Hepaticae. Hlm. 69-79 dalam Schumann, K. dan K. Lauterbach (eds.) *Die Flora der Deutschen Schutzgebiete in der Südsee*. Gebrüder Bornträger, Leipzig.
- Schlechter, R. 1905. Periplocaceae, Asclepiadaceae. Hlm. 351-369 dalam Schumann, K. dan K. Lauterbach (eds.) *Nachträge zur Flora der Deutschen Schutzgebiete in der Südsee*. Gebrüder Bornträger, Leipzig.
- Schlechter, R. 1913. Die Asclepiadaceen von Deutsch-Neu-Guinea. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 50: 81-1
- Schlechter, R. 1914. Die Orchidaceen von Deutsch-Neu-Guinea. *Rep. Spec. Nov. Regni Veg., Beih.* 1: i-lxvi, 1-1058.
- Schodde, R. dan J.H. Calaby. 1972. The biogeography of the Australo-Papuan bird and mammal faunas in relation to Torres Strait. Hlm. 257-300 dalam Walker, D. (ed.) *Bridge and Barrier: The Natural and Cultural History of Torres Strait*. Australian National University, Canberra.
- Schofield, W.B. 1985. *Introduction to Bryology*. Macmillan, New York.
- Schoorl, J.W. (ed.). 1996. Besturen in Nederlands-Nieuw-Guinea 1945-1962: Ontwikkelingswerk in een Periode van Politieke Onrust. KITLV Press, Leiden.
- Schroo, H. 1964. An inventory of soils and soil suitabilities in West Irian: IIB. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 12: 1-26.
- Schuiling, D.L. dan F.S. Jong. 1996. Metroxylon sago. Hlm. 121-126 dalam PROSEA, Plant yielding non-seed carbohydrates.
- Schuiteman, A. 1997. Revision of the genus *Mediocalcar*. *Orchid Monogr.* 8: 21-77.
- Schuiteman, A. dan E.F. de Vogel. 2001. *Orchids of New Guinea*, vol. I; Illustrated Checklist and Genera. CD-ROM. ETI, Amsterdam; Nationaal Herbarium Nederland, Leiden.
- Schulte, J.A., J. Melville dan A. Larson. 2003. Molecular phylogenetic evidence for ancient divergence of lizard taxa on either side of Wallace's Line. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences* 270 (1515): 597-603.
- Schultze-Motel, W. 1963. Vorläufiges Verzeichnis der Laubmoose von Neuguinea. *Willdenowia* 3: 399-549.
- Schumann, K. dan K. Lauterbach. 1900. *Die Flora der Deutschen Schutzgebiete in der Südsee*. Borntraeger, Leipzig.
- Schumann, K.M. 1904. Zingiberaceae. Hlm. 1-458 dalam Engler, A (Ed.) *Das Pflanzenreich* IV. 46 (Heft 20), Leipzig.
- Schwartz, M.W., C.A. Bringham, D.J. Hoeksema, K.G. Lyons, H.M. Mills dan P.J. van Mantgem. 2000. Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology. *Oecologia* 122: 297-305.
- Scotland, N., dan S. Ludwig. 2002. Deforestation, the timber trade and illegal logging. European Community Workshop on Forest Law Enforcement, Governance and Trade, Brussels.

DAFTAR PUSTAKA

- Segers, H. dan L. De Meester. 1994. Rotifera of Papua New Guinea, with the description of a new *Scardium* Ehrenberg, 1830. *Archiv für Hydrobiologie* 131: 111-125.
- Sekhran, N. dan S.E. Miller (eds.). 1996. *Papua New Guinea Country Study on Biological Diversity*. Papua New Guinea Department of Environment and Conservation, Waigani.
- Sembiring, S., A. Akbar, B. Nasution, dan C. Diah. 2003. Kajian Hukum Mengenai Illegal Logging dan Perdagangan Hidupan Liar. Institusi Hukum Sumber Daya Alam (IHSA) dan Conservation International Indonesia, Jakarta.
- Sensus Penduduk. 1995. *Sensus penduduk Irian Jaya 1995*. Seri I, BPS, Jakarta.
- Serpenti, L.M. 1965. Cultivators in the swamps: social structure and horticulture in a New Guinea society (Frederik Hendrik Island, West New Guinea). Ph.D. diss., University of Amsterdam. Van Gorcum, Assen.
- Sérusiaux, E. 1997. *Sporopodiopsis*, a new genus of lichens (Ectolechiaceae) from S-E Asia. *Abstr. Bot.* 21: 145-152.
- Setiawan, A. 2001.. Sistem kawasan konservasi di Indonesia [Conservation area systems in Indonesia]. Tidak dipublikasikan.
- Severens, H., H. van Eck, C. van Rijswijk, dan T. Schuurmans. 1993. Irian Jaya 1992, *Nederlandse Speleologische Expeditie*. Expeditieverslag.
- Shafer, C.L. 1990. *Nature Reserve: Island Theory and Conservation Practice*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Shaffer, M.L. 1987. Minimum viable populations: coping with uncertainty. Dalam Soulé, M. (ed.) *Viable Populations for Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Shanahan, M., S. So, S.G. Compton dan R. Corlett. 2001. Fig-eating by vertebrate frugivores: a global review. *Biological Reviews* 76: 529-572.
- Shea, G.A., P. Puradyatmika, A. Mandessy dan D. Martindale. 1996. Biodiversity Survey in the P.T. Freeport Indonesia Contract of Work Mining and Project Area, Irian Jaya, Indonesia. P.T. Hatfindo Prima, Bogor, Indonesia.
- Shea, G.A., P. Puradyatmika, A. Maulensy dan D. Martindale. 1998. Biodiversity Surveys in the PT Freeport Indonesia Contract of Work Mining and Project Area, Irian Jaya, Indonesia. 11 vols. PT Hatfindo Prima, Bogor, Indonesia.
- Sheng, F. 2002. Biodiversity conservation and economic development in the Indonesian Province of Papua under the fiscal decentralization and the Special Autonomy: an integrated issue papers report. Conservation International, Washington, D.C.
- Sheng, F. 2004. Comparative Assessment of Development Options. Conservation International, Washington, D.C.
- Sherley, G. (technical ed.). 2000. Invasive species in the Pacific: a technical review and draft regional strategy. SPREP, Apia, Samoa.
- Shillinglaw, A.W. dan D.D. Moore. 1947. Report of marine borer survey in New Guinea waters. Council for Scientific and Industrial Research. Bll. 223.
- Shine, R. 1980. Ecology of the Australian death adder *Acanthophis antarcticus* (Elapidae): evidence for convergence with the Viperidae. *Herpetologica* 36 (3): 281-289.
- Shine, R. 1991b. Strangers in a strange land: ecology of the Australian colubrid snakes. *Copeia* 1991 (1): 120-131.
- Short, F.T., R.G. Coles dan C. Pergent-Martini. 2001. Global seagrass distribution. Hlm. 5-30 dalam Short, F.T. dan R.G. Coles (eds.) *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Si, A., C.G. Alexander dan O. Bellwood. 2000. Habitat partitioning by two wood-boring invertebrates in a mangrove system in tropical Australia. *J. Mar. Biol. Ass. UK* 80: 1131-1132.

EKOLOGI PAPUA

- Sibley, C.G. dan B.L.J. Monroe. 1990. *Phylogeny and Classification of Birds of the World*. Yale University Press, New Haven.
- Sidiyasa, K. 1998. Taxonomy, phylogeny, and wood anatomy of *Alstonia* (Apocynaceae). *Blumea* Supplement 11, Nationaal Herbarium Nederland, Leiden.
- Sidiyasa, K., T.C. Whitmore, I.G.M. Tantra dan U. Sutisna. 1997. *Tree Flora of Indonesia. Check List for Irian Jaya*. Ministry of Forestry, Forest Research and Development Agency, Forest and Nature Conservation Research and Development Centre, Bogor.
- Silberbauer-Gottsberger, I., G. Gottsberger, and A.C. Webber. 2003. Morphological and functional flower characteristics of New and Old World Annonaceae with respect to their mode of pollination. *Taxon* 52: 701-718.
- Silvius, M. J., dan A.W. Taufik. 1990. Conservation and Landuse of Pulau Kimaam, Irian Jaya. PHPA-AWB/Interwader report
- Silzer, P.J., H. Heikkinen dan D. Clouse. 1986. Peta lokasi bahasa-bahasa daerah di Propinsi Irian Jaya [Publikasi Khusus Bahasa-Bahasa Daerah, Serie D. No.1]. SIL-UNCEN, Jayapura.
- Simberloff, D. 1998. Flagships, umbrellas, and keystones: is single-species management passe in the landscape era? *Biol Conserv* 83: 247-257.
- Simbolon, K. dan A. Iswari. 1990. *Protected Butterflies in Indonesia*. Ministry of Forestry, Republic of Indonesia, Jakarta.
- Simon Thomas, R.T. 1962. De Plagen van enkele Cultuurgewassen in West Nieuw Guinea. [Checklist of pests of some crops in West Irian]. *Meded. Econ. Zak.* (Landbouwk. ser.) 1: 1-126.
- Simorangkir, D., dan Sumantri, 2002. *A Review of Legal, Regulatory and Institutional Aspects of Forest and Land Fires in Indonesia*. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources and World Wildlife Fund Project FireFight South East Asia, Jakarta.
- Sinclair, J.R. 2000. The behaviour, ecology and conservation of three species of megapode in Papua New Guinea. M.Sc. thesis, University of Otago, Otago.
- Sinclair, J.R. 2001. Temperature regulation in mounds of three sympatric species of megapode (Aves: Megapodiidae) in Papua New Guinea: testing the "Seymour Model." *Aust J Zool* 49: 675-694.
- Sinclair, J.R., T.G. O'Brien dan M.F. Kinnaird. 2002. The selection of incubation sites by the Philippine Megapode, *Megapodius cumingii*, in North Sulawesi, Indonesia. *Emu* 102: 151-158.
- Singadan, R. dan F. Patisellano. 2002. Small mammals of the Dabra area, Mamberamo River Basin, Papua, Indonesia. Hlm. 89-91 dalam Richards, S.J. dan S. Suryadi (eds.) *A Biodiversity Assessment of Yongsu-Cyclops Mountains and the Southern Mamberamo Basin, Papua, Indonesia*. Conservation International (RAP Bulletin of Biological Assessment No. 25), Washington, D.C.
- Sipman, H. 2004. The species of *Lobaria* (lichenized Ascomycetes) in New Guinea. Hlm. 573-606 dalam Döbbeler, P. dan G. Rambold (eds.) *Contributions to Lichenology, Festschrift in Honour of Hannes Hertel. Biblioth. Lichenol.* 88: 1-739.
- Sipman, H.J.M. 1983. A monograph of the lichen family Megalosporaceae. *Biblioth. Lichenol.* 18: 1-241.
- Sipman, H.J.M. 1993. Lichens from Mount Kinabalu. *Trop. Bryol.* 8: 281-314.
- Sipman, H.J.M. 1998. Notes on the lichen genus *Stereocaulon* in New Guinea. *Cryptog., Bryol.-Lichénol.* 19: 229-245.
- Sleumer, H. 1954. Flacourtiaceae. *Flora Malesiana* ser. I, 5 (1): 1-106.

DAFTAR PUSTAKA

- Sleumer, H. 1964. Epacridaceae. Hlm. 422-444 dalam Van Steenis, C.G.G.J. (ed.) *Flora Malesiana* ser. I, 6. Wolters-Noordhoff, Groningen.
- Sleumer, H. 1966-1967. Ericaceae. Hlm. 469-914 dalam Van Steenis, C.G.G.J. (ed.) *Flora Malesiana* ser. I, 6. Wolters-Noordhoff, Groningen.
- Sleumer, H. 1967. Ericaceae. *Flora Malesiana* ser. I, 6 (5): 669-914.
- Sleumer, H. 1986. A revision of the genus *Rapanea* Aubl. (Myrsinaceae) in New Guinea. *Blumea* 31: 245-269.
- Sleumer, H. 1987a. A revision of the genus *Maesa* Forsk. (Myrsinaceae) in New Guinea, the Moluccas, and the Solomon Islands. *Blumea* 32: 39-45.
- Sleumer, H. 1987b. The genera *Embelia* Burm. f. and *Grenacheria* Mez (Myrsinaceae) in New Guinea. *Blumea* 32: 385-396.
- Sleumer, H. 1988a. A revision of the genus *Ardisia* Sw. (Myrsinaceae) in New Guinea. *Blumea* 33: 115-140.
- Sleumer, H. 1988b. The genus *Connardrium* Mez (Myrsinaceae). *Blumea* 33: 109-113.
- Sleumer, H. 1988c. The genera *Discocalyx* Mez, *Fittingia* Mez, *Loheria* Merrill, and *Tapeinosperma* Hook f. in New Guinea. *Blumea* 33: 81-107.
- Slik, J.W.F., P.J.A. Keßler dan P.C. van Welzen. 2003. *Macaranga* and *Mallotus* species (Euphorbiaceae) as indicators for disturbance in the mixed lowland dipterocarp forest of East Kalimantan (Indonesia). *Ecol. Indic.* 2: 311-324.
- Smith, G.B. 1980. 20-Biospeleology. Hlm. 121-129 dalam James, J.M., dan H.J. Dyson (eds.) *Caves and Karst of the Muller Range*. Atea 78, Newtown.
- Smith, H.M., D. Chiszar, K. Tepedelen dan F. van Breukelen. 2001. A revision of the bevelnosed boas (*Candoia carinata* complex) (Reptilia: Serpentes). *Hamadryad* 26 (2): 283-315.
- Smith, J.M.B. 1974. Origins and ecology of the non-forest flora of Mt Wilhelm, New Guinea. Ph.D. diss., Australian National University, Canberra.
- Smith, R.L. dan T.M. Smith 2000. *Elements of Ecology*. Benjamin Cummings, San Francisco.
- Smith, R.M. 1986a. Etlingera: the inclusive name for *Cachasma*, *Geanthus* and *Nicolaia* (Zingiberaceae). *Notes RBG Edinburg* 43: 235-241.
- Smith, R.M. 1986b. New combination of *Etlingera* Giseke (Zingiberaceae). *Notes RBG Edinburg* 43: 243-254.
- Smith, R.M. 1991. *Pleuranthodium* replaces the illegitimate *Psychanthus* (Zingiberaceae). *Edinburg J. Bot.* 48: 63-68.
- Smithers, C.N. dan I.W.B. Thornton. 1981. The role of New Guinea in the evolution and biogeography of Psocopteran insects. Hlm. 621-638 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. W. Junk, The Hague.
- Smythies, B.E. 2000. *The Birds of Borneo* [Revised by G.W.H. Davison]. Natural History Publications (Borneo), Kota Kinabalu, Sabah.
- Snelling, R.R. 1998. Social Hymenoptera. Hlm. 39-47, 131-143 dalam Mack, A.L. (ed.) *A Biological Assessment of the Lakekamu Basin, Papua New Guinea*. Conservation International, Washington, DC.
- Snyder, T.E. 1949. Catalog of the termites of the world. *Smithsonian Miscellaneous Collection* 112: 1-490.
- Soekarno. 2000. *Bebaskan Irian Barat: Kumpulan Pidato Presiden Soekarno tentang Pembebasan Irian Barat, 17 Agustus 1961-17 Agustus 1962*. Ragam Media, Yogyakarta.
- Soemodihardjo, S. 1987. Indonesia. Hlm. 89-129 dalam Umali, R.M. (ed.) *Mangroves of Asia and the Pacific: Status and Management*. JMC Press, Quezon City, Philippines.
- Soemodihardjo, S., P. Wiroatmodjo, A. Abdullah, I.G.M. Tantra dan A. Soegiarto. 1993. Condition, socio-economic values and environmental significance of mangrove areas

EKOLOGI PAPUA

- in Indonesia. Hlm. 17-40 dalam Clough, B.F. (ed.) *The Economic and Environmental Values of Mangrove Forests and Their Present State of Conservation in the Southeast Asia/Pacific Region*. International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa.
- Soenarto, F. Rumawas. 1997. An agro-ecological analysis of wen-tinak, a sustainable sweet potato wetland production system in the Baliem Valley, Irian Jaya, Indonesia. *Science in New Guinea* 23 (2): 55-66.
- Soepadmo, E. 1972. Fagaceae. *Flora Malesiana* ser. I, 7 (2): 265-403.
- Sohmer, S.H. 1988. The nonclimbing species of the genus *Psychotria* (Rubiaceae) in New Guinea and the Bismarck Archipelago. *Bishop Museum Bull. Bot.* 1, Bishop Museum Press, Honolulu.
- Sosromarsono S., S. Wardoyo, S. Adisoemarto dan YR Suhardjono 2003. *Nama Umum Serangga*. Perhimpunan Entomologi Indonesia, Bogor, 2003: 67 pp
- Soulé, M.E. (ed.). 1987. *Viable Populations for Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Soulé, M.E. dan M.A. Sanjayan. 1998. Conservation targets: do they help? *Science* 279: 2060-2061.
- Souter, G. 1963. *New Guinea: The Last Unknown*. Angus and Robertson, Sydney.
- Souter, G. 1966. *P. Nugini: The Last Unknown*. Taplinger, New York.
- Spalding, M.D., F. Blasco dan C.D. Field. 1997. *World Mangrove Atlas*. International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa.
- Specht, C.D. dan D.W. Stevenson. 2006. A new phylogeny-based generic classification of Costaceae (Zingiberales). *Taxon* 55 (1): 153-163.
- Spriggs, M. 1997. *The Island Melanesians*. Blackwell, Oxford.
- Stattersfield, A.J., M.J. Crosby, A.J. Long dan D.C. Wege. 1998. *Endemic Bird Areas of the World: Priorities for Biodiversity Conservation*. BirdLife Conservation Series No. 7. BirdLife International, Cambridge.
- Stattersfield, A.J., M.J. Crosby, A.J. Long dan D.C. Wege. 1998. *Endemic Bird Areas of the World: Priorities for Biodiversity Conservation*. BirdLife International, Cambridge.
- Statzner, B. dan B. Moss. 2004. Linking ecological function, biodiversity and habitat: a mini-review focusing on older ecological literature. *Basic Appl. Ecol.* 5: 97-106.
- Steinmann, H. 1989. *World Catalogue of Dermaptera*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Stenroos, S. 1986-1988. The family Cladoniaceae in Melanesia. 1. *Cladonia* sect. *Unciales*. *Ann. Bot. Fennici* 23: 161-164 (1986); 2. *Cladonia* section *Cocciferae*. *Ann. Bot. Fennici* 23: 239-250 (1986); 3. *Cladonia* sections *Helopodium*, *Perviae* and *Cladonia*. *Ann. Bot. Fennici* 25: 117-148 (1988); 4. The genera *Cladia*, *Cladina*, *Calathaspis* and *Thysanothecium*. *Ann. Bot. Fennici* 25: 207-217 (1988).
- Sterly, J. 1997. *Simbu Plant-Lore*, vol. II. Reimer Verlag, Berlin.
- Stevens, P.F. 1989. New Guinea. Hlm. 120-132 dalam Campbell, D.G. dan H.D. Hammond (eds.) *Floristic Inventory of Tropical Countries: The Status of Plant Systematics, Collections, and Vegetation, Plus Recommendations for the Future*. New York Botanical Garden, New York.
- Stevens, P.F. 2004. New taxa in *Paphia* and *Dimorphanthera* (Ericaceae) in Papuaia and the problem of generic limits in *Vaccinieae*. *Edinb J Bot* 60: 267-298.
- Stonedahl, G.M. dan W.R. Dolling. 1991. Heteroptera identification: a reference guide, with special emphasis on economic groups. *Journal of Natural History* 25: 1027-1066.
- Streimann, H. 1986. Catalogue of the Lichens of Papua New Guinea and Irian Jaya. *Biblioth. Lichenol.* 22: 1-145.
- Streimann, H. 1990. New lichen records from New Guinea. *J. Hattori Bot. Lab.* 68: 255-267.

DAFTAR PUSTAKA

- Strivastava, D.S. dan M. Vellend. 2005. Biodiversity-ecosystem function research: is it relevant for conservation? *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 36: 267-94.
- Stronach, N. 2000. Fire in the TransFly Savanna, Irian Jaya/PNG. Hlm. 90-94 dalam Russell-Smith, J., G. Hill, S. Djoeroemana dan B. Myers (eds.) *Fire and Sustainable Agriculture and Forestry Development in Eastern Indonesia and Northern Australia*. Proceedings of an international workshop held at Northern Territory University, Darwin, Australia, 13-15 April 1999. ACIAR, Canberra.
- Stronach, N. 2001. Draft framework for research on vegetation change in the TransFly. WWF report.
- Stronach, N., 1995. The Rusa Deer of Wasur National Park, Irian Jaya. Mimeo, WWF Project ID 0105.
- Stuart, F.D.M., A.F. Hugall dan C. Moritz. 2002. A molecular phylogeny of rainbow skinks (Scincidae: *Carlia*): taxonomic and biogeographic implications. *Australian Journal of Zoology* 50 (1): 39-51.
- Stuart, S. 1999. Species: unprecedented extinction rate, and it's increasing. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) press release. www.iucn.org/info_and_news/press/species2000.html. Accessed 15 February 2005.
- Stuart, S.N., J.S. Chanson, N.A. Cox, B.E. Young, A.S.L. Rodrigues, D.L. Fischman dan R.W. Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306: 1783-1786.
- Stuebing, R.B. 1991. A checklist of the snakes of Borneo. *Raffles Bulletin of Zoology* 39 (2): 323-362.
- Stuebing, R.B. 1994. A checklist of the snakes of Borneo: addenda and corrigenda. *Raffles Bulletin of Zoology* 42 (4): 931-936.
- Sturm, H. 1999. Felsenspringer (Meinertellidae, Archaeognatha, Insecta) aus Papua-Neuguinea und Irian Jaya—Beschreibung einer neuen Gattung und drei neuer Arten [Bristle-tails (Meinertellidae, Archaeognatha, Insecta) from Papua New Guinea and Irian Jaya—description of a new genus and three new species]. *Entomologische Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg* 13 (159): 1-12.
- Sturm, H. dan R. Machida. 2001. *Archaeognatha*. Walter de Gruyter, Berlin.
- Su, Y.C.F. 2002. Systematics and phylogeny of *Pseuduvaria* (Annonaceae). Ph.D. diss., University of Hong Kong, Hong Kong.
- Su, Y.C.F., J.B. Mols, P.J.A. Keßler, and R.M.K. Saunders. 2005. Reassessing the generic status of *Petalolophus* (Annonaceae): evidence for the evolution of a distinct Sapromyophilous lineage within *Pseuduvaria*. *Syst. Biol.* 30: 494-502.
- Suárez, A. 2001. The sea turtle harvest in the Kai Islands, Indonesia. www.arbec.com.my/sea-turtles/art1julysept01.htm
- Subba Reddi, C., dan A.J. Bai. 1980. Floral biology of *Mimusops elengi* Linn. *J. Bombay Nat. Hist. Soc.* 77: 471-475.
- Sugiono, B. 2002. Analysis of Decision-Making Process in the Development Planning and Implementation in Papua Province. Conservation International Indonesia Program, Jakarta.
- Suhardjono Y.R. 1989. Revised Checklist of Collembola from Indonesia and its adjacent Region. *Acta Zoologica Asiae Orientalis* 1: 1-22.
- Sujatnika, P. Jepson, T.R. Soehartono, M.J. Crosby dan A. Mardiasuti. 1995. Melestarikan Keanekaragaman Hayati Indonesia: Pendekatan Daerah Burung Endemik. Direktorat Perlindungan Hutan dan Pelestarian Alam/BirdLife International Indonesia Programme, Jakarta.

EKOLOGI PAPUA

- Sukardjo, S. 1995. Structure, litterfall and net primary production in the mangrove forests in East Kalimantan. Hlm. 585-611 dalam Box, E.O. dan T. Fujiwara (eds.) *Vegetation Science in Forestry*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Suleiman, M. 2004. Moss flora of Borneo (abstract). Asian Plant Diversity and Systematics, IAPT International Symposium 2004, July 29-Aug. 2, Sakura, Japan.
- Suleiman, M. dan S.R. Edwards. 2002. Mosses of Mt. Trus Madi, Sabah, Malaysia. *Tropical Bryol.* 21: 57-64.
- Sullivan, L. 2003. Challenges to Special Autonomy in the Province of Papua, Republic of Indonesia. Discussion paper 2003/6. State, Society and Governance in Melanesia Project, Research School of Pacific and Asian Studies, The Australian National University.
- Sumule, A. 1994. The technology adoption behaviour of the indigenous people of Irian Jaya: a case study of the Arfak tribals. Ph.D. diss., Department of Agriculture, University of Queensland.
- Sumule, A. 2003. Swimming against the current: the drafting of the Special Autonomy bill for the Province of Papua and its passage through the national parliament of Indonesia. *Journal of Pacific History* 38 (3): 353-369.
- Supriatna, J. (ed.). 1999. Laporan Akhir: Lokakarya Penentuan Prioritas Konservasi Keane-karagaman Hayati Irian Jaya [Final Report: The Irian Jaya Biodiversity Conservation Priority-Setting Workshop.] Conservation International, Washington, D.C.
- Supriatna, J. (ed.). 1999. The Irian Jaya Biodiversity Conservation Priority-Setting Workshop. Biak, 7-12 January 1997. Final Report. Conservation International, Washington, D.C.
- Supriatna, J., Y. de Fretes, A. Mack, C.P. Yeager, S. Olivieri, J.B. Burnett, I. Wijayanto, S. Suryadi dan A. Suhandi (eds.). 1999. *The Irian Jaya Biodiversity Conservation Priority Setting Workshop. Final Report*. Conservation International, Washington, D.C.
- Supriatna, J.A., Yanuar, Martarinza, H.T. Wibisono, R. Asinaga, I. Sidik dan S. Iskandar. 1996. A preliminary survey of Long-tailed and Pig-tailed Macaques (*Macaca fascicularis* and *Macaca nemestrina*) in Lampung, Bengkulu and Jambi Provinces, Southern Sumatra, Indonesia. *Tropical Biodiversity* 3 (2): 131-139.
- Suryadi, S., A. Wijayanto dan M. Wahyudi. 2004. Survey Pasar/Monitoring Perdagangan Hidupan Liar di Kabupaten Manokwari dan Jayapura. Conservation International Indonesia dan Seksi Konservasi Wilayah I Manokwari Balai Konservasi Sumber Daya Alam Papua II. Jakarta.
- Susetiono. 1989. Studi sebaran kepiting marga *Uca* (Decapoda: Ocypodidae) di hutan mangrove Passo, Teluk Ambon. Hlm. 1-7 dalam Soemodihardjo, S., S. Birowo dan K. Romimohtarto (eds.) *Teluk Ambon II: Biologi, Perikanan, Oseanografi dan Geologi*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Ambon.
- Sussman, R.W. dan I. Tattersall. 1986. Distribution, abundance and putative ecological strategy of *Macaca fascicularis* on the island of Mauritius, southwestern Indian Ocean. *Folia Primatologica* 46: 28-43.
- Sutton, S.L. dan N.M. Collins. 1991. Insects and tropical forest conservation. Hlm. 405-424 dalam Collins, N.M. dan J.A. Thomas (eds.) *The Conservation of Insects and Their Habitats*. Academic Press, London.
- Suyanto, A. 2001. Kelelawar di Indonesia. LIPI-Seri Panduan Lapangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi -LIPI. Bogor, Indonesia.
- Swadling, P. 1995. Plumes from Paradise: Trade Cycles in Outer Southeast Asia and Their Impact on New Guinea and Nearby Islands until 1920. Robert Brown and Assoc., Coorparoo.

DAFTAR PUSTAKA

- Swadling, P. 1996. *Plumes from Paradise: Trade Cycles in Outer Southeast Asia and Their Impact on New Guinea and Nearby Islands until 1920*. Papua New Guinea National Museum, Boroko.
- Szatala, Ö. 1956. Prodrôme de la flore lichénologique de la Nouvelle Guinée. *Ann. Hist. Mus. Nat. Hungar.* n.s. 7: 15-50.
- Takaoka, H. 2003. The black flies (Diptera: Simuliidae) of Sulawesi, Maluku and Irian Jaya. Kyushu University Press, Fukuoka, Japan.
- Takeuchi, W. 2003. A community-level floristic reconnaissance of the Raja Ampat Islands in New Guinea. *Sida* 20: 1093-1138.
- Takeuchi, W. 2003a. A community-level floristic reconnaissance of the Raja Ampat Islands in New Guinea. *Sida* 20: 1093-1144.
- Takeuchi, W. 2003a. Two new species from the Bomberai Peninsula of Indonesian Papua, New Guinea. *Harvard Papers in Botany* 7 (2): 467-471.
- Takeuchi, W. 2003b. A community-level floristic reconnaissance of the Raja Ampat Islands in New Guinea. *Sida* 20 (3): 1099-1144.
- Takeuchi, W. 2003b. Botanical summary of a lowland ultrabasic flora in Papua New Guinea. *Sida* 20: 1491-1559.
- Takeuchi, W. dan M. Golman. 2001. Botanical documentation imperatives: some conclusions from contemporary surveys in Papuaasia. *Sida* 19 (3): 445-468.
- Tan, B.C. 2003. Bryophyte (mosses). Hlm. 193-200 dalam de Winter, W.P. dan V.B. Amoroso (eds.) *Cryptogams: Ferns and Fern Allies. Plant Resources of South-East Asia* (PROSEA) 15 (2). Backhuys, Leiden.
- Tan, B.C. dan E.H. Mandia. 2001. New and noteworthy records of mosses from Mindoro, the Philippines, and their biogeographical implication. *Gardens Bull.* Singapore 53: 315-322.
- Tan, B.C. dan J.J. Engel. 1986. An annotated checklist of Philippine Hepaticae. *J. Hattori Bot. Lab.* 60: 283-355.
- Tan, B.C. dan T. Ninh. 2003. Vu Quang and other Vietnam mosses collected by Tran Ninh, B.C. Tan dan T. Pócs in 2002. *Acta Acad. Paed. Agriensis, Sect. Biol.* 25: 85-101.
- Tan, B.C. dan T. Pócs. 2000. Bryogeography and conservation of bryophyte. Hlm. 403-448 dalam Shaw, A.J. dan B. Goffinet (eds.) *Bryophyte Biology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tan, B.C. dan Z. Iwatsuki. 1999. Four hot spots of moss diversity in Malesia. *Bryobrothera* 5: 247-252.
- Tan, B.C., V.T.T. Huong dan B.C. Ho. 2003. *Trachycarpidium echinatum* and *Weissia platystegia*, new to Vietnam and Continental SE Asia. *Cryptogamie, Bryol.* 24: 43-47.
- Tanggung Independent Advisory Panel. October 2002. First report on Tangguh LNG Project.
- Tansley, A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts. *Ecology* 16: 284-307.
- Tate, G.H.H. 1947. Results of the Archbold Expeditions. No. 56. On the anatomy and classification of the Dasyuridae (Marsupialia). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 88: 97-156.
- Tate, G.H.H. 1948a. Results of the Archbold Expeditions. No. 59. Studies on the anatomy and phylogeny of the Macropodidae (Marsupialia). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 91: 233-352.
- Tate, G.H.H. 1948b. Results of the Archbold Expeditions. No. 60. Studies in the Peramelidae (Marsupialia). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 92: 313-346.
- Tate, G.H.H. 1951. Results of the Archbold Expeditions. No. 65. The rodents of Australia and New Guinea. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 97: 183-430.

EKOLOGI PAPUA

- Taylor, J.M., J.H. Calaby dan H.M. van Deusen. 1982. A revision of the genus *Rattus* (Rodentia, Muridae) in the New Guinea region. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 173 (3): 177-336.
- Terborgh, J. 1976. Island biogeography and conservation: strategy and limitations. *Science* 193: 1029-1030.
- Terborgh, J. 1999. *Requiem for Nature*. Island Press, Washington, D.C.
- Terborgh, J.W. dan J.M. Diamond. 1970. Niche overlap in feeding assemblages of New Guinea birds. *Wilson Bull* 89: 29-52.
- Thébault, E. dan M. Loreau. 2003. Food-web constraints on biodiversity-ecosystem functioning relationships. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, U.S. 100 (25): 14949-14954.
- Thiollay, J.M. 1999. Frequency of mixed species flocking in tropical forest birds and correlates of predation risk: an intertropical comparison. *J Avian Biol* 30: 282-294.
- Thom, B.G. dan L.D. Wright. 1983. Geomorphology of the Purari Delta. Hlm. 47-66 dalam Petr, T. (ed.) *The Purari-Tropical Environment of a High Rainfall River Basin*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- Thomas, C.D., A. Cameron, R.E. Green, M. Bakkenes, L.J. Beaumont, Y.C. Collingham, B.F.N. Erasmus, M.F. De Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A.S. Van Jaarsveld, G.F. Midgley, L. Miles, M.A. Ortega-Huerta, A.T. Peterson, O.L. Phillips dan S.E. Williams. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
- Thomas, J.A., M.G. Telfer, D.B. Roy, C.D. Preston, J.J.D. Greenwood, J. Asher, R. Fox, R.T. Clarke dan J.H. Lawton. 2004. Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science* 303: 1879-1881.
- Thompson, H. 1996. Indonesia: development, degraded rainforests and decreasing global biological diversity. AntePodium, Victoria University of Wellington.
- Thorpe, J. dan B. Godwin. 1999. Threats to biodiversity in Saskatchewan. Saskatchewan Research Council Publication No. 11158-1C99.
- Thresher, R.E., P.L. Colin dan L.J. Bell. 1989. Planktonic duration, distribution dan population structure of western and central Pacific damselfishes (Pomacentridae). *Copeia*: 420-434.
- Thunell, R., D. Anderson, D. Gellar dan Q. Miao. 1994. Sea-surface temperature estimates for the tropical western Pacific during the last glaciation and their implications for the Pacific Warm Pool. *Quaternary Research* 41: 255-264.
- Tilman, D. 1999. Diversity and production in European grasslands. *Science* 286: 1099-1100.
- Timmer, J. 2000. Living with intricate futures: order and confusion in Imyan worlds, Irian Jaya, Indonesia. Ph.D. thesis, Centre for Pacific and Asian Studies, University of Nijmegen, Nijmegen.
- Timmer, J. 2004. Government, church, and millenarian critique in the Imyan tradition of the religious (Papua/Irian Jaya, Indonesia). Hlm. 117-136 dalam Jebens, Holger (ed.) *Cargo, Cult and Culture Critique*. University of Hawai'i Press, Honolulu.
- Timmer, J. 2005. Decentralisation and elite politics in Papua. Discussion paper 2005/6. State, Society and Governance in Melanesia Project, Research School of Pacific and Asian Studies, The Australian National University.
- Todd, E.L. 1955. A taxonomic revision of the family Gelastocoridae (Hemiptera). *University of Kansas Science Bulletin* 37 (11): 277-475.
- Todd, E.L. 1959. The Gelastocoridae of Melanesia (Hemiptera). *Nova Guinea* (new series)10: 61-94.

DAFTAR PUSTAKA

- Tokay, A. dan D.A. Short. 1999. Tropical rainfall associated with convective and stratiform clouds: intercomparison of disdrometer and profiler measurements. *Journal of Applied Meteorology* 38: 302-320.
- Tomascik, T., A.J. Mah, A. Nontji dan M.K. Moosa. 1997. *The Ecology of the Indonesian Sea, Part 2*, The Ecology of Indonesia Series, Vol. 8. Periplus Editions (HK) Ltd., Singapore.
- Townsend, P.K. 1992. Social constraints to the subsistence production of sago. Hlm. 161-167 dalam Levett, M.P, J. Earland dan P. Heywood (eds.) Proceedings of the First Papua New Guinea Food dan Nutrition Conference.
- Troll, C. 1957. Tropical mountain vegetation. Hlm. 37-46 dalam Proc. 9th Pacific Sci. Congress, Science Soc. of Thailand, Bangkok.
- Truswell, E.M. 1993. Vegetation changes in the Australian Tertiary in response to climatic and phytogeographic forcing factors. *Australian Systematic Botany* 6: 553-557.
- Tucker, A. F. 1987. Ekosistem-Ekosistem Tani di Irian Jaya dan Arah Pembangunannya. 2 vols. STAKIN, Sentani.
- Turak, E. 2003. Coral diversity and the status of coral reefs in the Raja Ampat Islands. Dalam Donnally, R., D. Neville dan P.J. Mous (eds.) *Report on a Rapid Ecological Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua, Eastern Indonesia*. The Nature Conservancy, Bali.
- Turner, R.D. 1966. *A Survey and Illustrated Catalogue of the Teredinidae (Mollusca: Bivalvia)*. Museum of Comparative Anatomy, Harvard University, Cambridge Massachusetts.
- Turner, R.D. 1971. Identification of marine wood-boring molluscs. Hlm. 17-64 dalam Jones, E.B.G. dan S.K. Eltringham (eds.) *Marine Borers and Fouling Organisms of Wood*. OECD, Paris.
- Turner, R.D. dan A.C. Johnson 1971. Biology of marine wood-boring molluscs. Hlm. 259-301 dalam Jones, E.B.G. dan S.K. Eltringham (eds.) *Marine Borers and Fouling Organisms of Wood*. OECD, Paris.
- Turner, R.D. dan C.B. Calloway. 1987. Species pairs in the Teredinidae. International Research Group on Wood Preservation Doc. No. IRG/WP/4142.
- Tuxen, S.L. 1964. The Protura, a Revision of the Species of the World with Keys for Determination. Hermann, Paris.
- Tyler, M.J. 1976. *Frogs*. Australian Naturalist Library. Collins, Sydney.
- Ubaidillah, R. 1991. Hama Penting Pada Beberapa Lahan Pertanian di Wamena Jayawijaya Irian Jaya [The important pests of the agricultural area in Wamena, Jayawijaya, Irian Jaya]. Hlm. 25-30 dalam *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Hayati*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bogor.
- Ubaidillah, R., W.A. Noerdjito dan D. Peggie. 1994. Papilionidae Irian Jaya dan pulau disekitarnya [Papilionidae of Irian Jaya and adjacent islands]. Hlm. 463-473 dalam Pratignjo, S.E., W.R. Farida dan Sunaryo (eds.) *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Hayati*, Puslitbang Biologi-LIPI, Bogor, 4 April 1994. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bogor.
- Uetz, P. 2005. The EMBL Reptile Database: <http://www.embl-heidelberg.de/uetz/LivingReptiles.html> (June 2004).
- Uhl, N.W. dan J. Dransfield. 1987. Genera Palmarum: A Classification of Palms Based on the Work of H. E. Moore, Jr. International Palm Society and L. H. Bailey Hortorium, Lawrence, Kansas.
- Uhl, N.W., J. Dransfield, J.I. Davis, M.A. Luckow, K.S. Hansen dan J.J. Doyle. 1995. Phylogenetic relationships among palms: cladistic analyses of morphological and chloroplast DNA restriction site variation. Hlm. 623-661 dalam Rudall, P.J, P.J.

EKOLOGI PAPUA

- Cribb, D.F. Cutler dan C.J. Humphries (eds.) Monocotyledons: Systematics and Evolution. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Ulken, A. 1981. On the role of phycomycetes in the food web of different mangrove swamps with brackish waters and waters of high salinity. *Kiel Meeresforsch* 5: 425-428.
- UNDP/FUNDWI. 1975. Fund of the United Nations for the Development of West-Irian (FUNDWI)-Final Report. UNDP/FUNDWI, Jayapura.
- UNESCO. 2005. The World Heritage List. http://whc.unesco.org/pg.cfm?cid_31&id_site_955. Accessed 15 February 2005.
- United Nations Environment Programme-World Conservation Monitoring Centre. 2003. UNEP-WCMC Species Database: CITES-Listed Species. Ada di <http://sea.unep.wcmc.org/isdb/CITES/Taxonomy/tax-species-result.cfm>
- United Nations Environmental Program-WCMC. 2001. Lorentz National Park. Natural site data sheet. www.wcmc.org.uk/protected_areas/data/wh/lorentz.html. Accessed 15 February 2005.
- University of Cenderawasih (UNCEN). 1999. Study of Optimal Size of Logging Concession in Forestry Management in Papua. Tim Faculty of Agriculture. University of Cenderawasih, Manokwari.
- Urban, H. 1999. Eine neue Agemenart der Gattung *Gonocephalus* aus Papua-P. Nugini (Squamata: Sauria: Agamidae). *Herpetozoa* 11 (3-4): 185-188.
- Uthicke, S. dan C. Conand. 2005. Local examples of beche-de-mer overfishing: an initial summary and request for information. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 21: 98-114.
- Wada, K. dan D. Wowor. 1989. Foraging on mangrove pneumatophores by ocypodid crabs. *J Exp Mar Biol Ecol* 134: 89-100.
- Waddell, E. 1972. The Mound Builders: Agricultural Practices, Environment dan Society in the Central Highlands of New Guinea. American Ethnological Society Monograph 53. University of Washington Press, Seattle, Washington.
- Wade, L.K. dan D.N. McVean. 1969. *Mt Wilhelm Studies I: The Alpine and Subalpine Vegetation*. Australian National University BG/1, Canberra.
- Wakker, E. 2000. Funding forest destruction: the involvement of Dutch banks in the financing of oil palm plantations in Indonesia . AIDEnvironment, in co-operation with Jan Willem van Gelder, Contrast Advies, and the Telapak Sawit Research Team, Amsterdam and Bogor . Commissioned by Greenpeace Netherlands .
- Walker, B. 2002. Hong Kong determined to deal with monkey problem. Reuters Press Release, April 3, 2002. Ada di ww.enn.com/news/wirestories/2002/04/04032002/reu_46836.asp.
- Walker, D. 1968. A reconnaissance of the non-arboreal vegetation of the Pindaunde Catchment, Mt Wilhelm, New Guinea. *J. Ecol.* 56: 455-466.
- Walker, D. dan Australian National University, Research School of Pacific Studies. 1972. *Bridge and Barrier: The Natural and Cultural History of Torres Strait*. Australian National University, Canberra.
- Walker, D.I., W.C. Dennison dan G. Edgar. 1999. Status of Australian seagrass research and knowledge. Hlm. 1-24 dalam Butler, A. dan P. Jernakoff (eds.) *Seagrass in Australia: Strategic Review and Development of an R & D Plan*. CSIRO, Collingwood.
- Wallace, A.R. 1859. Letter from Mr. Wallace concerning the geographical distribution of birds. *Ibis* 1: 449-454.
- Wallace, A.R. 1869. The Malay Archipelago and the Land of the Orang-utan and the Bird of Paradise. Richard Clay and Sons, Suffolk.
- Wallace, A.R. 1869. *The Malay Archipelago*. Macmillan, London.

DAFTAR PUSTAKA

- Wallace, C.C., G. Paulay, B.W. Hoeksema, D.R. Bellwood, P.A. Hutchings, P.H. Barber, M. Erdmann dan J. Wolstenholme. 2002. Nature and origins of unique high diversity reef faunas in the Bay of Tomini, central Sulawesi: the ultimate centre of diversity? Hlm. 185-192 dalam Kasim Moosa, M., S. Soemodihardjo, A. Soegiarto, K. Romimohtarto, A. Nontji, Soekrano dan Suharsono (eds.) Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia, 23-27 October 2000. Ministry of Environment, Indonesian Institute of Sciences and International Society for Reef Studies, Jakarta.
- Walsh, J.P. dan C.A. Nittrouer. 2004. Mangrove-bank sedimentation in a mesotidal environment with large sediment supply, Gulf of Papua. *Mar Geol* 208: 225-248.
- van Balen, S. 1998. Tropical forest raptors in Indonesia: recent information on distribution, status, and conservation. *J Raptor Res* 32: 56-63.
- van Balgooy, M.M.J. 1996. Vegetation sketch of the Aru Islands. *Ned. Comm. Internat. Natuur Besch Meded.* 30: 1-13.
- van Balgooy, M.M.J. 2001. Aru, a botanical promise. Hlm. 225-232 dalam Saw, L.G., L.S.L. Chua dan K.C. Khoo (eds.) *Proceedings of the Fourth International Flora Malesiana Symposium 1998*. Ampang Press Sdn, Kuala Lumpur, Malaysia.
- van Balgooy, M.M.J., P. Hovenkamp dan P. van Welzen. 1996. Phytogeography of the Pacific—floristic and historical distribution patterns in plants. Hlm. 191-214 dalam Keast, A. dan S. Miller (eds.) *The Origin and Evolution of Pacific Island Biotas: New Guinea to Eastern Polynesia: Patterns and Processes*. SPB Academic Press, Amsterdam.
- van der Kaars, W.A. 1991. Palynology of eastern Indonesian marine piston-cores: a Late Quaternary vegetational and climatic record for Australasia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology* 85: 239-302.
- van der Lande, V.M. 1993. Onychophora in New Guinea: a review. *Science in New Guinea* 19: 3-10.
- van der Pijl, L. 1957. The dispersal of plants by bats (chiropterochory). *Acta Bot. Neerl.* 6: 291-315.
- van der Pijl, L. dan C.H. Dodson. 1966. *Orchid Flowers: Their Pollination and Evolution*. University of Miami Press, Coral Gables.
- van Dyck, S. 1988. The Bronze quoll, *Dasyurus spartacus* (Marsupialia: Dasyuridae), a new species from the savannahs of Papua New Guinea. *Australian Mammalogy* 11: 145-156.
- van Galen, J.J. 1984. Ons laatste oorlogje-Nieuw-Guinea, de Pax Neerlandica, de Diplomatieke Kruistocht en de Vervlogen Droom van een Papoea-natie. Van Holkema en Warendorf, Weesp.
- van Herwaarden, H.C.M. 1998. A guide to genera of stick- and leaf-insects (Insecta: Phasmida) of New Guinea and the surrounding islands. *Science in New Guinea* 24: 55-114.
- van Kampen, P.N. 1923. *The Amphibia of the Indo-Australian Archipelago*. E.J. Brill, Leiden.
- van Mastrigt, H.J.G. dan E. Rosariyanto. 2002. Butterflies and moths of the Dabra area, Mamberamo River Basin, Papua, Indonesia. Hlm. 63-66, 140-143 dalam Richards, S.J. dan S. Suryadi (eds.) *A Biodiversity Assessment of Yongsu-Cyclops Mountains and the Southern Mamberamo Basin, Papua, Indonesia*. Conservation International, Washington, DC.
- van Mastrigt, H.J.G. dan E. Rosariyanto. 2005. *Buku panduan lapangan kupu-kupu untuk wilayah Mamberamo Sampai Pegunungan Cyclops*. Conservation International Indonesia Program, Jakarta.

EKOLOGI PAPUA

- van Nunen, B.O. 1999. Enam Puluh Tahun Penginjilan Fransiskan di Irian Jaya 1937-1997. Unpublished, Diocese of Jayapura, Jayapura.
- van Royen, P. (ed.). 1980. *The Alpine Flora of New Guinea*. J. Cramer, Vaduz.
- van Royen, P. 1956. Notes on a vegetation of clay-plains in southern New Guinea. *Nova Guinea*, new ser. 7 (2): 175-180.
- van Royen, P. 1960. Revision of the Sapotaceae of the Malaysian area in a wider sense. XXIII. Palaquium Blanco. *Blumea* 10: 432-606.
- van Royen, P. 1960. Sertulum Papuanum 3. The vegetation of some parts of Waigeo Island. *Nova Guinea, Botany* 10 (5): 25-62.
- van Royen, P. 1960. Vegetation of some parts of Waigeo Island. *Nova Guinea Bot. Series* 3: 25-62.
- van Royen, P. 1963. Sertulum Papuanum 7. Notes on the vegetation of Southern New Guinea. *Nova Guinea Contrib.* 35: 195-241.
- van Royen, P. 1963. Sertulum Papuanum 7. Notes on the vegetation of South New Guinea. *Nova Guinea, Botany* 13: 195-241.
- van Royen, P. 1963. *The Vegetation of the Island of New Guinea*. Department of Forests, Division of Botany, Lae.
- van Royen, P. 1965. An outline of the flora and vegetation of the Cycloop Mountains. *Nova Guinea Botany* 21: 460-463.
- van Royen, P. 1965. Sertulum Papuanum 14. An outline of the flora and vegetation of the Cycloop Mountains. *Nova Guinea Bot. Series* 21: 451-469.
- van Royen, P. 1967. Some observations on the alpine vegetation of Mount Biota (Papua). *Acta Bot. Neerl.* 15: 530-534.
- van Royen, P. 1979. *The Alpine Flora of New Guinea*, vol. 2. J. Cramer, Vaduz.
- van Royen, P. 1982. *The Alpine Flora of New Guinea*. Volume 3: Taxonomic Part Winteraceae to Polygonaceae. J. Cramer. Vaduz.
- van Royen, P. 1983. The Genus *Corybas* (Orchidaceae) in Its Eastern Areas. J. Cramer, Vaduz.
- van Royen, P. dan P. Kores. 1982. Ericaceae. Hlm. 1485-1900 dalam *The Alpine Flora of New Guinea* 3. Cramer, Vaduz.
- van Royen, P., 1963. Sertulum Papuanum 7, Notes on the vegetation in South New Guinea. Dalam *Nova Guinea-Contributions to the anthropology, botany, geology and zoology of the Papuan region* Number 13. (Continuation of: *Nova Guinea*, new series, Vol. 10, 1959.)
- van Schaik, C.P., J.W. Terborgh dan S.J. Wright. 1993. The phenology of tropical forests—adaptive significance and consequences for primary consumers. *Ann Rev Ecol Syst* 24: 353-377.
- van Schaik, C.P., K. Monk dan J.M.Y. Robertson. 2001. Dramatic decline in orang-utan numbers in the Leuser ecosystem, northern Sumatra. *Oryx* 35: 14-25.
- van Soest, R.W.M. 1997. Indonesian sponges: ecology and biogeography. Hlm. 1060-1063 dalam Tomascik, T., A.J. Mah, A. Nontji dan M.K. Moosa (eds.) *The Ecology of the Indonesian Seas, Part II*. The Ecology of Indonesia Series. Periplus Editions, Hong Kong.
- van Steenis, C.G.G.J. 1952. The delimitation of Malaysia and its main plant geographical divisions. Hlm. ixx-xxv dalam van Steenis, C.G.G.J. (ed.) *Flora Malesiana*, Vol. 1(1). Noordhoff, Jakarta.
- van Steenis, C.G.G.J. 1957. Outline of vegetation types in Indonesia and some adjacent regions. *Proceedings of the 8th Pacific Science Congress* 4: 61-69.
- van Steenis-Kruseman, M.J. 1950. Malaysian plant collectors and collections. *Flora Malesiana* (1), Bogor and Leiden.

DAFTAR PUSTAKA

- van Welzen, P.C. 1989. Guioa Cav. (Sapindaceae): Taxonomy, phylogeny, and historical biogeography. *Leiden Bot. Ser.* 12: 1-315.
- van Welzen, P.C. 1997. Increased speciation in New Guinea: tectonic causes? Hlm. 363-387 dalam Dransfield, J., M.J.E. Coode dan D.A. Simpson (eds.) *Plant Diversity in Malesia III. Proceedings of the Third International Flora Malesiana Symposium 1995*. Royal Botanical Gardens, Kew.
- van Welzen, P.C. dan H. Turner. 2001. Vicariance and dispersal in Malesian Sapindaceae: general patterns. Hlm. 233-251 dalam Saw, L.G., L.S.L. Chua dan K.C. Khoo (eds.) *Proceedings of the Fourth International Flora Malesiana Symposium 1998*. Ampang Press Sdn, Kuala Lumpur.
- van Welzen, P.C., A. Lamb dan W.W.W. Wong. 1988. Edible Sapindaceae in Sabah. *Nature Malaysiana* 13 (1): 10-25.
- van Welzen, P.C., H. Turner, dan M.C. Roos. 2001. New Guinea: a correlation between accreting areas and dispersing Sapindaceae. *Cladistics* 17: 242-247.
- van Zanten, B.O. dan T. Pócs. 1981. Distribution and dispersal of bryophyte. *Advances in Bryology* 45: 479-562.
- van Zyl, D., M. Sassoon, C. Digby, A.-M. Fleury dan S. Kyeyune. 2002. Grasberg Riverine disposal case study. Appendix J in *Mining for the Future*. Institute for Environment and Development and World Business Council for Sustainable Development.
- Vane-Wright, R.I. 1991. Transcending the Wallace line: do the western edges of the Australian region and the Australian Plate coincide? *Australian Journal of Botany* 4: 183-197.
- Warta, Z. 1998. Dewan Penasehat Taman Nasional Wasur [Wasur National Park Advisory Board]. Discussion concept: Wasur National Park Management Plan Workshop. Project report. World Wildlife Fund.
- Waser, N.M., L. Chittka, M.V. Price, N.M. Williams dan J. Ollerton. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology* 77: 1043-1060.
- Watson, M. dan S. Asoyama. 2001. Dispersion, habitat use, hunting behavior, vocalizations, and conservation status of the New Guinea Harpy Eagle (*Harpyopsis novaeguineae*). *J Raptor Res* 35: 235-239.
- Webb, R.G. 1995. Redescription and neotype designation of *Pelochelys bibroni* from southern P. New Guinea (Testudines: Trionychidae). *Chelonian Conservation and Biology* 4 (1): 301-310.
- Webb, R.G. 1997. Geographic variation in the giant softshell turtle, *Pelochelys bibroni*. Linnaeus Fund research project. *Chelonian Conservation and Biology* 2 (3): 450.
- Webb, R.G. 2002. Observations on the giant softshell turtle, *Pelochelys cantorii*, with description of a new jenis. *Hamadryad* 27 (1): 99-107.
- Weber, M. 1913. Susswasserfische aus Niederlandisch Sud- und Nord-Neu Guinea. *Nova Guinea* (Leiden) 9: 513-613.
- Weerasooriya, A.D. 2001. Systematics, phylogeny and reproductive biology of *Mitrephora* (Annonaceae). Ph.D. diss., University of Hong Kong, Hong Kong.
- Weiblen, G.D. 1998. Forest composition and structure of a one hectare plot in the Crater Mountain Wildlife Management Area, Papua New Guinea. *Science in New Guinea* 24: 23-32.
- Weiblen, G.D. dan G.L. Bush. 2002. Speciation in fig pollinators and parasites. *Molecular Ecology* 11: 1573-1578.
- Weiblen, G.D., D.W. Yu dan S.A. West. 2001. Pollination and parasitism in functionally dioecious figs. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 268: 651-659.
- Veitch, C.R. dan M.N. Clout (eds.). 2002. *Turning the Tide: The Eradication of Invasive Species*. IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. International Union for the

EKOLOGI PAPUA

- Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland dan Cambridge, UK.
- Wells, F.E. 1980. A comparative study of distribution of the mudwhelks *Terebralia sulcata* and *T. palustris* in a mangrove swamp in northwestern Australia. *Malacological Review* 13: 1-5.
- Wells, F.E. 1983. An analysis of marine invertebrate distributions in a mangrove swamp in northwestern Australia. *Bulletin of Marine Science* 33: 736-744.
- Wells, F.E. 1984. Comparative distribution of macromolluscs and macrocrustaceans in a North-western Australian mangrove system. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 35: 591-596.
- Wells, F.E. 1986. Distribution of mollusks across a pneumatophore boundary in a small bay in Northwestern Australia. *Journal of Molluscan Studies* 52: 83-90.
- Wells, F.E. 2002. Centres of species richness and endemism of shallow water marine molluscs in the tropical Indo-West Pacific. *Proc. 9th Int. Coral Reef Symp.* 2: 941-945.
- Wells, F.E. 2002b. Mollusks of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia. Hlm. 37-45, 113-131 dalam McKenna, S.A., G.R. Allen dan S. Suryadi (eds.) *A Marine Rapid Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 22. Conservation International, Washington, D.C.
- Wells, F.E. 2002c. Centres of species richness and endemism of shallow water marine mollusks in the tropical Indo-West Pacific. Hlm. 941-945 dalam Kasim Moosa, M., S. Soemodihardjo, A. Soegiarto, K. Romimohtarto, A. Nontji, Soekrano dan Suharsono (eds.) *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia, 23-27 October 2000*. Ministry of Environment, Indonesian Institute of Sciences and International Society for Reef Studies, Jakarta, Indonesia.
- Verdoorn, F. 1934. Résultats de l'expédition scientifique néerlandaise à la Nouvelle Guinée. Lejeuneaceae Holostipae. *Nova Guinea* 18: 1-8.
- Wermuth, H. 1967. Liste der rezenten Amphibien und Reptilien; Agamidae. *Das Tierreich* 86: 1-127.
- Veron, J.E.N. 1995. *Corals in Space and Time; The Biogeography and Evolution of the Scleractinia*. University of New South Wales Press, Sydney.
- Veron, J.E.N. 2000. *Corals of the World*. Volumes 1-3. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- Veron, J.E.N. 2000a. *Corals of the World*. Vols. 1-3. Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.
- Veron, J.E.N. 2000b. Corals (Zooxanthellata Scleractinia) of the Calamianes Islands, Palawan Province, Philippines. Hlm. 24-26, 66-74 dalam Werner, T. B. dan G.R. Allen (eds.) *A Rapid Marine Biodiversity Assessment of the Calamianes Islands, Palawan Province, Philippines*. RAP Bulletin of Biological Assessment 17. Conservation International, Washington, D.C.
- Veron, J.E.N. 2002. Reef corals of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia. Part 1. Overview of Scleractinia. Hlm. 26-28, 90-103 dalam McKenna, S.A., G.R. Allen, dan S. Suryadi (eds.) *A Marine Rapid Assessment of the Raja Ampat Islands, Papua Province, Indonesia*. RAP Bulletin of Biological Assessment 22. Conservation International, Washington, D.C.
- Werry, Lloyd P. 1998. A review of freshwater fish introductions in Papua New Guinea. *Science in New Guinea* 24: 33-36.
- Westermann, G.E.G. 1995. Mid-Jurassic Ammonitina from the Central Ranges of Irian Jaya and the origin of stephanoceratids. *Hantkeniana* 1: 105-118.

DAFTAR PUSTAKA

- Westoby, M. 1988. Comparing Australian ecosystems to those elsewhere. *Bioscience* 38:549-556.
- Weygoldt, P. 2000. *Whip Spiders* (Chelicerata: Amblypygi): *Their Biology, Morphology and Systematics*. Apollo Books, Stenstrup.
- Wheatley, B.P. 1999. *The Sacred Monkeys of Bali*. Waveland Press, Long Grove, Illinois.
- Wheatley, B.P., D.K. Harya Putra dan M.K. Gonder. 1996. A comparison of wild and food-enhanced long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*). Dalam Fa, J.E. dan D.G. Lindberg (eds.) *Evolution and Ecology of Macaque Societies*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wheatley, B.P., R. Stephenson dan H. Kurashina. 1999. The effects of hunting on the Longtailed Macaques of Ngeaur Island, Palau. Dalam P. Dolhinow dan A. Fuentes (eds.) *The Nonhuman Primates*. Mayfield Publishing, California.
- Wheatley, N. 1998. *Where to Watch Birds in Australasia and Oceania*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- White, J.P. dan J.F. O'Connell 1982. A Prehistory of Australia, New Guinea and Sahul. Academic Press, Sydney.
- White, J.P., K.A.W. Crook dan B.P. Ruxton. 1970. Kosipe: a late Pleistocene site in the Papuan highlands. *Proceedings of the Prehistoric Society* 36: 152-170.
- White, T. 1986. The 1985 Indonesia Expedition. *Cave Science* 13 (1): 25-45.
- White, W.B. 2005. Hydrogeology of karst aquifers. Hlm. 293-300 dalam Culver, D.C., dan W.B. White (eds.) *Encyclopedia of Caves*. Elsevier Academic Press.
- Whitmore, T.C. 1967. Studies of *Macaranga*, an easy genus of Malayan wayside trees. *Malay. Nat. J.* 20: 89-99.
- Whitmore, T.C. 1975. *The Rain Forests of South-East Asia*. Clarendon Press, Oxford.
- Whitmore, T.C. 1977. A first look at *Agathis*. *Tropical Forestry Papers* 11. Oxford.
- Whitmore, T.C. 1984. *Tropical Rainforests of the Far East*. Oxford Science Publications. Clarendon Press, Oxford.
- Whitmore, T.C. 1984. *Tropical Rainforests of the Far East*. Oxford Science Publications. Oxford: Clarendon Press.
- Whitmore, T.C. 1984a. *Tropical Rainforests of the Far East*. Oxford Science Publications. Clarendon Press, Oxford.
- Whitmore, T.C. 1984b. Vegetation map of Malesia, at scale 1:5 million. *Journal of Biogeography* 11: 461-471.
- Whittaker, J.L., N.G. Gash, J.F. Hookey, dan R.C. Lacey. 1975. *Documents and Readings in New Guinea History, Prehistory to 1889*. Jacaranda Press, Milton, Queensland.
- Whittaker, R., P. Sukran, Hartono dan Chadis. 1985. The crocodile resources in Irian Jaya. World Wildlife Fund Indonesia/International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources, Bogor.
- Whittaker, R.H. 1970. *Communities and Ecosystems*. Collier-Macmillan, London.
- Whitten, T., D. Holmes dan K. MacKinnon. 2001. Conservation biology: a displacement behavior for academia? *Conserv. Biol.* 15: 1-3
- Whitten, T., G.S. Henderson dan M. Mustafa. 2002. *Ecology of Sulawesi*. Ecology of Indonesia Series, Vol. 4. Periplus Editions (HK), Singapore.
- Whitten, T., R.E. Soeriaatmadja, dan S.A. Afiff. 1996. *The Ecology of Java and Bali*. Dalhousie University, Periplus Editions.
- Whitten, T., S.J. Damanik, J. Anwar dan N. Hisyam. 2000. *The Ecology of Sumatra*. Ecology of Indonesia Series, Volume 1. Periplus Editions (HK), Singapore.
- Wiebes, J.T. 1982. Fig wasps (Hymenoptera). Hlm. 735-755 dalam J.L. Gressitt, (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. W. Junk, The Hague.

EKOLOGI PAPUA

- Wikramanayake, E., E. Dinerstein, C. Loucks, D. Olson, J. Morrison, J. Lamoreux, M. McKnight dan P. Hedao. 2002. Ecoregions in ascendance: reply to Jepson and Whittaker. *Conservation Biology* 16 (1): 238-243.
- Wikramanayake, E., E. Dinerstein, C.J. Loucks, D.M. Olson, J. Morrison dan J. Lamoreaux. 2000. *Terrestrial Ecoregions of the Indo-Pacific: A Conservation Assessment*. Island Press, Washington, D.C.
- Willemse, L.P.M. 2001. Guide to the Pest Orthoptera of the Indo-Malayan Region. Backhuys Publishers, Leiden.
- Williams, D.F. (ed.). 1994. *Exotic Ants: Biology, Impact, and Control of Introduced Species*. Westview Press, Boulder, Colorado.
- Williams, E.G. dan J.L. Rouse. 1988. Disparate style lengths contribute to isolation of species in *Rhododendron*. *Austral J Bot* 36: 183-191.
- Williams, E.G., J.L. Rouse, B.E. Palser dan R.B. Knox. 1990. Reproductive biology of *Rhododendron*. *Hort Rev* 12: 1-67.
- Williams, E.G., J.L. Rouse, V. Kaul dan R.B. Knox. 1991. Reproductive timetable for the tropical Vireya *Rhododendron*, *R. macgregoriae*. *Sex Pl Reprod* 4: 155-165.
- Willis, D. 1990. The caves of the Cloud Mountains, Irian Jaya: the 1988 expedition. *Cave Science* 17 (1): 39-49.
- Willis, K.J., L. Gillson dan T.M. Brncic. 2004. How “virgin” is virgin rainforest? *Science* 304: 402-403.
- Wilson, D.E. dan D.M. Reeder. 2005. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Wilson, F. 1981. *The Conquest of the Copper Mountain*. Atheneum, New York.
- Wilson, P.G., M.M. O'Brien, M.M. Heslewood dan C.J. Quinn. 2005. Relationships within Myrtaceae sensu lato based on a *matK* phylogeny. *Pl Syst Evol* 251: 3-19.
- Vink, A.L. 1932. Memorie (vervolg) van overgave van de Onderafdeeling West Nieuw-Guinea. Reprinted in Miedema, J., and W.A.L. Stokhof (eds.) *Irian Jaya Source Materials*, Ser. V, No. 3 DSALCUL/IRIS, Leiden/Jakarta.
- Vink, W. 1965. Botanical exploration of the Arfak Mountains. *Nova Guinea, Botany* 22: 471-494.
- Vink, W. 1998. Notes on some lowland rainforests of the Bird's Head Peninsula, Irian Jaya. Hlm. 91-109 dalam Bartstra, G.-J. (ed.) *Bird's Head Approaches: Irian Jaya Studies*. Balkema, Rotterdam/Brookfield
- Wiratno. 2002. *Institutional Capacity Assessment*. Conservation International Indonesia Program, Jakarta.
- Wiselius, S.I. 1998. *Chrysophyllum* L. Hlm. 162-164 dalam Sosef, M.S.M., L.T. Hong, dan S. Prawirohatmodjo (eds.) *Plant Resources of South-East Asia*, 5 (3), Timber Trees: Lesser Known Timbers. Backhuys, Leiden.
- Visser, L. 2001. Remaining poor on natural riches? The fallacy of community development in Irian Jaya/Papua. *The Asia Pacific Journal of Anthropology* 2 (2): 68-88.
- Visser, L. 1989. The Kamrau Bay area: between Mimika and Maluku, a report of a short visit. *Bulletin of Irian Jaya*, Irian 17: 65-76.
- Visser, W.A. dan J.J. Hermes. 1962. Geological results of the exploration for oil in Netherlands New Guinea. *Koninkl. Nederlands Geol., Mijnbouw Genoot., Verh. Geol Ser.* 20: 1-265.
- Vlasblom, D. 2004. *Papoea: Een Geschiedenis*. Mets & Schilt, Amsterdam.
- Wollaston, A.F.R. 1914. An expedition to Dutch New Guinea. *Geographical Journal* 43 (3): 248-273.
- Womersley, J.S. (ed.). 1978. *Handbooks of the Flora of Papua New Guinea*, Vol. 1. Melbourne University Press, Melbourne.

DAFTAR PUSTAKA

- Womersley, J.S. 1958. The *Araucaria* forests of New Guinea. A unique vegetation type in Malaysia. Hlm. 252-257 dalam Proc. Symp. Hum. Trop. Veg., Tjiawa.
- Wood, A.W. 1982. The soils of New Guinea. Hlm. 73-83 dalam Gressitt, J.L. (ed.) Biogeography and Ecology of New Guinea. Monographiae Biologicae 42, Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- Woodland, D.J. 1983. Zoogeography of the Siganidae (Pisces): an interpretation of distribution and richness patterns. *Bull. Mar. Sci.* 33: 713-717.
- Woodruffe, C. 1992. Mangrove sediments and geomorphology. Hlm. 7-41 dalam Robertson, A.I. dan D.M. Alongi (eds.) *Tropical Mangrove Ecosystems*. American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Wooller, F.L.S. dan K.C. Richardson. 1988. Morphological relationships of passerine birds from Australia and New Guinea in relation to their diets. *Zool J Linn Soc* 94: 193-201.
- Wooller, R.D., K.C. Richardson dan D.R. Wells. 1990. Allometric relationships of the gastrointestinal tracts of insectivorous passerine birds from Malaysia, New-Guinea and Australia. *Aust J Zool* 38: 665-671.
- Woolley, P.A. 2005. Revision of the three-striped dasyures, genus *Myoictis* (Marsupialia: Dasyuridae), of New Guinea, with description of a new species. *Records of the Australian Museum* 57: 321-340.
- Voris, H.K. 2000. Maps of Pleistocene sea levels in Southeast Asia: shorelines, river systems and time durations. *Journal of Biogeography* 27 (5): 1153-1167.
- Voris, H.K., M.E. Alfaro, D.R. Karns, G.L. Starnes, E. Thompson dan J.C. Murphy. 2002. Phylogenetic relationships of the Oriental-Australian rear-fanged water snakes (Colubridae: Homalopsinae) based on mitochondrial DNA sequences. *Copeia* 2002: 906-915. Webb, J.K. dan R. Shine. 1993. Dietary habits of Australian blindsnakes (Typhlopidae). *Copeia* 1993 (3): 762-770.
- World Bank. 2001. Indonesia: Environment and Natural Resource Management in a Time of Transition. The World Bank, Washington, DC.
- World Bank. 2001a. Poverty reduction in Indonesia: constructing a new strategy. Report no. 23028-IND. World Bank, Washington, D.C.
- World Bank. 2003a. Decentralizing Indonesia: a regional public expenditure review overview report. Report no. 26191-IND. World Bank, Washington, D.C.
- World Bank. 2003b. The Republic of Chad: country assistance strategy. Report no. 26938-CD. World Bank, Washington, D.C.
- World Wildlife Fund. 2000. The Global 200: a representation approach to conserving the Earth's distinctive ecoregions. World Wildlife Fund, Washington, D.C.
- World Wildlife Fund. 2005. Global warming. Changing a delicate balance. http://panda.org/about_wwf/what_we_do/climate_change/problems/warming.cfm. Accessed 28 February 2005.
- Wright, D.D. 2005. Diet, keystone resources, and altitudinal movement of dwarf cassowaries in relation to fruiting phenology in a Papua New Guinean rainforest. Hlm. 204-235 dalam Dew, J.L. dan J. P. Boubli (eds.) *Tropical Fruits and Frugivores: The Search for Strong Interactors*. Springer, New York.
- Wunder, S. 2003. Oil Wealth and the Fate of the Forest. Routledge, London.
- Wunderle, J.M. 1997. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecol Mangt* 99: 223-235.
- Wurarah, R. 2001. An economic analysis of incentives to government, local communities and logging companies to engage in logging in Papua. Makalah disampaikan dalam Rapid Assessment for Conservation and Economy (RACE), Papua. University of Papua, Manokwari.

EKOLOGI PAPUA

- Wurarah, R. 2001. Issue paper on forestry sector. University of Papua, Manokwari.
- Wüster, W., A.J. Dumbrell, C. Hay, C.E. Pook, D.J. Williams dan B.G. Fry. 2005. Snakes across the Strait: trans-Torresian phylogeographic relationships in three genus of Australasian snakes (Serpentes: Elapidae: *Acanthopphis*, *Oxyuranus*, and *Pseudechis*). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 34: 1-14.
- Yaku, A. dan C.A. Widyastuti. 2005. Sweet potato research and development in Papua, Indonesia: a review. Hlm. 163-170 dalam Ballard, C., P. Brown, R.M. Bourke dan T. Harwood. The Sweet Potato in Oceania: A Reappraisal. Oceania Monograph 56, Sydney.
- Yeates, D.K., M.S. Harvey dan A.D. Austin. 2003. New estimates for terrestrial arthropod species-richness in Australia. *Records of the South Australian Museum Monograph Series* 7: 231-241.
- Yokoyama, Y., A. Purcell, K. Lambeck dan P. Johnston. 2001. Shore-line reconstruction around Australia during the Last Glacial Maximum and Late Glacial Stage. *Quaternary International* 83-85: 9-18.
- Yoshii, R. dan Y.R. Suhardjono. 1992. Notes on the Collembolan fauna of Indonesia and its vicinities. II: Collembola of Irian Jaya and Maluku Islands. *Acta Zoologica Asiae Orientalis* 2: 1-52.
- Yoshimura, I., H.J.M. Sipman dan A. Aptroot. 1995. The lichen genus *Anzia* in New Guinea. *Biblioth. Lichenol.* 58: 439-469.
- YPMD (Irian Jaya Rural Community Development Foundation: *Yayasan Pengembangan Masyarakat Desa*). 2004. Prospect and constraints of natural resource management in Papua's Special Autonomy: conflicts of laws and regulations of NRM in Special Autonomy. Draft report.
- YPMD. 1985. Special issue on resettlement of Kabar dari Kampung, No. 3-4. YPMD, Jayuapura.
- Yuwono, F.B. 1998. The trade of live reptiles in Indonesia. *Mertensiella* 9: 9-15.
- Zhang, L. Q.J. Li, X.-B. Deng, P.-Y. Ren dan J.Y. Gao. 2003. Reproductive biology of *Alpinia blepharocalyx* (Zingiberaceae): another example of flexistylly. *Plant Syst. Evol.* 241: 67-76.
- Zhang, X.C. dan H.P. Nooteboom. 1998. Plagiogyriaceae. *Flora Malesiana* ser. II, 3: 295-316.
- Zieck, J.F.U. 1959. Bosverkenning van het Tami-kustplateau en de Tami-Mossovlaakte (O.Afd. Hollandia) 1955-1956. 2nd ed. Bosplanalogie, Manokwari, mimeo.
- Zieck, J.F.U. 1960. The Tafelberg hydrological forest reserve near Manokwari [in Dutch]. Unpublished report.
- Zieck, J.F.U., J. Luitjes dan W. Vink. 1960. Tournéeversleg naar de noordelijke Wisselmerenstreken van 9 mei tot 1 juni 1960. *Bosplanalogie*, Manokwari: 17.
- Ziegler, A.C. 1977. Evolution of New Guinea's marsupial fauna in response to a forested environment. Hlm. 117-138 dalam Stonehouse, B. dan D. Gilmore (eds.) *The Biology of Marsupials*. Macmillan, London.
- Ziegler, A.C. 1982. An ecological check-list of New Guinea Recent mammals. Hlm. 863-894 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*, vol. 2. Monographiae Biologicae, 42: 1-983 (2 vols).
- Zieman, J.C. 1975. Seasonal variation of Turtle, *Thalassia testudinum* Ko'nig, with reference to temperature and salinity effects. *Aquatic Bot.* 3: 149-175.
- Zug, G.R. 2004. Systematics of the *Carlia* "fusca" lizards (Squamata: Scincidae) of New Guinea and nearby islands. *Bishop Museum Bulletin in Zoology* 5: i-viii, 1-83.
- Zug, G.R. dan A. Allison. 2006. New *Carlia fusca* complex lizards (Squamata: Scincidae) from New Guinea, Papua-Indonesia. *Zootaxa* 1237: 27-44.

- Zug, G.R., L.J. Vitt dan J.P. Caldwell. 2001. *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians dan Reptiles*. 2nd ed. Academic Press, San Diego.
- Zweifel, R.G. 1972. Results of the Archbold Expeditions. No. 97. A revision of the frogs of the subfamily Asterophryinae Family Microhylidae. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 148: 415-546.
- Zweifel, R.G. dan M. Tyler. 1982. Amphibia of New Guinea. Hlm. 759-801 dalam Gressitt, J.L. (ed.) *Biogeography and Ecology of New Guinea*. Vol. 42, Monographiae Biologicae. W. Junk, The Hague.

Daftar LSM di Papua

Lampiran 1. Lembaga Swadaya Masyarakat di Papua dan kegiatannya yang terkait dengan isu-isu lingkungan dan konservasi.

Wilayah	Nama dan alamat	Fokus
Merauke	Yayasan Alam Lestari Masyarakat Maju dan Sejahtera (ALMAMATER) Jl. Brawijaya No.13 Merauke Telephone: (0971) 32133 / Fax: (0971) 325853	Pertanian, Kesehatan, Lingkungan
Merauke	Yayasan Wasur Lestari (YWL) Jl. Ahmad Yani, Jalur Drainase P.O. Box 220 Telephone: (0971) 325408 / Fax: (0971) 32504 E-mail: ywl@jayapura.wasantara.net.id	Lingkungan, Pengembangan Kapasitas, Ekonomi
Merauke	Yayasan Pengembangan Sosial Ekonomi & Lingkungan (YAPSEL) Jl. Missi Merauke Telephone: (0971) 321489 / Fax: (0971) 323204 E-mail: yps_max@jayapura.wasantara.net.id	Sosial dan Ekonomi, Lingkungan, Advokasi, Pendidikan
Manokwari	Yayasan Pemberdayaan Masyarakat Pribuni (YAPMI) Telephone / Fax: (0986) 214979 E-mail: yapmi@manokwari.wasantara.net.id	Pengembangan Kapasitas, Lingkungan, Ekonomi
Manokwari	Lembaga Bantuan Pertanian Papua (LBP) Jl. Trikora Gg. Melati No. 10 Wosi Manokwari Telephone: (0986) 21528 / Fax: (0986) 211330 E-mail: lbp_papua@hotmail.com	Pertanian, Lingkungan, Pendidikan
Manokwari	Yayasan Paradisea Jl. Ciliwung Sanggeng P.O. Box 242 Manokwari Telephone: (0986) 211068 / Fax: (0986) 211068	Lingkungan, Ekonomi
Manokwari	Yayasan Lingkungan Hidup Humeibou (YALHIMO) Jl. Ciliwung No. 01 Sanggeng P.O. Box 105 Manokwari Telephone: (0968) 212014 E-mail: yalhimo@manokwari.wasantara.net.id septer manufandu@yahoo.com	Lingkungan, Pengembangan Kapasitas
Sorong	Yayasan Sosial Agustinus Jl. Jend. A. Yani No. 83 P.O. Box 183 Sorong	Lingkungan, Advokasi

DAFTAR LSM DI PAPUA

Sorong	Yayasan Sosial Faumair Lestari (YESFEL) Jl. Kartini No. 2 Kampung Baru Sorong	Sosial dan Ekonomi
Sorong	Komisi Irian Keuskupan Sorong Jl. RA. Kartini No. 3 Pastoran Kampung Baru Sorong	Lingkungan, Advokasi
Sorong	Yayasan SVEHO Health Jl. Armanolo—Komplex Satin—Teminabuan—Sorong Selatan Telephone: (0952) 31227	Pendidikan, Lingkungan
Sorong	Yayasan Konpers Jl. D.I. Panjaitan No. 09, RT.IV, RW.VIII Kel. Rufeï—Sorong Telephone / Fax: (0951) 324715 E-mail: konpers_2003@yahoo.com	Lingkungan, Pengembangan Kapasitas, Ekonomi, Advokasi
Biak	Yayasan Rumsram Jl. Bosnik Raya STAB Biak Telephone: (0981) 23269 / Fax: (0981) 23269 E-mail: rumsram@biak.wasantara.net.id	Lingkungan, Ekonomi
Fakfak	Yayasan Agribisnis dan Lingkungan Hidup (YALHI) Jl. Imam Bonjol Wagom P.O. Box 176 Fakfak Telephone: (0956) 23310 / Fax: (0956) 22573	Lingkungan,
Fakfak	Yayasan Pendidikan Kasih Karunia Indonesia (YASPENKARI) Jl. M. Tata Wagom Telephone: (0956) 24301	Pendidikan, Lingkungan, Sosial dan Ekonomi
Fakfak	Yayasan Studi Konsultasi dan Bantuan Hukum (YSKBH) Jl. Cenderawasih Fakfak Telephone: (0956) 22882	Pendidikan, Lingkungan
Fakfak	Yayasan Sosial Pengembangan Kawasan Timur (YASOBAT) Jl. Yos Sudarso, Wagom Fakfak Telephone: (0956) 23934 / Fax: (0956) 22425	Pengembangan Kapasitas, Ekonomi, Lingkungan
Fakfak	Yayasan Kasih Mulia (YKM) Jl. Imam Bonjol P.O. Box 158 Wagom Fakfak Telephone: (0956) 23908 / Fax: (0956) 22452 (Kandatel Fakfak)	Ekonomi, Lingkungan, Kesehatan, Advokasi
Nabire	Yayasan Sosial Bina Mandiri UTAMA (YABIMU) Jl. Pipit Kali Harapan Tromol Pos 27 Nabire Telephone: (0984) 23881 / Fax: (0984) 23458	Pengembangan komunitas, Hak Asasi Manusia, Lingkungan
Timika	Lembaga Musyawarah Adat Amungme (LEMASA) Jl. P. Magal No. 13 Timika Telephone: (0901) 322383 / Fax: (0901) 322472	Ekonomi, Advokasi, Lingkungan

EKOLOGI PAPUA

Jayapura	Yayasan Agrosilvopastoral (ASP) Perumahan Grand Permai No. 14 D Kotaraja Telephone / Fax: (0967) 582997 E-mail: asp@etc.or.id	Pertanian, Lingkungan
Jayapura	Yayasan Lingkungan Hidup Irian Jaya (YALI) Jl. Ifar No. 62 Abepura Telephone / fax: (0967) 584671 E-mail: bakau@jayapura.wasantara.net.id	Lingkungan
Jayapura	Natural Resources Management Program/ Environmental Policy and Institutional Strengthening Indefinite Quantity Contract (NRMP/EPIQ) Perumahan Grand Permai BTN Blok A. No. 8 Kotaraja Telephone / Fax: (0967) 584670 E-mail: nrm irja@jayapura.wasantara.net.id	Lingkungan, Pengembangan Kapasitas, Informasi
Jayapura	Aliansi Mahasiswa Peduli Lingkungan Hidup (AMPPeLH) Jl. Raya Sentani No. M 38 Padang Bulan Telephone / Fax: (0967) 583381	Lingkungan
Jayapura	Conservation International Irian Jaya (CI—Irja) Jl. Bhayangkara I No. 33 Jayapura Telephone: (0967) 523423 E-mail: ci-irian@jayapura.wasantara.net.id	Lingkungan
Jayapura	Yayasan Pendidikan Lingkungan Hidup Cycloops (YPLHC) Jl. SPG. Teruna Bhakti No. 3 Waena Jayapura Telephone / fax: (0967) 572507 E-mail: yplhc@jayapura.wasantara.net.id	Pendidikan, Lingkungan
Jayapura	Wahana Lingkungan Hidup Papua (WALHI Papua) Jl. Raya Sentani No. M 38 Belakang Kantor Lurah Hedam, Padang Bulan Telephone / Fax: (0967) 583381	Lingkungan
Jayapura	Sistem Hutan Kerakyatan (SHK) Jl. Kalibobo No. M 38 Padang Bulan Telephone / Fax: (0967) 583381 E-mail: karubun@yahoo.com	Lingkungan

DAFTAR LSM DI PAPUA

Lampiran 2. Lembaga pemerintah dan kegiatannya yang terkait dengan isu-isu lingkungan dan konservasi di Papua

Wilayah	Nama dan alamat	Fokus
Jayapura	Dinas Kehutanan Proinisi Papua Jl. Tanjung Ria Base G Jayapura Telephone: 62-967-541522	Isu-isu Kehutanan
Jayapura	Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Provinsi Papua Kantor Dinas Otonom Provinsi Papua - Gedung B Lantai I Jl. Raya Abepura-Kotaraja Telephone / Fax: 62-967-587694	Isu-isu Lingkungan
Jayapura	Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah X Papua (Forestry Mapping Branch) Jl. Raya Abepura-Kotaraja Telephone: 62-967-582529 / Fax: 62-967-582527	Pemetaan Hutan
Jayapura	BKSDA Papua I (Nature Conservation Bureau) Jl. Raya Abepura-Kotaraja Telephone: 62-967-581596 / Fax: 62-967-585529	Isu-isu konservasi
Sorong	BKSDA Papua II Jl. Jend Sudirman No. 40.-Kotak Pos 1053 Sorong Telephone: 62-951-321986 or 951-323097 Fax: 62-951-321986	Isu-isu konservasi
Manokwari	Balai Taman Nasional Teluk Cenderawasih Jl. Trikora Wosi-Rendani Manokwari Kotak Pos 229 Manokwari 98312 Telephone / Fax: 62-986-212303 or 986-214719	Isu-isu konservasi
Nabire	Kantor Taman Nasional Teluk Cenderawasih Jl. Semarang No. 112 Nabire Telephone: 62-984-421362	Isu-isu konservasi
Merauke	Balai Taman Nasional Wasur Jl. Raya Mandal 69 Spaden No. 2 Merauke 99611	Isu-isu konservasi

Indeks

- Abepura, 57, 63, 65, 66, 767
Administrator pelabuhan, 769
Afrika, 21, 29, 194, 214, 217, 224, 240, 302, 336, 345, 747. *Lihat juga* Madagaskar
Agama
 Hindu, 113
 Islam, 15, 634, 658
 Kekristenan, 634, 664, 665
 Kepercayaan tradisional, 634, 636
 Lihat juga Misionaris
Agathis, 13, 52, 60, 144, 203, 510, 515, 527, 530, 570, 576, 580
Aglaia, 499, 500, 504, 505, 522, 840
Alga, 46, 66, 176, 279, 280, 323, 341, 349, 419, 422, 423, 425, 426, 427, 429, 430, 437, 453, 454, 458, 459, 460, 465, 472, 477, 487, 505, 520, 588, 609, 610, 624
 air tawar, 349, 459, 460, 472, 477, 487, 505, 520, 588, 609, 610, 624
 kriofit, 608-611
 mangrove, 455, 458, 459, 460, terumbu karang, 280, 323, 419, 422, 423, 425, 426, 427, 429, 430, 437
Alstonia, 12, 208, 493, 494, 497-500, 503, 513, 514, 515, 517, 519, 521, 522, 532, 537, 541, 543, 544, 583
Amazon/Amazonia, 747, 809, 819
Ambon. *Lihat* Maluku
 Amerika Selatan, 203, 214, 345. *Lihat juga* Amazonia; Andes; Brazil; Kolombia; Ekuador; Peru
Amungme, 649, 663, 679, 682, 686
Anacardium. *Lihat* Jambu monyet
Ancaman keanekaragaman hayati. *Lihat* Bendungan; Jenis langka dan terancam; Degradasi habitat; Hilangnya habitat; Jenis introduksi; Aspek ekologi pembalakan; Pertambangan; Polusi; Perdagangan hidupan liar
Andes (Amerika Selatan), 236
Angaur. *Lihat* Palau
Anggrek, 13, 33, 35, 38, 40, 51, 52, 163, 173, 174, 216, 236-244, 514, 520, 543, 570-572, 583, 595, 598, 767, 845
Bulbophyllum, 168, 238, 241, 242, 243
Dendrobium, 52, 168, 238-244, 496, 514, 596, 598, 767
Glomera, 168, 238, 239, 242, 598 perdagangan, 243
Phreatia, 168, 238, 596
Angin, 9, 10, 21, 103, 105, 106, 110-113, 153, 157, 241, 271, 341, 443, 466, 475, 510, 514, 523, 568, 572, 583, 587, 588, 595, 744, 848
 Lihat juga Siklon; Persebaran oleh angin; Monsun
Angkatan Bersenjata (ABRI), 643. *Lihat juga* Militer
Angkatan laut, 644, 773, 775. *Lihat juga* Militer
Angsana, 13. *Lihat juga* *Pterocarpus*
Anisoptera (capung). *Lihat* Odonata
Anisoptera (pohon), 172, 515, 519, 573, 575, 576
Anjing, 303, 389, 630, 854
 pemburu, 840
 “penyanyi,” 389
Anopheles. *Lihat* Nyamuk
Araucaria, 13, 60, 155, 203, 205, 527, 569, 570, 571, 573, 578, 579, 589
Archbold, Richard/ Ekspedisi Archbold, 16, 19, 39, 46, 47, 48, 50, 134, 142, 143, 165, 196, 292, 308, 354, 355, 506, 508, 569
Arnhemland (Australia), 323
Arowana. *Lihat* Saratoga
Arso (masyarakat), 633, 635, 767
Arthropoda, 67, 426, 554, 557, 560
Arus lautan. *Lihat* Arus
Arus, air/lautan, 102, 105, 136, 272, 280, 286, 288, 337-339, 341, 423, 429, 437. *Lihat juga* Angin
Asmat
 (masyarakat), 15, 631, 633, 635, 638
 (Pantai Casuarina), 39, 468
 (wilayah), 3, 39, 158, 495, 631, 752
Aspek ekologi pembalakan, 484, 756, 757,

INDEKS

- dan degradasi lingkungan, 415, 432, 445, 579, 486, 487,
dan perubahan iklim,
Lihat juga Hilangnya habitat
meminimalkan dampak, 373, 416, 739,
741
sebagai ancaman keanekaragaman
hayati, 355, 372, 534, 585, 589,
743,
- Atoku (Aegothelidae), 355
Atol Enewetak (Kepulauan Marshall), 419
Austronesia, 628, 631
Avicennia, 12, 278, 284, 285, 450, 451, 452,
453, 483
Ayamaru (masyarakat), 488, 617, 619, 638
Ayawasi (Vogelkop), 220, 240
- Babi, 15, 227, 247, 303, 339, 389, 437, 443,
456, 465, 488, 541, 549, 616, 626,
635, 639, 675, 676, 682, 701, 854,
860
- Badan Intelijen Nasional (BIN), 668
Bahasa, 628, 629, 631, 750, 815, 824, 855,
856, 859
Bailey, Robert, 30
Balai Konservasi Sumber Daya Alam
(BKSDA), 767-780, 793, 795, 796,
812, 813, 814, 816, 846, 856
Bali, 745, 837, 838
Bandikot (*Echymipera*, *Isoodon*,
Microperoryctes, *Peroryctes*), 379,
380, 403
BAPPEDA. *Lihat* Perencanaan
pembangunan
BAPPENAS. *Lihat* Perencanaan
pembangunan
Barari (Teluk Arguni), 110
Barringtonia, 12, 166, 252, 466, 467, 469,
471, 493, 496, 500, 503, 506, 540,
542
Basin Tari, 154, 623
Batanta, 8, 34, 50, 56, 58, 61, 86, 119, 128-
132, 265, 134, 330, 332, 336, 344,
348, 356, 381, 384, 399, 431, 440,
752, 804
Batuan sedimen, 94, 95, 143
Bea dan Cukai, 769
Belalang ranting (Phasmatodean), 295
Belut morai (Muraenidae), 336
Bendungan, 487, 625, 725, 726, 727, 739,
830, 834
Proyek bendungan Mamberamo, 727
sebagai ancaman keanekaragaman
hayati, 833
Beras, 687, 688, 700
Berburu, subsisten, 15, 585, 635, 672, 677,
679, 685, 777, 856, 860
manusia purba, 622, 624
menggunakan anjing, 389
Lihat juga Menangkap ikan, subsisten
Berburu, untuk perdagangan/ilegal/jenis
langka dan dilindungi, 147, 757,
758, 759, 766, 777, 783, 834, 856,
857
Berburu, wisata, 792, 796
Betok (*Anabas*), 351
Biak (masyarakat), 631, 632, 634, 635, 637,
638, 645, 670, 695
Biawak. *Lihat* Varanidae
Binatang berkantung, 145, 225, 250, 367,
375
Lihat juga Bandikot; Kuskus;
Dasyuridae; Kanguru dan wallabi;
Posum dan kelelawar pemakan
nektar
Binatang pengerat. *Lihat* Muridae
Biogeografi, 15, 20, 54, 69, 117-141, 165,
170, 186, 199, 257, 259, 271, 283,
286, 291, 293, 297, 305, 306, 330,
340, 353, 370, 371, 391, 395, 585,
736, 738, 744, 746, 747, 790, 799,
802, 803, 818, 836, 837. *Lihat juga*
Spesiasi
biota Cathaysia, 142
Biota Gondwanan, 139, 142, 143, 148, 170,
570
Biota Laurasia, 170
BirdLife International, 267, 268, 748, 754,
808, 822, 849, 852
Bokondini, 84, 736
Borneo, 42, 73, 219, 536
Brazil, 844
British Petroleum, 657, 729, 731, 825, 831
Brugiera, 12, 158
Bryofit, 66, 176
Buah, sebagai makanan manusia, 251, 585,
677-679, 684, 688, 690,
sebagai tanaman perdagangan, 230, 700

EKOLOGI PAPUA

- Buaya, 13, 258, 260, 261, 277, 305-307, 311, 312, 323-325, 454, 456, 545, fosil, perdagangan/ancaman, 333, 334, 707, 807, peternakan, 816 taksa/distribusi,
- Bucerotidae. *Lihat* Rangkong
- Bufo* (jenis introduksi), 319, 320, 844, 845
- Bukit batu Mapala, 148, 615
- Bukit Supulah, 99, 154, 623, 624, 629
- Bukti arkeologi
arang, 154, 616, 621, 623, 624, 625, 626, 628, 629
artefak batu, 615, 616, 618
catatan serbuk sari, 144, 149, 152, 154, 155, 615, 621, 622, 626, 628
kebakaran, 154, 621, 623, 624, 625, 626, 628, 629, 630
Lihat juga Kehadiran manusia
pisau pinggang, 622
sisa kulit kerang, 615
tembikar, 616, 629
- Bulbophyllum*. *Lihat* Anggrek
- Bulolo (PNG), 66, 67, 163, 164, 205, 576
- Buru. *Lihat* Maluku
- Burung
Cenderawasih (Paradisaeidae), 13, 18, 20, 24, 27, 33, 34, 49, 223, 353, 365,
paruh bengkok (Psittacidae), 353, 367, 841
perdagangan, 16, 354, 371, 767, 807
- Busur
Banda, 77, 86, 117
Bismarck, 77
Lihat juga Formasi Geologi
Solomon, 77
Sunda, 72, 86,
Tonga, 72
Trobriand, 77
- Busur Pulau, 5, 6, 71, 73, 75, 76, 79-81, 83, 85, 86, 87, 89, 121, 134, 139, 140, 259, 298, 299. *Lihat juga* Busur; Opiolit
- Busur/Kepulauan Tonga, 72
- Busur/Lempeng/Trench Solomons, 77
- Cagar Alam *Lihat* Kawasan lindung
- Bupul, 854
- Enaratoli, 802, 804
- Gunung Arfak, 797. *Lihat juga* Pegunungan Arfak
- Campnosperma*, 12, 483, 492-495, 497, 499, 500, 503, 504, 517, 522
- Cape York, 29
- Capung jarum. *Lihat* Odonata
- Capung. *Lihat* Odonata
- Carallia*, 12
- Carcharinus*. *Lihat* Cucut banteng
- Castanopsis*, 12, 154, 155, 252, 510, 527, 570-572, 575-578, 582, 584, 585, 624
- Casuarina*, 7, 8, 144, 467-471, 508, 516-518, 527, 534, 536, 574, 576, 581, 583, 627, 628
- Casuarinus*. *Lihat* Kasuari
- Cekungan Aure, 358, 360
- Cengkeh (*Eugenia aromatica*), 685, 687, 688, 701, 706
- Cenozoikum, 74, 144, 259. *Lihat juga* Tersier; Kwartar
- Cervus timoriensis*. *Lihat* Rusa
- Charles Darwin, 25, 420,
teori evolusi terumbu karang, 420
- Chimbu, 676
- China, 20, 201, 253, 254, 362, 662, 706, 757, 766
Laut China Selatan, 73
Selat China, 25, 138
- Chiroptera. *Lihat* Kelelawar
- CITES, 757, 776
- Clarias batrachus*, 351, 490. *Lihat juga* Lele
- Cocos*. *Lihat* Kelapa
- Coklat (*Theobroma cacao*), 646, 647, 684, 687, 688
- Coleoptera, 62, 130, 216, 296, 297, 472, 474, 476, 479, 480
koleksi, 67
- Colocasia*. *Lihat* Keladi/talas
- Conservation International (CI), 58, 274, 343, 692, 716, 717, 725, 745, 747, 750, 751, 767
- FKPTP, 717, 729, 850
Lihat juga Penetapan kawasan konservasi; Penetapan Prioritas Konservasi (PPK); Rapid Assessment Programs (RAP) pada penegakan hukum, 768, 776, 779

INDEKS

- survei keanekaragaman hayati, 806, 814, 835
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna. *Lihat* CITES
- Cryptocarya*, 497, 504, 519, 525, 571, 572, 575, 584
- Cryptogamae, 172. *Lihat juga* Pakis; Jamur; Lumut
- CSIRO, 293, 295, 508, 748
ekspedisi dan survei, 66, 67
- Cucut banteng (*Carcharinus*), 489
- Cupressaceae, 203, 515, 570, 582, 583, 597, 602, 604. *Lihat juga* *Papuacedrus*
- Curah hujan, 105, 106, 108-111, 116, 153-156, 852
- Cycadaceae, 202
- Cyperus*, 466, 506, 507, 516, 542
- Cyrtandra*, 168, 584
- Dacrycarpus*, 12, 13, 144, 148, 153, 204, 569, 583, 584, 589, 593, 594, 596-601
- Dacrydium*, 12, 148, 204, 528, 536, 537, 584, 589, 590, 600
- Dactylopsila*. *Lihat* Posum dan kelelawar pemakan nektar
- Danau
(Vogelkop), 7, 37, 41, 46, 52, 56, 60, 61, 63, 154, 253, 578, 583, 625
Ayamaru (Vogelkop), 60, 132, 157, 396, 488, 616
Gigi. *Lihat* Danau Anggi
Gita. *Lihat* Danau Anggi
Habbema, 39, 44, 47, 152, 220, 402, 626
Hogayaku, 152
Hordorli, 155, 156, 159, 624, 626, 629
Kutubu, 128, 136
Larson, 604
Paniai, 7, 15, 48, 61, 62, 65, 128, 135, 154, 345, 402, 403, 404, 472, 621
Sentani, 7, 37, 38, 41, 60, 62, 63, 110, 133, 155, 156, 351, 489, 515, 529, 622, 626. *Lihat juga* Sentani
Triton, 345, 349, 352
Wanagon, 830
Wissel. *Lihat* Danau Paniai
Yamur (Leher Burung), 7, 345, 472, 489
- Dangkalan
Arafura, 153
Sunda, 71, 209, 210, 375. *Lihat juga* Bali; Jawa, Malaysia; Nusa Tenggara; Sumatera
- Dani, 15, 631-633, 635, 638, 639, 675, 679-682, 687
- Daru (Trans-Fly), 462
- Dasyuridae, 145, 376, 378, 379
- Dataran tinggi
Ayamaru, 146, 617
Darai, 79, 137
Kemabu, 153, 593, 598, 599, 604
Oriomo, 538
- Deforestasi. *Lihat* Hilangnya habitat, deforestasi
- Degradasi habitat. *Lihat* Habitat yang terganggu; Erosi; Hilangnya habitat; Polusi; Sedimentasi
- Dendrobium*. *Lihat* Anggrek
- Dendrolagus*. *Lihat* Kangaroos dan wallabi
- Departemen
Dalam Negeri, 792
Kehutanan, 515, 703, 705, 757, 758, 761-764, 766, 769, 770, 775, 776, 780, 790, 791, 794, 795, 812, 825
Perhubungan, 769
Perindustrian dan Perdagangan, 764
- Dinas Kehutanan Provinsi, 703, 706, 770,
Dinas Kehutanan, 56, 775, 780, 792, 812
- Dioscorea*. *Lihat* Uwi
- Diospyros*, 12, 449, 468, 469, 470, 483, 493, 499, 500, 503, 513, 519, 520, 521, 524, 527, 532, 536, 537, 572, 575, 576
- Diptera (lalat), 67, 216, 258, 296, 472, 474, 478, 479, 481, 526
- Dobo. *Lihat* Kepulauan Aru
- Dorcopsis*. *Lihat* Kanguru dan wallabi
- Dracontomelon* (termasuk kenari hitam), 13, 524
- Dugong, 434-438, 440, 441, 444, 445, 465
- Dysoxylum*, 518, 575
- Echymipera*. *Lihat* Bandikot
- Ek, 154, 182, 252, 570, 575-578. *Lihat juga* *Castanopsis*; *Lithocarpus*
- Ekonomi tunai, 657, 855. *Lihat juga* Tanaman perdagangan

EKOLOGI PAPUA

- Ekosistem. *Lihat* Ekosistem/vegetasi subalpin dan alpin; Rawa tergenang; Gua; Hutan awan; Karang/terumbu karang; Kriofit; Gletser; Biota Gondwana; Padang rumput; Kerangas; Mangrove; Hutan monsun; Lumut/hutan lumut; Gambut, rawa; Savana; Rumput laut; Rawa-rawa; Hutan rawa
- Ekosistem/vegetasi subalpin dan alpin, 65, 192, 403, 567, 603, 604
- Ekuador, 236, 609
- El Niño, 11, 98, 104, 105, 111, 116, 272, 509, 510, 519, 586, 625, 628, 689, 848. *Lihat juga* iklim; Kemarau
- Elaeocarpus*, 174, 217, 219, 519, 532, 571, 572, 575, 577, 578, 584, 593, 594
- Elapidae. *Lihat* Ular laut; Ular
- Eleocharis*, 506, 507, 541, 542, 549
- Eleotridae, 347, 350, 474, 476.
- Emas, 487, 566, 646, 649, 663, 664, 695, 696-699, 829. *Lihat juga* Freeport McMoRan
- Emoia*, 264, 314, 315
- Enarotali, 48, 659, 722, 833
- Endemisme, 551, 837
- Entomologi medis, 63
- Eosen. *Lihat* Tersier, Eosen
- Erosi, 10, 91, 95-98, 149, 154, 156, 271, 438, 445, 464, 501, 526, 573, 591, 621, 623, 624, 792, 825, 836
perlindungan terhadap, 412, 413, 448,
- Eucalyptus*, 12, 29, 32, 158, 233, 234, 302, 493, 543
- Eugenia*. *Lihat* Cengkeh
- Evolusi. *Lihat* Spesiasi;
- Fakfak, 3, 6, 9, 34-36, 39, 42, 51, 62, 86, 128, 129, 131, 132, 189, 265, 275, 298, 308, 329, 330, 332, 335, 356, 376, 398, 441, 553, 556-561, 564, 645, 650, 654, 656, 695, 701-703, 705, 752, 754, 796, 804, 832
- Ficus*, 168, 174, 223, 225-228, 373, 468, 499, 508, 511, 513, 515-519, 521, 522, 524-527, 532, 575, 576, 580, 581, 592, 840
- Fiji, 77, 219, 230, 253, 337, 651
- Filipina, 22, 71, 75, 89, 167, 168, 179, 189, 209, 240, 270, 273, 337, 376, 387, 421, 427, 430, 433, 434, 447, 693, 706
- Formasi daratan Gondwana, 143, 171
- Formasi Geologi
- Dangkalan Arafura, 153
- Dangkalan Sunda, 71, 209, 210, 375
- Lempeng tektonik
- Lihat juga* Lempeng benua Australia; Busur Pulau;
- Mobile Belt, 82
- Patahan Sorong, 85, 87118, 119, 120, 131
- Fosil, 142, 621
binatang, 143, 144, 145-147, 389, 391, 396, 397, 402, 550, 618, 624(*lihat juga* Situs arkeologi)
- laut, 142, 422
- tumbuhan, 78, 142, 144
- Fragmentasi. *Lihat* Hilangnya habitat, fragmentasi
- Freeport McMoRan, PT Freeport Indonesia, 58, 64, 81, 82, 163, 308, 322, 445, 487, 494, 497, 509, 530, 567, 649, 657, 661, 663, 664, 693, 696, 697, 699, 712, 713, 730, 731, 828, 829, 830
- tambang Ertsberg, 61, 598, 696, 830
- tambang Grasberg, 61, 78, 85, 479, 480, 487, 566, 601, 697-699, 713, 829, 830
- Freycinetia*, 168, 174, 584, 590
- Gambut, 90, 93, 146, 149, 154, 492, 508, 568, 569, 580, 587, 592, 600, 601, 604, 605, 615, 621, 622
- rawa, 411, 481, 482, 483, 491, 492, 495, 499-507, 541
- Lihat juga* Rawa-rawa/hutan rawa
- Garis Tasman, 77
Wallace, 229, 259, 271, 346, 375
Weber, 346, 490
- Gas Alam Cair (Liquid natural gas, LNG).
Lihat Minyak dan gas; Proyek LNG
Tanggung
- Geologi. *Lihat* Formasi geologi; Opolit; Batuan sedimen; Sejarah tektonik; Ultramafik; Vulkanik

INDEKS

- Gletser, 4, 6, 10, 40, 57, 113-115, 151, 606-611, 625
 Carstensz, 115, 608, 609
 Lembah Meren, 113-115, 600, 601, 605-609
- Glomera*. *Lihat* Anggrek
- Gnetum*, 201, 202, 205, 514, 517, 519, 520, 524, 575
- Gobi (Gobiidae), 336, 340, 341, 346, 348, 350, 426, 473-476
- Goura*. *Lihat* Merpati-merpatian
- Grasberg, tambang. *Lihat* Freeport McMoRan
- Great Barrier Reef (Australia), 419
- Gua, 62, 141, 146-149, 157, 159, 359, 387, 423, 485, 550-566, 615-620, 626.
Lihat juga Situs arkeologi, spesifik ekosistem gua, 409, 411, 550-566
- Gua Giragandak, 558, 559, 560, 562
 Kria, 616, 618-620
 Lemdubu, 623
 Toe', 616, 618, 619
- Guam, 24
- Gunung berapi/vulkanisme, 81, 82, 90, 511, 609
 abu vulkanik, 100
 aktivitas vulkanik, 11
 Busur/Kepulauan gunung berapi, 420
Lihat juga Geologi; Opiolit; Vulkanik
- Gunung Carstensz, 6, 21, 39, 48, 195, *Lihat* Gunung Jaya
 Gahavisuka, 185
 Giluwe (PNG), 135
 Idenburg, 6
 Jaya, 6, 16, 39, 40, 57, 61, 64, 65, 84, 102, 107, 108, 109, 110, 113, 114, 141, 142, 147, 148, 152, 153, 322, 402, 569, 586, 595, 596, 599, 600, 602, 604-606, 608-611, 615, 626. *Lihat juga* Gletser Carstensz; Jajaran pegunungan tengah (*Cordillera*); Pegunungan Sudirman
- Kinabalu, 42, 179, 206
 Lamington, 49, 511
 Lorentz, 201
 Mandala, 6, 19, 56, 109, 114, 151
 Meja, 251, 528, 805
 Sumuri, 380
 Trikora, 6, 37, 39, 44, 47, 64, 95, 114, 151, 379, 402, 485, 553, 595-597, 601, 626. *Lihat juga* Jajaran pegunungan tengah (*Cordillera*); Pegunungan Sudirman
- Wilhelm (PNG), 135, 177, 178, 181, 184, 185, 595, 608
 Wilhelmina. *Lihat* Gunung Trikora
 Wondiwoi, 376, 804. *Lihat juga* Pegunungan Wandammen
- Guropa (Serranidae), 336
- Habitat yang terganggu, 210, 213, 217, 491, 523, 577, 579, 591, 839. *Lihat juga* Kebakaran; Jenis perintis; Jalan; Vegetasi sekunder; Sukses
- Hama pertanian dan kehutanan, 302. *Lihat juga* Penyakit, bukan pada manusia; Pestisida
- Ikan hama, 489
- Hama. *Lihat* Hama pertanian dan kehutanan; Penyakit, manusia; Penyakit, bukan pada manusia
- Hasil hutan nonkayu, 834
- Ijin Pemungutan Hasil Hutan Bukan Kayu (IHBBK), 706
- Lihat juga* Kelapa, kopra; Kayu bakar; Kapuk; *Pandanus*; Rotan; Resin; Karet; Sagu; Obat tradisional
- Hawai'i, 490, 632
- Hepaticae, 187
- Herbarium Bogoriense (BO), 52, 66
- Lae, 65, 66, 164, 232
- Manokwari, 63, 164, 167
- Heteroptera, 125, 130-141, 472, 474, 476, 478-481, 483, 806
- Hilangnya habitat, 333, 415, 743, 821, 825, 849
 deforestasi, 432, 756, 834
 fragmentasi, 743, 744, 820, 825, 829, 833, 835, 837
 hilangnya hutan, 720, 824, 849
Lihat juga Degradasi habitat; Konversi lahan
- Hilangnya hutan. *Lihat* Hilangnya habitat, hilangnya hutan
- Hiu, 7, 340, 342, 430, 432, 489, 836
 air tawar (*Carcharinus*), 7
- HIV/AIDS, 640
- Hollandia. *Lihat* Jayapura
- Holosen. *Lihat* Kuartar, Holosen

EKOLOGI PAPUA

- Hopea*, 172, 494, 497-499, 504, 521, 522, 527, 575, 576
- Hortikultura, 31, 33, 673, 674. *Lihat juga* Pertanian
- Hutan awan, 12, 582. *Lihat juga* Hutan lumut
- Hutan Kongo, 747, 809, 819
- Hutan
- Lindung, 718-720, 722, 723, 762, 763, 790, 792-794, 796, 800, 828, 833
 - monsun, 12, 357, 380, 384, 399, 510, 538, 539, 852, 854, 864
 - Produksi Terbatas, 719, 723, 794
 - Produksi Tetap, 794
 - Produksi, 704, 706, 718-720, 722, 723, 746, 759, 762-765, 794, 810, 827
 - rawa, 11, 97, 126, 154, 234, 239, 399, 410, 411, 417, 483, 718-720, 754, 839
 - tumbuhan di, 252, 377, 492-504, 538, 589, 590, 854
- Hydnophyllum*. *Lihat* Rubiaceae
- Hymenoptera, 227, 296. *Lihat juga* Semut; Lebah; Tawon
- Ijomba, 152, 615, 623, 629
- Ikan. *Lihat* Perikanan; Menangkap ikan; Ikan air tawar; Jenis introduksi, taksa, ikan; Ikan karang; Hiu
- Ikan air tawar
- Eleotridae, 347, 350, 474, 476 (*lihat juga* Gobi)
 - ikan mata biru (Pseudomugilidae), 345
 - ikan paru (*Neoceratodus*), 345
 - ikan pelangi (Melanotaeniidae), 345, 348, 351, 352, 479, 488
 - lele (ariid, plotosidae), 345-347, 349, 350, 351, 474, 490 (*lihat juga* *Clarias* batrachus)
- Lihat juga* Menangkap ikan
- Scleropages* (Arowana, Saratoga), 345, 346, 350, 488, 710
- Ikan bedah (Acanthuridae), 336
- Blen (Blenniidae), 336
 - gabus (*Channa*), 351, 490
 - gadis (Pomacentridae), 336-338, 340
 - kakatua (Scaridae), 336
- Ikan karang
- bedah (Acanthuridae), 336
 - belut morai (Muraenidae), 336
 - blen (Blenniidae), 336
 - gadis (Pomacentridae), 336-338, 340
 - gobi (Gobiidae), 336, 340, 341, 346, 348, 350, 426, 473-476
 - guropa (Serranidae), 336
 - kakatua (Scaridae), 336
 - kardinal (Apogonidae), 336, 340, 350
 - kupu-kupu (Chaetodontidae), 336, 342, 427
- Lihat juga* Menangkap ikan
- merah (Lutjanidae), 336, 343
 - napoleon (Labridae), 336
 - napoleon wrasse (*Cheilinus undulatus*), 342, 430, 433
 - perawat (*Kurtus*), 351
 - pipa (Syngnathidae), 350
- Ikan mas (*Cyprinus*), 351, 489
- mata biru (Pseudomugilidae), 345
 - paru Australia (*Neoceratodus*), 345
 - pelangi (Melanotaeniidae), 345, 348, 351, 352, 479, 488
- Iklim, 80, 90, 91, 100, 102-116, 144, 149-152, 157-159, 179, 185, 220, 226, 234, 241, 260, 267, 320, 333, 338, 355, 454, 503, 512, 520, 523, 524, 526, 537, 538, 550, 574, 579, 582, 585, 607, 610, 611, 618, 622, 625, 674, 750, 820, 838, 852
- dan keanekaragaman hayati, 820
- iklim mikro, 9, 182, 552, 587, 680, 744, 821
- Lihat juga* El Ninõ, Siklon; Kemarau; Monsun; Curah hujan; Radiasi matahari; Keseimbangan air; Angin; Gletser; Perubahan permukaan laut
- Perubahan iklim, 150, 151, 413, 415, 431, 435, 445, 447, 630, 821, 824, 825, 835, 848, 849, 850,
- Indeks pembangunan manusia/ekonomi harapan hidup, 656, 660, 725
- Indeks Pembangunan Manusia (HDI), 660, 661
- mortalitas, 620
- Produk Domestik Bruto (PDB), 692-694, 698, 700, 704, 708, 710, 712, 713, 724, 726, 727
- Produk Nasional Bruto (PNB), 713
- India, 25, 207, 219, 230, 237, 311, 706, 789
- Indochina, 73, 189, 207

INDEKS

- Infrasstruktur, 43, 55, 164, 355, 447, 643, 646, 647, 658, 661, 663, 694, 695, 701, 718, 720, 725, 729, 823, 827, 832-834, 847. *Lihat juga* Transportasi udara; Bendungan; Jalan
- Institut Ekologi Wau (PNG), 19, 62, 63, 135
Stasiun Lapang Bishop Museum, 53, 62, 308, 401
- Intsia* (termasuk merbau), 13, 173, 251, 468-470, 483, 494, 499, 500, 503, 512, 515, 519, 521, 522, 528, 573, 576, 703, 825, 840
- Investasi asing, 694
- Ipomoea*, 626, 678, 684. *Lihat juga* Ubi jalar
- Irlandia Baru, 20, 21, 22, 24, 53
- Isap-madu (Meliphagidae), 353, 363, 364
- Islam, 15, 634, 658
- IUCN, 371, 374, 481, 790-792, 823, 836, 853, 856
Daftar Merah, 374, 821, 853
Lihat juga Jenis langka dan terancam
- Jahe (Zingiberaceae), 172, 217, 253, 254, 502, 505, 518, 524, 589
- Jajaran pegunungan tengah (*Cordillera*), 5-7, 9, 10, 12
- Jakarta, 647, 648, 649, 653, 656, 662, 663, 667, 668, 670, 693, 713, 780, 858
- Jaksa agung, 770
- Jalan, 44, 64, 64, 695, 855, 857
dampak dari, 479, 486, 487, 720-731, 828, 829, 833, 834, 845,
tepi jalan sebagai habitat, 181, 194, 222, 245, 497, 499, 503, 521-526, 535-537, 575,
Lihat juga Habitat yang terganggu
- Jamaika, 430
- Jambu monyet (*Anacardium occidentale*), 685, 688
- Jamur, 45, 90, 176, 248, 282, 283, 374, 460, 461, 557, 587, 588, 689
koleksi, 46, 66,
Lihat juga Liken (kapang-kapangan)
- Jasa ekosistem, 412-414, 756
peraturan konservasi, 758-767, 795, 807, 833
Lihat juga Penyerbukan; Penyebaran biji
- Jawa, 22, 36, 63, 72, 73, 81, 167, 168, 189, 222, 241, 309, 375, 425, 569, 659, 670, 686, 698, 707, 745, 768, 790, 837, 838
- Jawatan Kehutanan (*Boswezen*), 56, 60, 164
- Jayapura, 7, 10, 36-38, 41, 42, 47, 50, 51, 57, 60, 62, 63, 81, 156, 157, 212, 220, 245, 251, 266, 275, 298, 300, 315, 320, 334, 335, 345, 351, 390, 393, 421, 441, 442, 481, 489, 526, 545, 624, 626, 645, 654, 656, 657, 661, 666, 669, 688, 695, 696, 701, 702, 703, 708, 710, 721, 754, 767, 768, 779, 796, 806, 813, 829, 837, 839, 844, 846
Hollandia, 36, 50, 51, 57
- Jenis asing. *Lihat* Jenis introduksi
- Jenis eksotik. *Lihat* Jenis introduksi
- Jenis introduksi, 226, 319, 348, 351, 354, 489, 490, 845
asing, 303, 374, 823, 836-839, 843, 845, 849
eksotik, 351, 464
invasif, 486, 489, 491, 822, 836, 837
- Jenis introduksi, taksa
herpetofauna, 319, 320, 491, 843-845
(*lihat juga* *Bufo*)
- ikan, 345, 348, 350, 351, 479, 481, 489-491
mamalia, 374, 377, 389, 390, 488, 540, 545, 837, 854 (*lihat juga* Ternak; Anjing; Muridae, tikus; Babi; Rusa)
serangga, 302 tumbuhan, 226, 374, 505, 526, 628, 630 (*lihat juga* Tanaman pangan)
- Jenis invasif. *Lihat* Jenis introduksi
- Jenis langka dan terancam punah, 192, 303, 334, 363, 367, 368, 372, 377, 411, 413, 416, 434, 488, 741, 757, 767, 777, 783, 801, 807, 816
- Jenis perintis, 222-224, 233, 436, 437, 439, 468. *Lihat juga* Habitat yang terganggu; Regenerasi; Vegetasi sekunder
- Jenis terancam punah. *Lihat* Jenis langka dan terancam punah
- Jepang, 44, 52, 54, 55, 63, 65, 89, 223, 253, 281, 362, 558, 693, 706

EKOLOGI PAPUA

- Kabupaten Jayawijaya, 661, 687, 693, 713
Merauke, 96, 702, 703, 708, 855
Mimika, 668, 693, 704, 710, 713
Kacang tanah, 680, 684, 686, 690, 700, 842
Kadal, 312-316, 324-326
biologi/ekologi, 324-326
endemisme, 312-315
introduksi, 844
Lihat juga Emoia; Gecko; Skink;
Varanidae
perdagangan, 844
sebagai mangsa, 327, 329
taksa/distribusi, 13, 256, 260-264, 267,
305, 306, 307, 308, 312-314, 321
Kaimana, 39, 51, 132, 556, 558, 564, 695
Kakao. *Lihat juga* Coklat
Kaledonia Baru, 78, 81, 219
Kalimantan, 167, 168, 189, 194, 208, 219,
222, 224, 241, 254, 259-262, 305,
307-344, 375, 418, 500, 501, 510-
512, 535, 581, 693, 745, 757, 819,
838
Kamoro, 638, 649, 663, 686
Kanguru dan wallabi (Macropodidae), 145,
377, 384
fossil, 145, 624
kanguru (*Dendrolagus*), 4, 13, 378, 384,
392, 396, 397, 403, 767
wallabi (*Dorcopsis*, *Dorcopsulus*,
Macropus, *Thylogales*), 147, 148,
157, 384, 392, 395, 396, 400, 616,
618-620, 707, 856
Kanguru pohon (*Dendrolagus*). *Lihat*
Kanguru dan wallabi
Kania, 233, 528
Kanum, 856, 861
Kapauku, 679, 681, 682
Kapuk, 524
Karang/terumbu karang, 8, 14, 94, 101,
156, 270, 271, 273, 274, 275, 280,
281, 282, 323, 335, 336, 337, 338,
339, 340, 343, 408, 411, 419-434,
436-438, 440, 442, 806, 818, 826,
835, 836
Karantina, 302, 760
Karet, 747, 701, 702
Karibia, 230, 429
Kasuari, 13, 166, 170, 218, 219, 235, 361,
363, 370-373, 456, 744,
perdagangan, 767
Katak
biologi/ekologi, 260, 262, 263, 320-322
endemisme, 261, 331, 333
introduksi, 319, 845
konservasi/perdagangan, 845
sebagai mangsa, 323-325, 327, 328
survei/koleksi, 55, 806, 807
taksa/distribusi, 13, 258, 305-309, 334
Katolik. *Lihat* Kekristenan; Misionaris
Kawasan Konservasi Alam. *Lihat* Kawasan
lindung
Kawasan lindung
Cagar Alam, 415, 417, 719, 720, 723,
765, 790, 791, 793-797, 800, 805,
831, 854
Cagar Biosfer, 791, 792
Kawasan Konservasi Alam, 759, 762,
764, 765, 791, 797
Kawasan Suaka Alam, 759, 762, 764,
765, 791
Kawasan suaka laut, 803
Lihat juga Hutan lindung; Perundang-
undangan, Peraturan Pemerintah
(PP); Perundang-undangan, Surat
Keputusan (SK) Kementerian
Kehutanan
Suaka Margasatwa Laut, 805
Suaka Margasatwa, 417, 446, 723, 765,
791, 792, 794-797, 800, 805
Taman Buru, 765, 791, 792, 794, 796
Taman Hutan Raya, 761, 791, 792, 794
Taman Nasional Laut, 281, 344, 796,
805
Taman Wisata, 417, 765, 791, 792, 794,
796, 797, 800, 805, 816
Kayu bakar, 498, 581, 796, 856
Keaneekaragaman hayati, 358, 818, 824
dan fungsi ekosistem, 412-415,
keragaman beta, 174
Lihat juga ancaman keaneekaragaman
hayati
mengukur, 740
sumber daya kunci/jenis kunci, 363,
364, 373
Kebakaran
disebabkan oleh manusia, 11,

INDEKS

- Lihat juga* Bukti arkeologi, kebakaran;
 Habitat yang terganggu; Regenerasi;
 Vegetasi sekunder; Suksesi
 pengelolaan, 857-860
 sebagai gangguan ekologi, 11, 111, 154,
 510, 512, 519, 541, 543, 547, 549,
 586, 595, 623-630, 689, 848
 suksesi/selamat/resisten, 173, 496, 823,
 Kehadiran manusia, 615-629
 Austronesia, 628
 awal/asal mula, 615, 622
 dan iklim, 622, 625, 630
 dan tanah, 616, 621, 625, 628
Lihat juga Pertanian tradisional; Bukti
 arkeologi; Situs arkeologi
 Kekristenan, 665
 Katolik, 634, 665
 Kristen, 634, 664, 665
 Misionaris, 16, 26, 32, 41, 52, 146, 646,
 650, 665
 Keladi/talas (*Colocasia esculenta*), 678,
 681, 684
 Kelangur, 146, 147
 Kelapa (*Cocos nucifera*), 209, 329, 467, 469,
 471, 510, 683, 685, 687, 688,
 kopra, 469, 647
 perkebunan, 329, 646, 676, 701, 702
 sebagai tanaman perdagangan, 687
 Kelelawar (Chiroptera), 377, 388
 Kelelawar pemakan nektar (Petauridae).
Lihat Posum dan kelelawar
 pemakan nektar
 Kelompok manusia
 Amungme, 649, 663, 679, 682, 686
 Arso, 633, 635, 767
 Asmat, 15, 631, 633, 635, 638
 Ayamaru, 488, 616, 617, 619, 623, 638
 Biak, 631, 632, 634, 635, 637, 638, 645,
 760
 Chimbu, 676
 Dani, 15, 631, 632, 633, 635, 638, 639,
 675, 679-682, 687-689
 Hupla, 689
 Imyan, 664
 Jawa, 659, 670, 686
 Kamoro, 648, 649, 663, 686
 Kanum, 856, 861
 Kapauku, 679, 681, 682
 Kimam, 684, 685, 686
 Maluku, 15, 656, 658, 670
 Marind, 856, 861
 Marind-Anim, 36, 632,
 Marori-Mengey, 856, 861
 Maya, 631, 634, 635
 Me, 632, 633, 635, 638, 639
 Meybrat, 631-633
 Mimika, 635
 Moi, 635, 688
 Muyu, 631, 633, 635, 638, 650
 Nduga, 689
 Nimboran, 632, 633, 637, 650
 Ormu, 684, 685, 688
 Sentani, 631, 632, 633, 637, 655, 670,
 684, 688
 Teluk Cenderawasih, 634, 637, 638,
 639, 650, 651, 656, 670
 Teluk Yos Sudarso, 633, 637
 Waropen, 631, 632, 634, 635, 638
 Yali, 676, 679, 680, 689
 Yei, 856, 861
 Kemarau, 8, 98, 111, 171, 207, 254, 350,
 412, 433, 477, 496, 509, 510, 533,
 534, 538, 539, 542, 543, 549, 573,
 586, 625, 628, 685, 823, 848, 857.
Lihat juga El Ninō; Keseimbangan
 air
 Kementerian Koordinator Bidang Politik,
 Hukum dan Keamanan, 769
 Kementerian Lingkungan Hidup, 791
 Kenari hitam. *Lihat* *Dracontomelon*
 Kentang (*Solanum*), 626, 684
 Kepala Burung, 3, 6-8, 12, 16, 18, 21, 26,
 28, 30, 32-34, 49, 50, 52, 54-56, 58,
 60-62, 64, 65, 78, 80, 81, 83, 85-89,
 98, 102, 109, 117-120, 122-124,
 128, 129, 131, 132, 135, 137, 140,
 142-144, 146, 147, 150, 154, 163,
 196, 201, 218, 220, 230, 232, 240,
 245, 251, 265-268, 297-299, 311,
 323, 330-332, 345, 347, 348, 355-
 357, 377, 380, 381, 384, 390, 396-
 398, 403, 421, 428, 431, 432, 440,
 473, 487, 509, 515, 553, 554, 558,
 564, 578, 615, 616, 617, 631, 646,
 664, 670, 684, 751, 752, 754, 796,
 819, 831. *Lihat juga* Vogelkop
 Kepiting, 14, 128, 135, 272, 278, 279, 282,
 283, 288, 292, 321, 323, 444, 455,

EKOLOGI PAPUA

- 456, 458-461, 465, 559. *Lihat juga* Krustasea
- Kepolisian Republik Indonesia, 769, 770.
Lihat juga Polisi
- Kepulauan
Admiralty, 306
Aru, 20, 26, 28, 35, 42, 50, 118, 121, 129, 130, 137, 147, 150, 157, 250, 257, 264, 265, 267, 268, 300, 306, 314, 316, 319, 330, 331, 332, 347, 386, 431, 441, 442, 444, 468, 819.
Lihat juga Maluku
- Banggai/Togian (Sulawesi), 337, 433, 806
- Bismarck, 23, 29, 251, 306
Bougainville, 22, 51, 306
D'Entrecasteaux, 88, 129, 130, 138
Fam, 431
Kai, 28, 42, 300, 442
Louisiade (Misima, Rossel, Tagula), 22, 125, 129, 130, 138
Maluku. *Lihat* Maluku
Marshall, 419
Mentawai, 72
Padaido (Teluk Cenderawasih), 9, 387, 421, 440
Raja Ampat, 3, 6, 8, 14, 16, 26, 28, 34, 35, 46, 50, 51, 56, 58, 60, 61, 117, 118, 119, 128, 131, 169, 171, 212, 257, 267, 270, 273, 274, 275, 311, 329, 335, 336, 337, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 348, 352, 356, 386, 387, 396, 398, 399, 421, 427, 431, 432, 433, 440, 441, 447, 453, 484, 527, 528, 633, 635, 637, 639, 754, 783, 796, 805, 806, 815, 819, 831, 835, 836
Schouten, 76, 77, 329
Society, 428
Solomon, 22, 24, 25, 46, 71, 77, 125, 215, 218, 230, 251, 291, 299, 428, 527
Sunda Kecil. *Lihat* Nusa Tenggara
Togian. *Lihat* Kepulauan Banggai/
Togian
- Keragaman beta, 174
Kerangas, 12, 198, 207, 228, 511, 530-537, 570, 575, 595, 606, 607
- Kesehatan publik. *Lihat* Kesehatan
Kesehatan/pelayanan kesehatan, 303, 412, 413, 416, 640, 646, 654-656, 658-661, 711, 714, 715, 717, 725, 729, 730, 731, 747, 834, 843, 848, 855.
Lihat juga Penyakit, manusia; Obat tradisional
- Keseimbangan air, 98. *Lihat juga* Curah hujan; Tanah
- Ketahanan pangan, 673, 689, 690
Kimam (masyarakat), 685, 686
Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana (KUHP), 765, 769, 771, 772
Klamono, 699, 831
Kodok tebu, 491. *Lihat juga* Bufo
Kofiau, 8, 58, 119, 398, 399
Kokas (Semenanjung Bomberai), 34, 164, 556, 559, 562
Kolombia, 236
Komunitas/vegetasi klimaks, 224, 467, 503, 512, 526.
Konifer, 583, 588, 589, 594. *Lihat juga* *Agathis*; *Araucaria*
Konvensi/Lokasi Ramsar, 446, 855
Konversi lahan, 269, 373, 690, 839 *Lihat juga* Hilangnya habitat; Perkebunan, konversi lahan to
Koperasi Peranserta Masyarakat (*kopermas*), 706, 763, 764, 766
Kopermas. *Lihat* Koperasi Peranserta Masyarakat (*kopermas*)
Kopi, 365, 647, 676, 687, 688, 701, 702
Kopra. *Lihat* Kelapa
Kosipe, 622
Kotaraja, 837, 839, 840, 842
Kreta, 71, 74, 76, 77, 79, 80, 89, 179, 194
Kriofit (vegetasi yang tumbuh di atas permukaan es), 608-611. *Lihat juga* Alga; Ekosistem/vegetasi subalpin dan alpin; Gletser
Krustasea, 213, 272, 273, 277, 278, 304, 349, 446, 448, 455, 472, 474, 559
kumbang penggerek, 213
Lihat juga Kepiting; Perikanan; Lobster; Udang
stomatopoda, 272
Kwartir (Cenozoikum), 20, 72, 74, 133, 149, 150, 158, 259, 391, 398, 403

INDEKS

- Holosen, 74, 114, 147, 148, 150, 153-155, 159, 615, 616, 618-620, 625-629
- Pleistosen, 10, 74, 133, 144-148, 157, 271, 272, 530, 615, 618, 620, 622, 624, 629, 630
- Kumbang. *Lihat* Coleoptera
- Kupu-kupu. *Lihat* Lepidoptera
- Kuskus (*Phalanger*, *Spiloglossus*), 157, 361, 378, 380, 381, 563, 767, 841
- Kwiyawagi, 96, 146, 147, 402, 623, 624, 626
- Lachitu, 623, 626
- Lae, 163, 164
Lihat juga Morobe
- Lalat. *Lihat* Diptera
- Laut
Arafura, 7, 71, 102, 462, 483, 516, 623, 709
Banda, 73, 149
Caroline, 82
Solomon, 73, 82, 86, 286,
Tasman, 78
- Lebah, 207, 213, 225, 226, 227, 233, 246, 250, 254, 296
- Leher Burung, 6, 7, 36, 54, 83, 88, 117, 118, 120, 122, 123, 132, 348, 352, 358, 381, 396, 404, 754
- Lele (ariidae, plotosidae), 345, 346, 347, 349-351, 474, 490. *Lihat juga* *Clarias batrachus*
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), 687, 709, 753, 758, 806, 808
- Lembaga Masyarakat Adat (LMA), 855, 860-862
- Lembah Baliem, 7, 10, 16, 44, 47, 57, 63, 64, 95, 96, 106, 109, 112, 121, 140, 151, 154, 298, 347, 383, 402, 553, 576, 615, 622-628, 673, 675, 676, 679, 687, 688, 752
- Lembah Idenburg, 475, 480
- Lembah Wau/Wau-Bulolo, 145, 163
- Lempeng
Australia, 5, 71, 78, 79, 80, 82, 84, 85, 86, 89, 117 - 121, 132, 140, 171, 260, 298, 346
benua Australia, 79, 83, 102, 298
Caroline, 87, 421
Indo-Australia, 71, 421, 695
Pasifik, 5, 71, 78, 84, 89, 117, 120, 695
- Lempeng tektonik
Australia, 5, 9
Caroline, 87, 421
Indo-Australia, 73
- Laut Filipina, *Lihat juga* Lempeng benua Australia; Formasi geologi Pasifik,
- Lepidoptera, 31, 34, 62, 67, 216, 474
koleksi, 30, 33, 34, 51, 54, 62
kupu-kupu, 14, 30, 33, 34, 51, 54, 62, 216, 263, 292, 296, 297, 302-304, 736, 767, 807
ngengat, 14, 223, 296, 297, 301, 302
penangkaran kupu-kupu, 303
- Libocedrus*, 596
- Liken (kapang-kapangan), 166, 174, 176-186, 520, 590, 591, 594, 603, 604, 606
koleksi, 46,
Lihat juga Jamur
- Lipinia*, 267, 314
- Lithocarpus*, 12, 520, 569, 570-572, 573, 575-578, 582, 584, 585
- Litsea*, 493, 500, 517, 521, 522, 571, 572, 577, 578, 594
- Lobster, 282, 323, 444, 461, 462, 709, 835.
Lihat juga Krustasea
- Lumut/hutan lumut, 322, 387, 569, 582, 583, 591. *Lihat juga* Bryophyta; Hutan awan
- Madagaskar, 194, 214, 219, 224, 376
- Madang (PNG), 24, 185
- Mahkamah Agung, 775
- Makasar (Sulawesi), 843
- Malaria, 63, 303, 344, 655
- Malaysia, 189, 194, 222, 270, 424, 535, 647, 706, 745, 757, 766
- Maleo. *Lihat* Megapodiidae
- Maluku (masyarakat), 15, 656, 658, 670
- Maluku, 15, 22, 34, 85, 93, 110, 132, 144, 195, 208, 218, 230, 245, 257, 299, 305, 306, 309, 315, 318, 375, 387, 399, 441, 512, 563, 656, 658, 670, 745, 767, 790, 800, 825
- Ambon, 18, 21, 132, 643
- Bacan, 299

EKOLOGI PAPUA

- Buru, 132, 218, (*lihat juga* Taman Buru)
 Halmahera, 85, 87, 93, 421
Lihat juga Kepulauan Aru; Gebe
 Obi, 85
 Seram, 132, 195, 201, 301
 Ternate, 27, 33, 93
 Mangrove, 7, 12, 126, 158, 196, 410, 411,
 447-454, 458, 461-463, 718, 719,
 752, 754, 819, 825, 831
 binatang di, 276, 277, 283, 288, 326,
 454-461
 dampak kegiatan manusia, 463, 825,
 826
 jasa ekosistem, 417, 462
 tumbuhan di, 196, 222, 239, 285, 288,
 449, 452, 455, 469
Manihot. *Lihat* Ubi kayu
 Manokwari, 24, 36, 37, 40, 41, 46, 53, 55,
 57, 60, 63, 64, 66, 67, 154, 164,
 167, 189, 196, 212, 251, 198, 307,
 320, 396, 441, 545, 559, 645, 651,
 653, 656, 657, 659, 666, 695,
 701-704, 708, 710, 767, 768, 796,
 813, 832, 844-846. *Lihat juga*
 Universitas Negeri Papua (UNIPA)
 Mansuar, 484
 Mansuar. *Lihat* Kepulauan Raja Ampat
 Manusia purba, 615. *Lihat juga* Kehadiran
 manusia
 Mappi, 136
 Marind, 856, 861
 Marind-Anim, 36, 632
 Marori-Mengey, 856, 861
 Masyarakat Jawa, 659, 670, 686
 Masyarakat. *Lihat* Kelompok manusia
 Matoa, 13, 245, 684, 703. *Lihat juga*
Pometia
 Mauritius, 838
 Maya, 631, 634, 635
 Mayr, Ernst, 49, 52, 120, 354
 McCluer Teluk. *Lihat* Teluk Berau
 Me, 632, 633, 635, 638, 639
 Meervlakte, 210, 234, 663, 874, 878. *Lihat*
juga Mamberamo
 Megapodiidae, 353
Melaleuca, 12, 233, 234, 253, 495, 496, 538-
 542, 544, 546-549, 854, 857
 Melampitta, 359, 369
 Melanotaeniidae. *Lihat* Ikan pelangi
 Meliphagidae. *Lihat* Isap-madu
 Menangkap ikan, 15, 677, 684
 ilegal, 343, 432
 komersial, 707, 836
 peledak/racun/merusak, 233, 431, 835
 subsisten/tradisional, 343, 444 (*lihat*
juga Berburu, subsisten)
 Merbau, 13, 662, 703, 825. *Lihat juga* *Intsia*
 Merbau. *Lihat* *Intsia*
 Merpati-merpatan, 13, 208, 219, 231, 235,
 247, 250, 363, 841
Goura, 122, 357, 767, 853
 Mesozoikum, 74, 78-81, 139, 142, 143, 201,
 259
Metroxylon sagu. *Lihat* Sagu
 Meybrat, 631-633
Microperoryctes. *Lihat* Bandikot
 Militer, 16, 37, 38, 42, 43, 54, 59, 642,
 643, 645, 646, 649, 662, 663, 668,
 768, 773, 778, 786, 787 *Lihat juga*
 Angkatan Bersenjata; Angkatan laut
 Mimika (masyarakat), 635
 Mineral. *Lihat* Pertambangan
 Minyak dan gas, 463, 661, 695, 699, 700,
 710, 712, 714, 750, 831, 834
 dampak lingkungan, 463, 824
 ekonomi, 649, 657, 660, 692, 826
Lihat juga British Petroleum; Pertamina;
 Proyek LNG Tangguh
 Miosen. *Lihat* Tersier, Miosen
 Misool, 8, 26, 34, 42, 50, 56, 58, 112, 119,
 128-131, 150, 171, 173, 266, 299,
 314, 336, 348, 357, 376, 381, 382,
 384, 398, 399, 484, 558, 559, 560,
 562, 563, 577, 752, 804
 Moi, 635, 688
 Moluska, 14, 143, 270, 272-275, 277-279,
 282, 283, 294, 304, 339, 427, 444,
 455, 456, 457, 461, 472, 478, 491,
 616
 Monotrema, 259, 261, 375, 376, 391, 394,
 396, 400
 Monsun, 245, 537, 625, 852
 Monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*),
 310, 818, 837, 839, 841, 842
 Monyet. *Lihat* Monyet ekor panjang
 Morobe, 128, 129, 135. *Lihat juga* Lae
 Mujair/Nila (*Oreochromis*), 351, 490
 Muridae, 145, 375, 377, 385, 390

INDEKS

- tikus, 13, 227, 373-375, 385, 386, 389, 390, 394, 396, 400-403, 456
- Museum Zoologense Bogoriense, 264, 308, 345
- Mutualisme. *Lihat* Simbiosis
- Muyu, 631, 633, 635, 638
- Myristica*, 168, 174, 228, 229, 230, 231, 468, 483, 494, 498, 499, 500, 503, 504, 505, 513, 515, 517, 519, 520, 521, 522, 571, 572, 575, 688. *Lihat juga* Semut, dan tumbuhan; Pala
- Myrmecodia*. *Lihat* Rubiaceae
- Myrmecophily*. *Lihat* Semut, dan tumbuhan
- Nabire, 52, 62, 83, 151, 155, 212, 298, 308, 345, 441, 695, 696, 710, 754, 829, 848
- Namdur (Ptilonorhynchidae), 353, 365, 368
- Napoleon (Labridae), 336
 Napoleon Wrasse (*Cheilinus undulatus*), 342, 430, 433
- Nauclea*, 158, 251, 493, 497, 500, 503, 504, 508, 518, 522, 532, 538, 540, 542, 544, 580, 581, 623
- Nduga, 689
- New Britain, 561
- Ngengat. *Lihat* Lepidoptera
- Nikel, 76, 95, 432, 528, 696
- Nimboran, 145, 632, 637, 650
- Nothofagus*, 570-572, 576, 578, 582-589, 593, 624
- Nuri, 120, 214, 227, 247, 250, 357, 363, 364, 767
- Nusa Tenggara (Kepulauan Sunda Kecil), 72, 252, 387, 512, 745, 800, 838
- Nyamuk, 276, 293, 303,
 koleksi, 50, 63,
 kontrol, 480, 490, 491
 Lihat juga Malaria
- Nyssa*, 209, 210, 213, 450, 451, 453, 458, 483
- Obat tradisional, 228, 834
- Obat. *Lihat* Kesehatan/pelayanan kesehatan;
 Obat tradisional
- Octomeles*, 12, 499, 500, 504, 505, 515, 517, 518, 519, 521
- Odonata, 51, 67, 130, 134, 138, 139, 258, 472, 476, 478, 483
 capung (Anisoptera), 130, 474, 480
 capung jarum (Zygoptera), 125, 130, 132, 133, 134, 135, 137, 138, 474, 479
- Oligosen. *Lihat* Tersier, Oligosen
- Opiolit, 75-77, 81-83, 87, 88, 131, 133, 139-141
- Ormu, 684, 685, 688, 864
- Orthoptera, 295, 562
- Otonomi, 811
 Daerah, 763, 795, 846
 Khusus, 642, 664, 666, 667, 668, 669, 671, 714, 716, 782, 795, 810, 811, 812, 846, 847
 Lihat juga Perundang-undangan,
 Undang-Undang (UU)
 Umum, 664
- Padang rumput, 7, 8, 11, 13, 93, 97, 146, 147, 158, 181, 182, 194, 197, 198, 202, 214, 220, 239, 240, 257, 361, 377, 380, 382-385, 389, 401, 409, 492, 507, 511, 526, 528, 537-549, 586, 587, 590, 591, 594, 598-606, 621, 622, 624-626, 628-630, 754, 789, 852, 854-857, 864. *Lihat juga* Ekosistem/vegetasi subalpin dan alpin; Savana
 Carstenz, 600, 603-605,
- Pakaian tapa, 228
- Pakis (pteridofit), 30, 31, 52, 142, 153, 155, 163, 173, 174, 193-202, 240, 467, 477, 542, 625, 628
- Pala (*Myristica fragrans*), 230, 231, 646, 647, 688, 701, 702. *Lihat juga* *Myristica*
- Palau, Republik (Angaur), 838, 842
- Paleozoikum, 74, 78, 132, 139, 140, 201, 259
- Pandanus*, 192, 497, 499, 500, 502, 503, 504, 507, 515, 517, 519, 536, 537, 538, 572, 576, 585, 588, 589, 623, 679, 682
 budidaya, 585, 682
- Papuacedrus*, 13, 204, 205, 569, 583, 584, 590, 593, 594, 596-601. *Lihat juga* Cupressaceae

EKOLOGI PAPUA

- Paradisaeidae. *Lihat* Burung Cenderawasih
- Pariwisata, 694, 792
Wisata selam, 344
- Pasar Borobudur, 767
- Pasar Wosi, 767
- Patahan Sorong, 85, 87, 118, 119, 120, 131
- Pegunungan
Adelbert- Finisterre, 82, 128, 129, 134
Adelbert, 82, 128, 129, 134, 356
Arfak, 6, 7, 15, 16, 26, 28, 33, 35, 41,
46, 52, 61, 63, 82, 86, 96, 118, 132,
151, 195, 196, 201, 220, 265, 298,
307, 330, 331, 332, 356, 379, 380,
381, 382, 383, 397m 398, 569,
583, 617, 752, 754, 804. *Lihat juga*
Danau Anggi
- Bewani, 128, 129, 133, 134
- Bougainville, 51
- Charles Louis (Cordillera Tengah), 265,
267, 330, 332, 404
- Cyclops, 6, 37, 41, 42, 47, 49, 51, 52,
61-63, 81, 82, 96, 109, 110, 128,
129, 133, 155, 163, 220, 265, 267,
298, 322, 329, 330, 332, 333, 356,
377, 392, 395, 509, 515, 528, 624,
629
- Finisterre, 82, 128, 129, 134
- Foja, 4, 6, 34, 37, 65, 82, 87, 121, 128,
129, 133, 135, 154, 265, 267, 330,
332, 356, 376, 378, 385, 395, 621,
623, 752, 754, 819
- Gauttier. *Lihat* Pegunungan Foja
- Jayawijaya, 5, 64, 121, 201, 245,
265, 330-332, 680, 805. *Lihat*
juga Jajaran pegunungan tengah
(Cordillera); Pegunungan Sudirman
- Kumawa (Semenanjung Bomberai),
3, 6, 128, 129, 131, 132, 256, 265,
330, 332, 356, 376, 398, 754, 804
Lihat juga Jajaran pegunungan tengah
(Cordillera); Gunung Jaya; Gunung
Trihora
- Owen Stanley, 50, 52, 129, 130, 135,
137, 138, 267
- Prince Alexander, 82, 128, 129, 133, 134
- Saruwaged (Semenanjung Huon), 82,
128, 129, 134
- Snow, 62, 795. *Lihat juga* Jajaran
pegunungan tengah (Cordillera)
- Star, 56, 62, 121, 153, 553, 558, 564
- Sudirman, 5, 10, 121, 265, 298, 378-
380, 382, 385, 392, 401, 402, 403,
754.
- Tamrau, 6, 50, 61, 81, 86, 87, 118, 120,
132, 265, 330, 331, 332, 356, 381,
372, 617, 754, 804
- Torricelli, 82, 128, 129, 133, 134
- Van Rees, 6, 34, 40, 44, 48, 85, 120,
128, 129, 133, 265, 330, 331, 332,
356, 378, 395
- Wandammen, 360, 385, 398. *Lihat juga*
Gunung Wondiwoi
- Weyland, 37, 49, 50, 83, 88, 96, 121,
124, 128, 129, 135, 142, 151, 265,
267, 329-332, 379, 382, 382, 803
- Pemakan buah berry (Melanocharitidae,
Paramythiidae), 353, 368
- Pemanasan global. *Lihat* iklim, perubahan
iklim
- Pembalakan
di kawasan lindung, 344, 766
liar, 418, 756, 757, 758, 764, 765, 766,
768, 769, 772, 773, 775-781
Lihat juga Koperasi Peranserta
Masyarakat (*kopermas*); Hutan
lindung; Hilangnya habitat; Hasil
hutan nonkayu
penebangan, 191, 281, 304, 343, 344,
351, 372, 446, 526, 564, 566, 581,
662, 680, 682, 705, 706, 706, 712,
718, 720, 724, 763, 766, 782, 807,
856
skala besar/industri, 372
skala kecil, 486, 764,
tebang pilih, 186, 224
- Pembalakan, aspek sosial
konsesi/lisensi, 741, 750, 764,
pembukaan lahan untuk perkebunan,
486
- Pembalakan, aspek ekonomi, 418
kebijakan/aspek hukum, 758, 762, 763,
765, 766, 768, 777, 812
keuntungan dari, 776
Lihat juga Koperasi Peranserta
Masyarakat (*kopermas*); Penegakan
hukum; Perundang-undangan,
Peraturan Pemerintah (PP); Surat
Keputusan (SK) Kementerian
Kehutanan
perencanaan/konservasi, 373

INDEKS

- Pembalakan, ukuran kuantitatif (areal, nilai uang), 372, 373, 824-826,
- Pembangunan manusia/ekonomi, 15, 169, 302, 432, 641-643, 647-650, 658, 660, 661, 663, 715, 737, 739, 752, 807
- ekonomi tunai/pendapatan, 657, 712, 713, 727, 787, 855, 860 (*lihat juga* Tanaman perdagangan)
- investasi asing, 694
- ketahanan pangan, 673, 689, 690
- Lihat juga* Pendidikan, Tenaga kerja, Kesehatan; Indeks pembangunan manusia/ekonomi; Transmigrasi; pandangan budaya, 635-639
- pembangunan masyarakat, 415, 633, 636, 857, 861
- urbanisasi, 657, 659
- Pendidikan, 57, 63, 640, 646, 648, 650-655, 657, 658, 660, 661, 660, 661, 669, 670, 711, 714, 715, 725, 729-731, 792, 813, 855.
- Penegakan hukum, 343, 446, 752, 757, 758, 760, 761, 768-788, 834, 857
- Penetapan kawasan konservasi, 329, 330, 795, 798
- Daerah Burung Endemik (BirdLife), 267, 748, 754, 808
- Ekoregion (WWF), 737, 747, 753, 808, 862, 863
- Hotspots (CI), 258, 261, 340, 745, 819
- Kawasan Belantara (CI), 192, 745, 746, 747, 805, 808, 809
- Kawasan Penting bagi Burung (BirdLife), 748
- Penetapan Prioritas Konservasi (PPK), 334, 735-755, 801-803. *Lihat juga* Keanekaragaman hayati; Jasa ekosistem; Sumber daya kunci
- Pengelolaan Taman Nasional, 796, 857-861
- Balai Taman Nasional (BTN), 793, 795, 796, 859, 860, 861, 862
- Lihat juga* Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA)
- Penyakit, bukan pada manusia, 159, 302, 304, 427, 429, 430, 432, 674, 675, 744, 760, 799, 842, 843, 845, 849
- karang/laut, 427, 429, 432, tumbuhan, 159, 302
- Lihat juga* Hama pertanian dan kehutanan
- Penyakit, manusia, 25, 303, 344, 412, 620, 655
- HIV/AIDS, 640
- dari monyet, 842, 843,
- malaria, 63, 303, 344, 655
- vektor, 302
- Lihat juga* Nyamuk
- Penyebaran biji
- oleh burung, 166, 363
- oleh semut, 217
- Lihat juga* Penyerbukan
- Penyerbukan, 225, 233, 242, 243, 363, 412
- Lihat juga* Penyebaran biji
- oleh angin, 216, 250
- oleh burung, 216
- oleh lebah, 207, 213, 226, 227, 246
- oleh serangga, 207, 213, 216, 226, 231
- Penyu
- biologi/ekologi, 260, 277,
- fosil, taksa/distribusi, 305, 311, 322, 323, 432, 434, 435, 442, 444, 465
- konservasi, 333, 334, 410, 411, 445
- Lihat juga* Penyu hijau; Penyu sisik;
- Penyu lekang
- perdagangan, 767, 807, 836
- Penyu belimbing, 311, 323
- Penyu hijau, 311, 323, 434, 435, 436, 442, 444, 445, 767
- Penyu lekang, 311, 323
- Penyu sisik, 311, 323
- Perdagangan Angin. *Lihat* Angin,
- Perdagangan
- Perdagangan bulu burung. *Lihat* Burung Cenderawasih, perdagangan;
- Perdagangan hidupan liar, burung
- Perdagangan hidupan liar, 756, 760, 765, 767, 768, 772, 773, 777
- burung, 374, 706 (*lihat juga* Burung Cenderawasih; Kasuari; Nuri; Burung paruh bengkok)
- ikan, 342, 430, 488, 710, 835
- Lihat juga* Penegakan hukum;
- Perundang-undangan, Undang-Undang (UU)
- sebagai ancaman terhadap keanekaragaman hayati, 334, 374, 707, 758, 834, 835
- tumbuhan, 243 (*lihat juga* Anggrek)

EKOLOGI PAPUA

- Perdagangan, 33, 707, 757, 758, 763, 769, awal, 15, 16, 23
Lihat juga Perdagangan hidupan liar
- Perencanaan pembangunan, 640, 666, 716, 816
 Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BAPPEDA), 666, 750
 Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS); 640,
 Rencana Pembangunan Lima Tahun (REPELITA), 647, 652, 658
 Strategi dan Rencana Aksi
 Keanekaragaman Hayati Indonesia, 809, 816
- Perikanan, 14, 16, 438, 444, 446, 461, 462, 463, 635, 639, 648, 649, 660, 662, 665, 694, 707-710, 719, 791
 lobster, 282, 323, 444, 461, 462, 709, 835
 udang, 461, 709
- Periode glasial, 149, 150, 155, 158, 618
 Periode Jura, 74, 143
- Perkebunan, 205, 333, 646, 676, 683
 aspek ekonomi/konsesi, 647, 688, 694, 700-703, 719, 722, 723, 750, 799
 dampak ekologi, 301, 302, 374, 445, 486, 526, 826
 konversi lahan, 301, 373, 530, 691, 720, 821, 826, 827
Lihat juga Coklat; Kelapa; Kopi;
 Konversi lahan; Sawit
 sebagai habitat, 329,
- Perladangan berpindah, 11, 100, 301, 486, 524, 526, 539, 581, 673, 674, 676, 677, 680, 681, 682, 684
- Perladangan. *Lihat* Pertanian, tradisional;
 Perladangan berpindah
- Permia Aiduna, 142
- Peroryctes*. *Lihat* Bandikot
- Persebaran oleh angin
 biji, 216, 225, 236, 247
Lihat juga Arus
 penyerbukan, 405, 459, 465, 1004, 1006
- Pertambangan, 17, 58, 753
 kebijakan/nilai ekonomi, 649, 657, 660-664, 692-699, 710, 712, 714, 716, 717, 720, 728, 731, 793
 konversi lahan, 269, 796
- Lihat juga* Tembaga; Freeport
 McMoran; Emas; Nikel; Sand
 pertambangan
 sebagai ancaman keanekaragaman hayati, 351, 355, 415, 601, 606, 750
 tailing/polusi/sedimentasi dari, 191, 304, 464
- Pertamina, 657, 699, 700, 831
- Pertanian komersial, 230, 446, 674, 694, 696, 701, 702, 707, 763, 766, 773, 777, 783, 796, 807, 828, 829, 834, 836, 856
 Tenaga kerja dalam, 683, 694, 702, 704
- Lihat juga* Hama pertanian dan kehutanan; Pertanian, dampak pada ekosistem; Tanaman perdagangan; Pestisida; Perkebunan
- Pertanian, dampak pada ekosistem, 11, 333, 373, 445, 487, 524, 539, 621, 625, 626, 629, 630, 834, 836, 839, 854
- Lihat juga* Konversi lahan; Pestisida; Polusi
- Pertanian, tradisional, 11, 112, 539, 570, 576, 672, 673, 674, 680, 686, 687, 790, 691
 awal/asli, 387, 625, 626, 673, 674
 dan etika kerja, 638
 dan iklim, 630, 674, 680
 dan tanah, 99, 100, 101, 676, 678, 680, 681, 685
- Lihat juga* Situs arkeologi; Tanaman pangan; Berburu, manusia purba; Sistem kepemilikan lahan; Hasil hutan nonkayu; Perladangan berpindah
- Perladangan berpindah, 11, 100, 191, 301, 486, 524, 526, 539, 581, 658, 673, 674, 676, 677, 680, 681, 682, 684
- Peru, 236, 806. *Lihat juga* Andes
- Perubahan permukaan laut, 145, 150, 155, 156, 158, 259, 271, 272, 338, 348, 421, 422
- Perundang-undangan, Peraturan Pemerintah (PP)
 13/1994 (Perburuan Satwa Buru), 759
 25/2000 (Hutan Konservasi), 764,
 28/1985 (Kehutanan), 761
 34/2002 (Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan,

INDEKS

- Pemanfaatan Hutan dan Penggunaan Kawasan), 762, 763, 764,
- 45/2004 (Perlindungan Hutan), 761
- 6/1999 (Pengusahaan Hutan dan Pemungutan Hasil Hutan di Hutan Produksi), 759, 762, 763,
- 68/1998 (Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Konservasi Alam), 759
- 7/1999 (Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa), 760, 776
- 8/1999 (Pemanfaatan Tumbuhan dan Satwa Liar), 760
- PERPU (pembalakan liar), 769, 770
- Perundang-undangan, Surat Keputusan (SK) Kementerian Kehutanan, 702, 703, 705, 855
- Perundang-undangan, Undang-Undang (UU)
- 23/1997 (Pengelolaan Lingkungan Hidup), 761
- 20/1999 (BKSDA), 793, 795, 811
- 21/1999, 811
- 22/1999 (Otonomi Daerah), 714, 763, 764, 846
- 25/1999 (desentralisasi), 714, 846
- 41/1999 (Undang-Undang Kehutanan), 759, 761, 763, 765, 791, 794, 795, 811
- 45/1999 (pemekaran Papua), 668, 846
- 20/2000 (desentralisasi), 810
- 21/2000 (konservasi), 795, 809
- 21/2001 (Otonomi Khusus), 714, 763, 795, 810, 811, 813, 846
- 26/2002, 846
- 5/1967 (Pokok-Pokok Kehutanan), 761
- 11/1967 (Ketentuan-ketentuan Pokok Pertambangan), 696
- 8/1981 (litigasi tindak kriminal), 765
- 4/1982 (pengelolaan lingkungan hidup), 761
- 5/1990 (Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya), 759, 765, 776, 791, 795
- Pesisir *Casuarina*. *Lihat* Asmat (*Casuarina*)
- Pesisir/tanjung Arafura, 128, 129, 136, 137
- Pestisida, 304, 826, 836
- Phragmites*, 502, 506-598, 516, 518, 538, 541, 542, 544, 546, 590
- Phreatia*. *Lihat* Anggrek
- Phyllocladus*, 12, 144, 205, 569, 578, 582, 583, 584, 594, 596, 600, 601
- Piper*, 526, 584
- Pisang, 524, 625, 673, 677, 678, 682-685, 842
- Pitohui, 227, 358, 369
- Pleistosen. *Lihat* Kuartar, Pleistosen
- Pliosen. *Lihat* Tersier, Pliosen
- Podocarpaceae, 11, 12, 202, 204, 205, 512, 570, 571, 572, 582, 583, 589, 597, 602, 604. *Lihat juga* *Dacrycarpus*; *Dacrydium*; *Phyllocladus*; *Podocarpus*
- Podocarpus*, 12, 204, 528, 571, 583, 584, 589, 590, 593, 594, 597, 600
- Polisi, 765, 768, 771-775, 780-782. *Lihat juga* Penegakan hukum
- Polusi, 725, 726, 727
- Lihat juga* Sedimentasi
- Pometia* (termasuk mataoa), 13, 173, 245, 247, 251, 504, 505, 512-515, 518, 519, 521, 522, 528, 573, 575, 576, 684, 703, 840, 841
- Port Moresby, 26, 29-31, 34, 66, 67, 164, 285, 290, 401
- Posum dan kelelawar pemakan nektar (Acrobatidae, Burramyidae, Petauridae, Pseudocheiridae), 377, 381, 382, 383
- Dactylopsila*, 146, 382, 392, 396, 398, 400
- Lihat juga* Kuskus
- Proyek bendungan Mamberamo. *Lihat* Bendungan, Proyek bendungan Mamberamo
- Proyek LNG Tangguh, 700, 831
- Pseudomugilidae. *Lihat* Ikan mata biru
- Psittacidae. *Lihat* Burung paruh bengkok
- Psychotria*, 168, 518, 519, 583, 588
- Pteridofit. *Lihat* Pakis
- Pterocarpus* (termasuk angsana), 13, 467, 519, 573
- Ptilonorhynchidae. *Lihat* Namdur
- Pulau
- Bacan. *Lihat* Maluku
- Basilaki, 129, 130, 138
- Batanta. *Lihat* Kepulauan Raja Ampat
- Biak/Teluk Supiori (Cenderawasih), 9, 21, 28, 41, 53, 62, 63, 82, 86, 96, 101, 120, 123, 124, 128, 129, 130,

EKOLOGI PAPUA

- 133, 150, 212, 252, 265, 267, 275, 300, 308, 314, 330, 332, 335, 345, 378, 381, 382, 387, 394, 395, 396, 399, 431, 440, 441, 444, 558-565, 580, 708, 710, 753, 754, 803, 804, 805, 819, 848
- Bougainville. *Lihat* Kepulauan Solomon
- Dolok (Kimaam/Kolepom/Yos Sudarso), 8, 9
- Fergusson, 138. *Lihat juga* Kepulauan D'Entrecasteaux
- Gag, 386, 398, 399, 432
- Gam, 26, 484
- Gebe, 23, 34, 386
- Halmahera. *Lihat* Maluku
- Kawe, 58, 150, 172, 440
- Kimaam. *Lihat* Pulau Dolok
- Kofiau. *Lihat* Kepulauan Raja Ampat
- Kolepom. *Lihat* Pulau Dolok
- Misima. *Lihat* Kepulauan Louisiade
- Misool. *Lihat* Kepulauan Raja Ampat
- Numfor (Cenderawasih Teluk), 9, 96, 120, 265, 267, 300, 330, 332, 382, 387, 395, 396, 399, 441, 563, 670, 710, 753, 754, 803, 804
- Obi. *Lihat* Maluku
- Rossel. *Lihat* Kepulauan Louisiade
- Rumberpon, 69, 1429
- Salawati. *Lihat* Kepulauan Raja Ampat
- Tagula. *Lihat* Kepulauan Louisiade
- Waigeo. *Lihat* Kepulauan Raja Ampat
- Woodlark, 129, 130, 138
- Yapen (Teluk Cenderawasih), 5, 6, 9, 21, 25, 28, 34, 36, 46, 50, 51, 53, 55, 58, 62, 82, 85, 86, 120, 128-130, 133, 150, 212, 220, 250, 265, 267, 308, 318, 323, 330, 331, 332, 340, 345, 356, 381-384, 387, 392, 393, 395, 396, 399, 431, 441, 510, 563, 564, 577, 580, 670, 703-705, 710, 754, 804, 819
- Yos Sudarso. *Lihat* Pulau Dolok
- Puncak Jaya. *Lihat* Gunung Jaya
- Pupuk, 100, 101, 431, 486, 826, 836, dalam pertanian tradisional, 680, 681
- Pusat (*hotspot*) keanekaragaman hayati, 222, 340, 416, 745, 819, 820, 835
- laut, 335
- tumbuhan, 236
- Lihat juga* Penetapan kawasan konservasi, Hotspots
- Racun ikan, 233, 431
- Radiasi matahari, 423, 587
- Rangkong (Bucerotidae), 208, 303, 367, 371
- Rantai/jaring makanan, 349, 458-460, 463, 465, 556, 563, 821
- Rapid Assessment Program (RAP)*, 58, 273-275, 806, 814
- Laut, 815, 835
- RACE, 716, 717, 833
- Lihat juga* Conservation International, survei
- Rawa
- Kelela, 154, 628
- Kuk, 623, 673
- tergenang, 493. *Lihat juga* Rawa-rawa
- Rawa-rawa, 6, 7, 8, 149, 276, 311, 322, 323, 434, 456, 475, 481, 483, 492, 495, 496-502, 504, 506, 507, 517, 529, 541, 546, 549, 818, 839, 857
- binatang di, 276, 311, 322, 323, 456, tumbuhan di, 483, 492, 495-499, 502, 504, 506, 507, 517, 541, 549
- Rayap (Isopteran), 94, 282, 295, 377
- Regenerasi, 12, 208, 213, 228, 232, 363, 373, 394, 518, 525, 570, 577, 579, 580, 586, 588, 594, 628, 823. *Lihat juga* Kebakaran; Jenis perintis; Vegetasi sekunder
- REPELITA. *Lihat* Perencanaan pembangunan
- RePPPProT. *Lihat* Transmigrasi
- Resin, 233, 464, 706
- Rhizophora*, 12, 158, 178, 290, 450-453, 458, 483
- Rhododendron*, 13, 168, 220, 221, 222, 532, 578, 584, 589, 591, 594, 596-602, 605, 606
- Rotan, 211, 213, 513, 521, 525, 575, 597, 602, 706, 796
- Rubiaceae (*Hydnophytum*, *Myrmecodia*), 11, 172, 512, 514, 571, 583, 597, 602, 604. *Lihat juga* Semut, dan tumbuhan
- Rumput laut, 422, 465, 826
- Rusa (*Cervus timoriensis*), 390, 540, 854

INDEKS

- Sabuk Lipatan, 79, 82, 132
Lengguru, 132
- Sabuk Mobile (*Mobile Belt*), 82, 120
Saccharum. *Lihat* Tebu
- Sagu (*Metroxylon sagu*), 12, 210, 212, 213,
464, 483, 492, 495, 498, 499, 502,
839
budidaya, 213, 635, 677, 683
- Sahul, 615
- Salawati, 8, 26, 34, 50, 56, 58, 60, 86, 119,
131, 132, 150, 299, 336, 348, 356,
357, 381-384, 386, 398, 399, 696,
699, 804, 831
- Samoa Amerika, 424, 428. *Lihat juga* Samoa
Samoa, 424, 428. *Lihat juga* Samoa Amerika
- Samudra Hindia, 102, 270-272, 274, 286,
338, 434
- Saratoga (*Scleropages*: Arowana, Arwana),
345, 346, 350, 488, 710
- Sarawak, 207, 306, 534, 839, 840
- Sarmi, 21, 37, 63, 632, 693
- Savana, 8, 12, 94, 122, 147, 157, 158, 234,
239, 240, 245, 252, 265, 267, 301,
312, 326, 329, 330, 333, 357, 359,
361, 399, 409, 411, 417, 488, 497,
510, 535, 537-545, 549, 600, 602,
621, 625, 683, 737, 754, 852, 854,
855, 858. *Lihat juga* Padang rumput
- Sawit
dan pupuk/pestisida, 826
pembukaan/konversi lahan, 333, 373,
720, 821, 827
perkebunan, 486, 684, 688, 701, 702,
722, 750
sebagai ancaman keanekaragaman
hayati, 374, 445
- Schefflera*, 37, 168, 174, 572, 576, 584, 589,
597, 598, 600, 601
- Sedimentasi, 158, 281, 304, 339, 340, 344,
424, 431, 432, 436, 438, 439, 445,
462, 465, 486, 629, 825, 826, 830.
- Segitiga Terumbu Karang, 270, 335, 337,
427, 428
- Sejarah biogeografi
Biota Cathaysia, 142
Biota Gondwana, 139, 142, 143, 148,
170, 570
Biota Laurasia, 170
Lihat juga Biogeografi; Sejarah tektonik
- Sahul, 615
- Sejarah tektonik, 5, 80, 83, 89, 119
Lihat juga Sejarah biogeografi;
Biogeografi; Endemisme; Formasi
geologi
- Semenanjung
Berau, 51
Cape Nelson, 129, 130, 138
Huon, 49, 134, 187, 192, 358, 360, 422
Onin, 6, 34, 35, 117, 431, 633, 637
Bomberai, 6, 7, 10, 12, 34, 51, 54, 60,
62, 77, 110, 128, 132, 164, 167,
308, 345, 348, 356, 357, 376, 437,
752, 754. *Lihat juga* Pegunungan
Kumawa; Semenanjung Onin
- Semut, 55, 94, 194, 195, 213, 216, 217, 223,
224, 231, 247, 248, 296, 321, 377,
456, 514, 531, 806
dan tumbuhan, 194, 195, 213, 216,
217, 223, 224, 231, 247, 248, 456,
514, 531 (*lihat juga* Rubiaceae;
Simbiosis)
sebagai mangsa, 321, 377
- Sentani (masyarakat), 631, 632, 633, 637,
655, 670, 684, 688
- Sentani, 158, 351, 623, 628, 629, 631, 632,
633, 637, 655, 670, 684, 688, 696,
844. *Lihat juga* Danau Sentani
- Seram. *Lihat* Maluku
- Siklon (topan), 112, 271, 744
- Simbiosis, 223, 248, 426
pada terumbu karang, 426
Lihat juga Semut dan tumbuhan;
Penyerbukan; Penyebaran biji
- Sirunki, 153, 154, 623
- Sistem kepemilikan lahan, 686, 860
- Situs arkeologi, dan pertanian,
Lihat juga Pertanian, tradisional;
Kehadiran manusia; Gambut
- Situs arkeologi, spesifik,
Bukit Supulah, 99, 154, 623, 624, 629
Gua Kria, 616, 618, 619, 620
Gua Lemdubu, 623
Gua Toe', 616, 618, 619
Ijomba, 152, 615, 623, 629
Kelangur, 146, 147
Kosipe, 622
Kwiyawagi, 146, 147, 402, 623, 624,
626

EKOLOGI PAPUA

- Lachitu, 623, 626
Lihat juga Kehadiran manusia
 Mapala, 148, 615, 623, 626
 Rawa Kelela, 154, 628
 Rawa Kuk, 623, 673
 Sirunki, 153, 154, 623
 Tari, 154, 623
 Skink, 313, 314, 325
 Sleumer, H. O., 61, 168, 175, 220, 221, 232
Sloanea, 217, 219, 504, 505, 515, 519, 532, 537, 571, 572, 575, 589
Sonneratia, 12, 449, 452, 453, 454, 458, 469, 470, 483, 492
 Sorong (Vogelkop), 26, 28, 46, 60, 62, 63, 85, 212, 298, 315, 320, 334, 396, 441, 488, 646, 651, 654, 657, 661, 668, 669, 670, 695, 699, 702, 703, 705, 708, 710, 796, 806, 813, 831, 832, 844, 845
 Spesiasi, 123, 124, 158, 171, 187, 271, 353
 Sri Lanka, 230, 789
 Stasiun Lapang Museum Bishop. *Lihat* Institut Ekologi Wau
 Stomatopoda, 272
 Suaka Margasatwa Jayawijaya, 802, 803
 Suaka Margasatwa Laut, 805
 Suaka Margasatwa Mamberamo-Foja, 802, 803
 Suaka Margasatwa. *Lihat* Kawasan lindung Sukarnopura. *Lihat* Jayapura
 Suksesi, 97, 173, 217, 505, 516, 518, 523, 525, 581, 591, 602, 607, 678. *Lihat juga* Kebakaran; Jenis perintis; Regenerasi; Vegetasi sekunder
 Sukun/keluwih, 228, 519, 842
 Sulawesi, 85, 126, 167, 168, 169, 271, 299, 301, 309, 337, 344, 345, 375, 387, 428, 462, 500, 512, 561, 686, 745, 768, 837
 Sumatera, 72, 375, 418, 433, 500, 512, 559
 Sumber daya kunci, 373
 Sungai
 /Delta Purari, 136, 347, 449, 453, 461
 /Lembah Sungai Mamberamo, 3, 6, 7, 10, 35, 38, 40, 44, 65, 79, 84, 85, 97, 128, 129, 133, 134, 140, 265, 567, 308, 345, 351, 352, 392, 468, 472, 482, 492, 516, 623, 683
 /Lembah Sungai Markham, 128, 129, 134, 163, 348, 449
 /Lembah Sungai Sepik, 21, 29, 46, 79, 128, 129, 134, 135
 /Lembah Sungai Tami, 37, 133, 752
 Ajkwa, 136, 157, 453, 462, 463, 473, 487, 517, 524, 526, 829
 Aramia (Trans-Fly), 136
 Baliem, 146, 485, 489, 558, 681
 Bensbach, 488
 Bian (Trans-Fly), 538, 539, 540, 541, 852
 Bulolo, 134, 135
 Digul, 7, 12, 39, 42, 50, 51, 53, 62, 79, 136, 265, 308, 330, 332, 399, 425, 449, 472, 495, 623, 705, 754, 853
 Fly, 25, 29, 50, 135, 136, 262, 380
 Idenburg. *Lihat* Sungai Taritatu
 Jembatan, 522
 Kapuas, 262, 344
 Kikori (PNG), 31, 136, 137, 449, 461
 Kumbe (Trans-Fly), 538, 539, 804, 852
 Lakekamu, 136, 322
 Lorentz, 39, 136, 399, 400, 402
 Mimika, 40, 267, 399,
 Minajerwi, 460, 470, 504, 505, 507, 524, 581, 830
 Morehead (Trans-Fly), 491
 Otomona, 158, 524, 526
 Ramu. *Lihat* Sungai Sepik
 Rouffaer. *Lihat* Sungai Tariku
 Strickland, 380, 623
 Tariku (Rouffaer), 6, 7, 97, 118, 134, 154, 754
 Taritatu (Idenburg), 6, 38, 96, 97, 134, 154, 473, 754
 Tirawiwa, 83
 Torassi. *Lihat* Sungai Bensbach
 Wapoga, 58, 82, 83, 135, 263, 322, 331, 345, 352, 473
 Supiori. *Lihat* Biak/Supiori
 Swart Lembah, 56, 736, 746
 Syngnathidae. *Lihat* Ikan pipa
Syzygium, 12, 168, 174, 233, 235, 236, 467, 483, 493, 494, 496, 497, 499, 500, 503, 504, 505, 515, 518, 519, 521, 522, 532, 536, 537, 571, 575, 576, 580, 589
 Tachyglossidae (*Zaglossus*), 33, 376-378, 396, 397, 404

INDEKS

- Taksa tumbuhan Gondwana. *Lihat*
Dacrycarpus; Dacrydium;
Nothofagus
- Taman Buru, 765, 791, 792, 794, 796
- Taman Nasional, 415, 417, 719, 720, 723,
 765, 789, 791-796, 805, 806, 816,
 857-859, 860, 861
Lihat juga Kawasan lindung
 perundang-undangan, 859
 ukuran, 797, 800, 855
- Taman Nasional
 Gunung Mulu (Sarawak), 534
 Kakadu, 858
 Laut (TNL), 281, 344, 796, 805
 Laut Bunaken (Sulawesi), 344
 Lorentz, 265, 298, 330-332, 579, 796,
 797, 800, 802, 803, 818, 848
 Teluk Cenderawasih, 445, 446
 Wasur, 379, 539, 540, 544, 545, 547,
 548, 796, 797, 853, 854, 855, 856,
 862
- Tambang Ertsberg. *Lihat* Freeport
 McMoRan, Ertsberg tambang
- Tanah, 90-101
- Tanaman pangan, 101, 628, 683, 694, 700,
 796. *Lihat juga* Pisang; Sukun/
 keluwih; Tanaman perdagangan;
 Ubi kayu; Kelapa; Buah; Manioc;
 Peanuts; Kentang; Beras; Tebu;
 Sweet potato; Keladi/talas; Yam
- Tanaman perdagangan, 646, 673, 686, 687,
 689. *Lihat juga* Jambu monyet;
 Cengkeh; Coklat; Kelapa; Kopi;
 Tanaman pangan; Buah; Pala;
 Karet;
- Tasmania, 150
- Tawon, 451, 519
- Tebu (*Saccharum*), 52, 507, 508, 516-518,
 581
- Teijsmanniodendron*, 500, 519, 521, 522,
 536
- Telefomin, 561, 564, 623, 629
- Teluk
 Arguni (Leher Burung), 8, 110, 120,
 266, 348, 530
 Astrolabe (PNG), 32
 Berau, 442, 617, 633, 831, 832. *Lihat*
juga Teluk Bintuni
 Bintuni, 7, 34, 45, 51, 53, 150, 166, 266,
 348, 442, 453, 454, 463, 490, 498,
 530, 617, 665, 668, 699, 700, 804,
 825, 826, 831, 832. *Lihat juga* Teluk
 Berau
 Cenderawasih (masyarakat/budaya),
 634, 637-639, 650, 651, 656, 670
 Cenderawasih, 3, 5, 8, 9, 12, 14, 24, 25,
 26, 28, 34, 36, 38, 51, 62, 83, 85,
 109, 110, 117, 120, 155, 257, 275,
 300, 307, 311, 323, 335, 356, 356,
 386, 392, 395, 421, 431, 435, 441,
 444, 445, 446, 562, 563, 634, 637-
 639, 650, 651, 656, 670, 796, 805.
Lihat juga Biak/Supiori; Numfor;
 Yapen
 Etna, 8, 48, 51, 120, 132, 135, 212, 266,
 275, 335, 345, 348, 349, 360, 478,
 530, 754
 Geelvink. *Lihat* Teluk Cenderawasih
 Humboldt, 34, 51, 196
 Kaimana, 275, 335, 633
 Mayalibit (Pulau Waigeo), 527
 Milne, Provinsi (PNG), 137, 356, 360,
 401, 433, 578
 Papua, 25, 29, 128, 129, 136, 137, 287,
 453, 461, 462
 Triton, 9, 36, 46, 120, 266, 396
 Wandammen, 441
 Yos Sudarso (masyarakat), 633, 637
- Tembaga, 61, 289, 463, 487, 528, 566, 649,
 663, 664, 692, 693, 696-699, 829.
Lihat juga Freeport McMoRan
- Tembagapura, 9, 64, 65, 109, 141, 402, 567,
 584, 588, 591, 593, 594
- Teminabuan, 530, 695
- Tenaga kerja, 648, 656, 657, 683, 694, 698,
 704, 725, 727
 orang Papua/migran, 702
- Terminalia*, 12, 249, 467, 469, 470, 471,
 493, 494, 497, 498, 499, 500, 503,
 513, 518, 521, 524, 575
- Ternak, 15, 389, 488, 635, 639, 676, 694,
 700, 757, 760, 816, 836, 843
- Ternate. *Lihat* Maluku
- Tersier (Cenozoikum), 74, 76, 78, 81, 83,
 85-89, 116, 139, 140, 142, 143, 145,
 179, 259, 260
- Eosen, 74, 81-83, 87, 144, 259
- Miosen, 71, 74, 75, 76, 81-83, 87, 88,
 139, 143, 144, 145

EKOLOGI PAPUA

- Oligosen, 71, 74, 80-83, 87, 88, 121, 140, 143
- Pliosen, 71, 74, 82, 87, 88, 121, 132, 140, 145
- Thailand, 207, 337, 559
- Theobroma*. *Lihat* Coklat
- Thylogale*. *Lihat* Kanguru dan wallabi
- Tidore, 21, 22
- Tikus. *Lihat* Muridae, tikus
- Timika, 6, 7, 10, 12, 109, 157, 163, 212, 220, 345, 352, 445, 473, 474, 476, 489, 490, 491, 524, 525, 526, 657, 659, 664, 686
- Timor, 72, 311, 318, 345, 463
- Tiom, 143, 626, 675
- Tokek gecko, 319, 845
- Tonda Wildlife Management Area (PNG), 853, 854, 858, 864
- Topan. *Lihat* Siklon
- Torres Strait, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 34, 314, 435, 623
- Trans-Fly, 8, 10, 121, 122, 128, 129, 136, 267, 268, 357, 360, 377, 379, 380, 384, 390, 399, 400, 401, 530, 737, 754, 852
- Transmigrasi, 16, 53, 60, 91, 412, 432, 489, 658, 659, 719, 722, 723, 730, 741, 750, 751, 854, 856
- Transportasi udara, 695
- Trip (Thysanoptera), 296
- Tungau, 272, 294, 303
- Ubi jalar, 15, 626-628, 675, 676, 678-685, 688, 689, 842
- Ubi kayu (*Manihot esculentus*), 676, 678, 682, 683, 684, 685, 690, 842
- Udang, 14, 126, 127, 128, 135, 137, 140, 276, 279, 282, 321, 322, 323, 353, 261, 426, 436, 439, 444, 452, 456, 457, 459, 460, 461, 462, 465, 478, 484, 559, 693, 708, 709, 825. *Lihat juga* Krustasea
- Ular
 biologi/ekologi, 13, 258, 260, 263, 279, 305-307, 316-319, 326-329, 840-842, 844
 endemisme, 257, 261,
 sebagai mangsa, 324,
 taksa/distribusi, 262,
 Lihat juga Ular laut
- Ular laut, 277, 305, 318, 319, 328
- Ultramafik (ultrabasa), 76, 81, 95, 169, 515, 528, 574, 580, 583, 587. *Lihat juga* Tanah
- Ultramafik April, 81
- UNCEN. *Lihat* Universitas Cenderawasih
- UNIPA. *Lihat* Universitas Negeri Papua Universitas
 (UNCEN), 57, 63, 65, 292, 653, 703, 806, 808
 Negeri Papua (UNIPA), 164, 167, 653, 729, 806, 844
 University of Papua New Guinea (UPNG), 66, 67
 Urbanisasi, 657, 659
 Uwi (*Dioscorea* sp.), 678, 681, 684
 Vaccinium, 166, 220, 221, 532, 576, 578, 589, 591, 594, 597, 602, 604, 606, 607
 Vanuatu, 21, 77
 Varanidae (biawak), 312, 314, 324
 Vegetasi sekunder, 524, 589, 630. *Lihat juga* Kebakaran; Jenis perintis; Regenerasi; Suksesi
- Vogelkop, 7, 51, 65, 119, 169, 356, 391
- Vulkanik, 9, 72, 73, 75, 76, 82, 83, 133, 139, 551
- Waigeo, 8, 23, 24, 26, 34, 41, 46, 50, 51, 56, 58, 61, 87, 119, 124, 128, 130, 131, 173, 201, 250, 265, 299, 306, 314, 330, 332, 336, 344, 348, 356, 367, 372, 376, 381, 384, 386, 396, 399, 440, 468, 490, 509, 514, 520, 527, 752, 804
- Wallabi. *Lihat* Kanguru dan wallabi
- Wallace, Alfred Russel, 16, 18, 19, 26, 27, 33, 529, 271, 307, 354, 375
- Wallacea, 745. *Lihat juga* Maluku; Nusa Tenggara; Sulawesi
- Wamena (Lembah Baliem), 63, 99, 143, 154, 334, 553, 558, 561, 623, 687, 695, 722, 724, 833
- Wanatani*. *Lihat* Perkebunan
- Wandammen (masyarakat), 631, 632, 634, 635
- Waropen (masyarakat), 631, 632, 634, 635, 638

INDEKS

Waropen (Teluk Cenderawasih), 12, 58, 441,
703-705, 710

Weber, Max, 35, 177, 336, 344, 346

Worldwide Fund for Nature (WWF), 539,
737, 747, 753, 754, 790, 849, 855-
864

Wuvulu. *Lihat* Kepulauan Admiralty

Xylocarpus, 12, 450, 452, 453

Yali (masyarakat), 676, 679, 680, 689

Yei, 856, 861

YPMD, 659

Zaglossus. *Lihat* Tachyglossidae

Zingiberaceae. *Lihat* Jahe

Tentang Editor

Sri Nurani (Ani) Kartikasari menyelesaikan program doktornya di bidang politik-ekologi konservasi hutan di Lincoln University New Zealand tahun 2008. Sebelumnya lulusan dari Fakultas Kehutanan IPB (1986) dan Master of Philosophy dari Cambridge University (1995) ini bekerja di berbagai lembaga penelitian dan pembangunan internasional sebagai penulis, penerjemah dan editor buku, antara lain *Seri Ekologi Indonesia*, *Seri Panduan Lapangan Flora dan Fauna Indonesia*, serta puluhan buku dan tulisan lainnya di bidang konservasi keanekaragaman hayati dan pengelolaan lingkungan hidup.

Andrew J. Marshall adalah seorang peneliti dan aktivis konservasi alam di Indonesia sejak 1996. Gelar doktornya di bidang antropologi dicapai di Universitas Harvard, dengan keahlian utamanya di bidang Ekologi Evolusi Vertebrata, Ekologi Hutan Tropis dan Biologi Konservasi. Selama enam setengah tahun Marshall melakukan penelitian primata dan tumbuhan di hutan Taman Nasional Gunung Palung, Kalimantan Barat, dan aktif dalam berbagai konservasi dan penelitian di beberapa tempat lainnya di Indonesia. Selama mengerjakan buku ini, tugas utamanya adalah sebagai dosen dan staf peneliti pascadoktoral di Harvard University Herbaria, Universitas Harvard. Saat ini jabatannya adalah profesor di Departmen Anthropologi dan program pascasarjana bidang ekologi di Universitas California di Davis.

Bruce Beehler adalah seorang pakar ornitologi, ekologi dan konservasi. Saat menulis dan menyunting buku ini ia menjabat sebagai Vice Presiden Melanesia dan Pacific Islands di Conservation International. Beehler menghabiskan banyak waktunya untuk penelitian burung di wilayah Pasifik Barat Daya dan Asia Tenggara. Penelitian doktornya dilakukan di Papua Nugini dan selanjutnya bekerja se-

TENTANG EDITOR

lama 10 tahun di National Museum of Natural History, Wildlife Conservation Society U.S. Department of State dan Counterpart International. Saat ini tugas utamanya adalah mengelola program-program konservasi lapangan di kawasan tropis Pasifik dan Indonesia bagian timur. Berbagai buku tentang alam yang pernah ditulisnya adalah *Birds of New Guinea* (Princeton), *The Birds of Paradise* (Oxford), *A Naturalist in New Guinea* (Texas) dan *A Biodiversity Assessment for Papua New Guinea* (Biodiversity Support Program).