

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/350854169>

Konservasi Sumberdaya Perairan

Chapter · December 2020

CITATIONS

0

READS

2,730

8 authors, including:



Charles P. H. Simanjuntak

IPB University

105 PUBLICATIONS 511 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Fredinan Yulianda

IPB University

194 PUBLICATIONS 1,094 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

BUNGA RAMPAI

Ilmu Perikanan dan Kelautan



BUNGA RAMPAI

Ilmu Perikanan dan Kelautan

BUNGA RAMPAI
Ilmu Perikanan dan Kelautan

PT Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: penerbit.ipbpress@gmail.com

Penerbit IPB Press IPB PRESS ipb press www.ipbpress.com



Senat Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

BUNGA RAMPAI
Ilmu Perikanan dan Kelautan

BUNGA RAMPAI

Ilmu Perikanan dan Kelautan

Editor:

Prof. Dr. Ir. Dietrich G. Bengen, DAA, DEA

Prof. Dr. Ir. Mulyono S. Baskoro, M.Sc.



Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3,
Kota Bogor - Indonesia

C.01/12.2020

Judul Buku:

BUNGA RAMPAI
Ilmu Perikanan dan Kelautan

Editor:

Prof. Dr. Ir. Dietrich G. Bengen, DAA, DEA
Prof. Dr. Ir. Mulyono S. Baskoro, M.Sc.

Desain Sampul:

Dietrich G. Bengen

Penata Isi:

Sayyidah Fatchiyyah

Jumlah Halaman:

537 + 30 hal romawi

Edisi/Cetakan:

Cetakan 1, Desember 2020

PT Penerbit IPB Press

Anggota IKAPI
Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128
Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: penerbit.ipbpress@gmail.com
www.ipbpress.com

ISBN: 978-623-256-427-5

Dicetak oleh Percetakan IPB, Bogor - Indonesia
Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2020, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku
tanpa izin tertulis dari penerbit



SAMBUTAN DEKAN FPIK IPB UNIVERSITY

*“I believe that rocket scientists have it easy... The USA was able to put a man on the moon within a decade of setting that goal. Achieving biological and economically sustainable fisheries has proven more elusive.” (Hilborn, 2007. *Fish and Fisheries* 8; 285-296).*

Gratias Deo.....!! Alhamdulillah, dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT buku “**Bunga Rampai Ilmu Perikanan dan Kelautan**” ini diterbitkan. Secara substansial setidaknya ada 3 hal yang harus saya sampaikan untuk menyambut buku ini. **Pertama**, buku ini sudah lama dinantikan sebagai sebuah *benchmark* sekaligus reposisi dari khasanah keilmuan perikanan dan kelautan yang dihasilkan oleh para guru besar di lingkup Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. **Kedua**, buku ini juga diharapkan dapat menjadi buku referensi penting bagi Mata Kuliah Pengantar Ilmu Perikanan dan Kelautan khususnya yang digunakan sebagai bagian tidak terpisahkan dari Kurikulum 2020 (K2020) FPIK-IPB khususnya dan juga dapat digunakan oleh mahasiswa, dosen dan peneliti bidang ilmu perikanan dan kelautan pada umumnya. **Ketiga**, buku ini merupakan bentuk dari *passion* para guru besar untuk tetap menorehkan artikulasi keilmuan kepada generasi muda dalam bentuk warisan ilmu yang tentu saja bermanfaat bagi pengembangan keilmuan perikanan dan kelautan itu sendiri.



Semoga buku ini bermanfaat sebagaimana yang diharapkan.

Aamiin ya Allahumma Aamiin.

Bogor, November 2020

Luky Adrianto, PhD

Dekan FPIK-IPB 2015-2020



PENGANTAR EDITOR

Puji syukur dipanjatkan kehadlirat Tuhan Yang Maha Esa karena hanya atas limpahan rahmat dan karunia-Nya jua, sehingga buku “**Bunga Rampai Ilmu Perikanan dan Kelautan**” ini dapat tersusun. Buku ini merupakan sinopsis ragam pemikiran Guru Besar Senat Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB dalam ranah keilmuan perikanan dan kelautan. Buku yang terdiri atas 15 (lima belas) bab ini diharapkan tidak hanya dapat menjadi referensi bagi mahasiswa Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB khususnya, dan bagi mahasiswa bidang studi perikanan dan kelautan umumnya, tetapi juga bagi para pemangku kepentingan yang tertarik dan berkecimpung dalam bidang perikanan dan kelautan.

Dengan terbitnya buku ini tidak berarti semua informasi dan pembelajaran dalam keilmuan perikanan dan kelautan telah tercakup di dalamnya, namun disadari bahwa masih sangat diperlukan pengayaan agar dapat menjadi sumber pembelajaran yang inspiratif, inovatif dan berkesinambungan. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran perbaikan dan penyempurnaan bagi buku ini di masa mendatang.

Akhirnya kami menyampaikan terima kasih kepada semua penulis yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dekan dan para Wakil Dekan serta seluruh sivitas akademika Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB yang turut membantu



dalam penyelesaian buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat dalam upaya mendesiminasikan keilmuan perikanan dan kelautan, serta mewujudkan pembangunan perikanan dan kelautan secara berkelanjutan di Indonesia.

Bogor, November 2020

Editor

Prof. Dr. Ir. Dietrich G. Bengen, DAA, DEA

Prof. Dr. Ir. Mulyono S. Baskoro, M.Sc.



DAFTAR ISI

SAMBUTAN DEKAN FPIK IPB University.....	i
PENGANTAR EDITOR.....	iii
KONTRIBUTOR	xvii

TIPOLOGI LINGKUNGAN DAN EKOSISTEM PESISIR DAN LAUT

Dietrich G. Bengen dan I Wayan Nurjaya

PENDAHULUAN	1
» KARAKTERISTIK LINGKUNGAN PESISIR DAN LAUT	2
- GEOMORFOLOGI LINGKUNGAN PERAIRAN	2
- GELOMBANG	4
- ARUS.....	9
- KARAKTER KIMIAWI LINGKUNGAN PERAIRAN	14
» RAGAM EKOSISTEM PESISIR DAN LAUT'	24
- EKOSISTEM PANTAL.....	24
- EKOSISTEM ESTUARIA.....	26
- EKOSISTEM MANGROVE.....	31
- EKOSISTEM LAMUN.....	36
- EKOSISTEM TERUMBU KARANG	40
PENUTUP.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44

EKOLOGI SEBAGAI DASAR PENGELOLAAN SUMBER DAYA IKAN

Sulistiono, Ridwan Affandi, dan Dudi Mubammad Wildan



PENDAHULUAN	45
- PERAN SUMBER DAYA IKAN BAGI MASYARAKAT	45
- STATUS SUMBER DAYA IKAN	47
- ANCAMAN TERHADAP SUMBER DAYA IKAN	48
» PENGELOLAAN SUMBER DAYA IKAN SEBAGAI UPAYA MENJAGA KELESTARIAN DAN KEBERLANJUTAN PRODUKSI IKAN	49
- SASARAN PENGELOLAAN	49
- STRATEGI PENGELOLAAN	53
- ARAH PENGELOLAAN	55
» PENGELOLAAN SUMBER DAYA IKAN BERBASIS INFORMASI EKOLOGI	58
- DISTRIBUSI SPASIAL	58
- DAUR HIDUP	58
- MAKANAN	60
- PERTUMBUHAN	63
- REPRODUKSI	64
- DINAMIKA POPULASI	67
PENUTUP	71
DAFTAR PUSTAKA	72

KONSERVASI SUMBER DAYA PERAIRAN

M. Fadjar Rahardjo, Charles PH Simanjuntak, dan Fredinan Yulianda

PENDAHULUAN	75
» ANCAMAN KERUSAKAN SUMBER DAYA PERAIRAN	78
- PENCEMARAN	79
- REKAYASA DAN MODIFIKASI HABITAT	82
- PENANGKAPAN BERLEBIH, MERUSAK, DAN TIDAK RAMAH LINGKUNGAN	84
- SPESIES INVASIF	87
- PERUBAHAN IKLIM DAN PEMANASAN GLOBAL	88
» KONSERVASI	90
- KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN	92
- REHABILITASI DAN RESTORASI HABITAT	92
- PENANGKARAN	94
- PENEBARAN SPESIES	96
» PERAN PEMANGKU KEPENTINGAN	97

- MASYARAKAT	97
- PEMERINTAH	99
- PERGURUAN TINGGI	99
- LEMBAGA SWADAYA MASYARAKAT	99
DAFTAR PUSTAKA.....	100

EKOTOKSIKOLOGI BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN PADA EKOSISTEM PERAIRAN SERTA PENGELOLAANNYA

Etty Riani

PENDAHULUAN	107
» PENGERTIAN TOKSIKOLOGI.....	109
- TOKSISITAS	111
- EVALUASI BAHAN TOKSIK	112
» BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (B3)	113
- LOGAM BERAT	114
- MERKURI	116
- TIMBAL	118
- KADMIUM	121
- PESTISIDA	123
» POTENSI MASUKNYA B3 KE EKOSISTEM PERAIRAN.....	129
» DAMPAK B3 PADA EKOSISTEM PERAIRAN.....	131
» PENGELOLAAN BAHAN TOKSIK (B3)	136
DAFTAR PUSTAKA.....	138

DINAMIKA KARBON PADA EKOSISTEM MANGROVE

Rahman Rahman, Yusli Wardiatno, Fredinan Yulianda, Iman Rusmana, dan Dietrich G. Bengen

PENDAHULUAN	145
» STOK KARBON MANGROVE.....	147
» DEGRADASI STOK KARBON MANGROVE	149
» FLUKS GAS RUMAH KACA DI EKOSISTEM MANGROVE	153
- PEMBENTUKAN GAS CO_2 DI EKOSISTEM MANGROVE	153
- PEMBENTUKAN GAS CH_4 DI EKOSISTEM MANGROVE	155
- PEMBENTUKAN GAS N_2O DI EKOSISTEM MANGROVE	159

- KESEIMBANGAN KARBON DI EKOSISTEM MANGROVE	161
DAFTAR PUSTAKA.....	162

POTENSI DAN KARAKTERISTIK HASIL PERAIRAN SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI PANGAN DAN NON PANGAN

Nurjanah, Asadatun Abdullah, dan Mala Nurilmala

PENDAHULUAN	167
» TUNA SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI PANGAN DAN NON PANGAN.....	172
- PRODUKSI DAN POTENSI TUNA.....	172
- KOMPOSISI KIMIA IKAN TUNA	173
- STANDAR MUTU IKAN TUNA.....	175
- KEMUNDURUAN MUTU IKAN TUNA	176
- PEMANFAATAN TUNA SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI PANGAN DAN NON PANGAN	179
» KRUSTASEA SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI PANGAN DAN NON PANGAN.....	182
- POTENSI KRUSTASEA/UDANG SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI PANGAN DAN NON PANGAN	182
- KOMPOSISI KIMIA KRUSTASEA/UDANG.....	184
- STANDAR MUTU KRUSTASEA/UDANG	187
- KEMUNDURAN MUTU KRUSTASEA/UDANG	189
» RUMPUT LAUT SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI PANGAN DAN NON PANGAN.....	191
- PRODUKSI DAN POTENSI RUMPUT LAUT.....	192
- KOMPOSISI KIMIA DAN MANFAAT RUMPUT LAUT	194
DAFTAR PUSTAKA.....	200

KESEGARAN IKAN DAN UPAYA MEMPERTAHANKAN KESEGARANNYA SEBAGAI BAHAN BAKU INDUSTRI PANGAN

Tati Nurhayati, Mala Nurilmala, dan Asadatun Abdullah

PENDAHULUAN	207
- IKAN SEBAGAI BAHAN BAKU PANGAN	208
- PROPORSI TUBUH IKAN.....	209

» KOMPOSISI KIMIA IKAN	212
» TINGKAT KESEGERAN IKAN	217
» PERUBAHAN MUTU IKAN	221
» PERUBAHAN MUTU IKAN SECARA SENSORI	221
» PERUBAHAN MUTU IKAN SECARA KIMIA DAN BIOKIMIA.....	223
- PROSES AUTOLITIK	223
- PROSES OKSIDASI DAN HIDROLISIS LIPID	225
- PERUBAHAN pH	226
» PERUBAHAN MUTU IKAN SECARA MIKROBIOLOGI.....	227
» UPAYA MEMPERTAHANKAN MUTU IKAN	229
- PENGGUNAAN SUHU RENDAH	229
- PENGHAMBATAN KERJA ENZIM	235
DAFTAR PUSTAKA.....	236

PEMANFAATAN RUMPUT LAUT SEBAGAI BAHAN PANGAN DAN NON-PANGAN MELALUI TEKNOLOGI PENGOLAHAN TERINTEGRASI

Joko Santoso, Uju, Kustiariyah Tarman, dan Wahyu Ramadhan

PENDAHULUAN	243
» PEMANFAATAN RUMPUT LAUT DI BIDANG PANGAN ...	245
» PEMANFAATAN RUMPUT LAUT UNTUK	
» PRODUK KESEHATAN DAN KOSMETIK.....	250
» PEMANFAATAN RUMPUT LAUT SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN	252
» PEMANFAATAN RUMPUT LAUT DI BIDANG LAINNYA...	255
» KONSEP TEKNOLOGI PENGOLAHAN RUMPUT LAUT TERINTEGRASI	257
PENUTUP.....	259
DAFTAR PUSTAKA.....	259

PENGINDRAAN JAUH UNTUK PRODUKTIFITAS PRIMER LAUT

Setyo Budi Susilo

PENDAHULUAN	267
-------------------	-----

» PENGERTIAN DASAR	
PENGINDRAAN JAUH KELAUTAN	270
» SIFAT OPTIK LAUT DAN FITOPLANKTON.....	273
» ALGORITME PENDUGAAN	
KONSENTRASI KLOOROFIL LAUT.....	277
» HUBUNGAN ANTARA KONSENTRASI	
KLOOROFIL DENGAN PRODUKTIFITAS PRIMER	279
PENUTUP.....	285
DAFTAR PUSTAKA.....	286

TEKNOLOGI PENGINDRAAN JAUH UNTUK WILAYAH PESISIR DAN LAUT

Vincentius Siregar, Jonson Lumban Gaol, dan Syamsul B. Agus

PENDAHULUAN	289
» TEKNOLOGI PENGINDRAAN JAUH	291
- DEFINISI PENGINDRAAN JAUH.....	291
- KOMPONEN DASAR PENGINDRAAN JAUH.....	292
» BEBERAPA APLIKASI	
PENGINDRAAN JAUH DI WILAYAH PESISIR.....	308
- SENSOR SINAR TAMPAK (VISIBLE)	308
- SENSOR INFRA MERAH PANAS (THERMAL)	313
- SENSOR GELOMBANG MIKRO	316
» TEKNOLOGI PENGINDRAAN JAUH	
DENGAN WAHANA DRONE	318
- TEKNIK MAPPING MENGGUNAKAN DRONE.....	319
PENUTUP.....	321
DAFTAR PUSTAKA.....	323

INSTRUMENTASI AKUSTIK PERIKANAN DAN APLIKASINYA: ERA REVOLUSI INDUSTRI [RI] 1.0 SAMPAI 4.0

Indra Jaya

PERAN INSTRUMENTASI AKUSTIK DALAM PERIKANAN.....	331
» SISTEM MEKANIK.....	334
- INVENSI TRANSDUSER PIEZOELEKTRIK	335
- KERTAS PEREKAM JEJAK GEMA.....	336

» LISTRIK DAN TABUNG HAMPA	337
» ELEKTRONIK DAN SISTEM DIGITAL.....	340
» SISTEM SIBER-FISIK DAN OTONOM	343
» INSTRUMENTASI AKUSTIK PERIKANAN DI MASA DATANG.....	345
» DAFTAR PUSTAKA	346

TEKNOLOGI AKUSTIK BAWAH AIR UNTUK EKSPLORASI SUMBER DAYA KELAUTAN DAN PERIKANAN

Henry M. Manik

SEJARAH AKUSTIK BAWAH AIR.....	349
» PRINSIP TEKNOLOGI AKUSTIK BAWAH AIR	351
» TEKNOLOGI AKUSTIK UNTUK DETEKSI, KLASIFIKASI, DAN KUANTIFIKASI SUMBER DAYA IKAN	353
» PENERAPAN TEKNOLOGI AKUSTIK UNTUK OBSERVASI EKOSISTEM LAUT.....	362
- HAMBUR BALIK AKUSTIK PADA VEGETASI BAWAH AIR.....	364
» TEKNOLOGI AKUSTIK UNTUK PEMETAAN TEMPERATUR.....	365
» TEKNOLOGI AKUSTIK UNTUK DETEKSI DAN KLASIFIKASI DASAR LAUT	370
» TEKNOLOGI <i>ACOUSTIC</i> <i>DOPPLER CURRENT PROFILER</i>	371
» TEKNOLOGI KOMUNIKASI AKUSTIK BAWAH AIR.....	373
PENUTUP.....	374
DAFTAR PUSTAKA.....	374

SAINS DAN TEKNOLOGI PERIKANAN TANGKAP UNTUK PEMANFAATAN SUMBER DAYA IKAN BERKELANJUTAN

Ari Purbayanto, Tri Wiji Nurani, Yopi Novita, Am Azbas Taurusman, Prihatin Ika Wahyuningrum, dan Didin Komarudin

PENDAHULUAN	379
» SAINS DAN TEKNOLOGI KAPAL PERIKANAN	385

- DESAIN KAPAL.....	385
- TEKNOLOGI YANG MELENGKAPI	392
- KAPAL PERIKANAN DI ERA 4.0.....	395
» SAINS DAN TEKNOLOGI ALAT	
PENANGKAPAN IKAN RAMAH LINGKUNGAN	399
- PARADIGMA PEMANFAATAN SUMBER DAYA PERIKANAN.....	399
- PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PENANGKAPAN IKAN	401
- ALAT PENANGKAPAN IKAN RAMAH LINGKUNGAN	403
- TEKNOLOGI PENANGKAPAN IKAN PADA ERA 4.0.....	404
» SAINS DAN TEKNOLOGI	
DAERAH PENANGKAPAN IKAN.....	404
» SAINS DAN TEKNOLOGI	
SISTEM PERIKANAN TANGKAP	408
» DAMPAK PENANGKAPAN IKAN	
TERHADAP EKOSISTEM	412
- KONSEP DAMPAK PENANGKAPAN	414
- IKAN TARGET DAN NON TARGET TANGKAPAN	415
- HABITAT (LINGKUNGAN) SUMBER DAYA IKAN.....	415
- DEGRADASI STRUKTUR EKOSISTEM	417
- DEGRADASI FUNGSI EKOSISTEM.....	418
- BESARNYA DAMPAK PENANGKAPAN	420
- SOLUSI TEKNOLOGI DAN TINDAKAN MANAJEMEN.....	423
PENUTUP	424
DAFTAR PUSTAKA.....	426

TEKNOLOGI PENANGKAPAN IKAN DI INDONESIA

Mulyono S. Baskoro, Sugeng H. Wisudo, Sulaeman Martasuganda, Zulkarnain, Roza Yusrifandayani, M. Riyanto, dan M. Imron

PENDAHULUAN	431
» TEKNOLOGI PENANGKAPAN IKAN DI INDONESIA.....	433
- PUKAT HELA.....	433
- PUKAT CINCIN	436
- PUKAT TARIK.....	438
- JARING INSANG	440
- JARING ANGKAT	442
- PANCING	444
- PERANGKAP.....	448

- ALAT PENANGKAPAN IKAN LAINNYA.....	450
- RUMPON	452
PENUTUP.....	454
DAFTAR PUSTAKA	457

AKUAKULTUR MASA LALU, KINI DAN MASA DEPAN

Muhammad Agus, Suprayudi, Muhammad Zairin Junior, Dedi Jusadi, Sukenda, Widanarni, Iis Diatin, Kukuh Nirmala, Irzal Effendi, dan Tatag Budiardi

PENDAHULUAN	459
» AKUAKULTUR SEBAGAI	
PENYEDIA PANGAN DAN NON PANGAN.....	465
- IKAN SEBAGAI MAKANAN SEHAT	467
» TINGKAT KONSUMSI IKAN	470
» KEGIATAN DALAM AKUAKULTUR.....	474
- PEMBENIHAN.....	474
- PEMBESARAN	478
» KOMODITAS AKUAKULTUR	487
- IKAN KONSUMSI	487
- IKAN HIAS	495
» TEKNOLOGI PADA AKUAKULTUR.....	505
- REKAYASA DALAM AKUAKULTUR	505
» AKUAKULTUR BERKELANJUTAN	520
- PERAN MIKROBA DALAM AKUAKULTUR	
DAHULU, SEKARANG DAN MASA DEPAN	521
- MANAJEMEN MIKROBA DALAM AKUAKULTUR MASA DEPAN	526
DAFTAR PUSTAKA.....	528
INDEKS	533





KONTRIBUTOR

Abdullah, A. lahir di Bogor pada tanggal 05 April 1983. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Christian-Albrecht Universität zu Kiel*, Jerman pada tahun 2015. Penulis merupakan Dosen di Divisi Bahan Baku Hasil Perairan, Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Affandi, R. lahir pada tanggal 05 November 1954. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Université Pierre et Marie Curie – UPMC (Paris VI)* pada tahun 1986. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Fisiologi Hewan Air dan Fisiologi Ikan. Saat ini penulis adalah Dosen yang merangkap sebagai Sekretaris Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan (PS-SPD), Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Agus, S.B. lahir di Watampone pada tanggal 26 Juli 1972. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2012. Penulis merupakan Dosen di Divisi Inderaja dan SIG Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Baskoro, M.S. lahir di Semarang pada tanggal 03 Maret 1962. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Tokyo University of Marine Science and Technology*, Jepang pada tahun 2000. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang



Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Teknologi Penangkapan Ikan dan Tingkah Laku Ikan. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Kepala Divisi Teknologi Penangkapan Ikan, Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Bengen, D.G. lahir di Sorong, Papua pada tanggal 05 Januari 1959. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Institut National Polytechnique de Toulouse*, Prancis pada tahun 1992. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Ekologi dan Pengelolaan Pesisir dan Laut. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Kepala Divisi Hidrobiologi Laut, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Budiardi, T. lahir di Nganjuk pada tanggal 02 Oktober 1963. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2008. Penulis merupakan Dosen yang juga merangkap sebagai Kepala Divisi Teknik Produksi dan Manajemen Akuakultur, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Diatin, I. lahir di Bandung pada tanggal 08 September 1963. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2016. Penulis merupakan Dosen yang juga merangkap sebagai Sekretaris Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Effendi, I. lahir di Bogor pada tanggal 08 September 1963. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2016. Penulis merupakan Dosen di Divisi Teknik Produksi dan Manajemen Akuakultur, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Gaol, J.L. lahir di Tapanuli Utara pada tanggal 21 Juli 1966. Pendidikan

terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2003. Penulis merupakan Dosen di Divisi Inderaja dan SIG Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Imron, M. lahir di Tegal pada tanggal 13 Desember 1960. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2008. Penulis merupakan Dosen di Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Jaya, I. lahir di Palopo, Sulawesi Selatan, pada tanggal 10 April 1961. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *University of Delaware, Newark, DE, USA* pada tahun 1996. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Akustik dan Instrumentasi Kelautan. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Kepala Divisi Akustik dan Instrumentasi Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Junior, M.Z. lahir di Semarang pada tanggal 18 Februari 1959. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *The University of Tokyo*, Jepang pada tahun 1993. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Fisiologi Reproduksi dan Endokrinologi Hewan Air. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Kepala Divisi Reproduksi dan Genetika Organisme Akuatik, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Jusadi, D. lahir di Tasikmalaya pada tanggal 26 Oktober 1962. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Tokyo University of Marine Science and Technology*, Jepang pada tahun 1997. Penulis merupakan Dosen yang juga merangkap sebagai Kepala Divisi Nutrisi Ikan, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Komarudin, D. lahir di Sumedang pada tanggal 06 Februari 1986.

Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan tahun 2019 pada Program Studi Teknologi Perikanan Laut, Sekolah Pascasarjana, IPB University. Penulis merupakan Dosen di Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor. Bidang keahlian yang ditekuni adalah rancang bangun, modifikasi, dan bahan alat penangkapan ikan.

Manik, H.M. lahir di Medan pada tanggal 29 Desember 1970. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Tokyo University of Marine Science and Technology*, Jepang pada tahun 2006. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Akustik dan Instrumentasi Kelautan. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Ketua Program Studi Teknologi Kelautan (Magister dan Doktor) Sekolah Pascasarjana IPB, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Martasuganda, S. lahir di Tasikmalaya pada tanggal 10 November 1955. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Kagoshima University*, Jepang pada tahun 2000. Penulis merupakan Dosen di Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Nirmala, K. lahir di Tegal pada tanggal 25 Juni 1961. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Kyushu University*, Jepang pada tahun 1996. Penulis merupakan Dosen di Divisi Lingkungan Akuakultur, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Novita, Y. lahir di Jakarta pada tanggal 16 September 1971. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan pada tahun 2010 di Program Studi Teknologi Perikanan Tangkap Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor. Penulis merupakan Dosen bidang kapal perikanan, di Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Nurani, T.W. lahir di Kebumen, 24 Juni 1965. Pendidikan terakhir (S3)

diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2008. Pada tahun 2012 mengikuti *short course Public Information Campaign on Illegal Fishing Fellowship Program* di *University of Wollongong* dan tahun 2013 *Indonesian Leadership for Fisheries Management* di *University of Rhode Island*. Penulis merupakan Guru Besar di Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Nurhayati, T. lahir di Jakarta pada tanggal 07 Agustus 1970. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2006. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Teknologi Hasil Perikanan. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Kepala Divisi Bahan Baku Hasil Perairan di Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Nurilmala, M. Lahir di Labuan-Pandeglang pada tanggal 09 September 1973. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *The University of Tokyo*, Jepang, pada tahun 2013. Penulis merupakan Dosen pada Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Nurjanah Lahir di Lintau pada tanggal 13 Oktober 1959. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University Bogor, pada tahun 2010. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Nurjaya, I.W. lahir di Tabanan-Bali pada tanggal 01 Agustus 1964. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Tokyo University of Marine Science and Technology*, Jepang pada tahun 2001. Penulis merupakan Dosen yang juga merangkap sebagai Ketua Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Purbayanto, A. lahir di Kotagajah Lampung, 21 Januari 1966. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Tokyo University of Fisheries*, Tokyo Jepang pada tahun 2000. Pada tahun 2014-2018 mendapat penugasan Negara sebagai

Atase Pendidikan dan Kebudayaan (Atdikbud) Kedutaan Besar RI di Kuala Lumpur Malaysia. Aktif kembali sebagai Guru Besar IPB pada Maret 2019, kemudian pada Mei 2020 terpilih untuk duduk kembali sebagai Anggota Senat Akademik IPB. Penulis merupakan Guru Besar di Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Rahardjo, M.F. lahir di Blora pada tanggal 12 September 1950. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Institut National Polytechnique de Toulouse*, Prancis pada tahun 1987. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Iktiologi, Ekologi Ikan, dan Konservasi Sumber Daya Hayati Perairan. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Kepala Divisi Ekobiologi dan Konservasi Sumberdaya Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Rahman lahir di Pulau Maginti pada tanggal 02 Januari 1991. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor pada tahun 2020. Penulis merupakan Peneliti Muda di Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) IPB University yang dikenal sangat aktif melakukan riset terkait ekologi mangrove, terutama yang berhubungan dengan pengelolaan mangrove dan peranannya dalam mitigasi perubahan iklim.

Ramadhan W. lahir di Kendari pada tanggal 18 April 1988. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Kyushu University*, Jepang pada tahun 2020. Penulis merupakan Dosen di Divisi Teknologi Pengolahan Hasil Perairan, Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Riani, E. lahir di Kuningan pada tanggal 12 Agustus 1962. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2000. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Fisiologi Hewan Air, Ekotoksikologi,

Ekofisiologi Hewan Air dan Teratologi (Ekotoksikologi). Saat ini penulis adalah Dosen di Divisi Ekobiologi dan Konservasi Sumberdaya Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Riyanto, M. lahir di Tegal pada tanggal 25 Oktober 1982. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Tokyo University of Marine Science and Technology*, Jepang pada tahun 2015. Penulis merupakan Dosen yang juga merangkap sebagai Ketua Komisi Pendidikan, Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Rusmana, I. lahir di Tasikmalaya pada tanggal 20 Juli 1965. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *University of Essex*, England pada tahun 2003. Penulis merupakan Dosen di Divisi Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB University, Bogor.

Santoso, J. lahir di Wonogiri pada tanggal 22 September 1967. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Tokyo University of Fisheries*, Jepang pada tahun 2003. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Teknologi Pengolahan Hasil Perairan. Saat ini penulis adalah Dosen di Divisi Teknologi Pengolahan Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Selain itu, saat ini penulis juga merangkap sebagai Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kemahasiswaan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Simanjuntak, C.PH. lahir di Tarutung pada tanggal 04 Oktober 1977. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Kochi University*, Jepang pada tahun 2016. Penulis merupakan Dosen di Divisi Ekobiologi dan Konservasi Sumberdaya Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Siregar, V. lahir di Jakarta pada tanggal 03 November 1956. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Universite de Bretagne Occidentale BREST*, Prancis

pada tahun 1992. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Penginderaan Jauh Kelautan. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Kepala Divisi Penginderaan Jauh dan SIG Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Sukenda lahir di Indramayu pada tanggal 13 Oktober 1967. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *University of Tokyo*, Jepang pada tahun 1998. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Biosains Akuatik. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Kepala Divisi Kesehatan Organisme Akuatik, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Sulistiono lahir di Surabaya pada tanggal 12 Maret 1963. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Tokyo University of Marine Science and Technology*, Jepang pada tahun 1999. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Biologi Perikanan. Saat ini penulis adalah Dosen di Divisi Ekobiologi dan Konservasi Sumberdaya Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Suprayudi, M.A. lahir di Jakarta Pusat pada tanggal 12 Maret 1963. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Tokyo University of Marine Science and Technology*, Jepang pada tahun 2004. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Nutrisi Ikan. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Ketua Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Susilo, S.B. lahir di Solo pada tanggal 09 September 1958. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2003. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Penginderaan Jauh Kelautan. Saat ini penulis adalah Dosen di Divisi Penginderaan Jauh dan SIG Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu

Kelautan, IPB University, Bogor.

Taman, K. lahir di Malang pada tanggal 18 Agustus 1975. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Greifswald University*, Jerman pada tahun 2011. Penulis merupakan Dosen di Divisi Bioteknologi Hasil Perairan, Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor. Saat ini penulis juga sebagai Kepala Divisi Bioteknologi Kelautan, Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan (PKSPL) - Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) IPB University, Bogor.

Taurusman, A.A. lahir di Mukomuko Bengkulu pada tanggal 10 Mei 1973. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Christian-Albrecht Universitaet (CAU) zu Kiel*, Jerman pada tahun 2007 dalam bidang Ekologi Laut. Penulis merupakan Dosen pada Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Uju lahir di Haurgeulis pada tanggal 12 Juni 1973. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Kyushu University*, Jepang pada tahun 2013. Saat ini penulis adalah Dosen di Divisi Teknologi Pengolahan Hasil Perairan yang juga merangkap sebagai Ketua Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Wahyuningrum, P.I. lahir di Kebumen pada tanggal 13 Juni 1978. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan pada Program Studi Teknologi Kelautan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor. Penulis merupakan Dosen di Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University. Saat ini aktif sebagai komisi pendidikan di Program Studi Teknologi dan Manajemen Perikanan Tangkap. Selain itu juga aktif di *Fisheries Resource Center of Indonesia*.

Wardiatno, Y. lahir di Cirebon pada tanggal 28 Juli 1966. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Nagasaki University*, Jepang pada tahun 2002.

Penulis merupakan Guru Besar di Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, IPB University. Penulis dikenal sangat aktif menulis pada bidang ekologi perairan terutama terkait mangrove. Saat ini penulis adalah Dosen di Divisi Produktifitas dan Lingkungan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Widanarni lahir di Blitar pada tanggal 27 September 1967. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2004. Penulis merupakan Guru Besar dalam bidang Mikrobiologi, Probiotik, Prebiotik dan Sinbiotik dalam Budidaya Perairan. Saat ini penulis adalah Dosen yang juga merangkap sebagai Ketua Program Magister Ilmu Akuakultur, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Wildan, D.M. lahir di Karawang pada tanggal 20 April 1991. Pendidikan terakhir (S2) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2017. Penulis merupakan Dosen Muda di Divisi Ekobiologi dan Konservasi Sumberdaya Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Wisudo, S.H. lahir di Jakarta pada tanggal 20 September 1966. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di *Tokyo University of Marine Science and Technology*, Jepang pada tahun 2003. Penulis merupakan Dosen yang juga merangkap sebagai Ketua Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Yulianda, F. lahir di Jakarta pada tanggal 31 Juli 1963. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2003. Penulis merupakan Dosen yang juga merangkap sebagai Ketua Program Studi Doktor Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Yusfiandayani, R. lahir di Lampung pada tanggal 23 Agustus 1974. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2004. Penulis merupakan Dosen di Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.

Zulkarnain lahir di Jakarta pada tanggal 19 Mei 1963. Pendidikan terakhir (S3) diselesaikan di IPB University, Bogor pada tahun 2012. Penulis merupakan Dosen yang juga merangkap sebagai Ketua Komisi Kemahasiswaan dan Disiplin, Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor.





3 KONSERVASI SUMBER DAYA PERAIRAN

*M. Fadjar Rahardjo, Charles PH Simanjuntak,
dan Fredinan Yulianda*

PENDAHULUAN

AIR-kata yang begitu singkat hanya tersusun dari tiga huruf. Kata yang begitu simpel, tetapi maknanya sangat dalam dan menjadi pusat kehidupan di bumi. Betapa vitalnya air dalam kehidupan manusia dapat dicermati dari satu pepatah suku Indian di Amerika, yang menyatakan: *“Hanya bila pohon terakhir telah tumbang ditebang, hanya bila tetes air sungai terakhir telah tercemar, hanya bila ikan terakhir telah ditangkap, barulah kita sadar bahwa uang ditangan tidak dapat dimakan”*. Bila dilihat dari ruang angkasa bumi yang dihuni oleh manusia tampak membiru, karena 75% luas permukaannya tertutup oleh air. Adanya jumlah air yang begitu luar biasa banyaknya menjadikan bumi sebagai planet yang unik di antara planet-planet dalam sistem tata surya kita. Bumi merupakan satu-satunya planet yang menyangga kehidupan. Hanya di planet bumi, air dalam tiga bentuk: cair, uap, dan padat. Kehidupan tidak mungkin ada tanpa air.

Dari air yang tersedia di bumi sebagian besar volumenya (lebih dari 97%)



berada di laut dan terlalu asin untuk digunakan. Ini artinya bahwa hanya sangat kecil air tawar yang dapat dimanfaatkan untuk seluruh organisme, itupun sebagian besar terperangkap dalam salju (Tabel 3.1).

Tabel 3.1. Rincian persentase air di bumi

Lokasi	Persentase
Laut	97,410
Tutupan salju	1,984
Air tanah	0,592
Danau	0,007
Kelembaban tanah	0,005
Atmosfer (uap air)	0,001
Sungai	0,0001
Biota (organisme)	0,0001

Air berada dalam suatu daur melalui hidrosfer, atmosfer, dan tanah (geosfer) dari bumi dalam satu proses kompleks yang disebut daur air (daur hidrologis) (Gambar 3.1). Daur hidrologis menghasilkan satu keseimbangan air di tanah, laut, dan atmosfer. Melalui daur ini pasokan air tawar yang esensial bagi kehidupan terus diperbarui.

Perairan adalah satu area atau satu bentang alam yang berisikan kumpulan massa air. Massa air tersebut dapat berada dalam keadaan bergerak atau diam. Secara sederhana suatu perairan dapat dibedakan menjadi tiga tipe ekosistem berdasarkan salinitasnya. Ketiga ekosistem tersebut ialah:

1. Ekosistem perairan tawar dengan salinitas kurang dari 0,5
2. Ekosistem payau dengan salinitas berkisar 0,5-17
3. Ekosistem laut dengan salinitas berkisar 17-35

Komponen penyusun ekosistem perairan mencakup dua komponen, yaitu: (a) komponen hayati (biotik), yang terdiri atas produser, konsumen, dan saprotrofik; dan (b) komponen nirhayati (abiotik), yang terdiri atas bahan organik dan anorganik. Kedua komponen ini saling berinteraksi, dimana komponen yang satu memengaruhi komponen yang lain dan sebaliknya

The diagram illustrates the water cycle (daur air) with the following components and processes:

- Central Component:** Cadangan air di atmosfer (Atmospheric water reserve), represented by a starburst shape.
- Processes (Solid Arrows):**
 - Sublimasi:** From Salju to Cadangan air di atmosfer.
 - Presipitasi:** From Cadangan air di atmosfer to Salju, TANAH, DANAU, and SUNGAI.
 - Evapotranspirasi:** From SUNGAI to Cadangan air di atmosfer.
 - Kondensasi:** From Evaporasi to Cadangan air di atmosfer.
 - Evaporasi:** From LAUT to Kondensasi.
- Components (Boxes):**
 - Salju:** Snow, which can melt back into TANAH.
 - TANAH:** Land, which can lead to Air tanah (groundwater) or SUNGAI.
 - DANAU:** Lake, which can lead to SUNGAI.
 - SUNGAI:** River, which can lead to LAUT or back to TANAH.
 - LAUT:** Ocean, which leads to Evaporasi.
 - Air tanah:** Groundwater, which can lead to Mata air (spring).
 - Mata air:** Spring, which leads to SUNGAI.
- Interactions (Dashed Arrows):**
 - From TANAH to Salju.
 - From TANAH to Air tanah.
 - From Air tanah to Mata air.
 - From Mata air to SUNGAI.
 - From SUNGAI to TANAH.
 - From SUNGAI to LAUT.
 - From LAUT to SUNGAI.

Masalah keanekaragaman hayati telah menjadi wacana dalam masyarakat, terutama pada beberapa dasa warsa terakhir. Sejatinnya apa yang dimaksud dengan keanekaragaman hayati itu dan mengapa perlu dikonservasi? Sebelum lebih jauh dibahas, akan dikemukakan terlebih dahulu batasan (definisi) keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati adalah kekayaan hidup di

bumi, tumbuhan, hewan, mikroorganisme, genetika yang dikandungnya, dan ekosistem yang dibangunnya menjadi lingkungan hidup. Dengan demikian keanekaragaman hayati adalah keseluruhan gen, spesies dan ekosistem yang terdapat di dalam suatu wilayah.

Kian besar jumlah spesies kian besar pula keanekaragaman hayati. Melalui proses evolusi yang terus menerus, terbentuklah spesies baru (spesiasi). Sebaliknya, dengan terus menerus terjadi pula kepunahan spesies. Apabila laju terjadinya spesies baru lebih besar daripada laju kepunahan, maka jumlah spesies bertambah banyak. Keanekaragaman hayati pun kian naik. Bila hal sebaliknya yang terjadi, yaitu jumlah spesies berkurang manakala laju kepunahan lebih besar daripada laju terjadinya spesies baru, maka keanekaragaman hayati turun. Hal terakhir ini yang dikhawatirkan telah dan terus berlangsung dewasa ini.

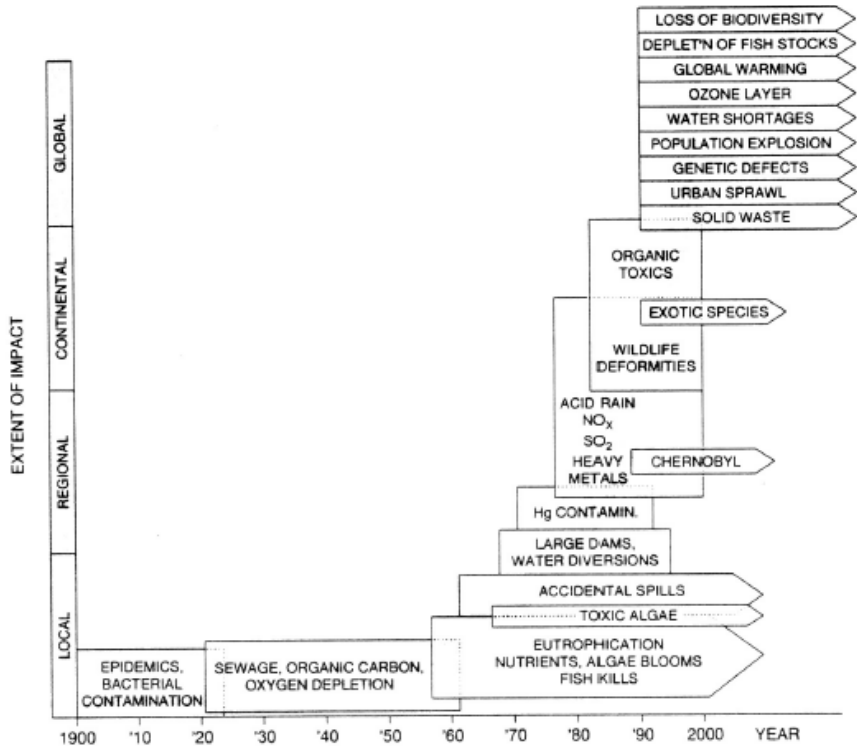
Telah disebutkan di atas bahwa keseimbangan antara dua komponen tersebut (biotik dan abiotik) perlu dijaga, sebab banyak hal yang dapat merusak keseimbangan tersebut. Kerusakan pada komponen nirhayati akan menyebabkan keanekaragaman hayati rusak dan bahkan beberapa anggotanya dapat punah. Konservasi menjadi jawaban untuk menjaga, melindungi, dan melestarikan kehidupan akuatik yang penting dalam menata keseimbangan alam dan mendukung ketersediaan sumber daya bagi generasi yang akan datang.

Tulisan ini diawali dengan uraian tentang kerusakan yang dapat terjadi pada ekosistem perairan dan faktor penyebabnya. Berikutnya adalah uraian tentang upaya konservasi terhadap keanekaragaman hayati dan lingkungannya (perairan) dan terakhir disampaikan siapa pemangku kepentingan dalam konservasi perairan dan apa perannya.

ANCAMAN KERUSAKAN SUMBER DAYA PERAIRAN

Dalam beberapa dasawarsa terakhir, berbagai kerusakan sumber daya perairan semakin meningkat secara logaritmik (Gambar 3.2). Sejak tahun

1970-an isu lingkungan semakin marak. Kerusakan yang dapat terjadi antara lain pencemaran, rekayasa dan modifikasi habitat, penangkapan lebih, spesies invasif, dan perubahan iklim. Dari kasus lokal sampai ke peristiwa global; dari limbah domestik sampai ke perubahan iklim. Isu terakhir yang sedang hangat ialah limbah mikroplastik. Berikut diuraikan beberapa ancaman kerusakan yang terjadi di perairan.



Gambar 3.2. Perkembangan masalah lingkungan di ekosistem perairan (Barica, 1995)

PENCEMARAN

Apakah pencemaran itu? Secara hukum berdasarkan Undang-undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dinyatakan bahwa pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau

dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Bila dinyatakan dengan sederhana dan terkait dengan perairan adalah sebagai berikut. Pencemaran adalah masuknya bahan atau energi oleh kegiatan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung ke lingkungan perairan yang mengakibatkan efek kerusakan seperti kerusakan terhadap sumber daya hayati, bahaya bagi kesehatan manusia, gangguan terhadap kegiatan di perairan termasuk perikanan, kerusakan mutu air, dan pengurangan terhadap kenyamanan. Definisi ini secara singkat menegaskan bahwa pencemaran diakibatkan oleh kegiatan manusia (antropogenik). Lebih spesifik lagi bagi perairan, pencemaran dapat terjadi di laut, sungai, maupun danau. Pencemaran minyak merupakan salah satu penyebab utama pencemaran laut yang dapat membahayakan ekosistem laut karena biota laut sangat rentan terhadap pencemaran minyak (Mukhtasor, 2007; Meinarni, 2016).

Dari sudut pandang penanggulangan pencemaran total (berdasarkan pendekatan ekosistem), adalah penting untuk mengenali dua tipe pencemaran. Kedua tipe pencemaran tersebut ialah cemaran yang dapat teruraikan secara biologis (*biodegradable pollutant*) dan cemaran yang tidak teruraikan (*nondegradable pollutant*). Cemaran yang dapat diuraikan adalah cemaran yang dapat dengan cepat didekomposisikan oleh proses alami atau dalam sistem rekayasa yang memperkaya kapasitas alam untuk mendekomposisi dan mendaur-ulang, misal limbah organik. Pencemaran jenis ini dapat ditangani secara teknik melalui kombinasi perlakuan biologik dan mekanik dalam satu wadah/tempat pembuangan sampah semi alami. Cemaran yang tak terurai mencakup material dan racun, seperti kaleng aluminium, senyawa merkuri, dan DDT (dichlorodiphenyl trichloroethane). Cemaran jenis ini tidak dapat diuraikan atau jika dapat, akan terurai dengan sangat lambat di lingkungan alami.

Beberapa cemaran yang tak teruraikan tidak hanya menumpuk atau

berakumulasi (*bioaccumulation*), tetapi sering berlipat biologik (*biomagnification*) ketika mereka bergerak dalam daur biogeokimiawi dan sepanjang rantai makanan. Juga, sering cemaran ini bergabung dengan senyawa lain dalam lingkungan yang menghasilkan toksin tambahan. Tabel 3.2 menunjukkan konsentrasi pestisida DDT di dalam air dan berbagai organisme di rawa payau *Long Island*, New York. Terlihat pada tabel ini, konsentrasi DDT kian bertambah dengan semakin bertambahnya jenjang trofik. Bandingkan ikan silverside minnow (0,23 ppm) dengan ikan pickerel (1,33 ppm)

Tabel 3.2. Residu DDT pada organisme di Long Island Clark (Laws, 2017)

Organisme	Residu DDT (ppm)
Air	0,0005
Plankton	0,04
Silverside minnow	0,23
Sheephead minnow	0,94
Pickerel (ikan predator)	1,33
Needlefish (ikan predator)	2,07
Heron (makan hewan kecil)	3,57
Ren (makan hewan kecil)	3,91
Herring gull (scavenger)	6,00
Fish hawk egg	13,8
Merganser (pemakan ikan)	22,8
Cormorant (pemakan ikan besar)	26,4

Keterangan: ppm (part per million = mg g^{-1})

Demikian juga kandungan dalam organ tubuh. Pada Tabel 3.3. diperlihatkan bahwa kandungan logam Hg dalam tubuh bervariasi menurut organnya.

Beberapa faktor penyebab pencemaran di perairan dapat dipertelakan sebagai berikut:

1. Penggundulan hutan di daerah hulu dan penambangan pasir di sungai menyebabkan erosi, kekeruhan, dan sedimentasi.

2. Kegiatan pertanian yang menggunakan pupuk kimiawi dan berbagai macam pestisida untuk intensifikasi pertanian. Residu bahan kimiawi ini akan masuk ke sungai dan ke laut.
3. Limbah rumah tangga. Sampah padat yang dibuang begitu saja di sungai yang menjadikan tumpukan dan menyumbat sungai. Tidak jarang di kota-kota besar sepanjang ke dua sisi sungai digunakan untuk mandi-cuci-kakus (MCK), misalnya sungai Ciliwung. Limbah padat ini dapat ditemukan dimana-mana, bahkan sering dibiarkan menumpuk terbuka di tanah lapang tak terpakai dan membusuk. Air lindi (cairan yang keluar dari timbunan sampah) mengalir melalui selokan-selokan ke sungai dan akhirnya ke laut.
4. Minyak dapat mencemari laut melalui dua cara, yakni (a) sebagai hasil pemeliharaan bangunan di laut dan pencucian kapal serta (b) akibat kecelakaan kapal tanker.
5. Industri membuang limbah ke sungai, selokan, sungai tanpa terlebih dahulu diolah.

Tabel 3.3. Kandungan Hg pada organ tubuh berbagai ikan (Łuczynska & Krupowski, 2009)

Spesies	Kandungan merkuri (mg/kg berat basah)		
	Otot	Hati	Insang
Bream, <i>Abramis brama</i>	0,077	0,027	0,005
Roach, <i>Rutilus rutilus</i>	0,101	0,040	0,029
Pike, <i>Esox lucius</i>	0,226	0,084	0,023
Flounder, <i>Platichthys flesus</i>	0,052	0,041	0,032
Mackerel, <i>Scomber scombrus</i>	0,052	0,065	0,034

REKAYASA DAN MODIFIKASI HABITAT

Rekayasa dan modifikasi habitat adalah kegiatan antropogenik yang membuat atau mengubah suatu lingkungan dengan tujuan tertentu. Kegiatan ini dapat menimbulkan kerusakan lingkungan. Pembangunan bendungan, kanalisasi, dan penyodetan sungai telah mengubah pola musiman aliran air. Pada sungai

yang dibendung, dampak utama adalah perubahan ekosistem lotik menjadi ekosistem lentic yang memengaruhi fauna air, termasuk ikan (Agostinho *et al.*, 2008). Selain itu, mode operasional bendungan menentukan variasi musiman penyimpanan air, fluktuasi ketinggian air, penangkapan dan pelepasan sedimen serta pola aliran hilir harian dan musiman (Schmutz & Moog, 2018). Pembendungan sungai untuk waduk menjadikan sungai terfragmentasi. Kondisi ini menghalangi ikan yang melakukan ruaya pemijahan dari sungai ke arah laut maupun sebaliknya, sehingga dapat memutus keberlanjutan populasi ikan tersebut. Selain itu, perubahan dari habitat mengalir menjadi habitat tergenang menciutkan keanekaragaman ikan riverin (sungai), dan sebaliknya menguntungkan bagi ikan lakustrin (danau) (Mims & Olden, 2013). McAllister *et al.*, (2001) memaparkan bagaimana dampak bendungan terhadap keanekaragaman hayati ikan air tawar dan biota lainnya pada banyak sungai di dunia. Sungai Pearl merupakan salah satu sungai yang terkena dampak akibat pembangunan bendungan. Konstruksi bendungan menyebabkan kelimpahan larva ikan di Sungai Pearl menurun (Shuai *et al.*, 2016). Jumlah spesies menurun dramatis selama 30 tahun terakhir yang mengarah pada peningkatan homogenitas komunitas di seluruh daerah aliran sungai (Zeng *et al.*, 2017). Bahiyah *et al.*, (2013) menambahkan bahwa Waduk Panglima Besar Soedirman telah mengakibatkan variasi genetik yang berbeda pada ikan brek (*Barbonymus balleroides*) yang mendiami bagian atas waduk dengan ikan brek yang mendiami bagian bawah waduk.

Kerusakan habitat spesifik seperti rusaknya daerah pemijahan, tempat ikan mencari makan, dan tempat asuhan dan pembesaran anak ikan merupakan permasalahan yang serius bagi kelestarian ikan. Kerusakan habitat tersebut sering disebabkan oleh antara lain erosi, reklamasi lahan, dan penambangan pasir dan batu kali. Sedimentasi karena erosi dan reklamasi lahan di pinggir perairan cenderung akan mempercepat pendangkalan perairan. Pendangkalan selain berakibat buruk terhadap sumber daya ikan juga akan mengakibatkan bencana banjir. Pendangkalan juga dapat disebabkan pertumbuhan gulma

air yang tak terkendali, misalnya perkembangan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) di Rawa Pening, Jawa Tengah dan Danau Limboto, Gorontalo. Selain pendangkalan, meningkatnya kekeruhan dan debit sungai yang sangat fluktuatif antara musim penghujan dan kemarau menambah panjang daftar keterancaman keanekaragaman hayati ikan di sungai akibat degradasi habitat (Sullivan & Watzin, 2010).

Dampak potensial antara lain ialah hilangnya habitat pemijahan dan habitat pencarian makan, meningkatnya erosi dan sedimentasi, meningkatnya nutrisi dan kontaminan, hilangnya vegetasi riparian untuk berlimbung dan kontrol suhu air, mengurangi masukan sampah ranting dan daun yang berfungsi sebagai pelindung dan makanan, perubahan aliran air, arus, dan kecepatan.

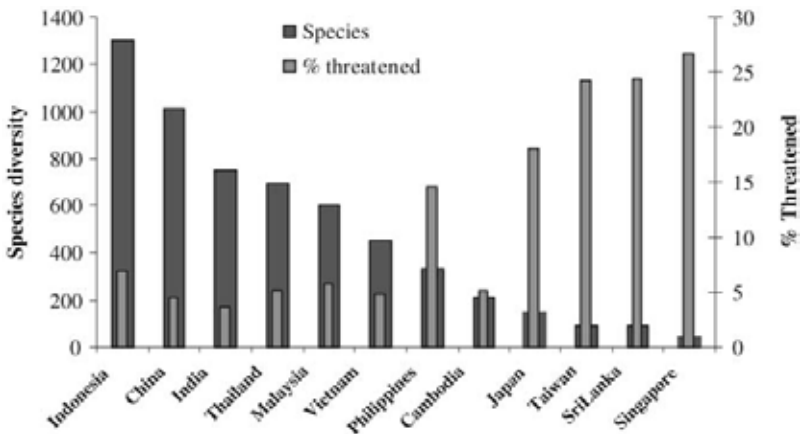
PENANGKAPAN BERLEBIH, MERUSAK, DAN TIDAK RAMAH LINGKUNGAN

Penangkapan ikan yang berlebihan terjadi apabila tingkat pengusahaannya lebih besar daripada tingkat pemanfaatan lestariannya. Penangkapan lebih telah menjadi pusat perhatian dan kepedulian (Allan *et al.*, 2005), karena merupakan faktor utama yang mengancam keanekaragaman hayati ikan (Dulvy *et al.*, 2000). Kegiatan penangkapan di perairan intensif mulai dari alat yang sederhana sampai dengan alat tangkap yang dapat menangkap ikan dalam jumlah banyak.

Nguyen & de Silva (2006) memperlihatkan jumlah spesies ikan yang terancam punah dibandingkan dengan total spesies di berbagai negara Asia (Gambar 3.3). Terlihat pada gambar tersebut di Indonesia jumlah spesies yang terancam punah mencapai sekitar 8%.

Alat Penangkapan Ikan (API) yang mengganggu dan merusak keberlanjutan sumber daya ikan merupakan API yang apabila dioperasikan akan menyebabkan kepunahan biota, mengakibatkan kehancuran habitat, dan membahayakan keselamatan pengguna. Definisi ini tertuang di dalam Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 71/Permen-KP/2016

pasal 21. API yang mengganggu dan merusak keberlanjutan sumber daya ikan terdiri atas beberapa jenis atau kelompok. Kelompok pertama adalah pukat tarik (*seine nets*) meliputi dogol (*danish seines*), *scottish seines*, *pair seines*, cantrang, dan lampara dasar. Kelompok kedua adalah pukat hela (*trawls*), meliputi pukat hela dasar (*bottom trawl*), pukat hela dasar berpaling (*beam trawl*), pukat hela dasar berpapan (*otter trawl*), pukat hela dasar dua kapal (*pair trawl*), *nephrops trawl*, pukat hela dasar udang (*shrimp trawl*), pukat udang, pukat hela pertengahan (*midwater trawl*), pukat hela pertengahan berpapan (*otter trawl*), pukat ikan, pukat hela pertengahan dua kapal (*pair trawl*), pukat hela pertengahan udang (*midwater shrimp trawls*), dan pukat hela kembar berpapan (*otter twin trawl*). Kelompok ketiga adalah jenis perangkap, meliputi perangkap ikan peloncat (*aerial traps*) dan muroami. Beberapa kegiatan penangkapan membahayakan lingkungan dan keberlanjutan populasi ikan seperti racun, bahan peledak, dan setrum. Racun dan setrum efektif dalam menangkap ikan, namun yang terjadi bukan saja ikan sasaran yang tertangkap; ikan jenis lain dan anak ikan yang bukan sasaran ikut tertangkap. Penggunaan bom sangat merusak; semua ikan dari segala ukuran mati, habitat ikan juga hancur.



Gambar 3.3. Jumlah spesies ikan yang terancam punah di berbagai negara Asia yang dinyatakan dalam persen (Nguyen & de Silva, 2006)

Aktifitas penangkapan ikan dengan cara yang merusak atau yang umum dikenal dengan istilah *destructive fishing practices* (DFP) merupakan salah satu ancaman utama terhadap sumber daya ikan. DFP didefinisikan sebagai segala jenis dan praktik atau metode penangkapan ikan yang merusak atau bahkan menghancurkan habitat ikan (Pet-Soede & Erdmann, 1998). Penangkapan yang merusak menurut Kepmen-KP No. 114 tahun 2019 tentang Rencana Aksi Nasional Pengawasan dan Penanggulangan Kegiatan Penangkapan Ikan yang Merusak Tahun 2019-2023 adalah kegiatan penangkapan ikan dengan menggunakan bahan, alat, atau cara yang merusak sumber daya ikan maupun lingkungannya, seperti menggunakan bahan peledak, bahan beracun, setrum, dan alat penangkapan ikan lainnya yang tidak ramah lingkungan. Metode penangkapan yang merusak dikelompokkan berdasarkan tingkat dampak kerusakan terhadap lingkungan yakni (i) pengeboman; (ii) racun modern seperti sianida, pemutih, pestisida; (iii) kegiatan yang merusak secara fisik seperti penggiringan ikan di terumbu karang dan penghancuran karang secara manual; (iv) racun tradisional yakni bahan kimiawi dari tumbuhan atau hewan yang digunakan untuk membius atau membunuh ikan.

Penangkapan ikan hias di terumbu karang sering dilakukan dengan menggunakan sianida untuk membuat ikan tidak mampu berenang. Penggunaannya yang sering terlalu banyak mengakibatkan ikan sasaran dan bukan sasaran mati karena lewat takaran (*overdoses*) (Cervino *et al.*, 2003). Penggunaan sianida untuk menangkap ikan hias di terumbu karang efektif tetapi sangat merusak. Cara penangkapan seperti ini masih sering dilakukan oleh sebagian masyarakat, tanpa menyadari akan dampak lanjutannya.

Alat penangkapan ikan yang ramah lingkungan adalah alat penangkapan ikan yang tidak memberikan dampak buruk terhadap sumber daya dan lingkungan perairan. Alat tangkap ramah lingkungan tersebut memiliki kriteria tidak merusak dasar perairan, tidak menyebabkan pencemaran, tidak menangkap yuwana atau ikan-ikan muda, tidak menghasilkan hasil tangkapan sampingan (*by catch*) atau alat tangkap tersebut bersifat selektif,

tidak membahayakan kelestarian target tangkapan, dan tidak membahayakan keanekaragaman hayati ikan (FAO, 1995; Arimoto *et al.*, 1999).



Gambar 3.4. Penangkapan ikan dengan menggunakan bom di daerah terumbu karang (Sumber: Erdmann *et al.*, 2000)

SPESES INVASIF

Salah satu problem lingkungan dewasa ini adalah masuknya spesies asing (*alien species*) ke suatu perairan. Spesies asing adalah spesies yang berasal dari luar perairan yang masuk ke dalam suatu perairan, dimana sebelumnya spesies tersebut tidak ada di situ. Banyak faktor yang menjadi penyebabnya antara lain introduksi (Welcomme, 1988; Kerr & Grant, 2000; Englund 2002; Gozlan, 2008), terlepasnya spesies dari wadah budi daya (Cook *et al.*, 2008; Arthur *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2016), dan air penyeimbang -water ballast (Galil, 2000; David *et al.*, 2019)

Spesies asing dapat tumbuh dan berkembang di habitat barunya karena dua faktor. Pertama, tidak ada spesies asli yang menjadi pesaing dalam mendapatkan makanan atau pun ruang di perairan tersebut. Bila ada, spesies asli tersebut kalah bersaing. Kedua, tidak ada spesies asli (musuh alami) yang menjadi pemangsa yang dapat menahan laju perkembangan mereka. Berbeda halnya dengan di habitat aslinya, secara ekologis spesies tersebut

tentu mempunyai predator pengendali alami (pemangsa atau parasit dan penyakit), sehingga perkembangannya terkendali. Matthews & Matthews (2011) mencontohkan ikan *Gambusia affinis* adalah ikan air tawar yang invasif dan destruktif yang tersebar luas di berbagai perairan. Namun demikian, di tempat asalnya ikan ini hidup bersama dengan banyak spesies ikan lainnya dalam suatu ragam habitat yang luas tanpa berbahaya.

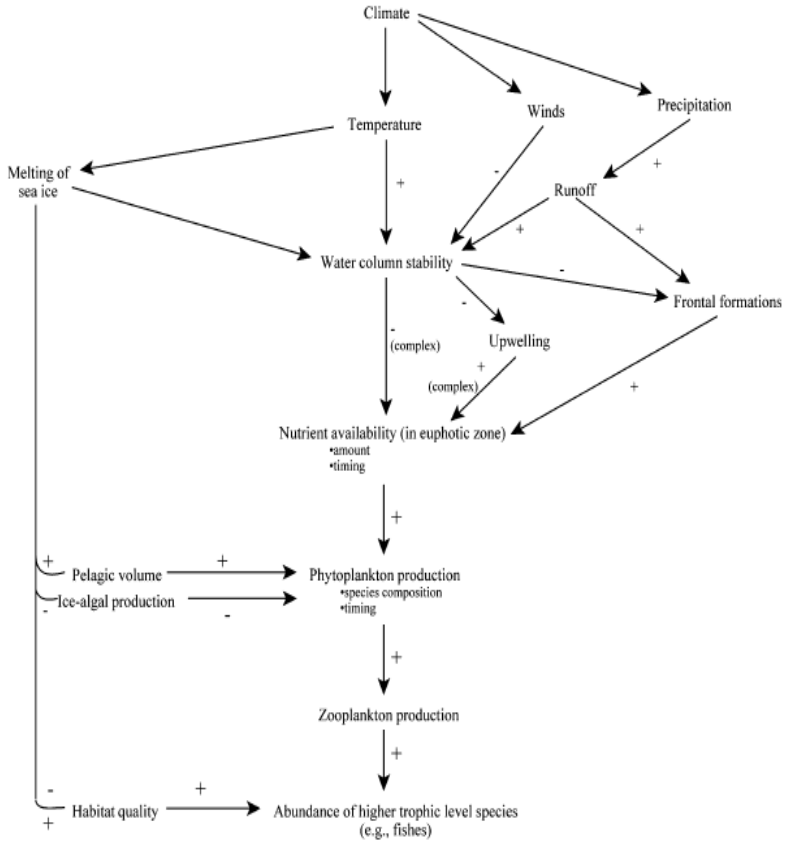
Terbebas dari pemangsa dan pesaing, spesies asing menjadi mapan (*establish*), tumbuh, dan berkembang sangat cepat di habitat baru mereka. Kejadian ini seringkali mengubah komposisi spesies dan struktur komunitas spesies, mendominasi, dan menyingkirkan spesies asli (La Porta *et al.*, 2010). Mereka mengambil alih kedudukan spesies asli (yang menjurus ke penurunan dan kepunahan) dan menjadi pengganggu yang memakan biaya. Spesies ini akan menimbulkan dampak biologis, sosio-ekonomi, dan mengancam kesehatan masyarakat. Spesies yang menimbulkan salah satu dari tiga dampak negatif tersebut dinamakan spesies invasif.

Secara umum spesies invasif dapat disebut sebagai “pencemar biologis” yang mengakibatkan kehilangan besar keanekaragaman hayati dan pergantian habitat di seluruh dunia. Invasi biologis menjadi elemen global perubahan lingkungan dan menjadi salah satu masalah utama dewasa ini yang menjurus kepada penyeragaman hayati (*biotic homogenization*) fauna regional terutama fauna perairan tawar (Rahel, 2007; Villéger *et al.*, 2011). Lebih jauh Villéger *et al.* (2011) menjelaskan bahwa penyeragaman fauna ikan air tawar meskipun dalam skala global masih rendah (0,5%), namun mencapai tingkat substansial (10%) pada beberapa daerah aliran sungai yang sangat terinvasi spesies asing di mintakat Neartik dan Palearktik.

PERUBAHAN IKLIM DAN PEMANASAN GLOBAL

Perubahan iklim adalah suatu fenomena yang telah menjadi keniscayaan dan tak dapat dihindari. *Intergovernmental Panel on Climate Change* memproyeksikan suhu atmosfer akan naik antara 1,8-4,0 °C. Emisi gas rumah kaca

akibat kegiatan manusia menjadikan bumi kian panas. Perubahan iklim menampakkan diri dalam bentuk kenaikan suhu perairan, perubahan curah hujan dan ketersediaan air, peningkatan frekuensi dan intensitas badai, dan lain-lain.



Gambar 3.5. Efek iklim pada proses oseanografik dan produksi. Tanda + dan - menunjukkan korelasi antara dua faktor (Roessig *et al.*, 2004)

Perubahan yang nyata muncul adalah peningkatan suhu air, yang akan mendorong terjadinya perubahan kecepatan reaksi kimiawi di dalam air. Selain itu, suhu yang berubah akan mengubah pula konsentrasi ion, gas

terlarut, dan bahan organik. Dengan demikian dapat dikatakan secara keseluruhan akan terjadi perubahan dalam kualitas air. Perubahan dalam kuantitas dan kualitas air ini akan mengubah komposisi biologis, produksi, dan fungsi lingkungan perairan (Fleming & Jensen, 2002).

Perubahan iklim berdampak pada produksi perikanan baik perikanan tangkap maupun perikanan budi daya (Roessig *et al.*, 2004; Cochrane *et al.*, 2009). Perairan laut dan estuari yang menghangat (efeknya perubahan dalam gas terlarut, pH, dan salinitas) akan memengaruhi spesies ikan dan tahap kehidupannya. Ikan sebagai hewan ektotermal terkait erat dengan lingkungannya. Perubahan signifikan dalam laut akan memberikan dampak langsung dan tidak langsung pada individu, populasi, dan komunitas ikan (Gambar 3.5). Perubahan iklim mengakibatkan pemutihan karang (*coral bleaching*) (Baker *et al.*, 2008), yang kemudian diikuti oleh perubahan keragaman ikan dan fungsi kumpulan ikan (Pratchett *et al.*, 2011).

KONSERVASI

Di bagian depan telah dikemukakan secara panjang lebar tentang sumber daya perairan yang mencakup ekosistem perairan dan keanekaragaman hayatinya serta manfaat dan keterancamannya. Ancaman akan kerusakan perairan dan kepunahan biota akuatik belum sepenuhnya disadari dan dipahami oleh banyak kalangan. Seringkali terjadi orang baru tersadar ketika segalanya sudah terlambat karena kekayaan plasma nutfah telah hilang. Pertanyaan yang mengemuka adalah apa tindakan yang perlu dilakukan agar berbagai ancaman yang dikemukakan dalam “**Ancaman Kerusakan Sumber Daya Perairan**” tidak terwujud atau penurunan keanekaragaman hayati dapat dicegah. Jawabannya adalah diperlukan tindakan konservasi. Namun konservasi tidak boleh dimaknai hanya sekedar menjaga spesies tidak punah, melainkan juga menjaga perairan tetap baik sebagai habitatnya.

Apakah konservasi itu? Pada hakekatnya konservasi sumber daya adalah upaya untuk melindungi, melestarikan, dan memanfaatkan sumber

daya perairan. Dalam praksisnya, konservasi sumber daya perairan dapat dilakukan melalui dua cara yaitu konservasi *in situ* dan konservasi *ex situ*. Konservasi *in situ* adalah upaya konservasi yang dilakukan di suatu ekosistem perairan yang mencakup biota dan lingkungannya. Ini merupakan bentuk konservasi yang terbaik mengingat satu populasi organisme tidak dapat hidup sendiri. Suatu spesies memerlukan interaksi dengan spesies lain dan lingkungannya. Konservasi *ex situ* adalah upaya konservasi suatu spesies yang dilaksanakan di luar habitat aslinya. Upaya ini jelas tidaklah mudah. Banyak spesies yang bila dibawa keluar dari habitat aslinya tidak mampu atau sulit beradaptasi dengan lingkungan barunya. Upaya yang perlu dilakukan ialah menempatkan spesies tersebut pada lingkungan perairan yang mirip dengan lingkungan habitat aslinya dan menyediakan menu alami sesuai dengan jenis makanan dan kebiasaan makannya. Kedua cara konservasi tersebut (*ex situ* dan *in situ*) saling melengkapi. Pelaksanaan konservasi baik *ex situ* maupun *in situ* suatu spesies ikan memerlukan pengetahuan yang cukup rinci dan menyeluruh tentang aspek ekobiologi spesies tersebut dan lingkungannya sebagai pertimbangan agar dapat mencapai hasil sesuai dengan tujuan yang ditetapkan.

Yang perlu diperhatikan dalam konservasi adalah resistansi (*resistance*) dan resiliensi (*resilience*) suatu ekosistem. Resistansi adalah kemampuan suatu ekosistem untuk tetap bertahan tidak berubah ketika mengalami gangguan. Kemampuan resistansi tiap ekosistem tidak sama. Resiliensi adalah kemampuan dan laju ekosistem untuk pulih dari gangguan dan kembali ke kondisi semula (Whitford *et al.*, 1999; Nyström & Folke, 2001). Ukuran seberapa jauh perubahan suatu ekosistem dari keadaan semula dan kembali normal disebut amplitudo. Resistansi dan resiliensi merupakan faktor penentu stabilitas suatu ekosistem. Dua faktor ini juga berkaitan dengan komunitas, populasi, dan individu.

Upaya atau tindakan apa yang dapat dikelompokkan sebagai tindakan konservasi? Upaya konservasi mencakup kawasan konservasi, rehabilitasi

dan restorasi habitat, penangkaran, dan penebaran spesies yang terancam punah.

KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN

Kawasan konservasi perairan adalah kawasan perairan yang dilindungi, dikelola dengan sistem zonasi, untuk mewujudkan pengelolaan sumber daya ikan dan lingkungannya secara berkelanjutan (Peraturan Pemerintah No. 60 Tahun 2007 tentang Konservasi Sumber Daya Ikan). Kawasan ini mencakup taman nasional perairan, suaka alam perairan, dan taman wisata perairan.

Suaka Perikanan adalah kawasan perairan tertentu, baik air tawar, payau, maupun laut dengan kondisi dan ciri tertentu sebagai tempat berlindung/ berkembang biak jenis sumber daya ikan tertentu, yang berfungsi sebagai daerah perlindungan.

REHABILITASI DAN RESTORASI HABITAT

Kegiatan ini bertujuan menjadikan suatu perairan sebagai habitat yang nyaman bagi ikan, yang memberikan kesempatan dalam pemijahan atau pun menyediakan sumber makanan yang dapat mendukung pertumbuhan. Termasuk dalam kegiatan ini antara lain rehabilitasi tepian sungai, rehabilitasi terumbu karang, dan pembuatan jalan ikan.

Beberapa kegiatan ditengarai telah mengubah dan bahkan meniadakan struktur vegetasi riparian yang merupakan tempat pemijahan dan pembesaran bagi banyak ikan. Hilangnya tumbuhan riparian dan tumbuhan mengapung yang sering dipakai juga untuk berlindung atau pun pemijahan sangat merugikan ikan. Rehabilitasi zona riparian memberikan perbaikan dalam pola aliran air. King *et al.* (2010) melaporkan bahwa pengaturan aliran air di sungai dapat merangsang pemijahan. Laporan ini diperkuat oleh Layman (2010) yang meneliti rawa banjir di Venezuela. Rini (2015) melaporkan pengembangan struktur ekohidrolika penguatan tebing sungai di Kawasan Suaka Ikan Kali Surabaya dengan modifikasi penambahan struktur segitiga kayu dan pondasi batu kali di tebing sungai sebagai peredam arus. Struktur

penguat tebing ekohidrolika tersebut menciptakan habitat baru bagi ikan untuk bertelur, tempat berlindung dari predator, menjadi tempat tumbuhnya lumut, tumbuhan air, dan serangga air yang menyediakan sumber makanan baru bagi ikan. Kelimpahan populasi ikan di Desa Wringinanom meningkat 20% pascapenerapan rekayasa ekohidrolika penguat tebing sungai. Struktur buatan vegetasi untuk rehabilitasi habitat menunjukkan peran ekologis penting sebagai naungan dan mencari makan bagi ikan siklid ukuran kecil di waduk Brasilia (Santos *et al.*, 2008).

Rehabilitasi terhadap terumbu karang yang rusak dilakukan sebagai upaya mengurangi dampak negatif yang terjadi. Rehabilitasi dapat dilakukan dengan dua cara, yakni pembuatan terumbu buatan dan transplantasi terumbu karang. Terumbu buatan adalah benda yang ditempatkan di dasar perairan yang berfungsi sebagai bagian habitat. Bentuk dan jenis material terumbu buatan seperti balok kayu biasa, balok dari semen, besi kapal bekas, bus bekas, becak bekas, bahkan ban bekas. Terumbu buatan dirancang untuk tempat planula karang (sponge) yang dapat tumbuh dan berkembang di situ. Clark & Edwards (1999) mencatat bahwa satu tahun setelah penempatan terumbu buatan, struktur komunitas ikan di area terumbu buatan lebih berkembang signifikan dibanding sebelumnya.

Transplantasi karang adalah salah satu teknik rehabilitasi lingkungan laut atau salah satu langkah usaha untuk melestarikan kekayaan alam berupa biota laut yang terdapat dan hidup di sekitar terumbu karang. Hal ini penting dilakukan, agar pertumbuhan rumpun terumbu karang di suatu wilayah berjalan lebih cepat. Agar dengan demikian ekosistem perairan laut di suatu area dapat kembali pulih dan tidak terancam hilang.

Telah disadari bahwa bendungan menjadikan sungai terfragmentasi dan menjadi penghalang ikan untuk melakukan ruaya diadromus. Pada saat ini sebagian besar bendungan baru sudah memasukkan solusi untuk mempertahankan ruaya ikan, dengan membuat fasilitas jalur ikan dari bendungan yang ada (Schmutz & Moog, 2018). Jalur ikan ini perlu dijaga

untuk mengurangi kerusakan yang terjadi karena fragmentasi habitat.

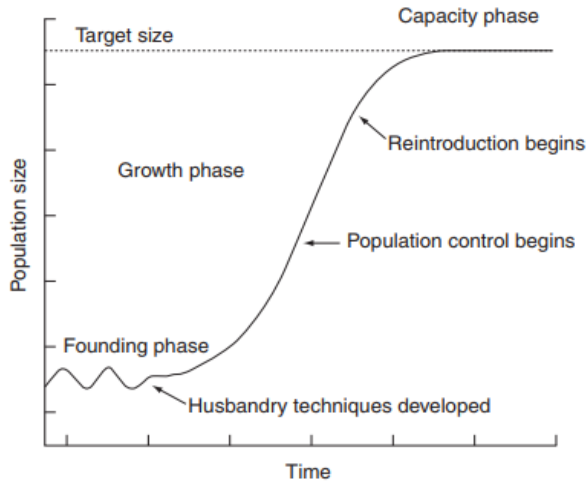
Kegiatan restorasi adalah upaya untuk memulihkan kondisi dan fungsi ekosistem seperti sebelum ada gangguan. Restorasi dan rehabilitasi mempunyai tujuan yang hendak dicapai sama, namun ada perbedaan dalam cara pencapaian. Bila pada kegiatan rehabilitasi, unsur atau komponen lingkungan yang digunakan tidak harus asli dari perairan yang direhabilitasi, yang diutamakan adalah fungsi ekologisnya sama. Di lain pihak, pada restorasi unsur atau komponen yang digunakan haruslah asli perairan tersebut. Dengan perkataan lain, restorasi adalah satu kegiatan yang mengupayakan agar segala sesuatu menjadi pulih seperti sediakala (Livingstone, 2006; Moss, 2007; Erkinaro *et al.*, 2011).

PENANGKARAN

Konservasi *ex situ* terutama ditujukan pada biota yang terancam punah. Selama ini konservasi *ex situ* lebih banyak dilakukan terhadap hewan darat seperti mamalia dan burung, sedangkan terhadap biota akuatik masih kurang. Konservasi *ex situ* atau penangkaran adalah upaya perbanyakan melalui pengembangbiakan dan pembesaran biota liar di luar habitat aslinya dengan tetap menjaga keaslian fenotip dan genotipnya untuk meningkatkan populasi biota tersebut yang mampu bertahan seperti pada kondisi alaminya. Penangkaran biota akuatik di Indonesia masih terbatas beberapa spesies penyu dan ikan seperti ikan pelangi dan siluk (arwana). Ralls & Ballou (2013) menegaskan bahwa upaya penangkaran merupakan cara untuk mencegah kepunahan ikan. Ikan hasil penangkaran kemudian di *restocking* dan di reintroduksi ke perairan asal.

Dalam praktiknya kegiatan penangkaran memiliki tiga fase seperti yang terlihat pada Gambar 3.6. Fase awal (*founding phase*) merupakan tahap awal dimulainya penangkaran yang meminimalkan pengaruh dari alam dan menjadikan spesies yang ditangkap memiliki kemampuan untuk memijah di penangkaran. Fase berikutnya adalah tahap pertumbuhan (*growing phase*)

yang merupakan fase ketika pertumbuhan populasi mulai mencapai target. Selanjutnya, pada fase *carrying capacity* populasi diatur sampai mencapai target dan jika melewati target maka harus dilepas ke alam.



Gambar 3.6. Perkembangan kegiatan penangkaran dan reintroduksi dari fase awal sampai ke fase kapasitas (Ralls & Bullou, 2013)

Kegiatan penangkaran juga perlu meminimalkan adanya kemungkinan silang dalam (*inbreeding*). Silang dalam didefinisikan sebagai perkawinan antara dua atau lebih individu yang memiliki hubungan kekerabatan yang dekat. Silang dalam merupakan dampak yang sering terjadi pada ikan di penangkaran (Leberg & Firmin, 2008). Studi Blanchet *et al.* (2008) memperlihatkan populasi hasil pemijahan ikan di penangkaran mempunyai variasi genetik yang lebih rendah daripada populasi alam.

Kegiatan penangkaran dapat juga digunakan sebagai sarana untuk menganeekaragamkan jenis ikan budi daya dan ikan hias. Sejauh yang dapat dicatat jumlah spesies ikan yang telah mampu dibudi dayakan dan berhasil di Indonesia tidaklah banyak. Komoditas utama ikan hanya berkuat pada jenis-jenis kerapu, kakap, bandeng, mas, nila, lele dumbo, dan patin. Perlu digaris bawahi bahwa empat jenis ikan terakhir adalah bukan ikan asli Indonesia, namun telah mendominasi produksi perikanan budi daya. Secara

keseluruhan keragaman ikan budi daya masih sangat kecil dibandingkan dengan keragaman hayati yang dimiliki Indonesia. Begitu banyak jenis ikan di Indonesia namun ironisnya begitu sedikit yang dibudi dayakan. Sudah tiba saatnya dicari spesies ikan baru yang ada di alam untuk dikembangkan menjadi komoditas ikan budi daya, khususnya ikan endemik dan ikan yang terancam punah. Sekaligus ini merupakan langkah konservasi, yaitu pemanfaatan. Hal ini perlu dilakukan agar keanekaragaman spesies budi daya bertambah dan dengan demikian pilihan masyarakat terhadap ikan menjadi lebih beragam. Demikian juga halnya dengan ikan hias. Ikan pelangi di Sulawesi (Hadiaty, 2018) dan Papua (Allen *et al.*, 2000) banyak jenisnya yang endemik yang warnanya sangat indah dan menarik. Sebagian besar ikan pelangi sudah dikategorikan terancam punah. Ikan itu perlu dikonservasi *ex situ* melalui penangkaran dan dilanjutkan dengan domestikasi (*domestication*).

PENEBARAN SPESIES

Bila pada penangkaran spesies dapat tumbuh dan berkembang, maka sebagian individu dari populasi tersebut secara berkala dilepaskan ke habitat aslinya. Pelepasan kembali ke alam dilakukan dengan *restocking* atau reintroduksi. *Restocking* berarti ikan hasil penangkaran dimasukkan ke perairan asal dalam pengertian menambah populasi ikan yang sudah ada. Dikatakan reintroduksi bila suatu spesies ikan yang dimasukkan ke perairan mengganti populasi ikan yang dulu pernah ada tapi sudah tidak ada lagi di perairan tersebut (Wilson & Price, 1994).

Penebaran ikan tangkaran pada wilayah yang bukan sebarannya (sebelumnya ikan tidak ada) dikatakan sebagai translokasi. Konservasi *ex-situ* sangat berkaitan dengan kegiatan translokasi atau kegiatan memindahkan target konservasi dari suatu daerah yang rawan menuju tempat yang lebih aman (Minckley, 1995). Ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*) yang endemik di Danau Singkarak sebagai habitat aslinya ditranslokasi ke Danau Toba. Kerusakan habitat pemijahan ikan di sungai-sungai sekitar Danau Singkarak

menjadi alasan translokasi ikan ini. Pemilihan Danau Toba sebagai tempat translokasi karena danau ini menyediakan habitat yang serupa dengan Danau Singkarak serta dikelilingi oleh sungai-sungai yang dijadikan sebagai kawasan pemijahan ikan bilih (Kartamihardja *et al.*, 2015).

PERAN PEMANGKU KEPENTINGAN

Konservasi adalah suatu tindakan yang kompleks yang tidak mungkin dikerjakan oleh orang per orang. Keberhasilan konservasi ditentukan oleh peran pemangku kepentingan yang terlibat di dalamnya. Para pemangku kepentingan yang terlibat ialah masyarakat, pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, dan perguruan tinggi.

MASYARAKAT

Praktik konservasi di Indonesia pada hakikatnya telah dilakukan sejak dahulu. Konservasi dilaksanakan dan dihayati oleh masyarakat di berbagai wilayah di Indonesia. Hanya mereka tidak mengenal istilah konservasi. Mereka telah menjaga keberlangsungan sumber daya alam sejak ratusan tahun yang lalu melalui kearifan lokal. Kearifan lokal adalah semua bentuk pengetahuan, keyakinan, pemahaman atau wawasan serta adat kebiasaan atau etika yang menuntun perilaku manusia dalam kehidupan di dalam komunitas ekologis (Keraf, 2002).

Di beberapa daerah masyarakat nelayan tradisional biasanya mempunyai bentuk konservasi tersendiri. Sejak zaman Kerajaan Kutai Kartanegara 500 tahun yang lalu, sistem suaka perikanan telah diterapkan di Danau Loa Kang dan Batu Bumbun, daerah sungai Mahakam, Kalimantan Timur. Suaka tersebut berfungsi sebagai daerah penyangga produksi benih ikan untuk menjamin kelangsungan rekrutmen ikan. Di Sumatra Barat bentuk kearifan lokal dalam memanfaatkan sumber daya ikan di sungai adalah lubuk larangan (Yuliaty & Priyatna, 2014; Oktaviani *et al.*, 2016). Pengelolaan perairan ini dilakukan dengan cara menutup sementara suatu kawasan penangkapan

ikan di perairan daratan, khususnya daerah aliran sungai dalam kurun waktu tertentu. Pada masyarakat Maluku dikenal dengan nama *sasi*. *Sasi* merupakan tradisi masyarakat yang mengatur pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya alam di darat dan di laut berupa larangan sementara untuk tidak mengambil hasil hutan maupun hasil laut sampai waktu tertentu (Judge & Nurizka, 2008; Boli *et al.*, 2014; Gaspersz & Saiya, 2018). *Sasi* sudah dilakukan secara turun-menurun (Lestari & Satria, 2015).

Keefektifan kearifan lokal sebagai basis konservasi dipengaruhi be-beberapa faktor, yaitu bertambahnya jumlah penduduk, minimnya mata pencaharian, modernisasi, urbanisasi, kebijakan pemerintah, dan perubahan sosial budaya. Faktor-faktor tersebut dapat menggerus kearifan masyarakat yang sudah ada, maka dari itu perlu dilakukan penyesuaian-penyesuaian terhadap peraturan lokal agar berjalan dengan harmonis.

Pada sebagian masyarakat lain masalah keanekaragaman hayati ikan belum terpahami benar, terlebih lagi masalah konservasinya. Namun demikian, kesadaran masyarakat mengenai konservasi sudah mulai tumbuh. Tetapi tingkat kesadaran yang ada belum cukup tinggi untuk memengaruhi perilaku mereka ataupun untuk menjadi motivasi yang kuat yang dapat melahirkan tindakan yang nyata dalam upaya konservasi perbaikan dan pelestarian lingkungan hidup.

Peningkatan kesadaran masyarakat mengenai konservasi dapat di-lakukan dengan upaya menyosialisasikan pengetahuan tentang pentingnya kelestarian ekosistem perairan dan sumber dayanya untuk masa sekarang dan yang akan datang. Hal ini untuk membangkitkan peran serta masyarakat dalam kegiatan konservasi. Pemahaman bahwa jasa ekosistem oleh habitat alami tidak dapat tergantikan. Peningkatan kesadaran ini berpacu dengan waktu sebab perusakan-perusakan masih terus berlanjut dan meningkat. Strategi dalam peningkatan kesadaran masyarakat akan pentingnya konservasi adalah melalui pendidikan, penyuluhan, dan pemanfaatan media komunikasi yang sesuai dengan karakteristik masing-masing daerah. Pada kegiatan ini lembaga

swadaya masyarakat (mis. Wahana Lingkungan Hidup Indonesia), dan organisasi profesi (mis. Masyarakat Iktiologi Indonesia) dapat mengambil bagian.

PEMERINTAH

Pemerintah mempunyai peran sentral dalam konservasi atau bila ditarik lebih luas berperan dalam lingkungan hidup. Peranan pemerintah dalam perumusan kebijakan pengelolaan sumber daya alam harus dioptimalkan. Selain mengeluarkan peraturan, pemerintah perlu lebih tegas dan terlihat berperan dalam hal: memperkuat kelembagaan kegiatan konservasi, memfasilitasi rehabilitasi dan pemberdayaan masyarakat, mendorong kegiatan pendidikan, pelatihan dan penyuluhan tentang pengelolaan sumber daya di kawasan konservasi, menyusun petunjuk teknis yang terkait dengan kegiatan konservasi sesuai dengan kondisi di wilayahnya

PERGURUAN TINGGI

Perguruan tinggi mempunyai peran strategis dalam kegiatan konservasi. Beberapa peran yang dapat dilakukan ialah melakukan penelitian terkait sumber daya perairan dan keanekaragaman hayatinya, teknik konservasi dan lain-lain; berbagai kajian terapan teknik dalam mendukung kegiatan konservasi, melakukan penyuluhan, seminar dan lain-lain untuk menyebarkan pemahaman akan makna konservasi. Semua kegiatan tersebut merupakan implementasi dari tri darma perguruan tinggi.

LEMBAGA SWADAYA MASYARAKAT

Lembaga swadaya masyarakat (LSM) adalah sebuah organisasi yang didirikan oleh sekelompok orang yang secara sukarela memberikan pelayanan kepada masyarakat umum tanpa bertujuan untuk memperoleh keuntungan dari kegiatannya. Salah satu contoh LSM yang bergiat dalam masalah lingkungan adalah Wahana Lingkungan Hidup Indonesia (WALHI). Beberapa LSM internasional yang terkait lingkungan antara lain: *Greenpeace*, *International*

Union for Conservation of Nature (IUCN), The Nature Conservancy, World Wide Fund for Nature (WWF), dan Wetlands International.

DAFTAR PUSTAKA

- Agostinho, A.A., F.M. Pelicice, & L.C. Gomes. 2008. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4): 1119-1132.
- Allan, J.D., R. Abell, Z. Hogan, C. Revenga, B.W. Taylor, R.L. Welcomme, & K. Winemiller. 2005. Overfishing of inland waters. *BioScience*, 55(12): 1041-1051.
- Allen, G.R., K.G. Hortle, & S.J. Renyaan. 2000. Freshwater fishes of the Timika region New Guinea. PT Freeport Indonesian Company, Timika. 175 p.
- Arimoto, T., S.J. Choi, & Y.G. Choi. 1999. Trends and perspectives for fishing technology research towards the sustainable development. Proceeding of 5th International Symposium on Efficient Application and Preservation of Marine Biological Resources. OSU National University, Japan. 135-144 pp.
- Arthur, R.I., K. Lorenzen, P. Homekingkeo, K. Sidavong, B. Sengvilaikham, J. Caroline, & C.J. Garaway. 2010. Assessing impacts of introduced aquaculture species on native fish communities: *Nile tilapia* and major carps in SE Asian freshwaters. *Aquaculture*, 299: 81-88.
- Bahiyah, D.D. Solihin, & R. Affandi. 2013. Variasi genetik ikan brek (*Barbonymus balleroides* Val 1842) sebagai dampak fragmentasi habitat di Sungai Serayu. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 13(2): 175-186.
- Baker, A.C., P.W. Glynn, & B. Riegl. 2008. Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80: 435-471.
- Barica, J. 1995. Explosion of environmental issues. *Water Quality Research Journal*, 32(1): 151-155.
- Blanchet, S., D.J. Páez, L. Bernatchez, & J.J. Dodson. 2008. An integrated comparison of captive-bred and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*): Implications for supportive breeding programs. *Biological*

- Conservation, 141(8): 1989-1999.
- Boli, P., F. Yulianda, A. Damar, D. Soedharma, & R. Kinseng. 2014. Benefits of sasi for conservation of marine resources in Raja Ampat, Papua. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 20(2): 131-139.
- Cervino, J., R.L. Hayes, M. Honovich, T.J. Goreau, S. Jones, & P.J. Rubec. 2003. Changes in zooxanthellae density, morphology, and mitotic index in hermatypic corals and anemones exposed to cyanide. *Marine Pollution Bulletin*, 46(5): 573-586.
- Clark, S. & A.J. Edwards. 1999. An evaluation of artificial reef structures as tools for marine habitat rehabilitation in the Maldives. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 9(1): 5-21.
- Cochrane, K., C. de Young, D. Soto, & T. Bahri. (eds). 2009. Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 530. Rome, 212 p.
- Cook, E.J., G. Ashton, M. Campbell, A. Coutts, S. Gollasch, C. Hewitt, H. Liu, D. Minchin, G. Ruiz, & R. Shucksmith. 2008. Non-native aquaculture species releases: Implications for aquatic ecosystems. In: Holmer M, Black K, Carlos M. Duarte CM, Marbà N, Ioannis Karakassis I (editors). *Aquaculture in the Ecosystem*. Springer Science + Business Media B.V. pp. 155-184.
- David, M., E. Magaletti, R. Kraus, & M. Marini. 2019. Vulnerability to bioinvasions: Current status, risk assessment and management of ballast water through a regional approach-The Adriatic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 147: 1-7.
- Dulvy, N.K., J.D. Metcalfe, J. Glanville, M.G. Pawson, & J.D. Reynolds. 2000. Fishery stability, local extinctions, and shifts in community structure in skates. *Conservation Biology*, 14(1): 283-293.
- Gaspersz, E.J. & H.G. Saiya. 2018. Pemetaan kearifan lokal budaya sasi di Negeri Haruku dan Negeri Kailolo, Pulau Haruku, Kabupaten Maluku Tengah. In: Dewayany dan Ratna Sari Dewi (editor). Seminar Nasional Geomatika. 5 September 2018. Badan Informasi Geospasial. Bogor. 107-116 pp.
- Englund, R.A. 2002. The loss of native biodiversity and continuing nonindigenous species introductions in freshwater, estuarine, and

- wetland communities of Pearl Harbor, Oahu, Hawaiian Islands. *Estuaries*, 25(3): 418-430.
- Erdmann, M., C. Pet-Soede, & A. Cabanban. 2000. Destructive fishing practices. Presented Paper on 9th International Coral Reef Symposium, Mini-Symposium E6. 78-81 pp.
- Erkinaro J., A. Laine, A. Maki-Petays, T.P. Karjalainen, E. Laajala, A. Hirvonen, P. Orell, & T. Yrjana. 2011. Restoring migratory salmonid populations in regulated rivers in the northernmost Baltic Sea area, Northern Finland-biological, technical and social challenges. *Journal of Applied Ichthyology*, 27 (Suppl. 3): 45-52.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1995. Code of Conduct for Responsible Fisheries (CCRF). Rome. 41 p.
- Fleming, I.A. & A.J. Jensen. 2002. Fisheries: Effects of climate change on the life cycles of salmon. pp 309-312 In Ian Douglas (ed.). Encyclopedia of global environmental change. Volume 3, Causes and consequences of global environmental change. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester
- Galil, B.S. 2000. A sea under siege-alien species in the Mediterranean. *Biological Invasions*, 2(2): 177-186.
- Gozlan, R.E. 2008. Introduction of non-native freshwater fish: is it all bad? *Fish and Fisheries*, 9(1): 106-116.
- Hadiaty, R.K. 2018. Status taksonomi iktiofauna endemik perairan tawar Sulawesi. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 18(2): 175-190.
- Judge, Z & M. Nurizka. 2008. Peranan hukum adat sasi laut dalam melindungi kelestarian lingkungan di desa Eti Kecamatan Seram Barat, Kabupaten Seram bagian Barat. *Lex Jurnalica*, 6(1): 31-61.
- Kartamihardja, E.S., D.A. Hediando, & C. Umar. 2015. Strategi pemulihan sumber daya ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*) dan pengendalian ikan kaca (*Parambassis siamensis*) di Danau Toba, Sumatra Utara. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 7(2): 63-69.
- Keraf, A.S. 2002. Etika Lingkungan. Penerbit Buku Kompas, Jakarta. 320 p..
- Kerr, S.J. & R.E. Grant. 2000. Ecological Impacts of Fish Introductions: Evaluating the Risk. Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources, Peterborough, Ontario. 473 p.
- King, A.J., K.A. Ward, P. O'Connor, D. Green, Z. Tonkin, & J. Mahoney. 2010. Adaptive management of an environmental watering event to

- enhance native fish spawning and recruitment. *Freshwater Biology*, 55(1): 17-31.
- La, Porta G., V. Angeli, A. Bicchi, A. Carosi, G. Pedicillo, P. Viali, & M. Lorenzoni. 2010. Variations in the fish community in Lake Piediluco (Italy) caused by changes in the lake's trophic status and the introduction of alien species. *Journal of Applied Ichthyology*, 26 (Suppl. 2): 53-59.
- Laws, E.A. 2017. Aquatic Pollution: An Introductory Text. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, 740 p.
- Layman, C.A, C.G. Montana, & J.E. Allgeier. 2010. Linking fish colonization rates and water level change in littoral habitats of a Venezuelan floodplain river. *Aquatic Ecology*, 44(1): 269-273.
- Leberg, P.L. & B.D. Firmin. 2008. Role of inbreeding depression and purging in captive breeding and restoration programmes. *Molecular Ecology*, 17(1): 334-343.
- Lestari, E & A. Satria. 2015. Peranan sistem sasi dalam menunjang pengelolaan berkelanjutan pada kawasan konservasi perairan daerah Raja Ampat. *Buletin Ilmiah Marina*, 1(2): 67-76.
- Lima, L.B, F.J.M. Oliveira, H.C. Giacomini, & D.P. Lima-Junior. 2016. Expansion of aquaculture parks and the increasing risk of non-native species invasions in Brazil. *Reviews in Aquaculture*, 10(1): 111-112
- Livingstone, R.J. 2006. Restoration of Aquatic System. Taylor & Francis. Boca Raton. 459 p.
- Łuczynska, J & M. Krupowski. 2009. Mercury content in organs of commercial fish (Polandia)-A short report. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 59(4): 345-348
- Matthews, W.J. & E.M. Matthews. 2011. An invasive fish species within its native range: community effects and population dynamics of *Gambusia affinis* in the central United States. *Freshwater Biology*, 56(12): 2609-2619.
- McAllister D.E, J.F. Craig, N. Davidson, S. Delany, & M. Seddon. 2001. Biodiversity impacts of large dams. IUCN, UNEP or UNF. 68 p.
- Meinarni, N.P.S. 2016. Dampak pencemaran lingkungan laut terhadap Indonesia akibat tumpahan minyak montara di Laut Timor. *Jurnal Komunikasi Hukum*, 2(2): 228-235.
- Mims, M.C. & J.D. Olden 2013. Fish assemblages respond to altered flow regimes via ecological filtering of life history strategies. *Freshwater*

- Biology, 58(1): 50-62.
- Minckley, W.L. 1995. Translocation as a tool for conserving imperiled fishes: experiences in Western United States. *Biological Conservation*, 72(2): 297-309.
- Moss, B. 2007. The art and science of lake restoration. *Hydrobiologia*, 581(1): 15-24
- Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. Edisi I. Pradnya Paramita. Jakarta. 231 p.
- Nguyen, T.T.T. & S.S. de Silva. 2006. Freshwater finfish biodiversity and conservation: an asian perspective. *Biodiversity and Conservation*, 15(11): 3543-3568.
- Nyström, M. & C. Folke. 2001. Spatial resilience of coral reefs. *Ecosystems*, 4(5): 406-417.
- Oktaviani, D., E. Prianto, & R. Puspasari. 2016. Penguatan kearifan lokal sebagai landasan pengelolaan perikanan perairan umum daratan di Sumatra. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 8(1): 1-12.
- Pet-Soede, L. & M. Erdmann. 1998. An overview and comparison of destructive fishing practices in Indonesia. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin*, 4: 28-36.
- Pratchett, M.S., A.S. Hoey, S.K. Wilson, V. Messmer, & N.A.J. Graham. 2011. Changes in biodiversity and functioning of reef fish assemblages following coral bleaching and coral loss. *Diversity*, 3: 424-452.
- Rahel, F.J. 2007. Biogeographic barriers, connectivity and homogenization of freshwater faunas: it's a small world after all. *Freshwater Biology*, 52(4): 696-710.
- Ralls, K. & J.D. Ballou. 2013. Captive breeding and reintroduction. *Encyclopedia of Biodiversity Volume 1*, pp. 662-667.
- Rini, D.S. 2015. Penerapan rekayasa ekohidrolika untuk penguatan tebing sungai dan pemulihan habitat kawasan suaka ikan Kali Surabaya. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. 763-772 pp.
- Roessig, J.M., C.M. Woodley, J.J. Cech Jr, & L.J. Hansen. 2004. Effects of global climate change on marine and estuarine fishes and fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 14: 251-275.
- Santos, L.N., A.F. Araújo, & D.S. Brotto. 2008. Artificial structures as

- tools for fish habitat rehabilitation in a neotropical reservoir. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18(6): 896-908.
- Schmutz, S. & O. Moog. 2018. Dams: Ecological Impacts and Management. In: Stefan Schmutz and Jan Sendzimir (Editor). *Riverine Ecosystem Management*. Springer Nature. Switzerland. pp. 111-128.
- Shuai, F., X. Li, Y. Li, J. Li, J. Yang, & S. Lek. 2016. Temporal patterns of larva fish occurrence in a large subtropical river. *PLoS ONE*, 11(1): 1-20.
- Sullivan, S.M.P. & M.C. Watzin. 2010. Towards a functional understanding of the effects of sediment aggradation on stream fish condition. *River Research and Application*, 26(10): 1298-131.
- Villéger, S., S. Blanchet, O. Beauchard, T. Oberdorff, & S. Brosse. 2011. Homogenization patterns of the world's freshwater fish faunas. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United State of America*, 108(44): 18003-18008.
- Welcomme, R.L. 1988. International introductions of inland aquatic species. *FAO Fisheries Technical Paper*, 294: 318 pp.
- Whitford, W.G., D.J. Rapport, & A.G. deSoyza AG. 1999. Using resistance and resilience measurements for «fitness» tests in ecosystem health. *Journal of Environmental Management*, 57(1): 21-29.
- Wilson, A.C. & M.R.S. Price. 1994. Reintroduction as a reason for captive breeding. In: Olney PJS, Mace GM, Feistner ATC. *Creative Conservation: Interactive Management of Wild and Captive Animals*. Chapman & Hall, London. pp. 243-264.
- Yuliaty, C. & F.N. Priyatna. 2014. Lubuk larangan: Dinamika pengetahuan lokal masyarakat dalam pengelolaan sumber daya perikanan perairan sungai di Kabupaten Lima Puluh Kota. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 9(1): 115-125.
- Zeng, L., L. Zhou, D.L. Guo, D.H. Fu, P. Xu, S. Zeng, *et al.*, 2017. Ecological effect of dams, alien fish, and physiochemical environmental factors on homogeneity/heterogeneity of fish community in four tributaries of the Pearl River in China. *Ecology and Evolution*, 7(11): 3904-3915.





INDEKS

A

Abdullah x, xvii, 159, 162, 209, 242
Affandi vii, xvii, 45, 73, 100
Agus xii, xiv, xvii, 291, 325, 328, 329, 330, 461
Akustik xii, 333, 347
Algoritme viii, 48, 90
Arus vii, 6, 7, 9, 10, 11, 29
Autolitik xi, 225

B

B3 535
Baskoro vi, xiv, xvii, 433, 459
Bengen vi, vii, ix, xviii, 1, 33, 40, 41, 42, 44, 145, 147, 152, 163
Biokimia 535
Budiardi xiv, xviii, 461

D

Daur viii, 58, 59, 76, 77
Degradasi 535
Deteksi xiv, xviii, 461
Dinamika viii, 43, 67, 105, 147, 149, 151, 153, 155, 157, 159, 161, 163, 165
Drone xii, 320, 321, 326

E

Effendi xiv, xviii, 60, 73, 165, 428, 461, 531
Ekobiologi 535
Ekotoksikologi 535
Enzim 535
Estuaria vii, 18, 26, 27, 28, 29, 30



F

Fluks ix, 153

G

Gelombang vii, xii, 4, 5, 6, 8, 272, 294, 298, 315, 318, 334, 337, 367

Gema 535

Geomorfologi vii, 2, 311

H

Habitat 535

Hambur xiii, 365

Hidrolisis 535

I

Iklim viii, 2, 88, 142, 166

Imron xiv, xix, 433

Invasif viii, 87, 531

J

Jaring xiv, 141, 403, 437, 442, 443, 444, 482, 483

Jaya xii, xix, 329, 330, 333, 376, 378, 379

Junior xiv, xix, 103, 461

Jusadi xiv, xix, 461

K

Kadmium ix, 121, 122, 517

Karbon ix, 145, 147, 149

Kimia viii, 78

Klorofil xi, 279, 281

Komarudin xiii, xix, 381

Komoditas 535

Konservasi viii, xxii, xxiii, xxiv, xxvi, 46, 50, 53, 77, 78, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 101, 103, 105

Kosmetik 535

Krustasea 535

L

Lamun vii, 36, 37, 38, 39, 311, 365, 366, 376

Logam 535

Lumban-Gaol xii, xviii, 291, 311, 313, 316, 319, 327, 328, 330

M

- Manajemen 535
Mangrove vii, ix, 31, 32, 33, 34, 36, 147, 149, 151, 153, 155, 157, 159, 161, 163,
165, 311
Manik xii, xx, 329, 351, 356, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 372, 373, 374,
375, 376, 377, 378, 379
Martasuganda xiv, xx, 430, 433
Merkuri ix, 116, 117, 133, 535
Mikroba xiv, 523, 529
Mikrobiologi xi, 223, 229, 529
Mutu 535

N

- Nirmala xiv, xx, 461
Novita xiii, xx, 381, 388, 389, 393, 398, 427, 428, 429, 430
Nurani xiii, xx, 381, 430
Nurhayati x, xxi, 209, 213, 224, 225, 238, 241, 242
Nurilmala x, xxi, 209, 233, 236, 237, 242
Nurjanah x, xxi, 216, 241, 242
Nurjaya vii, xxi, 1, 13, 14, 328

P

- Pancing 535
Pangan 535
Pantai vii, 24, 25, 26, 319, 326
Pembenihan 535
Pembesaran 535
Penangkapan 535
Penangkaran 535
Pencemaran viii, 79, 80, 104, 142
Pengindraan xi, 269
Perangkap xiv, 450
Pestisida ix, 123, 124, 125, 126, 127, 134, 141
pH 535
Produktifitas 535
Pukat xiv, 314, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441
Purbayanto xiii, xxi, 381, 386, 403, 429

R

- Rahardjo viii, xxii, 63, 73, 75

Rahman ix, xxii, 145, 149, 150, 151, 152, 157, 161, 165, 166
 Ramadhan xi, xxii, 245
 Rehabilitasi viii, 92, 93
 Rekayasa viii, xiv, 82, 260, 375, 378, 379, 507, 509, 512, 514, 517
 Reproduksi viii, xix, 64, 66, 142, 509
 Restorasi viii, 92, 94
 Revolusi 535
 Riani ix, xxii, 107, 115, 116, 117, 122, 132, 135, 141, 142, 145, 166
 Riyanto xiv, xxiii, 433
 Rumpon xiv, 454, 455, 456
 Rumput laut 535
 Rusmana ix, xxiii, 145, 165, 166

S

Santoso xi, xxiii, 245, 247, 248, 249, 250, 251, 262, 263, 264, 265, 266
 Sensor 535
 Siber-fisik 535
 Simanjuntak viii, xxiii, 75
 Siregar xii, xxiii, 291, 293, 311, 312, 317, 325, 327, 328, 329, 330, 331
 Spasial viii, 58, 302, 304, 311, 328, 378
 Strategi viii, 53, 56, 98, 102, 261, 423
 Sukenda xiv, xxiv, 461
 Sulistiono vii, xxiv, 45, 73
 Suprayudi xiv, xxiv, 461
 Susilo xi, xxiv, 269, 280, 284, 286, 289, 327

T

Tangkapan xiv, 440
 Tarman xi, 245, 262
 Taurusman xiii, xxv, 381, 415, 419, 430
 Terintegrasi vii, 40, 41, 42, 43, 93, 327
 Thermal 535
 Timbal ix, 118, 119, 133, 535
 Toksisitas ix, 111, 112, 113, 117
 Transduser xii, 336, 337
 Tuna 535

U

Uju xi, xxv, 245, 255, 256, 260, 262, 266

W

Wahyuningrum xiii, xxv, 381

Wardiatno ix, xxv, 145, 166

Widanarni xiv, xxvi, 461, 526, 528, 534

Wildan vii, xxvi, 45

Wisudo xiv, xxvi, 433

Y

Yulianda viii, ix, xxvi, 75, 101, 145, 165, 166

Yusfiandayani xiv, xxvii, 433

Z

Zulkarnain xiv, xxvii, 433