

Husain Latuconsina

Edisi Ketiga



Ekologi Perairan Tropis

Prinsip Dasar Pengelolaan
Sumber Daya Hayati Perairan

Prolog: Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA
(Guru Besar Ekologi Laut Universitas Hasanuddin)

Epilog: Prof. Dr. Ir. Dietrich G. Bengen, DEA.
(Guru Besar Ekologi dan Pengelolaan Pesisir dan Pulau-pulau Kecil
Institut Pertanian Bogor)



Gadjah Mada University Press

Husain Latuconsina

Ekologi Perairan Tropis

Prinsip Dasar Pengelolaan
Sumber Daya Hayati Perairan

Edisi Ketiga



Gadjah Mada University Press

*Buku ini dipersembahkan kepada istri tercinta:
Ivatul Laily Kurniawati, S.Pd., M.Pd.*

PROLOG



Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas laut sekitar 3,1 juta km². Selain itu, Indonesia memiliki kewenangan memanfaatkan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEEI) seluas 2,7 juta km² dalam hal eksplorasi, eksploitasi dan pengelolaan sumber daya hayati dan non-hayati, penelitian, dan yurisdiksi mendirikan instalasi atau pulau buatan. Indonesia juga memiliki sumberdaya perairan darat berupa sungai, waduk, dan rawa yang luasnya sekitar 141.690 ha. Hingga saat ini, wilayah perairan laut dan darat tersebut, selain belum memberikan kontribusi sebagaimana yang diharapkan terutama dalam hal peningkatan Produk Domestik Bruto (PDB) nasional, juga sering dikelola kurang ramah lingkungan.

Pengelolaan yang kurang ramah lingkungan tersebut sering terjadi tanpa disadari akibat kurangnya pemahaman tentang aspek ekologi dari sumber daya ekosistem perairan tropis yang ada di dalamnya. Untuk itu, saya menyambut baik penerbitan buku *Ekologi Perairan Tropis: Prinsip Dasar Pengelolaan Sumber Daya Hayati Perairan* yang ditulis oleh Saudara Husain Latuconsina. Buku ini dapat memberi pemahaman dasar tentang konsep ekologi pada ekosistem perairan tropis yang terdapat di wilayah Indonesia.

Buku ini membahas secara luas konsep dasar ekologi yang terdiri atas tiga komponen utama. Pertama adalah konsep aliran energi dalam ekosistem, yang mencakup konsep aliran energi, produktivitas, rantai makanan dan tingkatan trofik, serta piramida ekologi. Kedua adalah konsep siklus materi dalam ekosistem, yang mencakup konsep dasar siklus biogeokimia, antara lain siklus hidrologi, siklus karbon dan oksigen, siklus nitrogen, dan siklus fosfor. Ketiga adalah konsep peran organisme hidup sebagai pengalir energi dan pendaur materi di dalam ekosistem, yang mencakup faktor pembatas dalam sistem

ekologi; spesies, individu, dan populasi dalam sistem ekologi; komunitas biotik dalam sistem ekologi; dan dinamika yang terjadi dalam sistem ekologi.

Interaksi ketiga komponen ekologi tersebut tergambar pada uraian tiga ekosistem perairan tropis. Pertama adalah ekosistem perairan tawar, yang menguraikan secara luas karakteristik ekosistem perairan tawar, ekosistem perairan lotik atau mengalir, ekosistem perairan lentik atau tenang/tergenang. Kedua adalah ekosistem perairan payau atau estuari yang menguraikan secara luas karakteristik perairan estuari, penggolongan perairan estuari, konsep faktor pembatas pada perairan estuari, siklus nutrisi, produktivitas dan jaring makanan, organisme penghuni perairan estuari, peranan ekologi perairan estuari, dan hutan mangrove yang merupakan ekosistem spesifik pada kawasan estuari. Ketiga adalah ekosistem perairan laut, yang menguraikan secara luas karakteristik dan zonasi lautan, faktor lingkungan pembatas, komunitas biotik perairan laut, ekosistem padang lamun, ekosistem terumbu karang, interaksi ekologis antara ekosistem utama pada perairan laut tropis, yaitu hutan mangrove, padang lamun, dan terumbu karang, ekosistem perairan oseanik dan laut dalam.

Buku ini juga menguraikan penerapan prinsip dasar ekologi dalam upaya pengelolaan sumber daya hayati perairan tropis, dimana diuraikan tentang prinsip stabilitas ekosistem dalam pengelolaan terumbu karang, prinsip spill over dan recruitment effect dalam pengembangan kawasan konservasi laut, prinsip keseimbangan interaksi faktor biotik dan abiotik dalam pengelolaan perikanan tangkap, prinsip daya dukung dalam pengembangan perikanan budi daya, prinsip keterpaduan pengelolaan perairan pesisir, dan prinsip keseimbangan ekologi dalam upaya pengurangan dampak pemanasan global.

Buku ini baik untuk dibaca oleh mahasiswa, praktisi atau pemerhati lingkungan karena pada buku ini diuraikan prinsip dasar ekologi pada ekosistem perairan tropis Indonesia. Mahasiswa, praktisi, atau pemerhati ekologi yang ingin mengenal lebih dalam tentang mekanisme dan proses ekologi pada ekosistem perairan, disarankan untuk membaca buku ini terlebih dahulu.

Kehadiran buku ini menambah referensi ekologi perairan tropis dalam bahasa Indonesia yang jumlahnya saat ini sangat sedikit. Oleh karena itu, saya mengucapkan selamat dan sukses selalu kepada Saudara Husain Latuconsina. Selamat atas keberhasilannya merampungkan buku ini yang akan memasuki cetakan kedua.

Makassar, 01 Juli 2017

Prof. Dr. Ir. Ambo Tuo, DEA.
Guru Besar Ekologi Laut, Universitas Hasanuddin, Makassar



SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM MALANG



Seiring dengan berdirinya Universitas Islam Malang (UNISMA) pada 27 Maret 1981 silam, kini telah memasuki usia 38 tahun. UNISMA di bawah naungan Lembaga Pendidikan Ma'arif Nahdlatul Ulama ini telah banyak mendapatkan kepercayaan dari pemerintah dan berbagai elemen masyarakat dalam rangka berpartisipasi dalam mensukseskan Pembangunan Nasional, khususnya dibidang pendidikan.

Visi Universitas Islam Malang adalah “Menjadi Universitas unggul bertaraf internasional, berorientasi masa depan dalam IPTEKS dan budaya, untuk kemaslahatan umat yang berakhlakul karimah, berlandaskan Islam *Ahlussunnah waljama'ah*”. Untuk mewujudkannya maka salah satu misinya adalah Meningkatkan kualitas pendidikan, penelitian, pengabdian kepada masyarakat, yang berpihak pada kemaslahatan umat menuju universitas berkualifikasi internasional (*world class university*).

Terdapat lima milestone pendidikan Universitas Islam Malang untuk menuju *World Class University*, yaitu: 1. Tahap *Good University Governance* (2011-2015), pada tahapan ini mulai diinisiasi pengembangan jejaring internasional, dosen dipersiapkan dan dibiasakan berinteraksi dengan bahasa internasional, serta perintisan *Summer Program* dan *Students Exchange*, 2. Tahap *Teaching University* (2015-2019), pada tahapan ini telah dilakukan pengembangan jejaring internasional, melalui peningkatan *summer Program* dan *Students Exchange*, serta merintis kelas internasional, 3. Tahap *Research University* (2019-2023), pada tahapan ini akan dilakukan kolaborasi riset dengan perguruan tinggi luar negeri (*Join Research*), pertukaran dosen (*Lecture Exchange*), penyelenggaraan

konferensi internasional bersama (*Joint Committee of International Conference*) dan kolaborasi Publikasi Ilmiah (*Joint Research Publication*). 4. Tahap *Entrepreneur University* (2023-2027), tahap ini merupakan penguatan dan pengembangan pembelajaran yang memiliki kendali mutu berstandar nasional dan internasional, melalui peningkatan kuantitas dan kualitas paten yang dihasilkan, 5. *Tahap World Class University* (2027-2031), pada tahapan ini Universitas Islam Malang dari segi operasional, fasilitas, metode dan lulusan sudah mampu bersaing di tingkat internasional.

Sebagai wujud peningkatan mutu pendidikan dan upaya merealisasikan milestone pendidikan pada Universitas Islam Malang, salah satunya adalah peningkatan profesionalisme dosen dalam menghasilkan karya ilmiah yang sesuai dengan kapasitas keilmuannya, dan diharapkan dapat bermanfaat luas bagi banyak orang. Terkait hal tersebut, sebagai pimpinan Universitas Islam Malang dan dalam rangka Dies Natalis Universitas Islam Malang yang ke-38, kami menyambut baik kehadiran Buku yang berjudul "*Ekologi Perairan Tropis: Prinsip Dasar Pengelolaan Sumber Daya Hayati Perairan*" yang ditulis oleh saudara Husain Latuconsina, S.Pi., M.Si, salah satu staf dosen pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang.

Buku ini merupakan pengembangan dari studi empiris kajian teoritis yang membahas keterkaitan antara sumber daya hayati perairan dan lingkungannya beserta berbagai permasalahan pemanfaatan dan pengelolaannya di kawasan tropis, khususnya di perairan Indonesia. Buku yang telah memasuki cetakan ke-3 ini sangat layak dibaca baik oleh mahasiswa, akademisi, maupun praktisi dan pihak-pihak terkait lainnya yang peduli terhadap keberlanjutan sumber daya hayati perairan.

Semoga buku ini dapat memperkaya bahan bacaan yang telah ada dan memberikan manfaat luas bagi berbagai pihak yang mau mendalami bidang Ekologi, kaitannya dengan upaya pengelolaan sumber daya hayati perairan untuk pemanfaatan yang lebih berkelanjutan.

Malang, 27 Maret 2019

Rektor
Prof.Dr. H. Maskuri, M.Si

PENGANTAR CETAKAN KE-3

Pada cetakan ke-3 ini hanya terdapat sedikit perubahan kata dan kalimat pada beberapa bab untuk lebih efektif sehingga membantu pembaca untuk lebih mudah memahami isi buku secara utuh.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Ambo Tuwo, DEA (Guru Besar Ekologi Laut, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin) atas kesediaannya memberikan Prolog, dan Kepada Prof. Dr. Ir. Dietrich G. Bengen, DEA. (Guru Besar Ekologi dan Pengelolaan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, dan Sekretaris Jenderal Himpunan Ahli Pengelolaan Pesisir Indonesia) atas kesediaannya memberikan Epilog pada buku Cetaklan ke-2.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. H. Maskuri, M.Si (Rektor Universitas Islam Malang) atas kesediannya memberikan kata sambutan pada buku cetakan ke-3 ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. (Guru Besar Ekologi Terumbu Karang dan Ketua Akademi Ilmuwan Muda Indonesia, Luky Adrianto, Ph.D. (Dekan FPIK-IPB dan Ketua Forum Pimpinan Perguruan Tinggi Perikanan dan Kelautan Indonesia (FP2TPKI) 2016–2020), Prof. Rohani Ambo Rappe, Ph.D. (Guru Besar Ekologi Laut, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin) dan Prof. Dr. Muchlisin Z.A., S.Pi., M.Sc. (Guru Besar Iktiologi Terapan, Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Syah Kuala, Banda Aceh), dan Dr. Ir. Victor Nikijuluw (Senior Director, Marine Program, Conservation International Indonesia) atas kesediaan memberikan testimoni pada buku cetakan ke-2, sehingga menambah nilai kelayakan buku ini untuk dapat dimanfaatkan secara luas.

Semoga kehadiran buku “Ekologi Perairan Tropis: Prinsip Dasar Pengelolaan Sumber Daya Hayati Perairan” cetakan ke-3 ini dapat memberikan manfaat dan mengedukasi bagi siapa saja yang membacanya.

Malang, 18 Februari 2020

Penulis
Husain Latuconsina

DAFTAR ISI

PROLOG	vii
SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM MALANG.....	ix
PENGANTAR PENULIS.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
BAB 2 PRINSIP DASAR EKOLOGI	7
2.1 Definisi dan Ruang Lingkup Ekologi	
2.2 Hubungan Ekologi dengan Ilmu lainnya	8
2.3 Level Organisasi dalam Sistem Ekologi.....	10
Rangkuman	14
Daftar Pustaka.....	15
BAB 3 KONSEP ENERGI	16
3.1 Konsep Aliran Energi	
3.2 Konsep Produktivitas.....	18
3.3 Rantai Makanan dan Tingkatan Trofik	21
3.4 Piramida Ekologi.....	24
Rangkuman	27
Daftar Pustaka.....	27
BAB 4 SIKLUS BIOGEOKIMIA DALAM SISTEM EKOLOGI	29
4.1 Konsep Dasar Siklus Biogeokimia	
4.2 Siklus Hidrologi.....	30
4.3 Siklus Karbon dan Oksigen.....	31
4.4 Siklus Nitrogen	33
4.5 Siklus Fosfor	36
Rangkuman	37
Daftar Pustaka.....	38
BAB 5 FAKTOR PEMBATAS DALAM SISTEM EKOLOGI	39
5.1 Hukum Minimum Liebig	
5.2 Hukum Toleransi Shelford	41

5.3	Konsep Faktor Pembatas	43
5.4	Faktor Pembatas Sebagai Indikator Ekologi	44
5.5	Urgensi Faktor Pembatas Dalam Bidang Perikanan	46
	Rangkuman	46
	Daftar Pustaka.....	47
BAB 6	SPESES, INDIVIDU, DAN POPULASI DALAM SISTEM EKOLOGI.....	48
6.1	Konsep Habitat dan Relung Ekologi (<i>Niche</i>)	
6.2	Penggantian Sifat dan Pembentukan Spesies	49
6.3	Karakteristik Populasi.....	50
6.4	Jam Biologi (<i>Biological Clock</i>)	58
6.5	Interaksi Antarspesies.....	59
6.6	Karakteristik dan Kerentanan Kepunahan Spesies	64
	Rangkuman	68
	Daftar Pustaka.....	68
BAB 7	KOMUNITAS BIOTIK DALAM SISTEM EKOLOGI.....	70
7.1	Konsep Komunitas Biotik	
7.2	Suksesi Komunitas Biotik.....	71
7.3	Struktur Komunitas Biotik dalam Sistem Ekologi.....	76
7.4	Faktor Penentu Variabilitas Struktur Komunitas Biotik	78
	Rangkuman	81
	Daftar Pustaka.....	81
BAB 8	SISTEM EKOLOGI (EKOSISTEM)	84
8.1	Pengertian Ekosistem	
8.2	Komponen-komponen Pendukung Ekosistem	87
8.3	Stabilitas Ekosistem dan Daya Dukung.....	90
	Rangkuman	91
	Daftar Pustaka.....	92
BAB 9	EKOLOGI PERAIRAN TAWAR	93
9.1	Karakteristik Ekosistem Perairan Tawar	
9.2	Ekosistem Perairan Lotik (Mengalir)	93
9.3	Ekosistem Perairan Lentik (Tenang atau Tergenang).....	107
	Rangkuman	121
	Daftar Pustaka.....	121
BAB 10	EKOLOGI PERAIRAN PAYAU (ESTUARI).....	123
10.1	Karakteristik Perairan Estuari	
10.2	Penggolongan Perairan Estuari	124
10.3	Faktor Lingkungan Pembatas pada Perairan Estuari	127
10.4	Siklus Nutrien	129

10.5	Produktivitas dan Jaring Makanan	130
10.6	Organisme Penghuni Perairan Estuari	132
10.7	Peranan Ekologi Perairan Estuari	135
10.8	Hutan Mangrove (Ekosistem Spesifik Kawasan Estuari)	136
	Rangkuman	155
	Daftar Pustaka.....	157
BAB 11	EKOLOGI PERAIRAN LAUT.....	161
11.1	Karakteristik dan Zonasi Lautan	
11.2	Faktor Lingkungan Pembatas	163
11.3	Komunitas Biotik Perairan Laut.....	171
11.4	Ekosistem Padang Lamun (<i>Seagrass beds</i>)	175
11.5	Ekosistem Terumbu Karang (<i>Coral Reef</i>).....	191
11.6	Interaksi Ekologis antara Ekosistem Hutan Mangrove, Padang Lamun, dan Terumbu Karang.....	213
11.7	Ekosistem Perairan Oseanik dan Laut Dalam (Jeluk)	220
	Rangkuman	227
	Daftar Pustaka.....	227
BAB 12	PENERAPAN PRINSIP DASAR EKOLOGI DALAM UPAYA PENGELOLAAN SUMBER DAYA HAYATI PERAIRAN.....	233
12.1	Pendahuluan	233
12.2	Prinsip Stabilitas Ekosistem dalam Pengelolaan Terumbu Karang.....	234
12.3	Prinsip <i>Spill Over</i> Dan <i>Recruitment Effect</i> dalam Pengembangan Kawasan Koservasi Laut (KKL).....	237
12.4	Prinsip Keseimbangan Interaksi Faktor Biotik dan Abiotik dalam Pengelolaan Perikanan Tangkap.....	240
12.5	Prinsip <i>Carrying Capacity</i> dalam Pengembangan Perikanan Budi Daya	244
12.6	Prinsip Keterpaduan Pengelolaan Perairan Pesisir	249
12.7	Prinsip Keseimbangan Ekologi dalam Upaya Pengurangan Dampak Pemanasan Global.....	255
	Rangkuman	263
	Daftar Pustaka.....	264
EPILOG	268
GLOSARIUM	270
INDEKS	280
TENTANG PENULIS	283

DAFTAR TABEL

Tabel 7.1	Kriteria nilai struktur komunitas.....	77
Tabel 9.1	Perbandingan kecepatan arus dan partikel utama dasar sungai.....	98
Tabel 9.2	Hasil analisis nilai koefisien saprobik plankton perairan Sungai Senapelan, Sago, dan Sail dari hulu sampai ke hilir	106
Tabel 9.3	Indeks keanekaragaman organisme bentos pada Sungai Senapelan, Sago, dan Sail selama penelitian.....	107
Tabel 10.1	Status ekologi beberapa spesies ikan yang hidup di perairan estuari	134
Tabel 10.1	Status ekologi beberapa spesies ikan yang hidup di perairan estuari (lanjutan).....	135
Tabel 10.2	Aktivitas antropogenik dan dampak potensialnya terhadap ekosistem hutan mangrove	155
Tabel 11.1	Keragaman spesies lamun di Indonesia beserta karakteristik habitatnya.....	178
Tabel 11.2	Aktivitas antropogenik dan dampak potensial pada ekosistem padang lamun	191
Tabel 11.3	Aktivitas antropogenik dan dampaknya bagi ekosistem terumbu karang.....	213
Tabel 12.1	Perubahan pembangunan di kawasan pesisir berdasarkan berbagai kriteria kunci	254

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ernest Haeckel (1834–1919)	7
Gambar 2.2	Spektrum ekologi (Odum, 1983)	10
Gambar 2.3	Konsep diagramatik kompleksitas pola dan aktivitas pada berbagai level ekologis	13
Gambar 3.1	Aliran energi melalui rantai makanan yang dapat menyebabkan hilangnya energi dalam setiap langkah transfer energi.....	17
Gambar 3.2	Perbandingan rantai makanan di ekosistem darat dan perairan.....	23
Gambar 3.3	Piramida ekologi menempatkan manusia pada tingkat teratas.....	25
Gambar 3.4	Contoh piramida jumlah.....	25
Gambar 3.5	Contoh piramida biomassa.....	26
Gambar 3.6	Contoh piramida energi.....	26
Gambar 4.1	Siklus Hidrologi di alam.....	30
Gambar 4.2	Siklus karbon (CO ₂) dan oksigen (O ₂) di alam	32
Gambar 4.3	Siklus nitrogen di perairan laut (Tait and Dipper, 1998) ...	35
Gambar 4.4	Siklus fosfor di perairan laut (Tait and Dipper, 1998)	36
Gambar 5.1	Perbandingan batas toleransi organisme terhadap faktor lingkungan	41
Gambar 5.2	Distribusi dan kelimpahan ikan terkait kisaran suhu perairan sesuai batas toleransinya.....	44
Gambar 5.3	Beberapa spesies ikan karang dari famili Chaetodontidae yang keberadaannya merupakan indikator kesehatan terumbu karang	45
Gambar 6.1	Tiga pola penyebaran intern populasi organisme di alam liar.....	52
Gambar 6.2	Model kurva pertumbuhan berbentuk huruf 'J'	56
Gambar 6.3	Contoh kurva pertumbuhan logistik.....	56

Gambar 6.4	Berbagai interaksi mulai dari antibiotis sampai komensalisme yang dalam waktu lama dapat berkembang menjadi mutualisme	63
Gambar 7.1	Bentuk suksesi primer di daratan	74
Gambar 7.2	Suksesi primer ekosistem akuatik.....	75
Gambar 7.3	Suksesi sekunder di daratan.....	75
Gambar 7.4	Suksesi sekunder pada komunitas/ekosistem terumbu karang dipercepat dengan upaya transplantasi	75
Gambar 7.5	Padang lamun yang terletak di antara mangrove dan terumbu karang sehingga memengaruhi distribusi dan kelimpahan ikan	80
Gambar 8.1	Aliran energi dan siklus materi dalam sistem ekologi	85
Gambar 9.1	Sungai dengan orde yang menentukan debit aliran sungai	94
Gambar 9.2	Zona sungai air deras (atas) dan zona air tenang (bawah)	95
Gambar 9.3	<i>Input</i> dan <i>output</i> pada sistem sungai	96
Gambar 9.4	Zonasi sungai dan distribusi biota	97
Gambar 9.5	Organisme perairan tawar	98
Gambar 9.6	Struktur komunitas biota penghuni perairan sungai tropis	99
Gambar 9.7	Model sederhana rantai makanan pada ekosistem perairan sungai di perairan tropis.....	100
Gambar 9.8	Suksesi proses penjernihan kembali sepanjang sungai dan sistem klasifikasi saprobik.....	105
Gambar 9.9	Contoh danau alami (atas) dan danau buatan/bendungan (bawah).....	108
Gambar 9.10	Ilustrasi penampakan ekosistem perairan danau berdasarkan produksi materi organik.....	109
Gambar 9.11	Zonasi danau secara vertikal.....	110
Gambar 9.12	Zonasi danau berdasarkan kisaran suhu.....	111
Gambar 9.14	Contoh vegetasi tersembul.....	112
Gambar 9.13	Zonasi vegetasi riparian (tumbuhan tepian) daerah litoral pada perairan danau	112
Gambar 9.16	Contoh vegetasi tenggelam	113
Gambar 9.15	Contoh vegetasi daun terapung.....	113
Gambar 9.17	Siklus nitrogen di perairan danau tropis yang berstratifikasi	115
Gambar 9.18	Siklus fosfor di perairan danau tropis yang berstratifikasi	116
Gambar 9.19	Rantai makanan danau tropis.....	118
Gambar 10.1	Tipe estuari berstratifikasi sempurna	125

Gambar 10.2	Tipe estuari berstratifikasi sedang.....	125
Gambar 10.3	Estuari homogen vertikal atau campuran sempurna	125
Gambar 10.4	<i>Positive estuary</i> (estuari positif).....	126
Gambar 10.5	<i>Negative estuary</i> (estuari negatif)	126
Gambar 10.6	<i>Neutral estuary</i> (estuari netral)	127
Gambar 10.7	Siklus fosfor di perairan estuari.....	129
Gambar 10.8	Transformasi siklus nitrogen di perairan estuari	130
Gambar 10.9	Model jaring makanan di lingkungan perairan estuari	132
Gambar 10.10	Distribusi biota pada perairan estuari.....	133
Gambar 10.11	Contoh vegetasi mangrove mayor <i>Avicennia</i> , <i>Rhizophora</i> , <i>Bruguiera</i> , <i>Nypa</i>)	137
Gambar 10.12	Bentuk perakaran mangrove.....	139
Gambar 10.13	Zonasi umum vegetasi mangrove di Indonesia.....	142
Gambar 10.14	Diagram skematis interaksi biota dan siklus nutrien yang berkaitan dengan fungsi hutan mangrove sebagai habitat transisi antara muara sungai dan perairan pantai.....	143
Gambar 10.15	Jaring-jaring makanan dan pemanfaatan pada ekosistem hutan mangrove di Indonesia.....	144
Gambar 10.16	Komponen rantai makan pada ekosistem hutan mangrove yang berawal dari serasah	145
Gambar 10.17	Fauna yang berasosiasi dengan ekosistem hutan mangrove yang saling berinteraksi membentuk rantai makanan yang kompleks.....	146
Gambar 10.18	Ikan-ikan khas penghuni hutan mangrove baik penghuni tetap maupun sementara	148
Gambar 10.19	Manfaat dari ekosistem mangrove berdasarkan mekanisme rantai makanan.....	150
Gambar 10.20	Contoh kontribusi mangrove di Teluk Kayeli-Pulau Buru, Maluku, berupa sumber daya ikan (A–F) dan non-ikan (G–N) di sekitar mangrove, serta ikan laut lepas (O–S) dan ikan karang (T–U) yang memanfaatkan mangrove untuk mencari makan	151
Gambar 10.21	Eksploitasi mangrove untuk kayu bakar (atas) dan konversi mangrove untuk dijadikan lahan tambak (tengah) yang dapat menghilangkan mata pencaharian nelayan kepiting bakau (bawah) (Supriyadi dan Wouthuyzen, 2005)	153

Gambar 10.22	Contoh aktivitas antropogenik yang dapat merusak vegetasi mangrove akibat penambangan pasir di Kecamatan Bintan Utara (atas) dan pengalihgunaan lahan hutan mangrove di Kecamatan Bintan Timur (bawah)	154
Gambar 11.1	Zonasi lautan beserta kedalamannya.....	163
Gambar 11.2	Variasi suhu secara vertikal menurut kedalaman laut.....	164
Gambar 11.3	Sebaran ikan tuna (<i>Thunnus</i>) yang tertangkap berdasarkan suhu dan kedalaman	165
Gambar 11.4	Hubungan antara temperatur, salinitas, dan densitas di lautan.....	166
Gambar 11.5	Profil gelombang di perairan pantai	167
Gambar 11.6	Mekanisme pasang purnama dan perbani akibat gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi	168
Gambar 11.7	Dinamika skematis siklus fosfor di perairan laut.....	169
Gambar 11.8	Dinamika skematis siklus nitrogen di perairan laut.....	170
Gambar 11.9	Sebaran vertikal organisme bentik perairan pantai berbatu.....	172
Gambar 11.10	Morfologi vegetasi lamun.....	176
Gambar 11.11	Karakteristik umum habitat lamun kawasan Indo-Pasifik	179
Gambar 11.12	Model aliran energi dan nutrien dalam ekosistem padang lamun	180
Gambar 11.13	Asosiasi fauna ekosistem padang lamun.....	182
Gambar 11.14	Persentase jenis makanan ikan dominan pada ekosistem padang lamun perairan Tanjung Tiram	183
Gambar 11.15	Jaring makanan pada ekosistem padang lamun.....	184
Gambar 11.16	Model konseptual faktor yang memengaruhi komposisi jenis dan kelimpahan ikan di habitat padang lamun.....	187
Gambar 11.17	Spesies ikan khas padang lamun yang selalu ditemukan dalam jumlah yang melimpah	188
Gambar 11.18	Aktivitas antropogenik penyebab kerusakan vegetasi lamun (dikutip dari berbagai sumber)	190
Gambar 11.19	(A) Asosiasi alga zooxanthellae yang hidup dalam tubuh hewan karang (polip)	192
Gambar 11.20	Berbagai bentuk koralit sebagai wadah bagi polip karang untuk dapat tumbuh dan berkembang.....	192
Gambar 11.21	Perembangbiakan hewan karang (Seksual dan aseksual) ..	193

Gambar 11.22	Siklus reproduksi hewan karang; siklus pada spesies dengan tipe reproduksi “brooding” (atas) dan siklus reproduksi pada spesies dengan tipe reproduksi “hermaphroditic broadcast- spawning” (bawah)	194
Gambar 11.23	Bentuk pertumbuhan karang.....	198
Gambar 11.24	Geomorfologi dan ekomorfologi zonasi koloni hewan karang berdasarkan responsnya terhadap intensitas cahaya, sedimen, tekanan gelombang, dan pasang surut (<i>subareal exposure</i>)	199
Gambar 11.25	Tiga bentuk terumbu karang berdasarkan evolusi geologi	200
Gambar 11.26	Diagram model sederhana siklus nitrogen pada ekosistem terumbu karang	202
Gambar 11.27	Diagram model sederhana siklus fosfor pada ekosistem terumbu karang	203
Gambar 11.28	Tingginya keragaman dan kelimpahan ikan karang karena fungsi terumbu karang sebagai sumber makanan, tempat reproduksi dan perlindungan.....	205
Gambar 11.29	Model rantai makanan pada ekosistem terumbu karang...	206
Gambar 11.30	Pola interaksi dan adaptasi beberapa biota laut pada ekosistem terumbu karang.....	207
Gambar 11.31	Spesialisasi mulut disesuaikan dengan sumber makanan dan cara menangkap makanan pada ikan terumbu karang	208
Gambar 11.32	Adaptasi komunitas ikan terumbu karang dengan mengatur penggunaan ruang dan waktu	208
Gambar 11.33	Kelompok ikan penghuni karang (ikan target, ikan indikator, dan ikan mayor).....	210
Gambar 11.34	Hubungan trofik ikan terumbu karang	210
Gambar 11.35	Bentuk aktivitas antropogenik penyebab kerusakan dan degradasi terumbu karang	212
Gambar 11.36	Interaksi antara ketiga ekosistem laut tropis	214
Gambar 11.37	Konektivitas antara ekosistem mangrove, lamun, dan terumbu karang terkait distribusi ikan.....	218
Gambar 11.38	Ekosistem perairan oseanik dan laut dalam (jeluk) yang mendominasi lautan	220
Gambar 11.39	Model sederhana rantai makanan di perairan oseanik	220
Gambar 11.40	Beberapa jenis ikan penghuni perairan oseanik	221
Gambar 11.41	Model sederhana dari arus nutrisi dan energi di laut dalam	224

Gambar 11.42	Bentuk adaptasi morfologi ikan laut jeluk; memiliki mulut yang sangat besar dan menghasilkan organ cahaya (bioluminesens) sebagai alat pendeteksi	225
Gambar 11.43	<i>Hydrothermal vent</i> dan fauna yang berasosiasi di sekitarnya	226
Gambar 12.1	Interaksi berbagai faktor penyebab kerusakan karang dengan didominasi tekanan perubahan suhu akibat pemanasan global.....	235
Gambar 12.2	Sistem zonasi dalam kawasan konservasi laut (KKL) dan rehabilitasi karang melalui penyediaan bibit dan substrat tempat tumbuhnya karang sebagai bentuk upaya mitigasi ekosistem terumbu karang.....	237
Gambar 12.3	Pengelolaan KKL yang memberikan pengaruh <i>spill over</i> dan <i>recruitment</i> ke kawasan di sekitarnya	238
Gambar 12.4	Pengembangan kawasan konservasi laut (KKL) dengan zona inti sebagai sumber pertumbuhan dan perkembangan biota laut	239
Gambar 12.5	Pemetaan <i>fishing ground</i> ikan tuna Albacore (<i>Thunnus alalunga</i>) berdasarkan hubungan suhu dan klorofil-a di Perairan Jepang.....	241
Gambar 12.6	Trofik level pada perairan laut dan kaitannya dengan perikanan tangkap	242
Gambar 12.7	Ilustrasi penangkapan ikan berlebihan dan tidak selektif menggunakan Trawl	243
Gambar 12.8	Skema keterkaitan antara kultivan (host), patogen, dan lingkungan dalam budi daya perikanan.....	244
Gambar 12.9	Penggunaan kincir air dalam budi daya udang (Baliao and Tookwinas, 2002)	245
Gambar 12.10	Desain dan konstruksi tambak udang sistem pembuangan air minimal dan resirkulasi tertutup (Balio and Tookwinas, 2002)	246
Gambar 12.11	Tambak berwawasan lingkungan dengan sistem <i>silvofishery</i>	247
Gambar 12.12	Kegiatan budi daya keramba jaring apung di Waduk Cirata yang dapat melewati daya dukung lingkungan jika aktivitas budi daya KJA berlebihan	248
Gambar 12.13	Keterkaitan ekosistem perairan di daratan dan laut sehingga diperlukan keterpaduan pengelolaan.....	249
Gambar 12.14	Batasan wilayah pesisir.....	249

Gambar 12.15	Aktivitas di kawasan pesisir yang perlu keterpaduan dalam pengelolaannya	250
Gambar 12.16	Keterkaitan ekologis dan dampak pembangunan antara ekosistem darat dan pesisir	251
Gambar 12.17	Peningkatan laju sedimentasi Teluk Ambon Dalam dari tahun ke tahun akibat aktivitas antropogenik di daratan ..	252
Gambar 12.18	Mekanisme pemanasan global dan aktivitas antropogenik penyebab pemanasan global yang menghasilkan gas pembentuk rumah kaca.....	256
Gambar 12.19	<i>Coral bleaching</i> di Samudra Hindia sepanjang tahun 1998 akibat meningkatnya temperatur laut	257
Gambar 12.20	Profil pulau-pulau kecil dan kawasan pesisir Indonesia yang sangat rentan terhadap kenaikan paras laut akibat pemanasan global (dikutip dari berbagai sumber).....	261