

H u s a i n   L a t u c o n s i n a

# Ekologi Ikan Perairan Tropis

Biodiversitas, Adaptasi,  
Ancaman dan Pengelolaannya



GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

*Buku ini dipersembahkan kepada istri dan anak tercinta:  
Ivatul Laily Kurniawati, S.Pd., M.Pd.  
&  
Muhammad Rizq R Latuconsina*



## PRAKATA PENULIS

Pengetahuan dan pemahaman semua pihak terkait ikan dan aspek ekologi menjadi hal penting dalam upaya pengelolaan sumber daya hayati ikan di alam liar, untuk pemanfaatan yang berkelanjutan. Ekologi ikan perairan tropis merupakan kajian terkait interaksi yang kompleks dan dinamis antara komunitas ikan dengan lingkungannya, ataupun interaksi antara ikan dalam lingkungan perairan melalui jaring makanan, dan posisinya dalam struktur komunitas biotik, serta strategi adaptasi dan tingkah laku ikan untuk bertahan hidup dan berkembang biak pada lingkungan yang dinamis.

Buku *Ekologi Ikan Perairan Tropis: Biodiversitas, Adaptasi, Ancaman dan Pengelolaannya* hadir untuk meningkatkan pengetahuan semua pihak tentang pentingnya memahami dan mendalami kajian ekologi ikan, dalam upaya pengelolaan sumber daya hayati ikan untuk pemanfaatan yang berkelanjutan.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan buku ini, di antaranya kepada Prof.Dr.Ir. M.F. Rahardjo, DEA yang telah bersedia mengoreksi sekaligus memberikan pengantar pada buku ini. Dr. Renny Kurnia Hadiaty, D.Sc. dan Kadarusman, DEA., M.Sc., Ph.D. yang telah mengirimkan informasi terkait dedikasi sebagai ahli taksonomi ikan di Indonesia, daftar spesies ikan yang dideskripsikan, publikasi ilmiah sebagai pengayaan buku ini, dan juga memberikan testimoni pada buku ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Rektor Universitas Islam Malang (Prof.Dr. H. Maskuri, M.Si) atas kesediaannya memberikan kata sambutan pada buku ini. Kepada Prof.Dr. Andi Iqbal Burhanuddin, M.Fis. Sc., Prof.Dr. Muchlisin, Z.A., M.Sc., Prof. Dr.Ir. Sharifuddin Bin Andy Omar, M.Sc., dan Dr.rer.nat. Hawis Madduppa atas testimoni yang diberikan. Juga kepada Prof.Dr.Ir. M. Natsir Nessa, M.S., Prof. Jamaluddin Jompa, M.Sc., Ph.D., Prof.Dr. Ambo Tuwo, DEA., Prof. Rohani Ambo Rappe, Ph.D., Dr.Ir.

Ibrahim Ohorella, M.P., Dr.Ir. Dewi Y. Badawing, M.Si., Prof.Dr. Kadarwan Soewardi, Prof.Dr. Ridwan Affandi, DEA., Prof.Dr. Dietriech G. Bengen, DEA., Luky Adrianto, Ph.D., Charles H.P. Simanjuntak, Ph.D., Dr.rer.nat. M. Mukhlis Kamal, M.Sc., dan Dr.Ir. Nurlisa Butet, M.Sc. yang sangat membantu secara langsung maupun tidak langsung dan memberikan ilmu pengetahuan serta dukungan moril kepada penulis selama ini.

Kepada teman-teman para peneliti ikan yang tergabung dalam berbagai organisasi profesi di Indonesia, terutama Masyarakat Ikhtiologi Indonesia (MII), yang turut menginspirasi penulis untuk menghasilkan buku ini, dan secara tidak langsung memberikan dukungan melalui publikasi hasil-hasil penelitian terkait kajian ekobiologi ikan yang menjadi bahan referensi bagi penulis dalam pengayaan isi buku ini. Semoga dedikasi kita semua dapat turut membantu menyebarkan ilmu pengetahuan terkait sumber daya hayati ikan beserta segala aspek kehidupannya secara luas ke masyarakat Indonesia.

Terkhusus kepada kedua orang tuaku, Hi. Dj. Latuconsina (ayah) dan Hj. Umi Latuconsina (ibu), terima kasih atas doa tulus dan dukungan moril serta materil yang selalu diberikan. Terima kasih juga disampaikan kepada para kakak tercinta: A. Halik Latuconsina, S.H., Ida Latuconsina, S.Pi., Dr. M. Jen Latuconsina, S.IP., M.A., dan M. Achmad Latuconsina, S.T. atas doa dan berbagai dukungan moril dan materil serta atas kebersamaan dan keharmonisan hidup kita selama ini.

Kepada istriku tercinta, Ivatul Laily Kurniawati, S.Pd., M.Pd., terima kasih atas dorongan dan motivasi, serta selalu menjadi sahabat terbaik dalam suka maupun duka, semoga Allah Swt. senantiasa meridhai serta melindungi kebersamaan dan aktivitas keseharian kita. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada kedua mertua Drs. M. Rifa'i, M.Si. dan Ibu Trimurni, S.Pd., M.MPd. atas doa dan dukungan morilnya. Kepada putraku tercinta Muhammad Rizq R. Latuconsina, terima kasih telah menjadi cahaya harapan dalam hidupku dan sumber motivasiku untuk menjadi ayah yang bertanggung jawab.

Terima kasih kami sampaikan kepada penerbit UGM Press yang telah bersedia bekerja sama untuk menerbitkan sekaligus mendistribusikan buku ini secara luas di seluruh Indonesia. Beserta berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu baik secara langsung maupun tidak langsung telah berkontribusi dalam proses penulisan sampai penerbitan buku ini. Semoga kebaikan semua pihak senantiasa bernilai ibadah dan mendapat balasan Allah Swt. Amin....

Harapan penulis, semoga kehadiran buku *Ekologi Ikan Perairan Tropis: Biodiversitas, Adaptasi, Ancaman, dan Pengelolaannya* dapat menjadi salah satu rujukan ilmiah bagi akademisi dan peneliti untuk melakukan kajian mendalam terkait ekobiologi ikan; bagi praktisi pelaku usaha untuk dapat memanfaatkan sumber daya hayati ikan dan lingkungan secara bertanggung jawab dan berkelanjutan; bagi lembaga swadaya masyarakat (LSM) dalam upaya mengadvokasi penyelamatan sumber daya hayati ikan dan lingkungan dari aktivitas antropogenik yang merusak; serta bagi pemerintah pusat maupun daerah selaku pengambil kebijakan dalam merumuskan berbagai kebijakan terkait dengan upaya pengelolaan sumber daya hayati ikan dan lingkungannya untuk pemanfaatan yang berkelanjutan.

Malang, 20 Mei 2018

Penulis

Husain Latuconsina



# SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM MALANG



Universitas Islam Malang (UNISMA) di bawah naungan Lembaga Pendidikan Ma'arif Nahdlatul Ulama, kini telah memasuki usia 38 tahun sejak berdiri pada 27 Maret 1981. Seiring perkembangan pendidikan tinggi di Indonesia, UNISMA juga terus berbenah dan berkembang sesuai dengan visinya untuk “menjadi universitas unggul bertaraf internasional, berorientasi masa depan dalam IPTEKS dan budaya, untuk kemaslahatan umat yang berakhlakul karimah, berlandaskan Islam *Ahlussunnah waljama'ah*”.

Untuk mewujudkan visinya, maka UNISMA terus meningkatkan kualitas pendidikan, penelitian, pengabdian kepada masyarakat, yang berpihak pada kemaslahatan umat menuju universitas berkualifikasi internasional (*world class university*). Dari lima milestone pendidikan Universitas Islam Malang untuk menuju *world class university*, sekarang ini telah memasuki tahapan ke-3, yaitu *Research University* (2019–2023). Pada tahapan ini akan dilakukan kolaborasi riset dengan perguruan tinggi luar negeri (*joint research*), pertukaran dosen (*lecture exchange*), penyelenggaraan konferensi internasional bersama (*joint committee of international conference*), dan kolaborasi publikasi ilmiah (*joint research publication*).



Untuk menuju *research university*, maka peningkatan kapasitas penelitian dan publikasi hasil-hasil penelitian yang terhimpun dalam buku sebagai hasil karya akademik dosen menjadi sesuatu yang penting untuk terus ditingkatkan. Terkait hal tersebut, sebagai pimpinan Universitas Islam Malang, kami menyambut baik kehadiran buku yang berjudul *Ekologi Ikan Perairan Tropis: Biodiversitas, Adaptasi, Ancaman dan Pengelolaannya* yang ditulis oleh saudara Husain Latuconsina, S.Pi., M.Si., staf dosen pada Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Malang.

Buku ini mendeskripsikan tentang sumber daya hayati ikan, biodiversitas, adaptasi, dan berbagai ancaman terhadap keberadaan ikan di alam liar, juga diulas beberapa prinsip dasar pengelolaan sumber daya hayati ikan di perairan tropis khususnya di Indonesia yang dikenal memiliki biodiversitas ikan yang tinggi di dunia, karena didukung tingginya keragaman habitat, sekaligus memiliki resiko dampak pemanfaatan merusak yang juga sangat tinggi. Hal ini tentunya disebabkan minimnya pengetahuan dan pemahaman masyarakat akan aspek ekologi ikan sebagai pengetahuan mendasar dalam upaya mewujudkan pemanfaatan sumber daya hayati ikan yang lestari dan berkelanjutan.

Semoga kehadiran buku ini bisa memberikan manfaat bagi para mahasiswa, dosen, praktisi maupun peneliti untuk lebih mendalami aspek ekologi ikan, dalam upaya pengelolaan sumber daya hayati ikan untuk pemanfaatan yang lebih berkelanjutan, dan mudah-mudahan buku ini juga bisa memberi inspirasi kepada para dosen untuk selalu berkarya bagi bangsa dan negara, melalui kerja-kerja ilmiah yang ditulis dan terhimpun dalam bentuk buku referensi. Semoga bermanfaat.

Malang, 27 Maret 2019

Rektor

Prof. Dr. H. Maskuri, M.Si

# PROLOG

Prof.Dr.Ir. M.F. Rahardjo, DEA  
(Guru Besar Iktiologi – Institut Pertanian Bogor)



Ikan (Pisces) adalah vertebrata yang jumlah spesiesnya paling banyak di dunia, sekitar separuh vertebrata adalah ikan. Indonesia, negara kita dikenal sebagai salah satu negara yang keanekaragaman hayatinya sangat besar (megabiodiversity). Jumlah jenis ikan di Indonesia sangat banyak. Tercatat yang telah teridentifikasi sekitar 1200 spesies ikan air tawar, sedangkan ikan laut sekitar 3.500 spesies. Ikan merupakan sumber pangan atau penyedia protein, dan juga dimanfaatkan sebagai ikan hias. Upaya pemanfaatan ikan dilakukan melalui budi daya dan penangkapan.

Di sisi lain dari pemanfaatan ikan, ada bahaya yang mengancam keanekaragaman hayati ikan seperti adanya lebih tangkap di beberapa perairan, penangkapan yang merusak, pencemaran, dan kegiatan antropogenik lainnya. Ini semua menyebabkan keterancaman ikan. Diperlukan satu tindakan pengelolaan untuk untuk mencegah hal tersebut terjadi.

Apa yang diutarakan di atas tidak lengkap bila tidak disertai pengetahuan tentang bagaimana respons dan adaptasi ikan, atau yang biasa dikenal sebagai ekologi ikan. Hal yang disebut terakhir ini secara parsial banyak ditulis dan dikemukakan dalam makalah seminar dan simposium, artikel dalam jurnal ilmiah maupun semi ilmiah, dan terbitan lain. Namun sebagai satu kumpulan

tulisan yang lengkap dalam satu buku, praktis hampir tidak ada yang menuliskannya.

Buku yang sekarang anda pegang dan baca yang ditulis oleh Saudara Husain Latuconsina dengan judul Ekologi Ikan Perairan Tropis termasuk langka, ibarat oase di tengah gurun pasir. Banyak buku tentang ekologi ikan yang ditulis dalam bahasa asing, tetapi sepanjang yang saya ketahui belum ada buku dalam Bahasa Indonesia yang menuliskan tentang ekologi ikan terlebih di perairan tropis. Keanekaragaman ikan di Indonesia sangat besar, namun buku yang mengungkapkan tentang ikan tidak banyak, terlebih lagi tentang ekologinya. Buku ini adalah pembuka jalan untuk menganalisis ekologi ikan.

Banyak hal yang dicakup dan dikemukakan dalam buku ini, yang menjadikan masalahnya meluas sehingga dikupas kurang mendalam dan keterkaitan antarbab longgar. Meskipun demikian, secara keseluruhan uraian yang disampaikan cukup komprehensif. Pembaca akan mendapat banyak pengetahuan tentang ekologi ikan dan mendapat manfaat. Buku ini juga sekaligus menyampaikan banyak hal yang perlu dikembangkan terkait dengan keanekaragaman hayati ikan dan ekologinya, yang dapat dijadikan dasar pertimbangan dalam mengelola perikanan dan lingkungan perairan.

Buku ini sangat layak untuk dibaca oleh para ilmuwan, akademisi, peneliti, penentu kebijakan di lembaga pemerintah, pegiat lembaga swadaya masyarakat, mahasiswa, dan pecinta lingkungan.

Bogor, 20 Juni 2018  
M. F. Rahardjo

# Daftar Isi

PRAKATA PENULIS .....	vii
SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS ISLAM MALANG.....	xi
P R O L O G.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR GAMBAR .....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
BAB 2 BIODIVERSITAS, DISTRIBUSI, DAN PERKEMBANGAN STUDI IKAN DI INDONESIA.....	11
2.1 Biodiversitas dan Distribusi Ikan .....	11
2.2 Biodiversitas dan Distribusi Ikan di Indonesia .....	16
2.3 Perkembangan Studi Sumber Daya Hayati Ikan di Indonesia .....	37
Rangkuman.....	49
Daftar Pustaka .....	50
BAB 3 DESKRIPSI SUMBER DAYA HAYATI IKAN.....	55
3.1 Morfologi dan Bagian Tubuh Ikan.....	55
3.2 Bentuk-Bentuk Tubuh Ikan .....	62
3.3 Deskripsi Ikan Berdasarkan Pendekatan Morfologi .....	65
3.4 Deskripsi Ikan dengan Pendekatan Biologi Molekuler....	72
Rangkuman.....	79
Daftar Pustaka .....	80
BAB 4 ADAPTASI IKAN TERHADAP LINGKUNGANNYA.....	83
4.1 Adaptasi Ikan Melalui Sistem Integumen .....	84
4.2 Adaptasi Ikan Melalui Sistem Pencernaan.....	97
4.3 Adaptasi Ikan Melalui Sistem Saraf dan Indra .....	111
4.4 Adaptasi Ikan Melalui Sistem Reproduksi.....	123

4.5	Adaptasi Ikan Melalui Sistem Pernapasan .....	142
4.6	Adaptasi Ikan Melalui Mekanisme Osmoregulasi .....	147
	Rangkuman.....	151
	Daftar Pustaka .....	151
<b>BAB 5</b>	<b>PRINSIP DASAR EKOLOGI IKAN .....</b>	<b>155</b>
5.1	Prinsip-Prinsip Ekologi .....	155
5.2	Konsep Keanekaragaman dalam Ekologi .....	157
5.3	Rantai Makanan dan Tingkatan Trofik dalam Sistem Ekologi .....	162
5.4	Piramida Ekologi.....	164
5.5	Faktor Pembatas dalam Sistem Ekologi.....	165
5.6	Konsep Habitat dan Relung Ekologi ( <i>Niche</i> ).....	177
5.7	Penggantian Sifat dan Pembentukan Spesies .....	178
5.8	Karakteristik Populasi .....	179
5.9	Jam Biologi ( <i>Biological Clock</i> ).....	189
5.10	Karakteristik dan Kerentanan Kepunahan Spesies .....	190
5.11	Interaksi Antarspesies.....	197
5.12	Komunitas Biotik .....	201
5.13	Sistem Ekologi (Ekosistem).....	207
	Rangkuman.....	211
	Daftar Pustaka .....	212
<b>BAB 6</b>	<b>EKOLOGI IKAN PERAIRAN TAWAR.....</b>	<b>217</b>
6.1	Ekologi Ikan Perairan Lotik (Mengalir).....	217
6.2	Ekologi Ikan Perairan Lentik (Tenang/Tergenang).....	246
6.3	Ekologi Ikan Perairan Rawa Genangan .....	269
6.4	Ekologi Ikan Kawasan Karst (Ekosistem Spesifik Bukit Kapur) .....	275
6.5	Biodiversitas Ikan Perairan Tawar dan Validitas Informasi Ilmiahnya.....	282
	Rangkuman.....	284
	Daftar Pustaka .....	285
<b>BAB 7</b>	<b>EKOLOGI IKAN PERAIRAN PAYAU (ESTUARI) .....</b>	<b>295</b>
7.1	Karakteristik Perairan Estuari .....	295
7.2	Faktor Lingkungan Pembatas pada Perairan Estuari .....	296
7.3	Penggolongan Perairan Estuari .....	298
7.4	Pengelompokan Organisme Perairan Estuari.....	303
7.5	Biodiversitas Ikan Perairan Estuari.....	305

7.6	Hutan Mangrove (Ekosistem Spesifik di Kawasan Estuari) .....	316
	Rangkuman.....	332
	Daftar Pustaka .....	333
<b>BAB 8</b>	<b>EKOLOGI IKAN PERAIRAN LAUT.....</b>	<b>339</b>
8.1	Zonasi dan Karakteristik Lautan .....	339
8.2	Parameter Oseanografi .....	342
8.3	Perairan Neritik .....	348
8.4	Perairan Oseanik .....	402
8.5	Perairan Laut Dalam (Laut Jeluk).....	413
	Rangkuman.....	432
	Daftar Pustaka .....	433
<b>BAB 9</b>	<b>DEGRADASI STOK DAN UPAYA PELESTARIAN SUMBER DAYA HAYATI IKAN .....</b>	<b>449</b>
9.1	Penyebab Degradasi Stok Ikan .....	449
9.2	Upaya Pelestarian Sumber Daya Hayati Ikan .....	478
	Rangkuman.....	503
	Daftar Pustaka .....	503
<b>BAB 10</b>	<b>PENERAPAN PRINSIP-PRINSIP EKOLOGI DALAM PENGELOLAAN SUMBER DAYA HAYATI IKAN DAN LINGKUNGANNYA .....</b>	<b>513</b>
10.1.	Prinsip “Stabilitas Ekosistem” dalam Upaya Mitigasi Bencana Dampak Pemanasan Global dan Perubahan Iklim .....	514
10.2	Prinsip “Keseimbangan Ekologis” dalam Pengelolaan Perikanan Tangkap .....	521
10.3	Prinsip “Daya Dukung” dalam Pengembangan Perikanan Budi Daya.....	525
10.4	Prinsip “Keterpaduan Ekologis” dalam Pengelolaan Perairan Pesisir.....	531
10.5	Prinsip “Konektivitas” dalam Pengembangan Kawasan Konservasi Perairan .....	534
	Rangkuman.....	543
	Daftar Pustaka .....	543
	GLOSARIUM.....	549
	INDEKS .....	565
	TENTANG PENULIS.....	567



# Daftar Tabel

Tabel 2.1	Jumlah spesies, famili dan ordo ikan yang diakui di “Fishes of the World” menurut tahun publikasi .....	12
Tabel 2.2	Perbandingan tiga belas besar famili ikan dengan jumlah spesies terbanyak di Dunia dan Indonesia.....	13
Tabel 2.3	Jumlah famili dan spesies ikan termasuk spesies endemik yang tersebar di 23 pulau utama di Indonesia.....	17
Tabel 2.3	Jumlah famili dan spesies ikan termasuk spesies endemik yang tersebar di 23 pulau utama di Indonesia (lanjutan) .....	18
Tabel 2.4	Beberapa contoh spesies ikan endemik dan terancam keberadaannya di alam liar berdasarkan daftar merah ( <i>red list</i> ) dari International Union for Conservation of Nature (IUCN)	32
Tabel 2.5	Daftar spesies ikan air tawar di Indonesia yang telah dideskripsikan oleh Renny K. Hadiaty sampai dengan tahun 2016.....	43
Tabel 2.6	Daftar spesies ikan dari Papua, Indonesia, yang dideskripsikan oleh Kadarusman.....	47
Tabel 3.1	Contoh deskripsi 21 karakter <i>truss</i> morfometrik ikan gabus ( <i>Channa striata</i> ) .....	68
Tabel 4.1	Perbedaan struktur anatomis di antara ketiga kategori ikan...	99
Tabel 5.1	Faktor lingkungan pembatas yang optimal bagi beberapa jenis ikan .....	168
Tabel 5.2	Pola seleksi tipe “r” dan “K” kaitannya dengan siklus hidup ikan .....	186
Tabel 5.3	Kriteria nilai struktur komunitas .....	203
Tabel 6.1	Komposisi jenis ikan endemik di kompleks Danau Malili, Sulawesi Selatan.....	261
Tabel 7.1	Status ekologi beberapa spesies ikan yang hidup pada perairan estuari di Indonesia.....	309



Tabel 7.2	Ancaman aktivitas antropogenik dan dampak potensialnya terhadap ekosistem hutan mangrove beserta sumber daya hayati ikan yang berasosiasi di dalamnya .....	331
Tabel 8.1	Ancaman aktivitas antropogenik dan dampaknya pada ekosistem padang lamun beserta sumber daya hayati ikan yang berasosiasi di dalamnya.....	369
Tabel 8.2	Hubungan antara ukuran dan posisi mulut famili ikan Chaetodontide.....	379
Tabel 8.3	Ancaman aktivitas antropogenik dan dampaknya bagi ekosistem terumbu karang beserta sumber daya hayati ikan yang berasosiasi di dalamnya .....	395
Tabel 8.4	Ekologi trofik komunitas ikan pada perairan laut dalam.....	421
Tabel 9.1	Spesies ikan eksotik berpotensi invasif teridentifikasi di pulau Jawa dan Bali beserta asal geografisnya berdasarkan pendekatan <i>DNA barcoding</i> .....	462
Tabel 9.2	Contoh interaksi antara pemicu tekanan perubahan iklim yang diprediksi dan produksi ikan di perairan tropis dan perairan terumbu karang.....	476

# Daftar Gambar

Gambar 2.1.	Peta Indonesia terkini terkait sebaran ikan air tawar yang memuat 23 pulau dengan biogeografi provinsi dan wilayahnya, yaitu: 1. Bali, 2. Bangka, 3. Batam dan Bintan, 4. Belitung, 5. Buru, 6. Java, 7. Kalimantan, 8. Madura, 9. Natuna and Riau, 10. Sumatra, 11. Bacan, 12. Sulawesi, 13. Seram, 14. Flores, 15. Halmahera, 16. Timor-Indonesia, 17. Lombok, 18. Sumba, 19. Sumbawa, 20. Ternate, 21. Talaud, 22. Aru, 23. Papua-Indonesia.....	17
Gambar 2.2	Peringkat famili ikan air tawar berdasarkan jumlah spesies endemik ( <i>appendix</i> ). A, Indonesia; B, Paparan Sunda; C, Wallacea; D, Paparan Sahul .....	19
Gambar 2.3	Ikan-ikan simbolik air tawar khas Indonesia (Sumber: Hubert <i>et al.</i> , 2015) .....	21
Gambar 2.4	Beberapa spesies ikan khas paparan Sunda yang keberadaannya mulai teracam di alam liar.....	22
Gambar 2.5	Beberapa spesies baru ikan air tawar dari genus <i>Oryzias</i> , famili <i>Adrianichthyidae</i> di daratan Sulawesi .....	23
Gambar 2.6	Empat spesies ikan Pelangi Papua <i>Rainbowfish</i> ( <i>Melanotaeniidae</i> ) dengan tipe habitatnya pada perairan sungai-sungai kecil di kawasan karst Papua Barat-Indonesia .....	25
Gambar 2.7	Klasifikasi mayor ikan pelangi <i>rainbowfishes</i> ( <i>Melanotaeniidae</i> ) yang diidentifikasi menggunakan DNA <i>barcoding</i> dan distribusi geografisnya. (A) Pohon filogenetik dari 360 barcode COI dengan empat klade besar teridentifikasi. (B) Peta distribusi rentang klade ikan pelangi .....	26

Gambar 2.8	Ukiran pada dinding gua dan piramida yang menunjukkan ikan telah dimanfaatkan oleh manusia sebagai sumber pangan sejak zaman dahulu.....	37
Gambar 2.9	Aristoteles (384–332 SM) orang pertama yang mendeskripsikan ikan secara ilmiah.....	39
Gambar 2.10	Peter Artedi (1705–1735) yang dikenal sebagai bapak iktiologi .....	39
Gambar 2.11	Pieter Bleeker (1819–1878) tokoh besar iktiologi di Indonesia .....	42
Gambar 2.12	Renny K. Hadiaty, D.Sc., ahli taksonomi ikan dan kurator koleksi ikan di Museum Zoologicum Bogoriense, Bogor-Indonesia .....	43
Gambar 2.13	Kadarusman, ahli taksonomi ikan Indonesia dari Kementerian Kelautan dan Perikanan RI yang produktif mengeksplorasi dan mendeskripsikan spesies-spesies ikan di Papua.....	47
Gambar 3.1	Morfologi ikan teleostei tampak samping .....	56
Gambar 3.2	Morfologi ikan teleostei tampak dari bawah dan atas .....	56
Gambar 3.3	Struktur morfologi dan anatomi ikan bertulang sejati ( <i>osteichthyes</i> ).....	57
Gambar 3.4	Struktur morfologi dan anatomi ikan bertulang rawan ( <i>chondrichthyes</i> ) ikan hiu.....	57
Gambar 3.5	Struktur morfologi dan anatomi ikan bertulang rawan ( <i>chondrichthyes</i> ) ikan pari.....	58
Gambar 3.6	Bagian-bagian tubuh ikan secara morfologi .....	58
Gambar 3.7	Struktur anatomi kepala ikan .....	59
Gambar 3.8	Bentuk-bentuk mulut ikan.....	59
Gambar 3.9	Tipe mulut yang dapat disembulkan dan yang tidak dapat disembulkan .....	60
Gambar 3.10	Bagian sirip punggung pertama yang keras dan bagian kedua yang lunak (Sumber: Kuitert & Tono-zuka, 2001) ..	61
Gambar 3.11	Bentuk-bentuk sirip ekor (Sumber: Bugar <i>et al.</i> , 2009)...	61
Gambar 3.12	Contoh jenis ikan berdasarkan bentuk-bentuk sirip ekor.	62
Gambar 3.13	Bentuk-bentuk tubuh ikan. A. <i>Fusiform</i> ; B. <i>Compressed</i> ; C. <i>Depressed</i> ; D. <i>Anguilliform</i> ; E. <i>Filiform</i> ; F. <i>Taeniform</i> ; G. <i>Sagittiform</i> ; H. <i>Globiform</i> .....	63

Gambar 3.14	Bentuk-bentuk tubuh kombinasi. A. famili Pegasidae; B. famili Ostraciidae; C. famili Ictaluridae; D. famili Syngnathidae (kuda Laut) .....	65
Gambar 3.15	Contoh umum pengukuran morfometrik dan meristik pada tubuh ikan.....	66
Gambar 3.16	Contoh titik-titik <i>landmark</i> yang digunakan dalam analisis keragaman morfologi menggunakan metode <i>truss</i> morfometrik pada ikan gabus ( <i>Channa striata</i> ).....	68
Gambar 3.17	Unit Pengelolaan ikan terbang di Selat Makassar dan Laut Flores berdasarkan variasi morfomersitik.....	72
Gambar 3.18	Filogram kekerabatan spesies ikan pelangi papua (Melanotaeniia) berdasarkan analisis 650 nukleotida gen COI di wilayah Kepala Burung, Papua.....	75
Gambar 3.19	Dendrogram gen COI ikan-ikan introduksi potensial (•) <i>sequence</i> dari genbank .....	77
Gambar 4.1	Struktur kulit ikan .....	85
Gambar 4.2	<i>Lungfish</i> ( <i>Protopterus</i> sp.) yang menggunakan lendir untuk berlindung dalam lumpur selama musim kemarau .....	86
Gambar 4.3	Sisik kelompok ikan yang berbeda. Untuk masing-masing, sisik utuh (kiri) dan bagian-bagian sisik (kanan). (A) Elasmobranch, (B) Neoceratodus (Dipnoi), (C) Latimeria (Coelacanth), (D) Polypterus (Brachioterygii), (E) Lepisosteus (Holostei), (F) Teleostey (sisik Ctenoid-atas, Cycloid-bawah). G = ganoin, D = dentine, B = tulang ....	87
Gambar 4.4	Tipe sisik <i>placoid</i> dan bagian-bagiannya pada ikan hiu ..	88
Gambar 4.5	Tipe sisik <i>cosmoid</i> pada ikan famili Latimeriidae ( <i>Latimeria chalumnae</i> ) (Sumber: Burhanuddin, 2010)....	89
Gambar 4.6	Tipe sisik <i>ganoid</i> pada ikan famili Acipenseridae (sturgeons) .....	89
Gambar 4.7	(A) Tipe sisik <i>ctenoid</i> dan (B) sisik <i>cycloid</i> dengan bagian-bagiannya .....	90
Gambar 4.8	Bentuk pewarnaan terpecah pada ikan dari famili Chaetodontidae, yaitu <i>Forcipiger longirostris</i> (A) dan <i>Chelmon rostratus</i> (B) yang berupaya untuk mengaburkan bentuk aslinya.....	93
Gambar 4.9	Bentuk pemiripan warna ikan dengan latar belakang habitatnya: (A) <i>Pteroidichthys amboinensis</i> (Scorpainidae), (B) <i>Acreichthys radiates</i> (Monacanthidae), (C) <i>Pardachirus</i>	

	<i>pavoninus</i> (Soleidae), (D) <i>Solenostomus cyanopterus</i> (Solenostomidae).....	93
Gambar 4.10	Corak warna ikan karang ( <i>Scarus tricolor</i> ) famili Scaridae yang berbeda antara jantan dan betina (Sumber: Allen, 1999) (A), dan ikan hias air tawar <i>rainbowfish</i> ( <i>Melanotaenia boesemani</i> ) famili Melanotaeniidae antara jantan dan betina (B) .....	94
Gambar 4.11	Corak warna tubuh yang berbeda antara fase yuwana dan dewasa pada ikan famili Lutjanidae, <i>Macolor niger</i> (A) dan <i>Symphorichthys spilurus</i> (B) .....	94
Gambar 4.12	<i>Anglerfish</i> ( <i>Linophyrin corymbivera</i> ) ditemukan di Laut Sulawesi (pada kedalaman 4000 m), dilengkapi organ cahaya di atas mulutnya .....	96
Gambar 4.13	Kelenjar beracun pada beberapa jenis ikan: (A) ikan lepu ( <i>Pterois volitans</i> ), (B) ikan chimaera, (C) ikan baronang ( <i>Siganus canaliculatus</i> ), (D) ikan buntal ( <i>Arothron stellatus</i> ) .....	97
Gambar 4.14	Struktur umum Morfo-Anatomi ikan Teleostei yang menunjukkan alat pencernaannya .....	98
Gambar 4.15	Berbagai macam sungut ikan .....	100
Gambar 4.16	Posisi mulut sebagai bentuk adaptasi ikan .....	101
Gambar 4.17	Berbagai bentuk mulut ikan .....	101
Gambar 4.18	Topografi otak ikan secara umum .....	113
Gambar 4.19	Mata dan bagian-bagiannya .....	115
Gambar 4.20	Reaksi retina mata ikan akibat perubahan pencahayaan ..	116
Gambar 4.21	Pengaruh cahaya terhadap fisiologis dan tingkah laku ikan .....	118
Gambar 4.22	Bentuk hidung ikan dan bagiannya .....	118
Gambar 4.23	Sistem penciuman ( <i>olfactory</i> ) pada ikan.....	119
Gambar 4.24	(A) Penampang linea lateralis (gurat sisi) pada tubuh ikan yang menunjukkan distribusi dan persarafan reseptor <i>neuromast</i> , menyambungkan kanal ke lingkungan luar. (B) Setiap <i>neuromast</i> terdiri dari beberapa sel rambut sensorik, sel pendukung, dan stimulus sensoris neuron .....	122
Gambar 4.25	Letak telinga dalam pada ikan mas ( <i>Cyprinus carpio</i> ) ...	123
Gambar 4.26	Alat reproduksi jantan dan betina pada ikan .....	124
Gambar 4.27	Contoh dimorfisme seksual pada ikan, a). salmon ( <i>Oncorhynchus gorbuscha</i> ), b) Lemadang ( <i>Coryphaena</i>	

	<i>hippurus</i> ), c). <i>anglerfish</i> ( <i>Photocorynus spinicleps</i> ) jantan berukuran tubuh kecil dan menempel (parasit) pada ikan betinanya, d). munculnya “jerawat” pada ikan jantan misalnya pada spesies <i>Semotilus atromaculatus</i> .....	131
Gambar 4.28	Perbedaan ukuran <i>anglerfishes</i> jantan dan betina. Jantan berukuran 6,2 mm dari spesies <i>Photocorynus spiniceps</i> (Linophrynidae) (dilingkari), menempel pada daerah dorsal ikan betina berukuran 46 mm. Inset: ikan <i>Linophryne arborifera</i> (Linophrynidae) jantan berukuran 18 mm memiliki mata yang sangat besar dan <i>olfactory lamella</i> (penciuman) yang digunakan untuk mencari ikan betina .....	132
Gambar 4.29	Ikan <i>Gambusia affinis</i> betina (atas), tampak gonopodium (modifikasi sirip anal) pada jantan (bawah) (garis menunjukkan 1 cm) .....	133
Gambar 4.30	Kepala dan bagian depan tubuh <i>Phallostethus cuulong</i> . A) lateral sisi kiri kepala dan tubuh ikan jantan; B) lateral kanan kepala dan tubuh ikan jantan; C) lateral kepala dan tubuh ikan betina; D) sisi ventral kepala dan tubuh janta	133
Gambar 4.31	Dimorfisme seksual ikan rono ( <i>Adrianchthys oophorus</i> ); (a) rono betina dan jantan; (b) sirip dada ikan betina lebih panjang daripada sirip ikan jantan.....	134
Gambar 4.32	(A) Contoh dikromatisme seksual pada ikan karang famili Scaridae ( <i>Chlorurus bleekeri</i> ) (Sumber: Allen, 1999), dan (B) ikan pelangi papua <i>Rainbowfis</i> famili Melanotaeniidae <i>Melanotaenia ajamaruensis</i> .....	134
Gambar 4.33	(A) lengkungan insang ikan telostei , (B) bagian-bagian pada filamen insang (lamella) beserta proses aliran air dan darah (Sumber: diadaptasi dari Helfman <i>et al.</i> 2009) .....	143
Gambar 4.34	(A) Tampak lateral insang ikan lele ( <i>Clarias batrachus</i> ) menunjukkan alat pernapasan, membran pernapasan dari bilik suprabranchial, dan alat pernapasan tambahan ( <i>arborescent organ</i> ) yang memungkinkan ikan mengambil oksigen dari udara saat keluar dari air. (B) Penampakan bagian dalam tutup insang dari ikan Gurami ( <i>Osphronemus goramy</i> ) menunjukkan sebuah labirin sebagai alat pernapasan tambahan .....	145

Gambar 4.35	Gelembung gas pada ikan teleostei dengan posisi <i>duktus pneumatikus</i> sebagai penghubung masuknya udara dari kerongkongan ke gelembung gas .....	146
Gambar 4.36	Pola umum pergerakan air dan garam pada osmoregulasi ikan teleostei potadrom .....	148
Gambar 4.37	Pola umum pergerakan air dan garam pada osmoregulasi ikan teleostei oseanodrom .....	149
Gambar 5.1	Spektrum ekologi .....	157
Gambar 5.2	Contoh sederhana rantai makanan pada ekosistem perairan .....	163
Gambar 5.3	Contoh piramida ekologi.....	164
Gambar 5.4	Beberapa spesies ikan karang dari famili Chaetodontidae yang keberadaannya merupakan indikator kesehatan terumbu karang .....	167
Gambar 5.5	Distribusi dan kelimpahan ikan terkait toleransinya terhadap suhu perairan .....	171
Gambar 5.6	Kurva pertumbuhan eksponensial (bentuk huruf “J”) dan kurva pertumbuhan logistik (bentuk huruf “S”) .....	185
Gambar 5.7	Contoh piramida umur ikan bonti-bonti ( <i>Paratherina striata</i> ) di Danau Towuti, Sulawesi Selatan .....	188
Gambar 5.8	Ikan <i>pearl</i> ( <i>Encheliophis homei</i> ) yang menjadi parasit pada teripang (Holothuroidea).....	199
Gambar 5.9	Contoh interaksi ikan dari komensalisme dalam waktu lama dapat menjadi mutualisme.....	201
Gambar 6.1	Sungai dengan orde yang menentukan debit aliran sungai .....	218
Gambar 6.2	Zonasi sungai dan distribusi biota termasuk sumber daya hayati ikan pada setiap zonanya.....	220
Gambar 6.3	Struktur komunitas biotik penghuni perairan sungai tropis .....	221
Gambar 6.4	Model sederhana rantai makanan pada ekosistem perairan sungai di kawasan tropis .....	222
Gambar 6.5	<i>Rasbora aprotaenia</i> , jenis asli ikan S. Ciliwung yang dideskripsikan pada tahun 1954.....	227
Gambar 6.6	Tiga spesies yang dideskripsi dari Jawa dan dijumpai di Sungai Ciliwung dan Cisadane, yaitu <i>Glyptothorax platypogon</i> , <i>Hemibagrus nemurus</i> , dan <i>Nemacheilus chrysolaimos</i> .....	227

Gambar 6.7	Contoh ikan spesies baru yang telah teridentifikasi dan beberapa spesies lainnya yang perlu diteliti lebih lanjut dari kawasan perairan Teluk Arguni, Papua.....	228
Gambar 6.8	Empat spesies ikan yang dilindungi dan ditemukan di perairan Sungai Keroh: A. <i>Balantiocheilos melanopterus</i> , B. <i>Himantura signifier</i> , C. <i>Chitala lopis</i> , dan D. <i>Notopterus notopterus</i> .....	240
Gambar 6.9	Sukses proses penjernihan kembali sepanjang sungai dan sistem klasifikasi saprobik dengan indikator keberadaan sumber daya hayati ikan .....	242
Gambar 6.10	Ilustrasi penampakan perairan danau berdasarkan produksi materi organiknya dan hubungannya dengan keragaman komunitas biotik .....	248
Gambar 6.11	Jaring makanan komunitas ikan di Telaga Warna .....	251
Gambar 6.12	Contoh rantai makanan di perairan danau tropis.....	251
Gambar 6.13	Skema struktur jaring makanan di Danau Victoria, sebelum tahun 1980 (A) dan setelah tahun 1980 (B) .....	253
Gambar 6.14	Beberapa spesies ikan asli Sungai Cisadane: a. <i>Oxyeleotris marmorata</i> , b. <i>Parachela</i> sp, c. <i>Oryzias javanicus</i> , d. <i>Brachygobius cf. agregatus</i> , e. <i>Rasbora</i> sp., f. <i>Kottelatlimia cf. pristis</i> .....	256
Gambar 6.15	Beberapa spesies ikan asing yang dijumpai di DAS Cisadane: a. <i>Esomus cf. metallicus</i> ; b. <i>Amphi-lopheus labiatus</i> ; c. <i>Pterygoplichthys pardalis</i> ; d. <i>Oreochromis niloticus</i> .....	257
Gambar 6.16	Perkiraan interrelasi trofik komunitas ikan di perairan Waduk Wadaslintang, Wonosobo, Jawa Tengah .....	260
Gambar 6.17	Biodiversitas ikan pada lahan gambut cagar biosfer Bukit Batu, Riau.....	274
Gambar 6.18	Spesies ikan <i>Oxyeleotris colasi</i> jantan berukuran 40,6 mm SL (A: tampak dorsal; B: lateral, dan C: ventral), beserta tipe habitatnya pada Danau Sewiki dalam Gua Jabuenggara, Arguni Bawah, Kaimana, Papua Barat.....	280
Gambar 6.19	Peta sebaran jumlah spesies ikan di negara bagian Sabah, Malaysia (utara Pulau Kalimantan) berdasarkan kajian dari 68 hasil studi tentang biodiversitas iktiofauna air tawar di kawasan tersebut .....	283
Gambar 7.1	Tipe estuari berstratifikasi sempurna.....	299
Gambar 7.2	Tipe estuari berstratifikasi sedang .....	299



Gambar 7.3	Tipe estuari homogen vertikal atau campuran sempurna	300
Gambar 7.4	<i>Positive estuary</i> (estuaria positif).....	300
Gambar 7.5	<i>Negative estuary</i> (estuaria negatif) .....	301
Gambar 7.6	<i>Neutral estuary</i> (estuaria netral).....	301
Gambar 7.7	Contoh tipe estuari dengan profil hidrografis tercampur sempurna .....	302
Gambar 7.8	Distribusi biota pada perairan estuari.....	304
Gambar 7.9	Contoh distribusi ikan pada perairan estuari tropis di Afrika Barat. (A) Tipe estuaria normal dengan variabilitas hidrolis yang tinggi, sehingga suksesi fauna ikan air tawar dan laut bergantung musim. (B) Tipe negatif estuari di mana masukan air tawar sangat terbatas sehingga mengurangi kehadiran ikan air tawar dan meningkatkan kehadiran ikan laut .....	307
Gambar 7.10	Unit trofik umum kumpulan ikan di estuari Mae Klong antara bulan Desember 2005 dan November 2006. Anak panah tebal: jenis makanan utama, anak panah putus-putus: jenis makanan tambahan .....	316
Gambar 7.11	Contoh vegetasi mangrove mayor ( <i>Avicennia</i> , <i>Rhizophora</i> , <i>Bruguiera</i> , <i>Nypa</i> ) .....	317
Gambar 7.12	Diagram skematis interaksi ikan dengan nutrisi yang memengaruhi distribusi ikan pada perairan estuari.....	318
Gambar 7.13	Komponen rantai makanan pada ekosistem hutan mangrove yang berawal dari serasah dan menjadikannya sebagai habitat komunitas ikan .....	324
Gambar 7.14	Jaring makanan hipotetik komunitas ikan di Teluk Bintuni berdasarkan analisis isi lambung.....	325
Gambar 7.16	Manfaat ekosistem mangrove melalui rantai makanan bagi sumber daya hayati ikan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia .....	326
Gambar 7.15	Jejaring trofik ikan-ikan dominan secara umum di perairan Segara Menyan, Subang, Jawa Barat .....	326
Gambar 7.17	Kontribusi mangrove di Teluk Kayeli, Pulau Buru, Maluku, berupa sumber daya hayati ikan perairan pesisir (A–F), ikan pelagis perairan oseanik (P–S), dan ikan karang (T–U) yang memanfaatkan mangrove untuk aktivitas biologisnya .....	327

Gambar 7.18	Aktivitas antropogenik penyebab degradasi hutan mangrove dan terancamnya keberadaan sumber daya hayati ikan .....	330
Gambar 8.1	Zonasi lautan, secara horisontal maupun vertikal yang menggambarkan biomas, cahaya dan temperatur semakin menurun terhadap kedalaman perairan .....	341
Gambar 8.2	Variasi suhu secara vertikal berdasarkan kedalaman laut	343
Gambar 8.3	Hubungan temperatur, salinitas, dan densitas di lautan ...	344
Gambar 8.4	(A) Gambaran umum gaya tarik menarik antara bumi dan matahari yang menyebabkan terjadinya pasang purnama ( <i>spring tide</i> ) dan pasang perbani ( <i>neap tide</i> ) di perairan laut. (B) Gambaran umum level pasang surut yang memengaruhi distribusi organisme di kawasan litoral, termasuk ikan .....	345
Gambar 8.5	Asosiasi fauna pada ekosistem padang lamun .....	350
Gambar 8.6	Karakteristik habitat lamun di kawasan Indo-Pasifik .....	351
Gambar 8.7	Interaksi trofik dan nontrofik yang menyebabkan dua umpan balik yang saling terkait antara komunitas ikan dengan vegetasi lamun .....	354
Gambar 8.8	Model konseptual faktor yang memengaruhi komposisi jenis dan kelimpahan ikan di habitat padang lamun .....	355
Gambar 8.9	Bentuk jaring makanan pada ekosistem padang lamun ..	361
Gambar 8.10	Diagram hubungan trofik di dalam komunitas fauna pada ekosistem padang lamun perairan Teluk Banten.....	363
Gambar 8.11	Persentase kelompok makanan ikan dominan pada ekosistem padang lamun perairan Tanjung Tiram, Teluk Ambon Dalam .....	364
Gambar 8.12	Padang lamun yang terletak di antara mangrove dan terumbu karang sehingga memengaruhi distribusi dan kelimpahan ikan .....	365
Gambar 8.13	Berbagai aktivitas antropogenik penyebab kerusakan ekosistem padang lamun .....	368
Gambar 8.14	(A) Asosiasi alga <i>zooxanthellae</i> yang hidup dalam tubuh hewan karang (polip), (B) Proses fotosintesis <i>zooxanthellae</i> dengan hasil akhir tumpukan kapur $\text{CaCO}_3$ pembentuk terumbu.....	370
Gambar 8.15	Tingginya keragaman dan kelimpahan ikan karang karena fungsi terumbu karang sebagai sumber makanan, tempat reproduksi, dan perlindungan.....	373

Gambar 8.16	(A) Ikan-ikan pemakan koloni karang (omnivora), dan (B) ikan-ikan karang herbivora .....	378
Gambar 8.17	(A) Ikan-ikan yang hidup pada koloni karang tipe datar, dan (B) ikan-ikan yang hidup pada tipe karang bercabang.....	378
Gambar 8.18	Adaptasi komunitas ikan terumbu karang dengan mengatur penggunaan ruang dan waktu untuk mengurangi kompetisi .....	380
Gambar 8.19	Komposisi makanan komunitas ikan target yang ditemukan di perairan Teluk Saleh.....	382
Gambar 8.20	Hubungan trofik ikan terumbu karang .....	383
Gambar 8.21	Skema fungsional jaringan trofik terumbu karang Kaledonia Baru yang melibatkan ikan anguilliform sebagai predator. Aliran bahan organik utama dilambangkan secara kualitatif oleh anak panah. Aliran hipotetis yang diperkirakan (kotak putus-putus). .....	384
Gambar 8.22	Interaksi dan adaptasi ikan pada terumbu karang .....	386
Gambar 8.23	Aktivitas antropogenik penyebab degradasi terumbu karang dan penurunan kelimpahan dan keragaman jenis ikan.....	394
Gambar 8.24	Konektivitas antara ekosistem hutan mangrove, padang lamun, dan terumbu karang terkait distribusi ontogenetik ikan.....	399
Gambar 8.25	Kawasan dan fitur fisik lingkungan oseanik dan laut dalam dengan berbagai zonasi kedalaman, dengan representasi spesies ikan yang khas pada setiap lapisan perairan secara vertikal. Banyak spesies mesopelagis melakukan migrasi vertikal harian ke perairan dangkal di senja hari (jelang malam) dan kembali ke perairan yang lebih dalam saat jelang pagi. Total biomassa organisme hidup, ketersediaan cahaya, dan suhu menurun secara vertikal berdasarkan kedalaman perairan .....	403
Gambar 8.26	Ilustrasi contoh sederhana rantai makanan di berbagai perairan oseanik yang menempatkan ikan sebagai <i>top predator</i> .....	404
Gambar 8.27	Sebaran ikan tuna ( <i>Thunnus</i> ) yang tertangkap berdasarkan suhu dan kedalaman .....	406
Gambar 8.28	Skema ruaya vertikal harian ikan.....	407
Gambar 8.29	Beberapa spesies ikan perairan oseanik yang selalu bermigrasi jauh (oseanodrom) dan tersebar luas.....	408

Gambar 8.30	Representasi pola pergerakan vertikal ikan pelagis. Gambar ikan mewakili kedalaman rata-rata (siang dan malam) masing-masing spesies. Ikan berwarna abu-abu mewakili kedalaman di mana setiap spesies ikan menghabiskan 95% waktu di malam hari, dan ikan berwarna putih untuk pergerakan pada siang hari. Kelompok 1: Ikan yang menghabiskan sebagian besar waktunya di lapisan permukaan dengan suhu seragam. Kelompok 2: Ikan yang jarang melakukan pergerakan di bawah lapisan termoklin. Kelompok 3: Ikan yang sering melakukan pergerakan di bawah lapisan termoklin .....	412
Gambar 8.31	Bentuk adaptasi morfologi ikan laut dalam; memiliki ukuran mulut sangat besar dan menghasilkan organ cahaya ( <i>bioluminesens</i> ) sebagai alat pendeteksi .....	417
Gambar 8.32	Adaptasi trofik ikan laut dalam. Spesies ikan mesopelagik: (a) <i>Astronesthes gemmifer</i> , dengan struktur pemikat bioluminesensi; (b) <i>telescopefish (Gigantura chuni)</i> , dengan bukaan mulut yang fleksibel; (c) <i>Anoplogaster cornuta</i> , spesies ikan demersal bertipe generalis dengan gigi berukuran besar, (d) grenadier ( <i>Coryphaenoides armatus</i> ) yang terdistribusi secara global dan secara ontogenetik merupakan transisi dari pemakan krustasea hiperbentik/mikronektonivora ke pemakan bangkai fakultatif .....	419
Gambar 8.33	Pengamatan bangkai ikan bangkai hiu paus ( <i>Rhincodon typus</i> ) (A) dan Mobulid (B) yang dimanfaatkan oleh kelompok ikan <i>scavenger</i> dari famili Zoarcidae .....	420
Gambar 8.34	Diagram trofik yang menggambarkan berbagai sumber makanan untuk ikan dan sarikat makanan utama pada perairan laut dalam. Jalur trofik yang dijelaskan dengan baik termasuk tenggelamnya detritus dan gumpalan tinja, masukan terrigenous, dan migrasi vertikal harian (DVM) zooplanktivora dan beberapa mikronektonivora ke permukaan (epipelagis) pada malam hari.....	423
Gambar 8.35	Beberapa jenis ikan laut dalam dengan adaptasi morfologinya untuk dapat bertahan pada lingkungan yang ekstrem .....	424

Gambar 8.36	Berapa spesies ikan laut dalam yang mendominasi hasil tangkapan di perairan zona ekonomi eksklusif Indonesia Samudra Hindia.....	425
Gambar 8.37	Beberapa genera ikan laut dalam dari famili Macrouridae yang tertangkap di perairan zona ekonomi eksklusif Indonesia Samudra Hindia .....	426
Gambar 8.38	Beberapa genera ikan laut dalam famili Alepocephalidae yang tertangkap di perairan zona ekonomi eksklusif Indonesia Samudra Hindia .....	427
Gambar 8.39	Beberapa genera ikan laut dalam dari famili Ophidiidae yang tertangkap di perairan zona ekonomi eksklusif Indonesia Samudra Hindia .....	428
Gambar 8.40	Beberapa genera ikan laut dalam dari famili Myctophidae yang tertangkap di perairan Samudra Hindia.....	429
Gambar 8.41	Tiga jenis ikan bernilai ekonomis yang ditemukan di laut dalam perairan Sangihe dan Talaud, Sulawesi Utara .....	430
Gambar 8.42	A) Foto <i>in situ</i> <i>Pseudoliparis swirei</i> sp. nov. B) Mengelompok pada kedalaman 7.485 m. C) Foto sampel ikan. D) Radiograf.....	431
Gambar 9.1	Fenomena <i>fishing down food webs</i> . Gambar kiri menunjukkan secara diagramtik pengurangan tingkat trofik rata-rata perikanan yang dieksploitasi. Gambar kanan menggambarkan secara kualitatif; bar yang lebih panjang untuk tahun 1998 menunjukkan kontribusi lebih besar dari tingkat trofik yang lebih rendah terhadap komunitas biotik (ikan dan nonikan) secara keseluruhan	451
Gambar 9.2	Skema representasi penangkapan ikan yang berlebihan secara historis dan ekspansi perikanan. (a) Eksploitasi melalui jaring makanan (tingkat trofik pada sumbu y). (b) Sejarah eksploitasi ikan (skenario utama penangkapan ikan) dalam ruang dan waktu .....	452
Gambar 9.3	Contoh hasil tangkapan sampingan (HTS) dari <i>trawling</i> udang, termasuk ikan dalam berbagai ukuran, penyu, dan hewan lain dalam berbagai ukuran, yang dapat mengurangi mutu tangkapan udang .....	456
Gambar 9.4	Beberapa contoh spesies eksotik berpotensi invasif yang kehadirannya mengancam ikan-ikan asli ( <i>native species</i> ) di Indonesia .....	461

Gambar 9.5	Contoh spesies <i>flowerhorn cichlid</i> (ikan <i>lou han</i> ) (Gambar A), dan saat <i>flowerhorn cichlid</i> memakan telur ikan gobi endemik <i>Glossogobius matanensis</i> di Danau Matano. Telur diendapkan pada dinding karang batu berwarna kekuningan (panah kuning), kira-kira pada kedalaman 0,8 m dan dijaga oleh gobi jantan (panah) (Gambar B).....	464
Gambar 9.6	Prediksi dampak perubahan iklim pada ekosistem bentik laut dalam. Penglihatan konsep menunjukkan bagaimana perubahan suhu (A), oksigen (B), pH (C), dan aliran bahan organik partikulat (POC fluks) dapat mengubah sifat ekosistem spesifik dari ekosistem bentik laut dalam.....	475
Gambar 9.7	Diagram konseptual respons multi-level dari sistem alam laut dan manusia terhadap perubahan iklim. Tanda panah menunjukkan pendorong perubahan yang saling memengaruhi di berbagai level organisasi dalam sistem ekologi laut (dari komunitas plankton sampai trofik level tertinggi dalam rantai makanan laut) sampai kepada sistem sosial-ekonomi manusia yang memanfaatkan biota laut..	478
Gambar 9.8	Rehabilitasi mangrove, lamun, dan terumbu karang yang cukup sederhana yang dilakukan di Indonesia.....	484
Gambar 9.9	Contoh desain TED pada <i>trawl</i> (pukat udang).....	487
Gambar 9.10	Beberapa contoh ikan asli ( <i>native species</i> ) Indonesia yang perlu didomestifikasi dan berpotensi sebagai komoditas unggulan budidaya .....	488
Gambar 9.11	Fungsi kawasan perlindungan laut dari perspektif pengelolaan perikanan. Di dalam daerah cadangan (zona inti), jumlah, ukuran, dan umur ikan meningkat yang merupakan respons dari berkurangnya tekanan penangkapan. Hal ini menyebabkan peningkatan reproduksi dan ekspor ikan dewasa ( <i>spillover effect</i> ) dan larva ( <i>recruitment effect</i> ) ke daerah perikanan yang berdekatan ( <i>fishing area</i> ) .....	492
Gambar 9.12	Peta lokasi KKL Pulau Apo, Filipina, garis putus-putus menunjukkan jarak 200 m dari pulau dan catatan persentase penangkapan <i>Naso vlamingii</i> menggunakan <i>hook-and-line</i> pada tahun 2000/2001 yang bervariasi di sekitar pulau. (A) Biomassa <i>Naso vlamingii</i> di lokasi KKL (●) dan non-KKL yang ditangkap (○) di Pulau Apo dari	

	tahun 1983–2001 (KKL) dan 1985–2001 (non-KKL). (B) Biomassa pada lokasi non-KKL pada jarak yang berbeda dari batas KKL di awal (1985–1988) dan akhir (1990–2001).....	493
Gambar 9.13	Delapan alur ilustratif manfaat Kawasan Konservasi Laut (KKL) yang dapat mengurangi dampak sekaligus meningkatkan adaptasi terhadap perubahan iklim di lautan.....	494
Gambar 9.14	Tipe pemanenan atau <i>harvest type marine ranching</i> (kiri) dan tipe penerimaan atau <i>recruit type marine ranching</i> (kanan).....	501
Gambar 9.15	Contoh ilustratif pengembangan <i>marine ranching</i> di Jepang (Sumber: Fujiya, 1999) .....	502
Gambar 10.1	Bentuk adaptasi mangrove dengan sistem perakaran yang unik, yaitu akar udara ( <i>aerial roots</i> ) pada jenis <i>Rizophora</i> spp. (atas), dan akar napas ( <i>pneumatophore</i> ) pada jenis <i>Avicennia</i> sp. dan <i>Sonneratia alba</i> .....	516
Gambar 10.2	Trofik level pada perairan laut dan kaitannya dengan perikanan tangkap .....	523
Gambar 10.3	Skema keterkaitan antara kultivan ( <i>host</i> ), patogen dan lingkungan dalam budi daya perikanan.....	525
Gambar 10.4	Desain dan konstruksi tambak dengan sistem pembuangan air minimal dan resirkulasi tertutup .....	526
Gambar 10.5	Tambak berwawasan lingkungan dengan sistem tumpang sari ( <i>silvofishery</i> ) .....	527
Gambar 10.6	Kegiatan budi daya keramba jaring apung di Waduk Cirata yang dapat melewati daya dukung lingkungan jika aktivitas budi daya KJA berlebihan.....	529
Gambar 10.8	Ilustrasi aktivitas antropogenik secara langsung maupun tidak langsung di kawasan pesisir yang mengancam keberadaan terumbu karang .....	532
Gambar 10.9	Ilustrasi tiga habitat esensial dan potensial di perairan pesisir yang terkoneksi secara ekologi dan mendukung aktivitas bioekologi komunitas ikan.....	539
Gambar 10.10	Pulau Pombo, Maluku, sebagai salah satu kawasan konservasi pulau kecil di Indonesia .....	539
Gambar 10.11	Ilustrasi konektivitas jejaring kawasan konservasi sehingga mendukung aktivitas bioekologis ikan di kawasan pesisir dan pulau-pulau kecil .....	541