



**WAJAH LAUT INDONESIA :
Antara Kebanggaan dan Keprihatinan
Laut Kita Saat Ini**

**Oleh :
Dr. apt. Subaryanti, M.Si**

**Jakarta
2024**

Tulisan ini dipersembahkan untuk:

Ibunda H. Sarinah Aisyah

dan

Ayahanda Bachrun Tjasman (Almarhum)

Suami tercinta

Ir. Antoni Tanjung

dan anak-anakku tersayang

Akbar Januarsyah, Ahmad Rasis Fadhlán, Akhmad Irsyad Ibrahim

dan

Syafira Nur Shabrina

serta

Seluruh mahasiswa Indonesia

dimana saja berada

P R A K A T A

Upaya melindungi dan mengelola keanekaragaman hayati laut saat ini merupakan hal yang sangat penting. Hal ini dapat dilakukan melalui pengurangan dampak negatif yang timbul dari aktivitas manusia terhadap ekosistem utama wilayah pesisir dan lautan (seperti estuaria, mangrove, padang lamun, terumbu karang, dan pantai). Mengendalikan pencemaran, mengurangi tangkap lebih, dan meningkatkan perlindungan terhadap ekosistem utama merupakan suatu langkah yang mengarah kepada pemanfaatan keanekaragaman hayati laut secara lestari. Harapan penulis naskah buku ajar ini dibuat untuk masyarakat umum untuk ikut peduli terhadap kondisi laut kita saat ini, walaupun naskah buku ini dapat digunakan bagi mahasiswa Program Sarjana Farmasi atau Biologi dalam mata kuliah Keanekaragaman Hayati untuk semester 6 (enam). Naskah buku ini dibuat dalam rangka memenuhi referensi sebagai bahan penunjang dalam menyusun tugas akhir. Buku ajar ini memiliki kelebihan dari buku teks lain sejenis karena dilengkapi ilustrasi atau gambar-gambar menarik, contoh soal, rangkuman di setiap babnya dan menggunakan bahasa yang mudah dipahami.

Semakin menipisnya ketersediaan sumber daya alam daratan yang dapat digunakan untuk menunjang pelaksanaan pembangunan dewasa ini, maka kita perlu menengok kepada ketersediaan sumber daya alam lautan yang begitu kaya akan keanekaragaman ekosistem, spesies dan genetika lautnya. Manfaat yang diperoleh dari wilayah pesisir dan laut tidak hanya berupa produksi perikanan dan hasil laut lainnya, tapi juga berupa jasa ekologis dan keindahan yang dimilikinya. Kekayaan keanekaragaman hayati laut yang sangat tinggi (*mega biodiversity*) yang dimiliki Indonesia merupakan asset berharga untuk pengembangan penelitian bioteknologi, dengan memanfaatkan biota laut dalam menghasilkan produk dan jasa yang bermanfaat bagi manusia dan lingkungan. Manfaat langsung antara lain untuk bahan baku pangan, industri farmasi, kosmetika dan biokatalis untuk pengembangan bioteknologi laut. Manfaat tidak langsung antara lain berkaitan dengan fungsi ekologis dan nilai estetika.

Naskah buku ini mengikuti kaidah penulisan terstruktur yang berisi bagian pertama tentang pendahuluan yang memuat definisi keanekaragaman hayati, klasifikasi dan fungsi. Pada bagian ke dua berisi tentang keanekaragaman ekosistem, spesies dan

genetika laut. Pada bagian ke tiga berisi tentang kekayaan yang ada dalam keanekaragaman hayati laut Indonesia. Bagian ke empat tentang manfaat dan nilai ekonomi dari keanekaragaman hayati laut. Bagian ke lima tentang beberapa penyebab laut kita rusak dan di akhir bagian merupakan hasil-hasil penelitian yang melibatkan keanekaragaman hayati laut Indonesia.

Akhirnya melalui naskah buku ini, penulis mengharapkan seluruh mahasiswa khususnya dan masyarakat pada umumnya yang peduli tentang keberadaan laut Indonesia dapat memperoleh manfaat. Semoga Terimakasih.

Jakarta, April 2024

Penulis

Dr.apr. Subaryanti, M.Si

UCAPAN TERIMA KASIH

Keinginan untuk menulis sebuah buku tentang keanekaragaman hayati laut Indonesia sebenarnya sudah lama muncul dalam sanubari saya. Semangat ini didorong karena saya melihat banyak sekali penelitian (baik Lembaga Penelitian maupun mahasiswa) sudah mulai memanfaatkan laut sebagai objek penelitiannya.

Terimakasih penulis ucapkan kepada Prof. Dr. Ir. Rokhmin Dahuri, MS yang telah menginspirasi penulis dalam bukunya KEANEKARAGAMAN HAYATI LAUT : Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia, Prof. I Nyoman K. Kabinawa selaku Kepala Laboratorium Mikroalga Air Tawar, Bidang Bioproses Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Cibinong beserta Dra. Kusmiati, MSi dan Dra. Ni Wayan Sri Agustini. Dr. Zaenal Abidin, Drs. Barokah Aliyanta, M.Eng, Dr. June Mellawati, MSi dan Dra. Winarti Andayani, MSi dari Laboratorium Bahan Pangan, Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR), Badan Teknologi Nuklir Nasional (BATAN), Jakarta. Dr. drh, Hardiman, MM beserta Prof.(r) drh. Darmono, MSc dari Balai Besar Penelitian Veteriner (BBALITVET), Bogor, yang telah mendukung dan mengizinkan penelitian serta membantu penulis dalam menyediakan informasi di lapangan. Ucapan terima kasih saya sampaikan pula kepada para mahasiswa yang telah berkontribusi dalam pembuatan naskah buku ajar ini, juga kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Jakarta, yang telah memberi kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Hibah Penulisan Buku Ajar Perguruan Tinggi Tahun 2014.

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I PENDAHULUAN	1
II APAKAH KERAGAMAN HAYATI ITU ?	6
2.1. Keragaman Ekosistem	7
2.2. Keragaman Spesies	9
2.3. Keragaman Genetika	9
III KEKAYAAN APA SAJA YANG ADA DALAM KERAGAMAN HAYATI LAUT ?	11
3.1. Ekosistem Pesisir	11
3.1.1. Terumbu Karang	11
3.1.2. Padang Lamun	26
3.1.3. Rumput Laut	30
3.1.4. Hutan Mangrove	38
3.1.5. Estuaria	43
3.1.6. Pantai	50
3.1.7. Pulau-Pulau Kecil	52
3.2. Ekosistem Laut Terbuka	54
3.3. Ekosistem Bentik Laut Jeluk	56
3.4. Sumber Daya Hayati Laut	58
3.4.1. Keragaman Spesies Ikan	59
3.4.2. Keragaman Spesies Krustasea	65
3.4.3. Keragaman Spesies Moluska	67
3.4.4. Keragaman Spesies Ekhinodermata	69
3.4.5. Keragaman Spesies Sponge	74
3.4.6. Keragaman Spesies Mamalia Laut	77
3.4.7. Keragaman Spesies Reptil Laut	81

3.5. Keragaman Genetika Biota Perairan	84
I MANFAAT DAN NILAI EKONOMI KERAGAMAN HAYATI	
V LAUT	89
..	
4.1. Produk dari Laut	89
4.1.1. Sumber Bahan Baku Pangan	89
4.1.2. Sumber Bahan Baku Industri Farmasi dan Kosmetika	96
4.1.3. Sumber Plasma Nutfah	99
4.2. Jasa-Jasa Lingkungan Laut	10
	0
4.2.1. Pengatur Ekologis	10
	0
4.2.2. Pengatur Iklim Global	10
	2
4.2.3. Sumber Keindahan dan Pariwisata	10
	7
4.2.4. Sumber Inspirasi dan Gagasan	11
	0
4.3. Bioteknologi Kelautan	11
	1
4.3.1. Produk Bahan Alami dari Laut	11
	2
4.3.2. Pengendalian Pencemaran	11
	6
4.3.3. Pengendalian Biota Penempel	11
	8
4.3.4. Industri Akuakultur	11
	9
V MENGAPA LAUT KITA RUSAK ?.....	12
	2
5.1. Ancaman Utama	12
	3

5.1.1. Overeksploitasi	12
	4
5.1.2. Teknik Penangkapan Ikan yang Merusak Lingkungan	12
	6
A. Alat Pengumpul Ikan	12
	6
B. Bahan Peledak, Bahan Beracun dan Pukat Harimau	12
	7
5.1.3. Pencemaran	12
	9
A. Sedimentasi	13
	2
B. Eutrofikasi	13
	2
C. Masalah Kesehatan Umum	13
	3
D. Pengaruh Terhadap Perikanan	13
	4
5.1.4. Introduksi Spesies Asing	13
	5
5.1.5. Konversi Kawasan Perlindungan Laut	13
	6
5.1.6. Perubahan Iklim Global dan Bencana Alam	13
	8
5.2. Apa Harapan Di Masa Depan ?.....	14
	1
5.2.1. Kependudukan dan Kemiskinan	14
	1
5.2.2. Tingkat Konsumsi Berlebihan dan Kesenjangan Sumber Daya Alam	14
	2
5.2.3. Kelembagaan dan Penegakan Hukum	14

	2
5.2.4. Rendahnya Pemahaman tentang Ekosistem	14
	3
5.2.5. Kegagalan Sistem Ekonomi	14
	4
V PENUTUP	14
I	8
DAFTAR PUSTAKA	153
DAFTAR ISTILAH	157
BIODATA PENULIS	160

DAFTAR TABEL

1	Karakteristik rumput laut pada masing-masing kelas	32
2	Zona laut jeluk	58
3	Keragaman hayati beberapa jenis biota laut	59
4	Beberapa jenis ikan penting di Indonesia	60
5	Beberapa ikan pelagis kecil dan besar di Indonesia	64
6	Beberapa jenis udang, kepiting dan kerabatnya di Indonesia	65
7	Beberapa spesies Moluska yang terdapat di perairan Indonesia	68
18	Keragaman spesies Echinodermata	70
9	Spesies echinodermata yang memiliki nilai niaga	70
10	Beberapa jenis ikan paus	78
11	Status ikan paus menurut IUCN	79
12	Kandungan omega-3 pada beberapa jenis ikan	92
13	Komposisi senyawa organik rumput laut asal Sumatera	93
14	Jenis-jenis polisakarida dalam rumput laut	94
16	Kandungan vitamin dari <i>Spirulina platensis</i>	96
17	Berbagai produk alga mikro	98
18	Dosis lethal (LD50) saxitoksin dalam berbagai hewan	114
19	Kandungan agar dan karagenan beberapa alga	115

DAFTAR GAMBAR

1	Terumbu karang	14
2	Padang lamun	27
3	Berbagai hewan yang hidup di padang lamun	29
4	Macam-macam rumput laut	30
5	Algae Hijau (Chlorophyta atau Chlorophyceae)	34
6	Makanan dan minuman yang berasal dari rumput laut	36
7	Algae Merah (Rhodophyta atau Rhodophyceae)	37
8	Algae merah jenis Eucheuma cottonii dapat menghasilkan karagenan	37
9	Hutan bakau atau mangrove	39
10	Zonasi penyebaran jenis pohon mangrove	40
11	Beberapa jenis tumbuhan yang biasa hidup di hutan mangrove	41
12	Kepiting mangrove	42
13	Komunitas dalam hutan mangrove	43
14	Diagram ilustrasi penyebaran fauna di ekosistem mangrove	43
15	Stratifikasi estuary	45
16	Pantai berpasir	51
17	Pantai berbatu	52
18	Jenis-jenis udang	66
19	Jenis-jenis kepiting	67
20	Keong, kerang dan cumi-cumi sebagai kelas Moluska	68
21	Beberapa jenis gurita	69
22	Teripang (timun laut/gamat)	71
23	Teripang yang sudah kering dan teripang olahan	74
24	Bunga karang (Sponge)	75
25	Struktur spongouridin, spongotimidin dan adociaquinon –B	76
26	Beberapa spesies ikan paus	79
27	Berbagai spesies penyu	82
28	Buaya air asin	83
29	Ular laut	84

30	Ikan <i>Latimeria menadoensis</i>	87
31	Ikan <i>Latimeria chalumnae</i>	88
32	Beberapa spesies ikan salmon	91
33	<i>Spirulina</i>	95
34	Gambaran peningkatan suhu rata-rata di bumi	103
35	Proses umpan balik akibat penguapan air	105
36	Objek wisata bahari	108
37	Objek wisata diving	109
38	Makanan dan obat-obatan dari produk bahan alami laut	113
39	Obat-obatan yang berasal dari bulu babi	113
40	Pencemaran wilayah laut dan pesisir	116
41	Buah dan tanaman belimbing wuluh	117
42	Spesies <i>Ulva fasciata</i>	118
43	Spesies <i>Zostera marina</i>	119
44	Kegiatan akuakultur biota laut di darat	119
45	Kegiatan akuakultur	121
46	Pencemaran di wilayah laut dan pesisir	123
47	Spesies ikan yang kini sudah punah	125
48	Alat pengumpul ikan FAD	127
49	Pengeboman ikan yang dapat merusak lingkungan	128
50	Ikan-ikan yang hampir punah	128
51	Pukat harimau	129

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan pengertian keanekaragaman hayati
2. Menjelaskan fungsi keanekaragaman hayati
3. Menentukan cara-cara melindungi keanekaragaman hayati
4. Mengklasifikasikan keanekaragaman hayati
5. Memberikan contoh keanekaragaman hayati laut

Secara global, laut meliputi dua pertiga dari seluruh permukaan bumi dan menyediakan sekitar 97% dari keseluruhan ruang kehidupan di bumi. Lebih dari itu, laut telah membentuk dan mendukung keberadaan serta kehidupan umat manusia di bumi sejak munculnya makhluk hidup pertama dari laut.

Interaksi dinamis antara laut dan udara menentukan pola iklim dunia, dan sistem pergerakan arus laut turut memelihara keseimbangan suhu bumi sehingga cocok untuk kehidupan makhluk hidup, melalui proses biogeo-fisik-kimiawi, sejumlah deposit minyak bumi, gas alam, timah, bijih besi, bauksit, mangan, emas, fosfor, dan mineral lain tersimpan di dasar laut.

Perairan laut merupakan tempat kehidupan bagi beranekaragam dan berjuta-juta makhluk hidup (organisme), mulai dari yang tak terlihat mata (mikroskopik) seperti bakteri, sampai makhluk hidup terbesar di dunia berupa ikan paus biru (*Blue Whale*). Ketersediaan berbagai ragam organism laut yang berlimpah ini telah dimanfaatkan oleh manusia melalui kegiatan perikanan tangkap, perikanan budi daya (*mariculture*), dan ekstraksi bahan-bahan bioaktif (*bioactive substances*) seperti Omega-3, Squalence, polisakarida dan biopigmen untuk bahan pangan dan minuman, industri farmasi dan kosmetik.

Kolom air permukaan laut juga dipenuhi oleh fitoplankton (*microalgae*) dan berbagai flora lain, sehingga berfungsi menyediakan oksigen serta, pada saat

yang sama, menyerap CO₂ (*carbon sink*) melalui proses fotosintesis yang dapat menghambat terjadinya pemanasan global (*global warming*).

Perbedaan suhu air laut, pasang surut, gelombang, dan angin yang berhembus di atas permukaan laut memiliki potensi yang sangat besar sebagai sumber energy, yang hingga kini belum diperhatikan di Indonesia, padahal negara-negara lain, seperti Denmark, Jerman, Perancis, Kanada, Amerika Serikat, Thailand dan Tahiti, telah memanfaatkannya.

Peluang untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan perbedaan suhu air laut di lapisan permukaan dan di lapisan bawah yang dikenal dengan OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*) sudah dikaji oleh BPPT di Selatan Bali sejak akhir 1980-an, namun sekarang kegiatan tersebut terhenti.

Panorama laut yang indah, di pantai dan di bawah laut akhir-akhir ini menjadi tujuan rekreasi dan pariwisata yang semakin digandrungi oleh wisatawan domestik maupun asing. Laut juga telah digunakan oleh manusia sebagai medium transportasi sejak zaman purbakala. Kegiatan penelitian dan pendidikan juga banyak mengambil obyek di laut. Keunikan laut Indonesia yang dilintasi garis khatulistiwa (*equator*) menarik begitu banyak ahli kelautan dunia untuk mengkaji fenomena dan dinamika kelautan yang berpengaruh terhadap nasib ekosistem global.

Sejarah telah membuktikan bahwa penguasaan laut sangat menentukan kekuatan pertahanan dan keamanan suatu negara (*Who command the sea, command the world*). Singkat kata, tanpa laut tidak mungkin ada bumi dan kehidupan seperti yang kita saksikan sekarang ini.

Meskipun peran laut bagi kesejahteraan dan kelangsungan hidup manusia, sebagaimana diuraikan di atas, begitu penting dan menentukan, namun pengetahuan kita, khususnya bangsa Indonesia, tentang laut masih sangat dangkal. Di samping berbagai kegiatan penelitian tentang kelautan yang cukup meningkat di abad terakhir, umat manusia sampai saat ini baru melakukan eksplorasi kurang dari 5% laut dunia.

Diperkirakan sekitar 1-50 juta spesies biota laut dunia hingga kini belum teridentifikasi (Prager dan Earle, 2000). Oleh karena itu, wajar bila kita bangsa Indonesia masih belum optimal memanfaatkan kekayaan laut. Cara-cara kita mendayagunakan sumber daya kelautan belum efisien atau acap kali bersifat merusak kelestariannya, sehingga tanda-tanda kerusakan lingkungan telah tampak di berbagai kawasan laut dunia. Meskipun belum separah kerusakan lingkungan di darat, namun gejala pencemaran, *overfishing* (tingkat/intensitas penangkapan ikan melampaui kemampuan pulihnya), dan degradasi fisik habitat utama laut pesisir (seperti terumbu karang, hutan mangrove, dan estuaria) di beberapa kawasan laut dunia telah mencapai tingkat yang dapat mengancam kapasitas keberlanjutan (*sustainable capacity*) ekosistem laut untuk mendukung kehidupan manusia.

Sebagai Negara kepulauan terbesar di dunia, wilayah daratan di Indonesia (1,9 juta km²) tersebar pada sekitar 17.500 pulau yang disatukan oleh laut yang sangat luas (\pm 5,8 juta km²). Panjang garis pantai yang mengelilingi daratan \pm 81.000 km, yang merupakan garis pantai tropis terpanjang kedua di dunia setelah Kanada.

Secara geografis kepulauan dan perairan Indonesia terletak di antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia; dan antara Benua Asia dan Australia, termasuk di dalamnya Paparan Sunda di bagian barat dan Paparan Sahul di bagian timur. Wilayah pesisir dan lautan Indonesia memiliki keanekaragaman hayati tertinggi di dunia (*Megabiodiversity*).

Tingginya keanekaragaman hayati tersebut bukan hanya disebabkan oleh letak geografis yang sangat strategis, melainkan juga dipengaruhi oleh faktor seperti variasi iklim musiman, arus atau massa air laut yang dipengaruhi oleh massa air dari dua Samudera, serta keragaman tipe habitat dan ekosistem yang terdapat di dalamnya.

Keanekaragaman hayati yang dijumpai di wilayah pesisir dan lautan terdiri dari tiga tingkatan, yaitu keragaman genetika, spesies dan ekosistem. Pengertian keanekaragaman spesies sudah umum dipahami, namun keanekaragaman genetika dan ekosistem kurang banyak dikenal, baik oleh masyarakat luas maupun para

pengambil kebijakan. Oleh karena itu, pengertian keanekaragaman hayati dan nilai manfaatnya baik secara ekonomi, sosial, budaya dan estetika perlu memperoleh perhatian serius, agar strategi pengelolaan keanekaragaman hayati pesisir dan laut sesuai dengan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).

Keanekaragaman hayati pesisir dan lautan Indonesia hadir dalam bentuk ekosistem terumbu karang, mangrove, padang lamun, estuaria, pantai, laut terbuka dan laut jeluk (laut dalam). Berbagai ekosistem tersebut saling berhubungan secara sinergis melalui aliran arus air dan migrasi biota. Masing-masing ekosistem tersebut dihuni oleh berbagai macam spesies, baik yang bersifat endemik maupun kosmopolit.

Organisme yang dapat dijumpai di dalam ekosistem tersebut, antara lain kelompok bakteri, fungi, algae, moluska, krustasea, ikan, reptilia, dan tumbuhan laut. Dari berbagai macam spesies yang ada, kemudian dilahirkan individu-individu baru yang bervariasi secara genetika, baik di dalam maupun di antara individu-individu baru tersebut. Variasi genetika muncul karena setiap individu memiliki gen yang berbeda. Perbedaan bentuk dari suatu gen disebut *alel*, dan perbedaan ini timbul karena mutasi yang terjadi di dalam DNA (*Deoxyribo Nucleic Acid*) yang membentuk komponen-komponen individu kromosom.

Tingginya keanekaragaman hayati di wilayah pesisir dan lautan Indonesia, baik dalam bentuk keragaman genetika, spesies maupun ekosistem merupakan aset yang sangat berharga untuk menunjang pembangunan ekonomi di Indonesia. Hal ini erat kaitannya dengan fungsi keanekaragaman hayati yang dapat memberikan manfaat (*benefit*) bagi lingkungan dan kesejahteraan rakyat Indonesia, baik yang bersifat langsung (misalnya sumber bahan pangan dan minuman, obat-obatan, kosmetika, dan pupuk) maupun tidak langsung (seperti penahan ombak, daerah pemijahan, dan siklus nutrient). Setiawan (1994), menyebutkan bahwa keanekaragaman hayati di kawasan pesisir dan lautan berperan untuk menunjang kegiatan bioindustri, antara lain :

1. Industri pangan
2. Industri sandang
3. Industri papan
4. Industri pendidikan
5. Industri farmasi dan kosmetika
6. Industri energi
7. Industri komunikasi/informasi
8. Industri keamanan (*defense*), dan
9. Industri pariwisata

Mengingat keanekaragaman hayati laut adalah sumber daya alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) dan potensinya sangat besar, maka jika kita **mengelola** pemanfaatannya secara arif dan bijaksana, sumber daya ini dapat menjadi salah satu pilar pembangunan ekonomi nasional secara berkelanjutan, menuju Indonesia yang maju, makmur, mandiri, dan berkeadilan.

I.2. Rangkuman :

1. Keanekaragaman hayati adalah kekayaan hidup di bumi, jutaan tumbuhan, hewan dan mikroorganisme, genetika yang dikandungnya dan ekosistem yang dibangunnya menjadi lingkungan hidup (Definisi WWF-World Wild Foundation, 1989).
2. Fungsi keanekaragaman hayati laut antara lain sumber bahan pangan dan minuman, obat-obatan, kosmetika, pupuk, penahan ombak, daerah pemijahan dan siklus nutrien.
3. Keanekaragaman hayati laut dapat dilindungi dengan cara menjaga kelestariannya seperti mencegah pencemaran dari limbah/buangan zat berbahaya, intensitas penangkapan ikan yang bijaksana dan menjaga ekosistem laut.

I.3. Latihan Soal

1. Apa yang dimaksud keanekaragaman hayati ?
2. Sebutkan bahan bioaktif yang dihasilkan dari keanekaragaman hayati laut
3. Berikan contoh keanekaragaman hayati laut
4. Sebutkan manfaat langsung dan tidak langsung dari keanekaragaman hayati laut.

BAB II

APAKAH KEANEKARAGAMAN HAYATI ITU ?

2.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan pengertian keanekaragaman ekosistem, spesies dan genetika
2. Memberikan contoh keanekaragaman ekosistem, spesies dan genetika
3. Menentukan cara menjaga ke tiga ekosistem tersebut
4. Merumuskan keberadaan keanekaragaman hayati laut di Indonesia

Keanekaragaman hayati (*biological diversity* atau *biodiversity*) merupakan istilah yang digunakan untuk menerangkan keanekaragaman ekosistem dan berbagai bentuk variabilitas hewan, tumbuhan, serta jasad renik di alam. Dengan demikian keanekaragaman hayati mencakup keanekaragaman ekosistem (habitat), jenis (spesies) dan genetika (varietas/ras).

Konvensi tentang Keanekaragaman Hayati (*Convention on Biological Diversity, CBD*) mendefinisikan bahwa keanekaragaman hayati sebagai variasi yang terdapat di antara makhluk hidup dari semua sumber termasuk di antaranya ekosistem daratan, lautan, dan ekosistem perairan lain, serta kompleks ekologis yang merupakan bagian dari keanekaragamannya. Hal ini mencakup keanekaragaman di dalam spesies, di antara spesies, dan ekosistem. Dengan demikian, definisi keanekaragaman hayati tersebut secara luas digunakan untuk tiga tingkatan dari organisasi biologi, yaitu keanekaragaman genetika, spesies dan ekosistem.

Mengingat pentingnya keanekaragaman hayati bagi hidup dan kehidupan manusia di permukaan bumi, upaya untuk melestarikannya sangat diperlukan. Konferensi tentang Lingkungan dan Pembangunan PBB di Rio de Janeiro tahun 1992 telah menghasilkan satu dokumen penting berupa Konvensi tentang Keanekaragaman Hayati (*CBD*) yang ditandatangani oleh 158 negara. Hingga tahun 2000, konvensi tersebut telah ditandatangani dan diratifikasi oleh 180 negara, termasuk Indonesia. Adapun tujuan dari konvensi tersebut adalah

melestarikan dan mendayagunakan secara berkelanjutan keanekaragaman hayati dan berbagai keuntungannya secara adil dan merata dari hasil pemanfaatan sumber genetika, melalui akses terhadap sumber genetika tersebut, alih teknologi yang relevan serta pembiayaan yang mencukupi dan memadai (KLH, 1997a, *dalam* Dahuri, 2003).

Indonesia dengan luas perairan laut 5,8 juta km² merupakan salah satu negara yang memiliki keanekaragaman hayati tertinggi dengan tingkat endemisme yang tinggi, khususnya di pulau Sulawesi, Papua, dan Mentawai. Dari segi keanekaragaman ekosistem, Indonesia memiliki paling tidak 42 ekosistem daratan dan 5 tipe ekosistem lautan. Pada tingkat spesies, keanekaragaman hayati laut Indonesia terdiri dari 12 spesies lamun, 30 spesies mamalia, 38 spesies mangrove, 210 spesies karang lunak, 350 spesies karang batu, 350 spesies gorgonia, 745 spesies ekhinodermata, 782 spesies algae, > 850 sponge, 1.502 spesies krustasea, > 2.006 spesies ikan, dan 2.500 spesies moluska (Soegiarto dan Polunin, 1981; Mossa dkk, 1996 *dalam* Dahuri 2003).

Jumlah masing-masing spesies tersebut akan terus bertambah sejalan dengan makin aktifnya kegiatan penelitian kelautan. Secara prosentase keseluruhan, pada saat ini Indonesia memiliki 27,2% dari seluruh spesies flora dan fauna yang terdapat di dunia. Diperkirakan 12,0% mamalia, 23,8% amfibi, 31,8% reptilia, 44,7% ikan, 40,0% moluska, dan 8,6% rumput laut dari seluruh spesies yang telah ditemukan di dunia terdapat di Indonesia.

2.2. Keanekaragaman Ekosistem

Makhluk hidup dalam kehidupan selalu melakukan interaksi dengan lingkungannya, baik dengan lingkungan abiotik maupun lingkungan biotik. Bentuk interaksi tersebut akan membentuk suatu sistem yang dikenal dengan istilah ekosistem. Di permukaan bumi susunan biotik dan abiotik pada ekosistem tidak sama. Lingkungan abiotik sangat mempengaruhi keberadaan jenis dan jumlah komponen biotik (makhluk hidup).

Wilayah dengan kondisi abiotik umumnya mengandung komposisi makhluk hidup yang berbeda. Kondisi lingkungan tempat hidup suatu makhluk hidup

sangat beragam. Keberagaman lingkungan tersebut biasanya dapat menghasilkan jenis makhluk hidup yang beragam pula. Hal demikian dapat terbentuk karena adanya penyesuaian sifat-sifat keturunan secara genetik dengan lingkungan tempat hidupnya.

Sebagai komponen biotik, jenis makhluk hidup yang dapat bertahan hidup dalam suatu ekosistem adalah makhluk hidup yang dapat berinteraksi dengan lingkungannya, baik dengan komponen biotik maupun komponen abiotiknya. Jika susunan komponen biotik berubah, bentuk interaksi akan berubah sehingga ekosistem yang dihasilkan juga berubah.

Ekosistem laut yang berada di kedalaman 0 – 100 meter akan berbeda dengan ekosistem laut yang berada di kedalaman 100 – 1000 meter. Sebagai contoh, ikan paus yang berada di bawah kedalaman lebih dari 1000 meter ini akan sulit hidup di kedalaman 0 – 100 meter. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan-perbedaan karakteristik lingkungan dari ekosistem tersebut.

Keanekaragaman ekosistem dapat dikenali melalui pengamatan terhadap lingkungan fisik, dimana lingkungan fisik yang berbeda melahirkan komunitas kehidupan yang berbeda. Sifat fisik, seperti suhu, kejernihan air, pola arus dan kedalaman air mempengaruhi komunitas yang hidup di dalamnya. Dengan demikian, kondisi fisik ekosistem merupakan hal yang sangat penting bagi timbulnya perbedaan keragaman organisme.

Perbedaan ekosistem tidak hanya terjadi dalam hal komposisi spesies atau komunitas, tapi juga berkaitan dengan struktur lingkungan fisiknya (termasuk struktur yang dihasilkan oleh organisme), misalnya, ekosistem estuaria, hutan *mangrove*, terumbu karang dan ekosistem laut jeluk memiliki komposisi, struktur dan fungsi yang sangat berbeda.

Ekosistem estuaria dengan hutan *mangrove* yang lebat dan luas cenderung memiliki produktivitas yang tinggi. Hal ini didukung oleh unsur hara (nutrien) yang terutama disuplai oleh detritus organik yang berasal dari luruhan daun *mangrove*.

Ekosistem terumbu karang, produksi karbon organik dari senyawa CO₂ melalui proses fotosintesis merupakan dasar ketersediaan nutrisi secara efisien. Berbeda dengan dua jenis ekosistem yang telah disebutkan tadi, ekosistem laut jeluk tidak memiliki produktivitas primer karena terbatasnya penetrasi cahaya yang dapat masuk ke lapisan bagian dalam.

2.3. Keanekaragaman Spesies

Keanekaragaman spesies (jenis) makhluk hidup merupakan tingkatan yang sangat mudah untuk dipahami. Keanekaragaman spesies laut sangat bervariasi berdasarkan lokasi. Briggs *dalam* Norse (1993) menyatakan bahwa variasi keragaman spesies ditentukan oleh 2 gradien geografis. *Pertama* posisi geografis, bahwa keanekaragaman spesies bervariasi di antara daerah tropis dan dingin (*temperate*).

Ekosistem laut tropis, misalnya terumbu karang dan padang lamun, keanekaragamannya sangat tinggi terutama untuk spesies moluska, kepiting dan ikan. Meskipun demikian ada pengecualian untuk keanekaragaman spesies bintang laut (*starfishes*) dan alga coklat dari ordo Laminariales (*kelps*), dimana keanekaragamannya justru dijumpai sangat tinggi di perairan dingin, seperti di Laut Pasifik di pantai Barat Kanada dan Amerika Serikat.

Berdasarkan posisi perairan, bahwa Perairan Indo-Pasifik Barat (khususnya daerah di antara Philipina, Indonesia, dan Australia Barat Laut) memiliki keanekaragaman yang paling tinggi di dunia. Selanjutnya di daerah Pasifik Barat dan Atlantik Barat tingkat keanekaragamannya sedang, dan tingkat keanekaragaman paling rendah terdapat di Atlantik Timur.

2.4. Keanekaragaman Genetika

Keanekaragaman genetika menjelaskan adanya variasi faktor-faktor keturunan di dalam dan di antara individu dalam suatu populasi. Variasi ini disebabkan oleh perbedaan susunan empat pasang basa dari asam nukleat (adenine, guanine, sitosin dan timin) yang berfungsi sebagai pembentuk kode genetika.

Variasi genetik baru, muncul akibat terjadinya mutasi gen dalam kromosom, dan pada organisme yang bereproduksi secara seksual, perubahan susunan basa tersebut dapat dilakukan melalui teknologi rekombinan. Individu-individu dari setiap populasi yang spesiesnya berkembang biak secara seksual lebih menyukai berpasangan dengan sesamanya daripada dengan individu pada populasi yang berbeda. Sebagai contoh, penyu hijau (*Chelonia mydas*) yang berasal dari perairan pantai Brazil dan Madagaskar tidak memiliki kemungkinan untuk mengadakan perkawinan silang. Oleh karena kedua populasi penyu tersebut memiliki keterbatasan dalam percampuran genetik, maka masing-masing populasi cenderung mengalami penyimpangan secara genetik yang disebabkan oleh mutasi, seleksi alam dan penghanyutan genetik (*genetic drift*).

Beberapa populasi dapat memiliki versi gen yang spesifik (*alel*), yang kemungkinan besar tidak dimiliki oleh populasi lain. Dengan kata lain, alel yang sangat jarang dimiliki oleh suatu populasi, kemungkinan berlimpah pada populasi yang lain. Sebagai contoh, perbedaan genetik di antaranya berkaitan dengan kemampuan adaptasi suatu organisme, dimana setiap organisme lebih menyukai berkembang biak dengan baik di bawah kondisi lokal yang spesifik.

Keanekaragaman genetika pada kenyataannya memiliki lebih dari satu tingkatan. Keanekaragaman genetika tidak hanya terjadi di antara populasi, tapi juga di dalam populasi. Keanekaragaman genetika di dalam populasi merupakan bahan dasar untuk evolusi. Populasi dengan keanekaragaman yang lebih tinggi lebih mungkin memiliki sedikitnya beberapa individu yang dapat bertahan terhadap perubahan lingkungan. Oleh karena perubahan lingkungan berlangsung cepat, maka pengelolaan terhadap keragaman genetika merupakan hal yang sangat penting, baik di dalam maupun di antara populasi, termasuk pada spesies yang penyebarannya luas.

Perbedaan genetik juga sangat penting bagi spesies yang dibudidayakan di laut, dengan harapan dapat menghasilkan sifat atau karakter yang diinginkan, dan hal ini merupakan basis bagi pertumbuhan industri bioteknologi.

2.5. Rangkuman

1. Keberagaman lingkungan menghasilkan jenis makhluk hidup yang beragam pula, hal ini terbentuk karena adanya penyesuaian sifat-sifat keturunan secara genetika dengan lingkungan tempat hidupnya.
2. Keanekaragaman spesies laut sangat bervariasi berdasarkan lokasi dan ditentukan oleh dua gradient geografi yaitu wilayah tropis dan dingin (temperate).
3. Perbedaan genetika sangat penting bagi spesies yang dibudidayakan di laut, dengan harapan dapat menghasilkan sifat atau karakter yang diinginkan, dan hal ini merupakan basis bagi pertumbuhan industri bioteknologi.

2.6. Latihan Soal.

1. Sebutkan tiga macam keragaman hayati
2. Berikan contoh keragaman hayati ekosistem, spesies dan genetika
3. Mengapa penyu hijau (*Chelonia mydas*) mengalami mutasi genetika ?
4. Sebutkan beberapa spesies yang hampir punah.

BAB III

KEKAYAAN APA SAJA YANG ADA DALAM KEANEKARAGAMAN HAYATI LAUT ?

3.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Mengklasifikasi ekosistem pesisir dan laut
2. Menyebutkan parameter pertumbuhan dari ekosistem pesisir dan laut
3. Merangkum peran ekosistem pesisir dan laut bagi kehidupan makhluk hidup

Kekayaan keanekaragaman hayati laut Indonesia tersebar di berbagai kawasan ekosistem pesisir dan lautan. Berbagai jenis biota telah beradaptasi dengan baik terhadap kondisi habitat di berbagai zona maupun tipe ekosistem. Dengan demikian keanekaragaman hayati yang ada di suatu ekosistem merupakan refleksi dari karakteristik fisik dan kimia (faktor-faktor abiotik) dari ekosistem tersebut.

3.2. Ekosistem Pesisir

Wilayah pesisir biasanya terdapat satu atau lebih sistem lingkungan (ekosistem) pesisir dan sumber daya pesisir. Berdasarkan sifatnya, dibagi dua yaitu alam dan buatan. Contoh yang alami antara lain terumbu karang (*coral reefs*), hutan mangrove (*mangrove forest*), padang lamun (*seagrass beds*), pantai berpasir (*sandy beach*), pantai berbatu (*rocky beach*), estuaria, laguna, delta dan pulau kecil. Sedangkan contoh ekosistem buatan antara lain tambak, sawah pasang surut, kawasan pariwisata, kawasan industri dan kawasan pemukiman.

3.2.1. Terumbu Karang

Terumbu karang Indonesia sangat beraneka ragam dan memegang peranan sangat penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan serta menyumbangkan stabilitas fisik pada garis pantai sekitarnya, oleh

karena itu harus dilindungi dan dikembangkan secara terus-menerus baik untuk kepentingan generasi sekarang maupun generasi mendatang.

Terumbu karang (*coral reefs*) adalah suatu ekosistem di dasar laut tropis yang dibangun terutama oleh biota laut penghasil kapur khususnya jenis-jenis karang batu dan algae berkapur. Ekosistem terumbu karang adalah salah satu ekosistem khas pesisir tropis yang memiliki berbagai fungsi penting, yaitu fungsi ekologis sebagai penyedia nutrisi bagi biota perairan, pelindung fisik, tempat pemijahan biota perairan, tempat bermain, dan asuhan bagi berbagai biota, fungsi ekonomis menghasilkan berbagai produk yang mempunyai nilai ekonomi penting seperti berbagai jenis ikan karang, udang karang, alga, teripang, dan kerang mutiara.

Pentingnya terumbu karang yang merupakan tempat hidup banyak organisme dan memiliki bermacam-macam fungsi baik untuk organisme yang hidup di terumbu karang maupun untuk manusia sebagai tempat wisata bahari, olahraga selam dan tempat penelitian untuk akademis. Manfaat yang terkandung di dalam ekosistem terumbu karang sangat besar dan beragam, baik manfaat langsung dan manfaat tidak langsung.

Manfaat langsung antara lain sebagai habitat ikan dan biota lainnya, pariwisata bahari, dan lain-lain. Sedangkan manfaat tidak langsung, antara lain sebagai penahan abrasi pantai, dan pemecah gelombang.

Meskipun hewan karang (*corals*) ditemukan di seluruh perairan dunia, tapi hanya di daerah tropis terumbu karang dapat berkembang dengan baik. Terumbu (*Reef*) terbentuk dari endapan-endapan masif terutama CaCO_3 yang dihasilkan oleh hewan karang (filum *Snedaria*, kelas *Anthozoa*, spesies *Madreporaria scleractinia*), alga berkapur dan organisme lain yang mengeluarkan CaCO_3 (Nybakken, 1986 dalam Dahuri, 2003). Hewan karang termasuk kelas *Anthozoa*, berarti hewan berbentuk bunga (*Antho* : bunga; *zoa* : hewan). Aristoteles mengklasifikasikan hewan karang sebagai hewan-tumbuhan (*animal plant*). Baru pada tahun 1723, hewan karang diklasifikasikan sebagai binatang.

Terumbu karang ditemukan di sekitar 100 negara dan merupakan rumah tinggal bagi 25% habitat laut. Terumbu karang merupakan ekosistem yang sangat rentan di dunia. Dalam beberapa dekade terakhir sekitar 35 juta hektar terumbu

karang di 93 negara mengalami kerusakan. Ketika terumbu karang mengalami stres akibat temperatur air laut yang meningkat, sinar ultraviolet dan perubahan lingkungan lainnya, maka ia akan kehilangan sel alga simbiotiknya. Akibatnya warnanya akan berubah menjadi putih dan jika tingkat ke-stres-annya sangat tinggi dapat menyebabkan terumbu karang tersebut mati.

Jika laju kerusakan terumbu karang tidak menurun, maka diperkirakan pada beberapa dekade ke depan sekitar 70% terumbu karang dunia akan mengalami kehancuran. Kenaikan temperatur air laut sebesar 1 hingga 2°C dapat menyebabkan terumbu karang menjadi stres dan menghilangkan organisme mikroskopis yang bernama zooxanthellae yang merupakan pewarna jaringan dan penyedia nutrient-nutrien dasar. Jika zooxanthellae tidak kembali, maka terumbu karang tersebut akan mati.

Fungsi terumbu karang antara lain adalah :

- Pelindung ekosistem pantai.
Terumbu karang akan menahan dan memecah energi gelombang sehingga mencegah terjadinya abrasi dan kerusakan di sekitarnya.
- Terumbu karang sebagai penghasil oksigen.
Terumbu karang memiliki kemampuan untuk memproduksi oksigen sama seperti fungsi hutan di daratan, sehingga menjadi habitat yang nyaman bagi biota laut.
- Rumah bagi banyak jenis makhluk hidup.
Terumbu karang menjadi tempat bagi hewan dan tanaman yang berkumpul untuk mencari makan, berkembang biak, membesarkan anaknya, dan berlindung. Bagi manusia, ini artinya terumbu karang mempunyai potensial perikanan yang sangat besar, baik untuk sumber makanan maupun mata pencaharian mereka. Diperkirakan, terumbu karang yang sehat dapat menghasilkan 25 ton ikan per tahunnya. Sekitar 300 juta orang di dunia menggantungkan nafkahnya pada terumbu karang
- Sumber obat-obatan.

Pada terumbu karang banyak terdapat bahan-bahan kimia yang diperkirakan bisa menjadi obat bagi manusia. Saat ini sudah banyak dilakukan berbagai penelitian mengenai bahan-bahan kimia tersebut untuk dipergunakan untuk mengobati berbagai penyakit.

- Objek wisata .

Terumbu karang yang bagus akan menarik minat wisatawan pada kegiatan diving, karena variasi terumbu karang yang berwarna-warni dan bentuk yang memikat merupakan atraksi tersendiri bagi wisatawan baik asing maupun domestik (Gambar 3.1). Diperkirakan sekitar 20 juta penyelam, menyelam dan menikmati terumbu karang per tahun. Hal ini dapat memberikan alternatif pendapatan bagi masyarakat sekitar.

- Daerah Penelitian

Penelitian akan menghasilkan informasi penting dan akurat sebagai dasar pengelolaan yang lebih baik. Selain itu, masih banyak jenis ikan dan organisme laut serta zat-zat yang terdapat di kawasan terumbu karang yang belum pernah diketahui manusia sehingga perlu penelitian yang lebih intensif untuk mengetahuinya.

- Mempunyai nilai spiritual

Bagi banyak masyarakat, laut adalah daerah spiritual yang sangat penting. Laut yang terjaga karena terumbu karang yang baik tentunya mendukung kekayaan spiritual ini.



Gambar 3.1. Terumbu karang

Di alam, terdapat dua kelompok karang yaitu karang **hermatifik** dan **ahermatifik**. Perbedaan keduanya terletak pada kemampuan karang hermatifik di dalam menghasilkan terumbu (*reef*), hal ini disebabkan oleh adanya sel-sel tumbuhan yang bersimbiosis di dalam jaringan karang hermatifik. Sel-sel tumbuhan ini disebut *Zooxanthellae*.

Distribusi karang hermatifik hanya ada di daerah tropis, sedangkan karang ahermatifik tersebar di seluruh dunia, itulah yang menyebabkan bahwa terumbu karang (*coral reefs*) hanya ditemukan di perairan laut tropis. Polip karang bertubuh lunak, mempunyai mulut pada bagian atas yang dikelilingi lengan-lengan (*tentakel*). Polip pada umumnya hanya menjulur pada malam hari, terutama untuk menangkap plankton yang terdapat di sekitarnya, yang dapat dijadikan sebagai makanan tambahan selain makanan yang dihasilkan oleh *zooxanthellae*.

Karang termasuk kelompok *Coelenterata* (hewan berongga) seperti ubur-ubur dan anemone laut. Karang dikelompokkan sebagai karnivora dan pemakan *zooplankton* (hewan mikroskopis yang sifat hidupnya terbawa air), seperti larva udang dan larva moluska. Makanan karang berasal dari 3 sumber, yaitu (1) plankton yang ditangkap melalui tentakel yang dilengkapi dengan sel penyengat pelumpuh mangsa (*nematocyst*); (2) nutrisi organik yang diserap secara langsung dari air; dan (3) senyawa organik yang dihasilkan *zooxanthellae*, yaitu sejenis algae yang hidup di polip karang.

Pembentukan terumbu karang, sumber ketiga merupakan yang paling penting. Jadi dalam proses pembentukan terumbu karang terjadi hubungan saling menguntungkan antara polip karang dan *zooxanthellae*. Ketika terkena sinar matahari, *zooxanthellae* menghasilkan oksigen dan nutrisi yang terdiri dari gliserol, glukosa dan asam amino yang melekat di lapisan luar polip karang. Sedangkan polip karang memberikan tempat hidup dan juga CO₂ untuk digunakan dalam proses fotosintesis.

Zooxanthellae juga mempengaruhi laju penumpukan zat kapur oleh polip karang yang menyerap CaCO₃ dari air laut, terjadi reaksi di dalam tubuh polip dan

menghasilkan cangkang luar yang berupa zat kapur. Selain memberi nutrisi, *zooxanthellae* dengan pigmen yang dimilikinya, memberikan warna pada polip-polip karang sehingga menyebabkan terumbu karang tampak indah.

Terumbu karang merupakan suatu ekosistem yang sangat rentan terhadap gangguan akibat kegiatan manusia, dan pemulihannya membutuhkan waktu yang lama. Berbagai pendapat menyatakan hal yang sebaliknya, bahwa ekosistem terumbu karang merupakan suatu ekosistem yang dinamis, tidak mapan, dan mampu memperbaiki dirinya sendiri dari gangguan alami.

Kasus yang terjadi di pulau Banda, Maluku, menunjukkan bahwa ekosistem terumbu karang mampu memperbaiki dirinya dalam waktu yang relatif cepat jika parameter-parameter lingkungan utama bagi pertumbuhannya sangat mendukung, misalnya tingkat kecerahan yang tinggi dan tidak banyak *run-off* polutan dan sedimen dari daratan.

Distribusi dan pertumbuhan ekosistem terumbu karang tergantung dari beberapa parameter fisika, yaitu :

1. **Kecerahan.** Cahaya matahari merupakan salah satu parameter utama yang berpengaruh dalam pembentukan terumbu karang. Penetrasi cahaya matahari merangsang terjadinya proses fotosintesis oleh *zooxanthellae* simbiotik dalam jaringan karang. Tanpa cahaya yang cukup, laju fotosintesis akan berkurang dan bersamaan dengan itu kemampuan karang untuk membentuk terumbu (CaCO_3) akan berkurang pula.

Umumnya terumbu karang dapat berkembang dengan baik pada kedalaman ± 25 meter. Pertumbuhan karang sangat berkurang saat tingkat laju produksi primer sama dengan respirasinya (zona kompensasi) yaitu kedalaman dimana kondisi intensitas cahaya berkurang sekitar 15-20% dari intensitas cahaya di lapisan permukaan air.

2. **Temperatur.** Terumbu karang tumbuh secara optimal pada kisaran suhu perairan laut rata-rata tahunan antara 25 dan 29°C, namun suhu di luar kisaran tersebut masih dapat ditolerir oleh spesies tertentu dari jenis karang hermatifik untuk dapat berkembang dengan baik. Karang hermatifik dapat bertahan pada

suhu < 20°C selama beberapa waktu, dan dapat mentolerir suhu sampai 36°C dalam waktu yang singkat. (Nontji, 1987 dalam Dahuri, 2003), menyatakan bahwa buangan air panas dari industri gas alam cair (LNG) di Bontang, Kalimantan Timur yang mencapai suhu 37°C telah menyebabkan kematian terumbu karang di sekitarnya.

3. **Salinitas.** Banyak spesies karang peka terhadap perubahan salinitas yang besar. Umumnya, terumbu karang tumbuh dengan baik di sekitar wilayah pesisir pada salinitas 30-35%. Meskipun terumbu karang mampu bertahan pada salinitas di luar kisaran tersebut, pertumbuhannya menjadi kurang baik jika dibandingkan pada salinitas normal. Namun demikian, ada juga terumbu karang yang mampu berkembang di kawasan perairan dengan salinitas 42% seperti di wilayah Timur Tengah.

4. **Sirkulasi arus dan Sedimentasi.** Arus diperlukan dalam proses pertumbuhan karang dalam hal menyuplai makanan berupa mikroplankton. Arus juga berperan dalam proses pembersihan dari endapan-endapan material dan menyuplai O₂ yang berasal dari laut lepas. Oleh karena itu, sirkulasi arus sangat berperan penting dalam proses transfer energi.

Arus dan sirkulasi air berperan dalam proses sedimentasi. Sedimentasi dari partikel lumpur padat yang dibawa oleh aliran permukaan (*surface run off*) akibat erosi dapat menutupi permukaan terumbu karang, sehingga tidak hanya berdampak negatif terhadap hewan karang tapi juga terhadap biota yang hidup berasosiasi dengan habitat tersebut. Partikel lumpur yang tersedimentasi tersebut dapat menutupi polip sehingga respirasi terumbu karang dan proses fotosintesis oleh *zooxanthellae* akan terganggu.

Terumbu karang tumbuh di pulau-pulau yang memiliki perairan pantai yang jernih, kadar O₂ tinggi, bebas dari sedimen dan polusi serta limpasan air tawar yang berlebihan. Lebih dari 95% wilayah Indonesia dikelilingi oleh terumbu karang. Berdasarkan hubungannya dengan daratan, terumbu karang di Indonesia digolongkan ke dalam 3 kelompok besar, yaitu :

1. **Terumbu tepi (*fringing reef*)** adalah terumbu karang yang berada dekat dan sejajar dengan garis pantai. Terdapat di Mentawai, Pangandaran dan Parangtritis

(Pantai Selatan pulau Jawa), Lombok dan Sumbawa (NTT), Papua Barat dan Utara.

2. **Atol (atoll)** adalah terumbu tepi yang berbentuk seperti cincin dan di tengahnya terdapat danau dengan kedalaman ± 45 meter. Terdapat di Takabonerate (Sulawesi Selatan).

3. **Terumbu penghalang (*barrier reef*)** serupa dengan karang tepi, dengan kekecualian jarak antara terumbu karang dengan garis pantai atau daratan cukup jauh, umumnya dipisahkan oleh perairan yang dalam. Terdapat di Kepulauan Togean (Sulawesi Tengah), Kalimantan Timur dan Selat Makasar.

Selain ketiga kelompok besar tersebut, di Indonesia terdapat jenis **terumbu gosong (*patch reef*)**, seperti di Kepulauan Seribu (Utara Pulau Jawa). Terumbu karang yang paling tinggi keragamannya di Indonesia dan bahkan di dunia ada di wilayah Maluku dan Sulawesi. Berbagai tipe terumbu karang dapat ditemui, khususnya terumbu cincin (*atoll* atau *pseudo-atoll*) yang jumlahnya 55 buah. Salah satu di antaranya adalah atoll Takabonerate (Sulawesi Selatan) dan merupakan atol terbesar di Indonesia.

Terumbu karang dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Acropora digitifera*



Gambar 3.2. *Acropora digitifera*

Famili : Acroporidae

Genus : *Acropora*

Spesies : *Acropora digitifera*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni berbentuk digitata, umumnya permukaannya rata dengan ukuran bisa mencapai lebih dari 1 meter. Percabangannya kecil, berbentuk bulat atau pita. Aksial koralit kecil. Radial koralit berbentuk bulat, memiliki ukuran yang sama, pinggir koloni berwarna terang.

Warna : Jingga, krem atau kuning, sering berwarna biru muda. Umumnya memiliki warna krem atau kuning pada ujung koloni.

Kemiripan : *A. japonica*, *A. humilis*, *A. gemmifera*.

Distribusi : Perairan Indonesia, Philipina, Australia, Mikronesia, Jepang, Zanzibar, Tanzania.

Habitat : Di daerah yang bergelombang dan perairan dangkal.

2. *Acropora humilis*



Gambar 3.3. *Acropora humilis*

Famili : Acroporidae

Genus : *Acropora*

Spesies : *Acropora humillis*

Kedalaman : Ditemukan pada kedalaman 1 – 7 meter.

Ciri-ciri : Umumnya memiliki korimbosa, percabangan tebal dan memiliki koralit aksial yang besar serta mempunyai radial koralit dengan dua ukuran.

Warna : Umumnya memiliki warna yang, namun yang paling utama beragam adalah warna krem, coklat, atau biru.

Kemiripan : Karang ini tidak memiliki kemiripan dengan *A. gemmifera* dan *A. monticulosa*.

Distribusi : Tersebar di perairan Indonesia, Laut Merah hingga Amerika Tengah dan sekitar Australia.

Habitat : Umumnya ditemukan di daerah *reef slope* dan *reef flat*.

3. *Acropora hyacinthus*



Gambar 3.4. *Acropora hyacinthus*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora hyacinthus*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Korallit terlihat seperti piringan. Cabangnya tipis. Radial korallit berbentuk mangkok.

Warna : Umumnya berwarna krem, coklat, keabu-abuan, hijau, biru dan merah muda.

Kemiripan : Sepintas karang ini mirip dengan *A. cytherea*, *A. Spicifera* dan *A. tanegashimensis*.

Distribusi : Tersebar dari perairan Indonesia, dan Australia.

Habitat : Karang ini umumnya banyak hidup di perairan yang dangkal.

4. *Acropora gemmifera*



Gambar 3.5. *Acropora gemmifera*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora gemmifera*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloninya berbentuk digitata, percabangan tebal, aksial koralit berukuran kecil, Radial koralit memiliki 2 ukuran biasanya berbaris.

Warna : Jingga, biru, krem atau coklat. Ujung cabang berwarna biru atau putih.

Kemiripan : *A. humilis*, *A. Monticulosa*.

Distribusi : Perairan Indonesia, Australia, Philipina, Madagaskar.

Habitat : Hidup pada daerah perairan dangkal dan tahan terhadap kekeringan (daerah pasang surut).

5. *Acropora palifera*



Gambar 3.6. *Acropora palifera*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora palifera*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : koloni seperti piringan berkerak dengan punggung tebal berkolom dan bercabang, cabang biasanya tegak tetapi secara umum

bentuknya horizontal tergantung dari pengaruh gelombang, tidak ada aksial koralit, koralit lembut.

Warna : Umumnya berwarna krem dan coklat.

Kemiripan : Sepintas karang ini mirip dengan *A. cuneata* dan *A. elizabethensis*.

Distribusi : Tersebar di Perairan Indonesia, Papua New Guinea, Solomon dan Australia.

Habitat : Karang ini umumnya banyak hidup di perairan yang dangkal.

6. *Acropora cervicornis*



Gambar 3.7. *Acropora cervicornis*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora cervicornis*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni dapat terhampar sampai beberapa meter, Koloni arborescens, tersusun dari cabang-cabang yang silindris. Koralit berbentuk pipa. Aksial koralit dapat dibedakan.

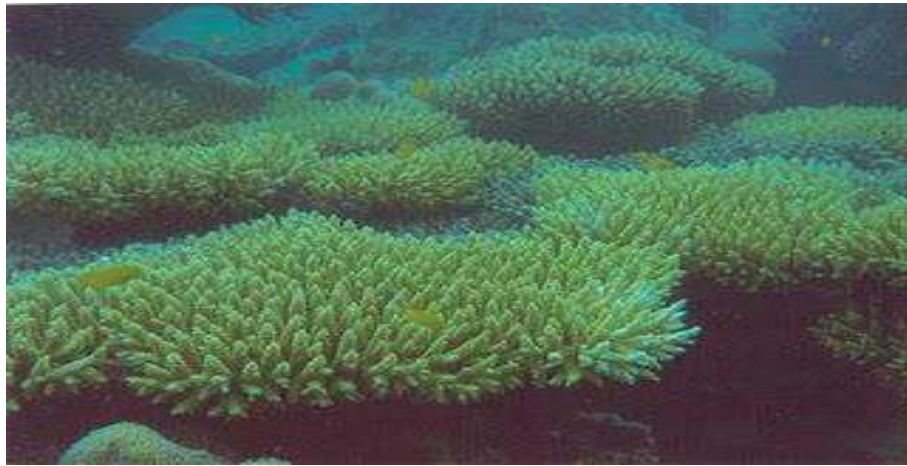
Warna : Coklat muda.

Kemiripan : *A. prolifera*, *A. formosa*.

Distribusi : Perairan Indonesia, Jamaika, dan Kep. Cayman..

Habitat : Lereng karang bagian tengah dan atas, juga perairan lagun yang jernih.

7. *Acropora elegantula*



Gambar 3.8. *Acropora elegantula*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora elegantula*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni korimbosa seperti semak. Cabang horisontal tipis dan menyebar. Aksial koralitnya jelas.

Warna : Abu-abu dengan warna ujungnya muda.

Kemiripan : *A. aculeus*, dan *A. elseyi*.

Distribusi: Perairan Indonesia, Srilanka.

Habitat : Fringing reefs yang dangkal.

8. *Acropora acuminata*



Gambar 3.9. *Acropora acuminata*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora acuminata*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni bercabang. Ujung cabangnya lancip. Korallit mempunyai 2 ukuran.

Warna : Biru muda atau coklat.

Kemiripan : *A. hoeksemai*, *A. abrotanoides*.

Distribusi : Perairan Indonesia, Solomon, Australia, Papua New Guinea dan Philipina.

Habitat : Pada bagian atas atau bawah lereng karang yang jernih atau pun keruh.

9. *Acropora microthalma*



Gambar 3.10. *Acropora microthalma*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora microthalma*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni bisa mencapai 2 meter luasnya dan hanya terdiri dari satu spesies. Radial koralit kecil, berjumlah banyak dan ukurannya sama.

Warna : Abu-abu muda, kadang coklat muda atau krem.

Kemiripan : *A. copiosa*, *A. Parilis*, *A. Horrida*, *A. Vaughani*, dan *A. exquisita*.

Distribusi : Perairan Indonesia, Solomon, Australia, Papua New Guinea.

Habitat : Reef slope bagian atas, perairan keruh dan lagun berpasir.

10. *Acropora millepora*



Gambar 3.11. *Acropora millepora*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora millepora*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni berupa korimbosa berbentuk bantalan dengan cabang pendek yang seragam. Aksial koralit terpisah. Radial koralit tersusun rapat.

Warna : Umumnya berwarna hijau, orange, merah muda, dan biru.

Kemiripan : Sepintas karang ini mirip dengan *A. convexa*, *A. prostrata*, *A. aspera* dan *A. pulchra*.

Distribusi : Tersebar dari Perairan Indonesia, Philipina dan Australia.

Habitat : Karang ini umumnya banyak hidup di perairan yang dangkal

3.2.2. Padang Lamun

Lamun (*seagrasses*) adalah tumbuhan berbunga (*Angiospermae*) yang sudah sepenuhnya menyesuaikan diri hidup terbenam di dalam laut. Tumbuhan ini mempunyai beberapa sifat yang memungkinkannya hidup di lingkungan laut, yaitu (1) mampu hidup di media air asin, (2) mampu berfungsi normal dalam keadaan terbenam, (3) mempunyai system perakaran jangkar yang berkembang baik, (4) mampu melaksanakan penyerbukan dan daur generative dalam keadaan terbenam (Den Hartog, 1970 *dalam* Dahuri, 2003).

Lamun memiliki perbedaan yang nyata dengan tumbuhan yang hidup terbenam dalam laut lainnya, seperti makro-algae atau rumput laut (*seaweeds*). Tanaman lamun memiliki bunga dan buah yang kemudian berkembang menjadi benih. Lamun juga memiliki sistem perakaran yang nyata, dedaunan, sistem transportasi internal untuk gas dan nutrient, serta stomata yang berfungsi dalam pertukaran gas. Gambar 2 di bawah ini memperlihatkan suasana padang lamun.



Gambar 3.12. Padang lamun

Akar pada tumbuhan lamun tidak berfungsi penting dalam pengambilan air, karena daun dapat menyerap nutrient secara langsung dari dalam air laut. Tumbuhan tersebut dapat menyerap nutrient dan melakukan fiksasi nitrogen melalui tudung akar. Kemudian, untuk menjaga agar tubuhnya tetap mengapung di dalam kolam air, tumbuhan ini dilengkapi dengan ruang udara.

Lamun tumbuh subur di daerah terbuka pasang surut dan perairan pantai atau goa yang dasarnya lumpur, pasir, kerikil, dan patahan karang mati, dengan kedalaman ± 4 meter. Di perairan yang sangat jernih, beberapa jenis lamun bahkan dapat tumbuh pada kedalaman 8-15 meter dan 40 meter (Den Hartog, 1970; Erfteimeijer, 1993 dalam Dahuri, 2003). Spesies lamun yang biasanya tumbuh dengan vegetasi tunggal adalah *Thalassia hemprichii*, *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, *Halodule uninervis*, *Cymodocea serrulata* dan *Thalassodendron ciliatum*.

Parameter lingkungan utama yang mempengaruhi distribusi dan pertumbuhan ekosistem padang lamun antara lain :

1. **Kecerahan.** Lamun membutuhkan interaksi cahaya yang tinggi untuk fotosintesis. Beberapa aktivitas yang dapat meningkatkan muatan sedimen pada badan air akan berakibat pada tingginya kekeruhan perairan, sehingga berpotensi mengurangi penetrasi cahaya, hal ini dapat menimbulkan gangguan terhadap produktivitas primer ekosistem padang lamun.
2. **Temperatur.** Spesies lamun di daerah tropik mempunyai toleransi rendah terhadap perubahan temperature. Kisaran temperatur optimal bagi spesies lamun adalah 28-30°C. Kemampuan fotosintesis akan menurun dengan tajam apabila temperatur perairan berada di luar kisaran optimal tersebut.
3. **Salinitas.** Sebagian besar memiliki kisaran antara 10 dan 40%. Nilai salinitas optimum untuk spesies lamun adalah 35%. Salah satu factor yang menyebabkan kerusakan ekosistem padang lamun adalah meningkatnya salinitas yang diakibatkan oleh berkurangnya suplai air tawar dari sungai.
4. **Substrat.** Padang lamun hidup pada berbagai macam tipe substrat, mulai dari lumpur sampai sedimen dasar yang terdiri dari endapan lumpur halus sebesar 40%. Kedalaman substrat berperan dalam menjaga stabilitas sedimen yang mencakup 2

hal, yaitu pelindung tanaman dari arus air laut, dan tempat pengolahan serta pemasok nutrient. Kedalaman sedimen yang cukup merupakan kebutuhan utama untuk pertumbuhan dan perkembangan habitat lamun.

5. **Kecepatan Arus Perairan.** Produktivitas padang lamun juga dipengaruhi oleh kecepatan arus perairan. Pada saat kecepatan arus sekitar 0,5 m detik⁻¹, jenis *Turtle grass (Thalassia testudinum)* mempunyai kemampuan maksimal untuk tumbuh.

Lamun yang ditemukan di perairan Indonesia terdiri dari tujuh marga (genera). Tiga di antaranya (*Enhalus*, *Thalassia* dan *Halophila*) termasuk suku *Hydrocaritaceae*, sedangkan 4 marga lainnya (*Halodule*, *Cymodocea*, *Syringodium*, dan *Thalassodendron*) termasuk suku *Pomatogetonaceae* (Nontji, 1987). Zonasi sebaran dan karakteristik lamun di perairan pesisir Indonesia dapat dikelompokkan menurut (1) genangan air dan kedalaman; (2) kualitas air; (3) komposisi jenis; (4) tipe substrat; dan (5) asosiasi dengan sistem lain (seperti terumbu karang, mangrove dan estuaria).

Lamun yang dijumpai di perairan Asia Tenggara ada 20 jenis, namun hanya 12 jenis lamun yang dijumpai di Indonesia yaitu *Cymodocea serrulata*, *C. rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Halodule uninervis*, *H. pinifolia*, *Halophila minor*, *H. ovalis*, *H. decipiens*, *H. spinulosa*, *Thalassia hemprichii*, *Syringodium isoetifolium* dan *Thalassodendron ciliatum*.

Penyebaran padang lamun di Indonesia mencakup perairan Jawa, Sumatera, Bali, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara dan Irian Jaya (Papua). Spesies yang dominan dan dijumpai hampir di seluruh Indonesia adalah *Thalassia hemprichii* (Brouns, 1985; Hutomo *et al.* 1988 dalam Dahuri, 2003). Keragaman hayati lamun yang paling tinggi terdapat di Flores dan Lombok, masing-masing ada 11 spesies. Sedangkan menurut Den Hartog, 1970 dalam Dahuri, 2003, di Indonesia ditemukan 13 jenis lamun, sebagai tambahan adalah *Halophila beccari*.

Padang lamun yang dijumpai di alam sering berasosiasi dengan flora dan fauna akuatik lainnya, seperti algae, meiofauna, moluska, ekinodermata, krustasea, dan berbagai jenis ikan. Asosiasi tersebut membentuk suatu ekosistem yang

kompleks dari padang lamun. Di Spermonde (Sulawesi Selatan), ditemukan 117 spesies alga makro yang berasosiasi dengan padang lamun, terdiri dari alga hijau (*Chlorophyta*) 50 spesies; alga coklat (*Phaeophyta*) 17 spesies; dan alga merah (*Rhodophyta*) 50 spesies. Gambar 3.13. memperlihatkan beberapa hewan yang hidup di padang lamun :



Dugong dugon

Trygonoptera ovalis

Chelonia mydas

Gambar 3.13. Beberapa hewan yang hidup di padang lamun

Meiofauna yang berasosiasi dengan padang lamun di Kuta dan Teluk Gerupuk, Lombok Selatan, terdiri dari nematoda, foraminifera, copepod, ostracoda, tubelaria, dan polychaeta (Susetiono, 1994 dalam Dahuri, 2003). Moluska yang berasosiasi dengan padang lamun di Teluk Banten ada 15 spesies (Mudjiono *et al.* 1992 dalam Dahuri, 2003). Dua spesies yang dominan adalah *Pyrene versicolor* dan *Cerithium tenellum*.

Krustasea yang hidup berasosiasi dengan padang lamun di Teluk Banten ada 28 spesies (Aswandy dan Hutomo, 1988 dalam Dahuri, 2003), sedangkan di Kuta dan Teluk Gerupuk dijumpai 70 spesies (Moosa dan Aswandy, 1994 dalam Dahuri 2003). Dua spesies dari *Amphipoda* yaitu *Apseudeus chilbensis* dan *Eriopisa elongata* jumlahnya berlimpah di padang Enhalus di Teluk Grenyang.

3.2.3. Rumput Laut

Rumput laut (*seaweeds*) atau alga makro tumbuh di perairan laut yang memiliki substrat keras dan kokoh yang berfungsi sebagai tempat melekat. Rumput laut hanya dapat hidup di perairan apabila cukup mendapatkan cahaya. Pada perairan yang jernih, rumput laut dapat tumbuh hingga kedalaman 20-30

meter. Nutrien yang diperlukan oleh rumput laut dapat langsung diperoleh dari air laut.

Produktivitas rumput laut cukup besar, dan hewan pemangsa langsung rumput laut relative sedikit. Diperkirakan bahwa produksi bersih rumput laut yang memasuki jarring makanan melalui pemangsaan hanya 10%, sedangkan sisanya sebesar 90% masuk melalui rantai bentuk detritus atau bahan organik terlarut (Nybakken, 1986 dalam Dahuri, 2003).



Gambar 3.14. Macam-macam rumput laut

Parameter lingkungan utama bagi ekosistem rumput laut adalah :

1. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya berpengaruh terhadap produksi spora dan pertumbuhan rumput laut. Cahaya hijau dapat digunakan untuk merangsang pertumbuhan spora *Gelidium*, sedangkan cahaya biru dapat menghambat pembentukan zoospore pada *Protosiphon*. Intensitas cahaya yang dibutuhkan oleh rumput laut berbeda menurut jenisnya. Intensitas cahaya 400 lux dapat merangsang perkembangan spora *Gracilaria verucosa* dengan baik, sedangkan antara 6.500 dan 7.500 lux, pertumbuhan *Ectocarpus* dapat berlangsung dengan baik.

2. Musim dan Temperatur

Musim dan temperature mempunyai keterkaitan yang erat dan keduanya sangat mempengaruhi kehidupan rumput laut. Sebagai contoh, produksi maksimal tetraspora dan kartospora *Gracilaria* hanya terjadi pada musim panas. Begitu pula pembentukan gametofit dan sporafitnya. Perkembangan tetraspora *Polysiphonia*

berlangsung dengan baik pada kisaran temperatur 25-30°C dan sebaliknya pertumbuhan akan terhambat bila temperature rendah dan intensitas cahaya tinggi.

3. Salinitas

Salinitas (kadar garam) yang tinggi, yaitu 30-35% dapat menyebabkan kemandulan bagi *Gracilaria verucosa*. Pertumbuhan maksimum *Gracilaria* yang berasal dari atlantik dan Pasifik Timur terjadi pada salinitas 15-30%, dengan titik optimumnya 25%.

4. Gerakan Air

Kekuatan gerakan air berpengaruh terhadap pelekatan spora pada substarnya. Karakteristik spora dari algae yang tumbuh pada daerah berombak dan berarus kuat umumnya cepat tenggelam dan memiliki kemampuan menempel dengan cepat dan kuat. Sebagai contoh adalah *Eucheuma serra*, *E. spinosum*, *Gelidium* spp, dan *Pterocladia* spp. Sementara itu, algae yang tumbuh di daerah yang tenang memiliki karakteristik spora yang mengandung lapisan lendir, dan memiliki ukuran serta bentuk yang lebih besar. Gerakan air tersebut juga sangat berperan dalam mempertahankan sirkulasi zat hara yang berguna untuk pertumbuhan.

5. Zat Hara

Kandungan nutrien utama yang diperlukan algae, seperti nitrogen dan fosfat, sangat berpengaruh terhadap stadium reproduksinya. Apabila kedua unsur hara tersebut tersedia, maka kesuburan gametofit algae coklat (*Laminaria nigrescence*) meningkat.

Tabel 3.1. Karakteristik rumput laut pada masing-masing kelas

Jenis rumput laut	Pigmen	Zat penyusun dinding sel	Habitat
Hijau (<i>Chlorophyta</i>)	Klorofil a, klorofil b dan karotenoid (siponaxantin, siponein, lutein, violaxantin dan zeaxantin)	Selulosa	Air asin, air tawar
Merah (<i>Rhodophyta</i>)	Klorofil a, klorofil d dan piko-biliprotein (pikoeritrin dan pikosianin)	CaCO ₃ , selulosa, produk fotosintetik berupa karaginan, agar, fulcellaran, porpiran.	Laut, sedikit air tawar
Coklat (<i>Phaeophyta</i>)	Klorofil a, klorofil c dan karotenoid (fukoxantin, violaxantin, zeaxantin)	Asam alginat	Laut
Pirang (<i>Chrysophyta</i>)	Karoten, xantofil	Silikon	Laut, air tawar

Sumber : Kimball, 1992; Pelezar & Chan, 1986; Simpson, 2006 dalam Dahuri, 2003

Kandungan nutrisi dalam rumput laut merupakan dasar pemanfaatan rumput laut di bidang kesehatan. Nutrisi yang terkandung dalam rumput laut antara lain:

1. Polisakarida dan Serat

Rumput laut mengandung sejumlah besar polisakarida. Polisakarida tersebut antara lain alginat dari rumput laut coklat, karagenan dan agar dari rumput laut merah dan beberapa polisakarida minor lainnya yang ditemukan pada rumput laut hijau (Anggadiredja *et al*, 2002 dalam Dahuri, 2003). Kebanyakan dari polisakarida tersebut bila bertemu dengan bakteri di dalam usus manusia, tidak dicerna oleh manusia, sehingga dapat berfungsi sebagai serat. Kandungan serat rumput laut dapat mencapai 30-40% berat kering dengan persentase lebih besar pada serat larut air. Kandungan serat larut air rumput laut jauh lebih tinggi dibanding dengan tumbuhan daratan yang hanya mencapai sekitar 15% berat

kering (Burtin, 2003 *dalam* Dahuri, 2003). Kandungan polisakarida yang terdapat di dalam rumput laut berperan dalam menurunkan kadar lipid di dalam darah dan tingkat kolesterol serta memperlancar sistem pencernaan makanan. Komponen polisakarida dan serat juga mengatur asupan gula di dalam tubuh, sehingga mampu mengendalikan tubuh dari penyakit diabetes. Beberapa polisakarida rumput laut seperti fukoidan juga menunjukkan beberapa aktivitas biologis lain yang sangat penting bagi dunia kesehatan. Aktivitas tersebut seperti antitrombotik, antikoagulan, antikanker, antiproliferatif (antipembelahan sel secara tak terkendali), antivirus, dan antiinflamatori (antiperadangan) (Burtin, 2003; Shiratori *et al*, 2005 *dalam* Dahuri, 2003).

2. Mineral

Kandungan mineral rumput laut tidak tertandingi oleh sayuran yang berasal dari darat. Fraksi mineral dari beberapa rumput laut mencapai lebih dari 36% berat kering. Dua mineral utama yang terkandung pada sebagian besar rumput laut adalah iodin dan kalsium (Fitton, 2005 *dalam* Dahuri, 2003). *Laminaria sp.*, rumput laut jenis coklat merupakan sumber utama iodin karena kandungannya mampu mencapai 1500 sampai 8000 ppm berat kering. Rumput laut juga merupakan sumber kalsium yang sangat penting. Kandungan kalsium dalam rumput laut dapat mencapai 7% dari berat kering dan 25-34% dari rumput laut yang mengandung kapur (Ramazanov, 2006 *dalam* Dahuri, 2003). Kandungan mineral seperti yang telah disebutkan di atas memberikan efek yang sangat baik bagi kesehatan. Iodin misalnya, secara tradisional telah digunakan untuk mengobati penyakit gondok. Iodin mampu mengendalikan hormon tiroid, yaitu hormon yang berperan dalam pembentukan gondok. Mereka yang telah membiasakan diri mengkonsumsi rumput laut terbukti terhindar dari penyakit gondok karena kandungan iodin yang tinggi di dalam rumput laut. Kandungan mineral lain yang juga tak kalah penting adalah kalsium. Konsumsi rumput laut sangat berguna bagi ibu yang sedang hamil, para remaja, dan orang lanjut usia yang kemungkinan dapat terkena risiko kekurangan (defisiensi) kalsium (Fitton, 2005 *dalam* Dahuri, 2003).

3. Protein

Kandungan protein rumput laut coklat secara umum lebih kecil dibanding rumput laut hijau dan merah. Pada rumput laut jenis coklat, protein yang terkandung di dalamnya berkisar 5-15% dari berat kering, sedangkan pada rumput laut hijau dan merah berkisar 10-30% dari berat kering. Beberapa rumput laut merah, seperti *Palmaria palmate* (dulse) dan *Porphyra tenera* (nori), kandungan protein mampu mencapai 35-47% dari berat kering (Mohd Hani Norziah *et al*, 2000 dalam Dahuri, 2003). Kadar ini lebih besar bila dibandingkan dengan kandungan protein yang ada di sayuran yang kaya protein seperti kacang kedelai yang mempunyai kandungan protein sekitar 35% berat kering (Almatsier, 2005 dalam Dahuri, 2003).

4. Lipid dan asam lemak

Lipid dan asam lemak merupakan nutrisi rumput laut dalam jumlah yang kecil. Kandungan lipid hanya berkisar 1-5% dari berat kering dan komposisi asam lemak omega 3 dan omega 6 (Burtin, 2003 dalam Dahuri, 2003). Asam lemak omega 3 dan 6 berperan penting dalam mencegah berbagai penyakit seperti penyempitan pembuluh darah, penyakit tulang, dan diabetes (Almatsier, 2005 dalam Dahuri, 2003). Asam alfa linoleat (omega 3) banyak terkandung dalam rumput laut hijau (Gambar 3.15), sedangkan rumput laut merah dan coklat banyak mengandung asam lemak dengan 20 atom karbon seperti asam eikosapentanoat dan asam arakidonat (Burtin, 2005 dalam Dahuri, 2003). Kedua asam lemak tersebut berperan dalam mencegah inflamatori (peradangan) dan penyempitan pembuluh darah. Hasil penelitian membuktikan bahwa ekstrak lipid beberapa rumput laut memiliki aktivitas antioksidan dan efek sinergisme terhadap tokoferol (senyawa antioksidan yang sudah banyak digunakan) (Anggadiredja *et al.*, 1997; Shanab, 2007 dalam Dahuri, 2003).



Gambar 3.15. Algae hijau (*Chlorophyta* atau *Chlorophyceae*)

5. Vitamin

Rumput laut dapat dijadikan salah satu sumber Vitamin B, yaitu vitamin B12 yang secara khusus bermanfaat untuk pengobatan atau penundaan efek penuaan (*antiaging*), *Chronic Fatigue Syndrome (CFS)*, dan anemia (Almatsier, 2005 dalam Dahuri, 2003). Selain vitamin B, rumput laut juga menyediakan sumber vitamin C yang sangat bermanfaat untuk memperkuat sistem kekebalan tubuh, meningkatkan aktivitas penyerapan usus terhadap zat besi, pengendalian pembentukan jaringan dan matriks tulang, dan juga berperan sebagai antioksidan dalam penangkapan radikal bebas dan regenerasi vitamin E (Soo-Jin Heo *et al*, 2005). Kadar vitamin C dapat mencapai 500-3000 mg/kg berat kering dari rumput laut hijau dan coklat, 100-800 mg/kg pada rumput laut merah. Vitamin E yang berperan sebagai antioksidan juga terkandung dalam rumput laut. Vitamin E mampu menghambat oksidasi *Low Density Lipoprotein (LDL)* atau kolesterol buruk yang dapat memicu penyakit jantung koroner (Ramazanov, 2005). Ketersediaan vitamin E di dalam rumput laut coklat lebih tinggi dibanding rumput laut hijau dan merah. Hal ini dikarenakan rumput laut coklat mengandung α , β , dan γ - tokoferol, sedangkan rumput laut hijau dan merah hanya mengandung α - tokoferol (Fitton, 2005). Di antara rumput laut coklat, kadar paling tinggi yang telah diteliti adalah pada *Fucaceae*, *Ascophyllum* dan *Fucus sp* yang mengandung sekitar 200-600 mg tokoferol/kg berat kering (Ramazanov, 2006).

6. Polifenol

Polifenol rumput laut dikenal sebagai florotanin, memiliki sifat yang khas dibandingkan dengan polifenol yang ada dalam tumbuhan darat. Polifenol dari tumbuhan darat berasal dari asam galat, sedangkan polifenol rumput laut berasal dari floroglusinol (*1,3,5-trihydroxybenzine*). Kandungan tertinggi florotanin ditemukan dalam rumput laut coklat, yaitu mencapai 5-15% dari berat keringnya (Fitton, 2005). Polifenol dalam rumput laut memiliki aktivitas antioksidan, sehingga mampu mencegah berbagai penyakit degeneratif maupun penyakit karena tekanan oksidatif, di antaranya kanker, penuaan, dan penyempitan pembuluh darah. Aktivitas antioksidan polifenol dari ekstrak rumput laut tersebut

telah banyak dibuktikan melalui uji *in vitro* sehingga tentunya kemampuan antioksidannya sudah tidak diragukan lagi (Soo-Jin Heo *et al*, 2005; Shanab, 2007). Selain itu, polifenol jugaterbukti memiliki aktivitas antibakteri, sehingga dapat dijadikan alternatif bahan antibiotik. Salah satunya terbukti bahwa rumput laut mampu melawan bakteri *Helicobacter pylori*, penyebab penyakit kulit (John dan Ashok, 1986; Fitton, 2005).

Kandungan rumput laut yang telah dimanfaatkan dalam industri antara lain :

1. Agar

Agar merupakan produk utama yang dihasilkan dari rumput laut terutama dari kelas *Rhodopycea*, seperti *Gracilaria*, *Sargassum* dan *Gellidium*. Agar memiliki kemampuan membentuk lapisan gel atau film, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengemulsi (*emulsifier*), penstabil (*stabilizer*), pembentuk gel, pensuspensi, pelapis, dan inhibitor.

Pemanfaatan agar dalam bidang industri antra lain: industri makanan dan minuman, farmasi, kosmetik, pakan ternak, keramik, cat, tekstil, kertas, fotografi. Dalam industri makanan, agar banyak dimanfaatkan pada industri es krim, keju, permen, jelly, dan susu coklat, serta pengalengan ikan dan daging, Agar juga banyak digunakan dalam bidang bioteknologi sebagai media pertumbuhan mikroba, jamur, *yeast*, dan mikroalga, serta rekombinasi DNA dan elektroforesis.



Gambar 3.16. Makanan dan minuman yang berasal dari rumput laut

2. Pikokoloid

Pikokoloid merupakan golongan polisakarida yang dihasilkan melalui ekstraksi rumput laut. Pikokoloid mampu membentuk gel sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengental (*emulsifyer*) dan stabilisator atau penstabil makanan (Raven *et al.*, 1986 dalam Dahuri, 2003). Selain itu, pikokoloid juga

dapat digunakan dalam industri farmasi dan kosmetika. Pikoloid banyak dihasilkan rumput laut dari spesies alga merah (Gambar 3.17).



Gambar 3.17. Algae merah (*Rhodophyta* atau *Rhodophyceae*)

Pemanfaatan pikokoloid berkembang sejak tahun 1990-an dalam industri makanan, obat-obatan, dan industri-industri lainnya. Pikokoloid dimanfaatkan dalam industri susu, roti, kue, es krim, permen, bumbu salad, selai, bir, pengalengan ikan, juga industri farmasi seperti suspensi, salep, dan tablet (Winarno, 1996 dalam Dahuri, 2003). Pikokoloid juga digunakan sebagai penstabil susu kocok dan mencegah terbentuknya kristal es pada es krim (Burns, 1974). Pada beberapa cairan obat, pikokoloid digunakan untuk meningkatkan viskositas dan menjaga suspensi padatan dan bahan penstabil pasta (Chapman & Chapman, 1980 dalam Dahuri, 2003).

3. Karagenan

Bahan mentah yang terpenting untuk produksi karagenan adalah *carrageenate* dan derivatnya (turunan) seperti *Chondrus crispus* dan berbagai macam species *Gigartina*, khususnya *Gigartina stellata* dan juga *Eucheuma* serta species *Hypnea*. Selain itu sumber bahan mentah lainnya adalah *Chondrococcus hornemannii*, *Halymenia venusta*, *Laurencia papillosa*, *Sarconema filiforme*, dan *Endocladia*, *Gelidium* tertentu, *Gymnogongrus*, *Rhodoglossum*, *Rissoella*, dan Rumput laut Merah lainnya (Gambar 3.18).



Gambar 3.18. Algae merah jenis *Eucheuma cottonii* dapat menghasilkan karagenan.

Karagenan sering kali digunakan dalam industri farmasi sebagai pengemulsi (sebagai contoh dalam emulsi minyak hati), sebagai larutan granulasi dan pengikat (sebagai contoh tablet, elexir, sirup, dll). Disebutkan bahwa depolimerisasi yang tinggi dari jوتا-karagenan digunakan sebagai obat dalam terapi gastrik yang bernanah, yang mungkin tidak mempunyai efek fisiologis sampingan.

Karagenan digunakan juga dalam industri kosmetika sebagai stabiliser, suspensi, dan pelarut. Produk kosmetik yang sering menggunakan adalah salep, krem, lotion, pasta gigi, tonic rambut, stabilizer sabun, minyak pelindung sinar matahari, dan lainnya. Karagenan juga digunakan dalam industri kulit, kertas, tekstil, dan sebagainya.

Hasil penelitian I. Made Artama (2009), menyimpulkan bahwa karagenan yang dihasilkan dari tiga varietas algae merah kering (*Rhodophyceae*) dari Nusa Dua, Bali dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Coliform*, *Staphylococcus* spp. dan bakteri aerob.

3.2.4. Hutan Mangrove

Mangrove merupakan formasi-formasi tumbuhan pantai yang khas di sepanjang pantai tropis dan sub tropis yang terlindung. Formasi mangrove merupakan perpaduan antara daratan dan lautan. Mangrove tergantung pada air laut dan air tawar sebagai sumber kehidupannya serta pada endapan debu (*silt*) dari erosi daerah hulu sebagai bahan pendukung substratnya.

Air pasang memberi makanan bagi mangrove sedangkan air sungai yang kaya mineral akan memperkaya sedimen dan rawa tempat mangrove tumbuh.

Dengan demikian bentuk mangrove dan keberadaannya dirawat oleh pengaruh darat dan laut (FAO, 1994 *dalam* Dahuri, 2003). Indonesia memiliki hutan mangrove yang sangat luas, mulai dari pantai-pantai berlumpur di Sumatera, Kalimantan dan Irian Jaya sampai pada pantai-pantai dari pulau-pulau kecil serta daerah intertidal dari gugusan karang lepas pantai. Oleh karena itu, mangrove memainkan peran yang sangat vital terhadap pembangunan ekonomi dan sosial pada masyarakat pantai disepanjang kepulauan Indonesia.

Hutan mangrove merupakan salah satu bentuk ekosistem hutan yang unik dan khas didaerah tropika dan subtropika. Hutan ini biasanya terdapat di daerah pantai yang rendah dan tenang, berlumpur dan sedikit berpasir yang mendapat pengaruh pasang surut air laut, dimana tidak ada ombak keras.

Kata Mangrove merupakan kombinasi antara bahasa Portugis "*Mangue*" dan bahasa Inggris "*grove*" (Macnae,1968 *dalam* Dahuri, 2003). Dalam bahasa Inggris mangrove digunakan baik untuk komunitas tumbuhan yang tumbuh didaerah jangkauan pasang surut maupun untuk individu-individu jenis tumbuhan yang menyusun komunitas tersebut.

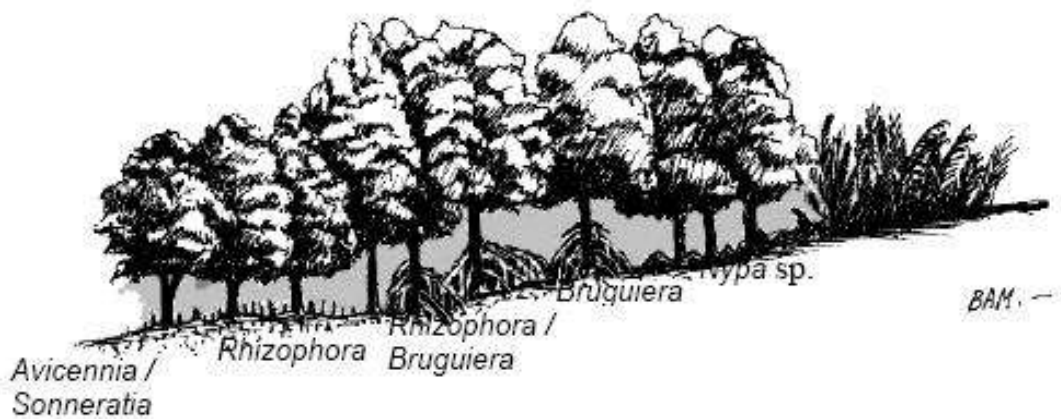
Di Indonesia, mangrove dikenal dengan hutan payau atau sering disebut hutan bakau (Gambar 3.19). Hutan ini disebut hutan bakau karena didominasi oleh tanaman jenis bakau atau disebut hutan payau karena hidup di lokasi yang payau akibat mendapat buangan air dari sungai atau air tanah. Penggunaan istilah hutan bakau untuk hutan mangrove sebenarnya kurang tepat dan rancu, karena bakau hanyalah nama lokal dari marga *Rhizophora*, sementara hutan mangrove disusun dan ditumbuhi oleh banyak marga dan jenis tumbuhan lainnya. Oleh karena itu, penyebutan hutan mangrove dengan hutan bakau sebaiknya dihindari (Kusmana *et al*, 2003).



Gambar 3.19. Hutan Mangrove

Hutan mangrove memiliki nilai ekonomis dan ekologis yang tinggi, tetapi sangat rentan terhadap kerusakan apabila kurang bijaksana dalam mempertahankan, melestarikan dan pengelolaannya.

Pertumbuhan komunitas vegetasi mangrove secara umum mengikuti suatu pola zonasi yang berkaitan erat dengan faktor lingkungan seperti tipe tanah (lumpur, pasir atau gambut), keterbukaan terhadap hempasan gelombang, salinitas serta pengaruh pasang surut. Pembentukan zonasi dimulai dari arah laut menuju daratan, yang terdiri dari zona *Avicennia* dan *Sonneratia* yang berada paling depan dan langsung berhadapan dengan laut. Zona di belakangnya berturut-turut adalah *Rhizophora* dan *Bruguiera*.



Gambar 3.20. Zonasi penyebaran jenis pohon mangrove (sumber : Arifin.A, 2003)

Mangrove sulit tumbuh di wilayah pesisir yang terjal dan berombak besar dengan arus pasang surut kuat, karena kondisi ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai substansi bagi pertumbuhannya (Dahuri, 2003).

Soemodihardjo *et al.*, (1986) dalam Dahuri, 2003 mengklasifikasikan hutan mangrove Indonesia menjadi 4 kelas, yaitu (1) delta, terbentuk di muara sungai yang berkisaran pasang surut rendah, (2) dataran lumpur, terletak di pinggiran pantai, (3) dataran pulau, berbentuk sebuah pulau kecil yang pada waktu surut rendah muncul di atas permukaan air dan, (4) dataran pantai, habitat mangrove yang merupakan jalur sempit memanjang sejajar garis pantai.

Hutan mangrove disebut juga hutan pasang surut, hutan payau, atau hutan bakau. Tumbuhan yang menyusun hutan mangrove, yaitu jenis *Rhizophora* spp. (Gambar 3.20). Hutan mangrove merupakan tipe hutan tropika dan subtropika yang khas, tumbuh di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Mangrove tumbuh optimal di wilayah pesisir yang memiliki muara sungai besar dan delta yang aliran airnya banyak mengandung lumpur, sedangkan di wilayah pesisir yang tidak bermuara sungai, pertumbuhan vegetasi mangrove tidak optimal.



Rhizophora apiculata



Excoecaria agallocha



Rhizophora mucronata



Avicennia germinans

Gambar 3.21. Beberapa jenis tumbuhan yang biasa hidup di hutan mangrove

Tumbuhan mangrove memiliki daya adaptasi fisiologi dan morfologi yang khas agar dapat terus hidup pada lingkungan yang bersalinitas tinggi dan kondisi lumpur yang anaerob di perairan laut dangkal. Daya adaptasi tersebut menurut Nybakken (1986) serta Meadows dan Campbell (1988) dalam Dahuri, 2003 adalah sebagai berikut :

1. Perakaran yang pendek dan melebar luas dengan akar penyangga atau tudung akar yang tumbuh dari batang dan dahan, sehingga menjamin kokohnya batang.
2. Berdaun kuat dan mengandung banyak air.

3. Mempunyai banyak jaringan internal penyimpan air dan konsentrasi garam yang tinggi. Contohnya *Avicennia* memiliki kelenjar yang mengeluarkan garam pada daunnya, sehingga dapat menjaga keseimbangan osmotik.

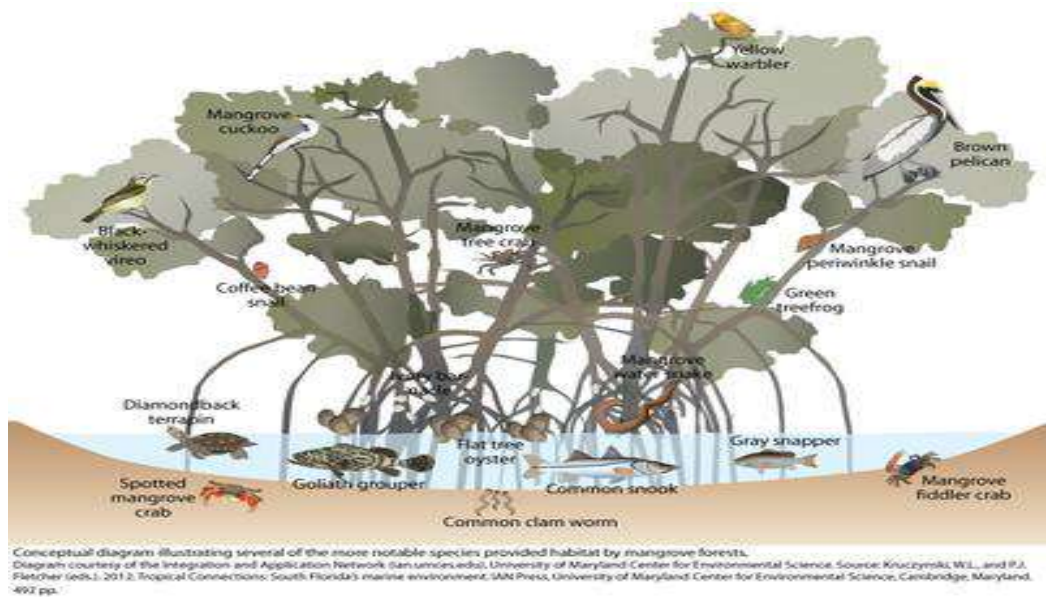
Komunitas hutan mangrove membentuk percampuran antara 2 (dua) kelompok:

1. **Kelompok fauna daratan** membentuk/terrestrial yang umumnya menempati bagian atas pohon mangrove, terdiri atas : insekta, ular, primata dan burung. Kelompok ini mempunyai sifat adaptasi khusus untuk hidup di dalam hutan mangrove, karena mereka melewati sebagian besar hidupnya diluar jangkauan air laut pada bagian pohon yang tinggi meskipun mereka dapat mengumpulkan makanannya berupa hewan laut pada saat air surut.
2. **Kelompok fauna perairan/akuatik**, terdiri dari dua tipe yaitu (1) hidup dikolam air, terutama berbagai jenis ikan dan udang dan, (2) menempati substrat baik keras (akar dan batang mangrove) maupun lunak (lumpur) terutama kepiting, kerang dan berbagai jenis invertebrata lainnya.



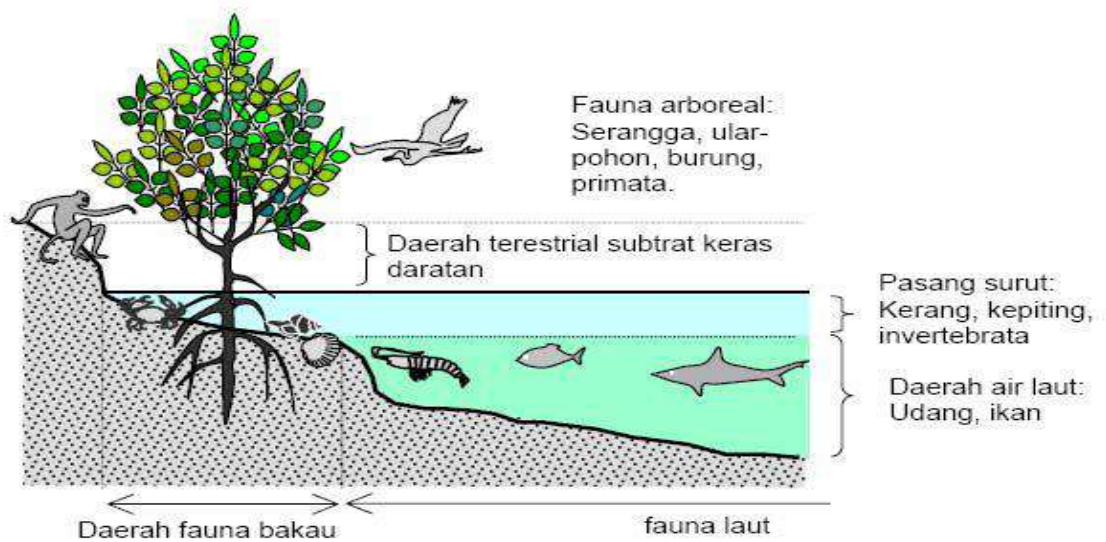
Gambar 3.22. Kepiting mangrove

Berbagai hewan seperti, reptil, hewan ampibi, mamalia, datang dan hidup walaupun tidak seluruh waktu hidupnya dihabiskan di habitat mangrove. Berbagai jenis ikan, ular, serangga dan lain-lain seperti burung dan jenis hewan mamalia dapat bermukim di sini. Sebagai sifat alam yang beraneka ragam maka berbeda tempat atau lokasi habitat mangrovenya maka akan berbeda pula jenis dan keragaman flora maupun fauna yang hidup di lokasi tersebut (Gambar 3.23).



Gambar 3.23. Komunitas dalam hutan mangrove (sumber : Irwanto,2006)

Kelompok lain yang bukan hewan arboreal adalah hewan-hewan yang hidupnya menempati daerah dengan substrat yang keras (tanah) atau akar mangrove maupun pada substrat yang lunak (lumpur). Kelompok ini antara lain adalah jenis kepiting mangrove, kerang-kerangan dan golongan invertebrata lainnya. Kelompok lainnya lagi adalah yang selalu hidup dalam kolom air laut seperti macam-macam ikan dan udang (Gambar 3.24).



Gambar 3.24. Diagram ilustrasi penyebaran fauna di ekosistem mangrove (sumber : Irwanto, 2006)

3.2.5. Estuaria

Estuaria adalah wilayah pesisir semi tertutup yang mempunyai hubungan bebas dengan laut terbuka dan menerima masukan air tawar dari daratan. Secara sederhana estuaria didefinisikan sebagai tempat pertemuan air tawar dan air asin. Sebagian besar estuaria didominasi oleh substrat berlumpur yang merupakan endapan yang dibawa oleh air tawar dan air laut.

Estuaria adalah perairan semi tertutup yang berhubungan bebas dengan laut, sehingga laut dengan salinitas tinggi dapat bercampur dengan air tawar. Kombinasi pengaruh air laut dan air tawar akan menghasilkan suatu komunitas yang khas, dengan lingkungan yang bervariasi, antara lain:

1. Tempat bertemunya arus air dengan arus pasang-surut, yang berlawanan menyebabkan suatu pengaruh yang kuat pada sedimentasi, pencampuran air dan ciri-ciri fisika lainnya, serta membawa pengaruh besar pada biotanya.
2. Pencampuran kedua macam air tersebut menghasilkan suatu sifat fisika lingkungan khusus yang tidak sama dengan sifat air sungai maupun air laut.
3. Perubahan yang terjadi akibat adanya pasang-surut mengharuskan komunitas mengadakan penyesuaian secara fisiologis dengan lingkungan sekelilingnya.
4. Tingkat kadar garam didaerah estuaria tergantung pada pasang-surut air laut, banyaknya aliran air tawar dan arus-arus lainnya, serta topografi daerah estuaria tersebut.

Stratifikasi estuaria dapat dilihat pada Gambar 3.25.

Klasifikasinya antara lain :

a. Estuaria berstratifikasi nyata atau baji garam

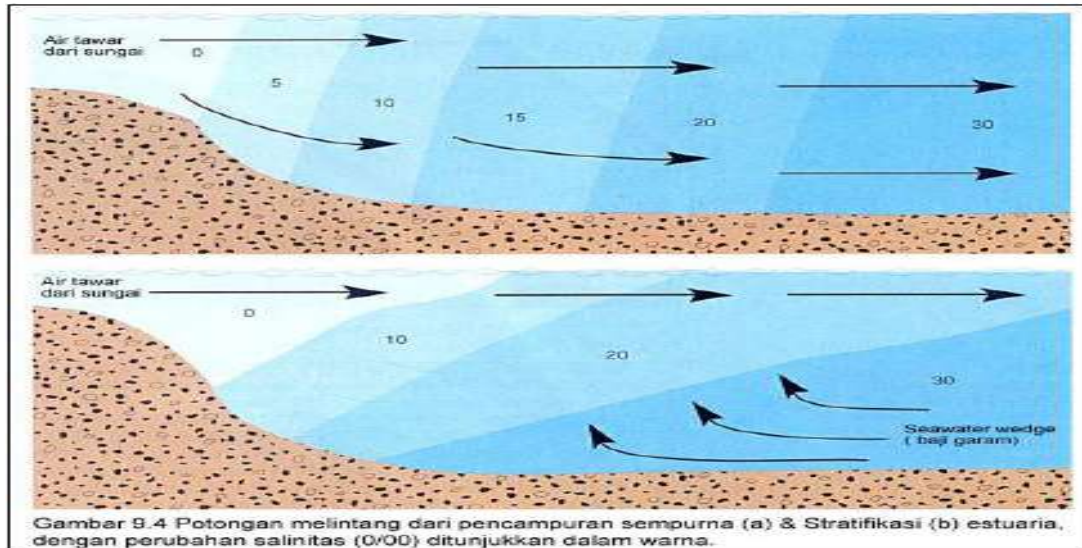
Dicirikan oleh adanya batas yang jelas antara air tawar dan air laut, didapatkan di lokasi dimana aliran air tawar lebih dominan dibanding penyusupan air laut.

b. Estuaria bercampur sempurna atau estuaria homogen vertikal

Pengaruh pasang surut sangat dominan dan kuat sehingga air bercampur sempurna dan tidak membentuk stratifikasi.

c. Estuaria berstratifikasi sebagian (moderat)

Aliran air tawar seimbang dengan masuknya air laut bersama arus pasang.



Gambar 3.25. Stratifikasi estuaria (sumber : Ma'ruf. K, 2005)

Berdasarkan salinitas (kadar garamnya), estuaria dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

- Oligohalin yang berkadar garam rendah (0,5% – 3 %)
- Mesohalin yang berkadar garam sedang (3% – 17 %)
- Polihalin yang berkadar garam tinggi (> 17 %).

Karakteristik estuaria adalah sebagai berikut :

a. Keterlindungan

Estuaria merupakan perairan semi tertutup sehingga biota akan terlindung dari gelombang laut yang memungkinkan tumbuh mengakar di dasar estuaria dan memungkinkan larva kerang-kerangan menetap di dasar perairan.

b. Kedalaman

Kedalaman estuaria relatif dangkal sehingga memungkinkan cahaya matahari mencapai dasar perairan dan tumbuhan akuatik dapat berkembang di seluruh dasar perairan, karena dangkal memungkinkan penggelontoran (flushing) dengan lebih baik dan cepat serta menangkal masuknya predator dari laut terbuka (tidak suka perairan dangkal).

c. Salinitas air

Air tawar menurunkan salinitas estuaria dan mendukung biota yang padat.

d. Sirkulasi air

Perpaduan antara air tawar dari daratan, pasang surut dan salinitas menciptakan suatu sistem gerakan dan transport air yang bermanfaat bagi biota yang hidup tersuspensi dalam air, yaitu plankton.

e. Pasang

Energi pasang yang terjadi di estuaria merupakan tenaga penggerak yang penting, antara lain mengangkut zat hara dan plankton serta mengencerkan dan meggelontorkan limbah.

f. Penyimpanan dan pendaoran zat hara

Kemampuan menyimpan energi daun pohon mangrove, lamun serta alga mengkonversi zat hara dan menyimpannya sebagai bahan organik untuk nantinya dimanfaatkan oleh organisme hewani.

Pembagian tipe-tipe estuari dapat dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu, kekuatan gelombang, pasang surut dan keberadaan sungai. Kuat lemahnya ketiga faktor ini tergantung dari bentuk geomorfologinya.

Secara umum estuaria dapat dibagi menjadi tujuh tipe, yaitu:

- a. *Embayments and drown river valleys* (Teluk dengan sungai dari lembah bukit)
- b. *Wave-dominated estuaries* (Estuari dengan dominasi gelombang)
- c. *Wave-dominated deltas* (Delta dengan dominasi gelombang)
- d. *Coastal lagoons and strandplains* (Lagun dengan hamparan tanah datar)
- e. *Tide-dominated estuaries* (Estuari dengan dominasi pasang surut)
- f. *Tide-dominated deltas* (Delta dengan dominasi pasang surut)

g. *Tidal creeks* (Daerah pasang surut dengan banyak anak sungai)

Bentuk estuaria bervariasi dan sangat tergantung pada besar kecilnya aliran sungai, kisaran pasang surut dan bentuk garis pantai. Estuaria dari sungai yang besar dapat memodifikasi garis pantai dan topografi sublitoral melalui pengendapan dan erosi sedimen, sehingga garis pantai bergerak menjorok beberapa kilometer ke arah laut (Meadows dan Campbell, 1988 dalam Dahuri, 2003).

Kebanyakan estuaria didominasi oleh substrat lumpur yang berasal dari endapan yang dibawa oleh air tawar maupun air laut, karena partikel yang mengendap kebanyakan bahan organik, maka substrat dasar estuaria kaya akan bahan organik dan ini menjadi cadangan makanan utama bagi organisme estuaria.

Parameter lingkungan utama untuk ekosistem estuaria adalah :

1. Sirkulasi Air

Sirkulasi air dipengaruhi oleh aliran air tawar yang bersumber dari badan sungai di atasnya dan air pasang yang berasal dari laut. Besar kecilnya debit kedua aliran massa air tersebut akan mempengaruhi pola stratifikasi massa air berdasarkan salinitas.

2. Partikel Tersuspensi

Partikel-partikel tersuspensi yang terkandung dalam aliran sungai akan masuk dan terakumulasi di estuaria. Karena kondisi pada saat tertentu cenderung stagnan, maka partikel sedimen akan mengalami pengendapan, sehingga lapisan dasar akan bertambah tebal dan terjadi pendangkalan. Hal ini akan menyebabkan perubahan morfologi dasar estuaria.

3. Bahan Polutan

Bahan polutan, baik yang berasal dari pemukiman, transportasi air, maupun industri dapat masuk melalui badan sungai ataupun aktivitas langsung di estuaria dan perairan pantai di sekitarnya.

Hal ini akan berpengaruh terhadap kehidupan organisme yang ada. Kandungan polutan yang tinggi dapat menyebabkan kematian dan menurunkan tingkat produktivitas, misalnya polutan minyak, pestisida, dan bahan organik lainnya.

Indonesia memiliki banyak sungai yang umumnya dijumpai di beberapa pulau besar. Secara intensif ekosistem, estuaria terbentuk di bagian hilir Daerah Aliran Sungai (DAS), akibat pengaruh curah hujan yang tinggi dan luasnya dataran yang landai di daerah pesisir, seperti di Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Papua.

Melalui mekanisme pasang surut dan aliran sungai, akan tercipta pencampuran kedua massa air tawar dan air laut secara intensif. Selain itu, adanya hutan mangrove yang memiliki produktivitas primer tinggi di sungai besar menyebabkan kandungan detritus organik yang tinggi, sehingga produktivitas sekunder di estuaria menjadi tinggi pula. Oleh sebab itu, habitat estuaria menjadi sangat produktif hingga dapat berfungsi sebagai daerah pertumbuhan bagi larva, post-larva dan juvenil dari berbagai jenis ikan, udang dan kerang-kerangan; juga menjadi daerah penangkapan ikan.

Beberapa spesies ikan yang hidup di estuaria antara lain tongkol (*Euthynnus* sp.), tenggiri (*Scomberomerus* sp.), kembung (*Rastrelliger* sp.), kuwe (*Caranx* sp.), pisang-pisang (*Caesio* sp.), teri (*Stolephorus* sp.), kakap (*Lutjanus lutjanus*), dan belanak (*Mugil dussumieri*).

Ekosistem estuaria merupakan ekosistem yang produktif. Produktivitas hayatinya setaraf dengan produktivitas hayati hutan hujan tropik dan ekosistem terumbu karang. Produktivitas hayati estuaria lebih tinggi dibandingkan dengan produktivitas hayati perairan laut dan perairan tawar. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor berikut :

a. Estuaria berperan sebagai penjebak zat hara.

Jebakan ini bersifat fisik dan biologis. Ekosistem estuaria mampu menyuburkan diri sendiri melalui :

- Dipertahankannya dan cepat didaur ulangnya zat-zat hara oleh hewan-hewan yang hidup di dasar estuaria seperti bermacam kerang dan cacing.
- Produksi detritus, yaitu partikel-partikel serasah daun tumbuhan akuatik makro (makrofiton akuatik) seperti lamun yang kemudian dimakan oleh bermacam ikan dan udang pemakan detritus.

- Pemanfaatan zat hara yang terpendam jauh dalam dasar lewat aktivitas mikroba (organisme renik seperti bakteri), lewat akar tumbuhan yang masuk jauh kedalam dasar estuary atau lewat aktivitas hewan penggali liang di dasar estuaria seperti bermacam cacing.
- b. Di daerah tropik estuaria memperoleh manfaat besar dan kenyataannya bahwa tetumbuhan terdiri dari bermacam tipe yang komposisinya sedemikian rupa sehingga proses fotosintesis terjadi sepanjang tahun.

Estuaria sering memiliki tiga tipe tumbuhan, yaitu tumbuhan makro (makrofiton) yang hidup di dasar estuaria atau hidup melekat pada daun lamun dan mikrofiton yang hidup melayang-layang tersuspensi dalam air (fitoplankton).

Proses fotosintesis yang berlangsung sepanjang tahun ini menjamin bahwa tersedia makanan sepanjang tahun bagi hewan akuatik pemakan tumbuhan. Dalam hal ini mereka lebih baik, dinamakan hewan akuatik pemakan detritus, karena yang dimakan bukan daun segar melainkan partikel-partikel serasah makrofiton yang dinamakan detritus.

- c. Aksi pasang surut (*tide*) menciptakan suatu ekosistem akuatik yang permukaan airnya berfluktuasi. Pasang umumnya makin besar amplitudo pasang surut, makin tinggi pula potensi produksi estuaria, asalkan arus pasang tidak tidak mengakibatkan pengikisan berat dari tepi estuaria.

Gerak bolak-balik air berupa arus pasang yang mengarah ke daratan dan arus surut yang mengarah kelaut bebas, dapat mengangkut bahan makanan, zat hara, fitoplanton, dan zooplankton.

Peran ekologi estuaria yang penting adalah sebagai berikut:

1. Merupakan sumber zat hara dan bahan organik bagi bagian estuari yang jauh dari garis pantai maupun yang berdekatan dengannya lewat sirkulasi pasang surut (*tidal circulation*).
2. Menyediakan habitat bagi sejumlah spesies ikan yang ekonomis penting sebagai tempat berlindung dan tempat mencari makan (*feeding ground*).

3. Memenuhi kebutuhan bermacam spesies ikan dan udang yang hidup dilepas pantai, tetapi bermigrasi ke perairan dangkal dan berlindung untuk memproduksi dan/atau sebagai tempat tumbuh besar (*nursery ground*) anak mereka.
4. Sebagai potensi produksi makanan laut di estuaria yang sedikit banyak didiamkan dalam keadaan alami. Kijing yang bernilai komersial (*Rangia euneata*) memproduksi 2900 kg daging per ha dan 13.900 kg cangkang per ha pada perairan tertentu di Texas.
5. Perairan estuaria secara umum dimanfaatkan manusia untuk tempat pemukiman,
6. Tempat penangkapan dan budidaya sumberdaya ikan
7. Jalur transportasi, pelabuhan dan kawasan industri

Ada tiga komponen fauna di estuaria yaitu komponen lautan, air tawar dan air payau. Binatang laut *stenohalin* merupakan tipe yang tidak mampu mentolerir perubahan salinitas. Komponen ini terbatas pada mulut estuaria. Binatang laut *eurihalin* membentuk subkelompok kedua. Spesies ini mampu menembus hulu estuaria.

Komponen air payau terdiri atas Polikaeta *Nereis diversicolor*, berbagai tiram (*Crassostrea*), kerang (*Macoma balthica*), siput kecil (*Hydrobia*) dan udang (*Palaemonetes*). Komponen terakhir berasal dari air tawar. Organisme ini tidak dapat mentolerir salinitas di atas 5% dan terbatas hulu estuaria.

Spesies yang tinggal di estuaria untuk sementara seperti larva, beberapa spesies udang dan ikan yang setelah dewasa bermigrasi ke laut. Spesies ikan yang menggunakan estuaria sebagai jalur imigrasi dari laut ke sungai dan sebaliknya seperti sidat dan ikan salmon.

Jumlah spesies yang mendiami estuaria sebagaimana yang dikemukakan Barnes (1974) dalam Dahuri, 2003, pada umumnya jauh lebih sedikit daripada yang mendiami habitat air tawar atau air asin di sekitarnya. Hal ini karena ketidakmampuan organisme air tawar mentolerir kenaikan salinitas dan organisme air laut mentolerir penurunan salinitas estuaria.

3.2.6. Pantai

Pantai biasanya ditumbuhi oleh tumbuhan pionir yang memiliki cirri-ciri sebagai berikut (1) system perakaran yang menancap dalam; (2) mempunyai toleransi tinggi terhadap kadar garam, hembusan angin, dan suhu tanah yang tinggi, serta (3) menghasilkan buah yang dapat terapung.

Keragaman jenisnya rendah dan sebagian besar merupakan tumbuhan yang telah menyesuaikan diri terhadap habitat pantai. Jenis yang umum dijumpai adalah *Casuarina equisetifolia*, *Barringtonia sp.*, *Ipomoea pescaprae*, *Cyperus*, *Fimbristylis* dan *Ischaemum*.

Pantai di Indonesia secara morfologi dibagi dalam beberapa bentuk yaitu :

1. Pantai terjal berbatu

Terdapat di kawasan tektonis aktif yang tidak pernah stabil karena proses geologi. Kehadiran vegetasi penutup ditentukan oleh 3 faktor, yaitu tipe batuan, tingkat curah hujan, dan cuaca. Terdapat di Sumatera, Pulau Enggano, Pantai Selatan Jawa, Nusa Dua-Bali, Pulau Lombok, Pulau Flores, Pulau Sumba, Pulau Seram Utara dan Papua.

2. Pantai landai dan datar

Terdapat di kawasan yang sudah stabil. Banyak ditumbuhi oleh vegetasi mangrove yang padat dan hutan lahan basah lainnya. Tingkat pelumpuran dan sedimentasi yang terjadi tergantung pada tingkat kerusakan di daerah atas.

3. Pantai dengan bukit pasir

Terbentuk akibat transportasi sedimen *clastic* secara horizontal. Mekanisme transportasi tersebut terjadi karena didukung oleh gelombang besar dan arus menyusur pantai yang dapat menyuplai sedimen dari daerah sekitarnya. Pantai ini terdapat di barat Sumatera, Parang Tritis, Kulon Progo dan Utara Madura.



Gambar 3.26. Pantai berpasir

4. Pantai beralur

Proses pembentukannya ditentukan oleh faktor gelombang yang berperan dalam mendistribusikan sedimen. Pantai tipe ini ditemukan di bagian barat Sumatera, di bagian utara dan selatan Jawa, serta Sulawesi.

5. Pantai lurus di dataran pantai yang landai

Pantai tipe ini ditutupi oleh sedimen lumpur hingga pasir kasar, merupakan fase awal untuk berkembangnya pantai yang bercelah dan bukit pasir apabila terjadi perubahan suplai sedimen dan cuaca (angin dan kekeringan). Pantai tipe ini terdapat di pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa, Bali dan Flores.

6. Pantai berbatu

Ciri-ciri pantai ini adalah adanya belahan batuan cadas, memiliki kepadatan makroorganisme yang paling tinggi, khususnya di daerah dingin dan subtropik. Beberapa organisme yang dijumpai antara lain anemon laut, siput, remis, teritip, bintang laut, sponge dan rumput laut.



Gambar 3.27. Pantai berbatu

7. Pantai yang terbentuk karena adanya erosi

Sedimen yang terangkut oleh arus dan aliran sungai akan mengendap di daerah pantai, sehingga dapat mengalami perubahan dari musim ke musim, baik alamiah maupun kegiatan manusia yang cenderung melakukan perubahan terhadap bentang alam.

3.2.7. Pulau-pulau Kecil

Pulau-pulau kecil adalah pulau yang memiliki luas daratan lebih kecil dari 1.000 km² (100.000 Ha) dan berpenduduk lebih kecil dari 100.000 jiwa (Brookfield, 1990 dalam Dahuri, 2003). Beberapa karakteristik dari pulau-pulau kecil antara lain :

1. Memiliki daerah resapan yang sempit, sehingga sumber air tanah yang tersedia sangat rentan terhadap pengaruh intrusi air laut, terkontaminasi akibat nitrifikasi dan kekeringan.
2. Memiliki daerah pesisir yang terbuka, sehingga lingkungannya mudah dipengaruhi oleh aksi gelombang yang berasal dari badai *cyclone* dan tsunami.
3. Spesies organismenya bersifat endemic dan perkembangannya lambat, sehingga mudah tersaingi oleh organisme tertentu yang didatangkan dari luar pulau.
4. Memiliki sumber daya alam terrestrial yang sangat terbatas, baik yang berkaitan dengan sumber daya alam mineral, air tawar maupun kehutanan dan pertanian.

Parameter lingkungan utama yang menonjol pada ekosistem pulau-pulau kecil adalah :

1. Ketersediaan sumber air tawar

Sumber air tawar berperan dalam menyuplai nutrient yang berasal dari daerah daratan ke perairan pantai pulau-pulau kecil tersebut. Air tawar diperlukan untuk kelangsungan hidup penduduk (manusia) dan menunjang pengembangan potensi kepariwisataan di wilayah tersebut.

2. Kerentanan terhadap pengaruh yang bersifat eksternal

Daerah pantainya sangat rentan terhadap pengaruh gelombang dan arus laut karena tidak memiliki vegetasi pantai yang luas. Apabila vegetasi yang melindungi pantai tersebut hilang, akan terjadi intrusi air laut, kondisi demikian dapat mengganggu system ekologi pulau-pulau kecil secara keseluruhan.

Beberapa jenis potensi yang dimiliki pulau-pulau kecil untuk menunjang pembangunan berkelanjutan adalah :

1. Pengembangan Perikanan Rakyat

Pengembangan perikanan tangkap tradisional relatif lebih murah, menyerap banyak tenaga kerja dan menciptakan pemerataan pendapatan. Perikanan rakyat tidak merusak lingkungan dan hasilnya dapat dipertahankan, hal ini menunjang upaya menciptakan pembangunan social dan ekonomi secara berkelanjutan. Permasalahannya adalah bahwa pelaku (nelayan) perikanan rakyat pada umumnya miskin, oleh sebab itu perlu dicari solusi agar kemakmuran mereka meningkat dan stok ikan tetap lestari.

Jenis alat tangkap yang biasanya dipakai antara lain pancing, bubu, jaring insang, jaring insang hanyut, cincin dan bagan. Jenis ikan hasil tangkapan berupa ikan tenggiri, tongkol, hiu, kerapu, lobster, beronang, kembung, teri, teripang dan ikan hias.

2. Pengembangan Marikultur

Kegiatan marikultur (budi daya laut) dapat menciptakan kondisi usaha yang lebih terkontrol, hasilnya dapat diprediksi dan bebas dari lingkungan yang tercemar. Kegiatan budi daya laut yang sesuai untuk

pulau kecil dilakukan dengan sistem terbuka, karena tidak menggunakan pakan tambahan, sehingga hasilnya rendah dengan tingkat modal, energi, keterampilan, dan manajemen yang tidak besar serta aman terhadap lingkungan.

Komoditi perikanan yang dibudi daya antara lain rumput laut, ikan kerapu, ikan beronang, ikan kakap, teripang dan kerang mutiara.

3. Pengembangan Pelayanan Jasa

Pelayanan jasa yang dimaksud adalah pengembangan kegiatan pariwisata bahari dan penyediaan tempat yang strategis untuk pembangunan stasiun pengisian bahan bakar kapal, pusat komunikasi, stasiun penelitian cuaca, serta fasilitas kegiatan militer.

Di Indonesia, umumnya pulau-pulau kecil memberikan pelayanan jasanya untuk menunjang pariwisata bahari sebagai tempat penyediaan sumber air tawar dan pelabuhan alam.

3.3. Ekosistem Laut Terbuka

Organisme laut terbuka sangat tergantung pada produksi fitoplankton yang merupakan mata rantai pertama dalam sistem jaringan makanan. Laut terbuka tidak saja berperan dalam mendukung produksi perikanan tangkap, tetapi juga berperan sebagai prasarana transportasi laut, lokasi penambangan minyak bumi dan mineral, serta sebagai tempat pembuangan sampah dari daratan. Dampak utama kegiatan manusia yang merusak di laut terbuka adalah polusi dan eksploitasi sumber daya laut (hayati dan non hayati) secara berlebihan.

Biota perairan laut yang banyak dimanfaatkan untuk pengembangan produksi sektor perikanan misalnya ikan pelagis kecil, tuna, dan cakalang.

Parameter lingkungan utama yang membentuk ekosistem laut terbuka adalah :

1. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya sangat diperlukan untuk menunjang proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton. Proses tersebut berhubungan langsung dengan produktivitas primer perairan terbuka.

Penetrasi cahaya matahari ke dalam kolam air mengalami pengurangan akibat absorbsi dan pembiasan, maka intensitasnya akan semakin kecil dengan bertambahnya kedalaman (hukum *Lamberz Beer*). Oleh sebab itu, lapisan produktif untuk fotosintesis (*eufotic zone*) biasanya hanya mencapai kedalaman 100 – 150 cm di bawah permukaan laut.

2. Kandungan Zat Hara

Zat hara atau nutrien juga mutlak diperlukan untuk membentuk produktivitas primer, baik yang berupa unsur makro (C, H, O, N, P, S, K, dan Mg) maupun mikro (Fe, Mn, Co, Zn, Boron, dan Mo).

Di perairan laut terbuka, kandungan nutrient relative terbatas dan sumber utamanya berasal dari proses-proses biologis yang berlangsung di dalam ekosistem tersebut.

3. Pengadukan

Perairan laut terbuka relatif agak tenang atau stagnan dan parameter suhu dan oksigennya cenderung terstratifikasi dengan baik. Proses pengadukan sebenarnya sangat diperlukan untuk mendistribusikan nutrient maupun gas-gas yang terlarut dari lapisan atas perairan ke lapisan lebih bawah atau sebaliknya.

Nutrien yang semula tersimpan di dasar perairan dapat terangkat ke zona eufotik, sehingga dapat dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk meningkatkan produktivitasnya. Hal ini sangat besar artinya dalam menciptakan kesuburan dan menunjang produktivitas perikanan yang berada di ekosistem laut terbuka.

3.4. Ekosistem Bentik Laut Jeluk

Habitat terluas di bumi yang belu banyak diketahui keanekaragaman hayatinya adalah bagian lautan yang jauh dari permukaan, termasuk dasar lautan yang diliputi suasana gelap sepanjang masa (*zona afotik*).

Luas perairan laut dangkal yang berbatasan dengan benua dan pula hanya 10% dari luas samudera, sedangkan bagian atas samudera yang dapat diterangi sinar matahari merupakan bagian yang lebih kecil dari seluruh volume samudera yang dapat dihuni berbagai organisme. Laut jeluk di Indonesia banyak ditemukan di kawasan timur, seperti Laut Banda, Laut Flores, Laut Maluku, dan Laut Sawu.

Parameter lingkungan utama yang berpengaruh terhadap lingkungan laut-dalam adalah :

1. Cahaya

Intensitas cahaya di sini sangat rendah, sehingga tidak memungkinkan adanya produksi primer di laut jeluk. Cahaya yang ada biasanya berasal dari hewan-hewan laut jeluk. Untuk beradaptasi, hewan laut jeluk memiliki indera khusus untuk mendeteksi makanan dan lawan jenis, keperluan reproduksi, serta mempertahankan asosiasinya, baik bersifat intra maupun inter-spesies.

2. Tekanan Hidrostatik

Tekana hidrostatik sangat mempengaruhi proses-proses fisiologis dan biokimia (terutama pada tingkat molekuler). Hal ini berpengaruh terhadap system fisiologi hewan laut-dalam yang selanjutnya akan menentukan kemampuan adaptasinya terhadap kondisi habitat dan penyebaran jenisnya di laut jeluk.

Kedalaman laut jeluk dapat mencapai ratusan meter atau mencapai hingga lebih dari 10.000 m, hal ini akan mengakibatkan tekanan hidrostatik tersebut tidak lagi dapat ditolerir oleh sebagian besar spesies organisme laut jeluk, karena kisaran yang dikehendaki berada di antara 200 dan 600 atm (Nybakken, 1986 *dalam* Dahuri, 2003).

3. Salinitas

Salinitas pada kedalaman 100 meter pertama dapat dikatakan konstan walaupun terdapat sedikit perbedaan yang tidak mempengaruhi ekologi secara nyata. Di lautan Atlantik Utara, salinitas berkisar 35‰ pada kedalaman di bawah 1.000 m.

4. Temperatur

Daerah termoklin adalah daerah peralihan, di mana temperatur air cepat berubah seiring dengan berubahnya kedalaman. Pada perairan laut, daerah termoklin terletak antara massa air permukaan dan massa air laut jeluk.

Tebal daerah termoklin ini berkisar antara beberapa ratus meter sampai hampir 1.000 m. Di bawah daerah termoklin, temperatur air lebih rendah dan jauh lebih homogen dibandingkan daerah di atasnya.

5. Oksigen

Sumber oksigen tersebut berasal dari oksigen yang terlarut di dalam massa air yang semula berada di permukaan, kemudian masuk ke lapisan laut jeluk. Kepadatan organisme pada kedalaman 1.000 meter tersebut sangat rendah, kadar oksigennya tidak mengalami penurunan secara riil. Berbeda halnya dengan kedalaman kurang dari 500 meter, di mana tingginya kadar oksigen di suplai melalui proses difusi dan fotosintesis.

6. Pakan

Pakan sangat langka di habitat laut jeluk. Kelangkaan pakan ini merupakan salah satu penyebab rendahnya kepadatan organisme laut jeluk. Di laut jeluk tidak berlangsung proses produksi primer, kecuali oleh bakteri kemosintetik.

Fungsi bakteri yang terdapat di dasar perairan ini sangat penting untuk mengolah bahan-bahan yang tidak dapat dicerna oleh organisme pada kolam air, seperti cangkang *crustacea* (kitin), kayu, dan selulosa.

Tabel 3.2. Zona Laut Jeluk

Cahaya	Zona Pelagik	Kedalaman (m)	Zona Benthik	Kedalaman (m)
Ada cahaya (fotik)	Epipelagik atau eufotik	0 – 200	Paparan benua atau sublitotal	0 – 200
Tidak ada cahaya (afotik)	Mesopelagik	200 - 1.000	Batial	200 – 400
	Batipelagik	1.000 - 4.000		
	Abisal pelagic	4.000 - 6.000	Abisal	4.000-6.000
	Hadal pelagic	6.000- 10.000	Hadal	6.000-10.000

3.5. Sumber Daya Hayati Laut

Sumber daya perikanan meliputi semua organisme (biota) yang hidup di perairan tawar maupun perairan laut. Perairan laut Indonesia merupakan salah satu perairan yang memiliki keanekaragaman spesies tertinggi di dunia.

Tabel 3.3. Keanekaragaman hayati beberapa jenis biota laut (sumber : Soegiarto & Polunin, 1981; Mossa *et al.*, 1996 dalam Dahuri, 2003)

Kelompok Utama	Kelompok	Jumlah Spesies
Tumbuhan	Alga Hijau	196
	Alga Coklat	134
	Alga Merah	452
	Lamun	12
	Mangrove	38
Karang	Scleratinians*	350
	Soft corals	210
	Gorgonians	350
Sponge	Desmospongia	700 - 850
Moluska	Gastropoda	1.500
	Bivalvia*	1.000
Krustasea	Stomatopoda	102
	Brachyura	1.400
Ekhinodermata	Crinodea*	91
	Asteroidea*	87
	Ophiuroidea*	142
	Echinoidea*	284
	Holothuridea*	141
Ikan	Ikan daerah pesisir	>2.000
	Penyu	6
Burung	Buaya	
	Burung Laut*	148
Mamalia Laut	Paus & Dolphin	29
	Dugong	1

Ket . (*) di perairan Indonesia dan sekitarnya

3.5.1. Keanekaragaman Spesies Ikan

Jumlah spesies ikan diperkirakan lebih dari 2.000 jenis. Dari jumlah spesies tersebut, diperkirakan baru 400 spesies yang mempunyai nilai ekonomi di bidang perikanan, dan dikategorikan ke dalam 5 kelompok, yaitu ikan pelagis besar, ikan pelagis kecil, ikan karang, ikan hias, dan ikan demersal.

Beberapa jenis ikan demersal (ikan yang hidup di atau dekat dasar laut) yang sampai saat ini bernilai ekonomi penting di perairan Indonesia disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Beberapa jenis ikan penting di Indonesia (sumber : widodo *et al.*,1998 dalam Dahuri, 2003)

NO.	Nama Indonesia	Nama Ilmiah
1.	Baronang	<i>Siganus spp.</i>
2.	Bawal Hitam	<i>Stromateus niger</i>
3.	Bawal Putih	<i>Pampus argentus</i>
4.	Beloso	<i>Saurida spp.</i>
5.	Biji Nangka	<i>Upeneus spp.</i>
6.	Cucut	<i>Carcharhinus spp.</i>
7.	Ekor Kuning, Pisang-pisang	<i>Sphyrna spp.</i>
8.	Gulamah, Tigawaja	<i>Caesio spp.</i>
9.	Gerot-gerot	<i>Sciaenidae</i>
10.	Ikan Lidah	<i>Pomadasys spp.</i>
11.	Ikan Merah, Bambang, Jenaha	<i>Cynoglossus sp.</i>
12.	Ikan Nomei	<i>Lutjanus spp.</i>
13.	Ikan Peperek	<i>Harpodon</i>
14.	Ikan Sebelah	<i>nehereus</i>
15.	Kakap Putih	<i>Leiognathus spp.</i>
16.	Kerapu	<i>Psettodidae</i>
17.	Kurisi	<i>Lates calcalifer</i>
18.	Kuro, Senangin	<i>Epinephelus spp.</i>
19.	Layur	<i>Nemipterus spp.</i>
20.	Lencam	<i>Polynemus spp.</i>
21.	MManyung	<i>Trichiurus spp.</i>
22.	Pari	<i>Lethrinus spp.</i>
23.	Swanggi	<i>Tachysurus spp.</i>
		<i>Trigonidae</i>
		<i>Priacanthus spp.</i>

Berbeda dengan ikan demersal, ikan pelagis hidupnya sangat aktif di dekat permukaan laut. Ikan pelagis terdiri dari ikan pelagis besar yang hidup di perairan oseanis (laut lepas atau laut jeluk), sedangkan ikan pelagis kecil banyak terdapat di perairan pantai (*neritic zone*) sampai kedalaman 200 meter dari permukaan laut. Berbagai jenis ikan yang ada di Indonesia disajikan dalam Gambar 3.28 di bawah ini.

Albacore
Thunnus alalunga
Albaqora



Anchovy
Stolephorus Commersoni
Teri



Banded Grun
Therapon Theraps
Kerong - Kerong



Baramundi, Giant perch
Lates Calcarifer
Kakap Sejati



Barracuda
Sphyræna Genie
Alu - alu



Barred Garfish
Hemirhamphus far
Julung - julung



Barred Spanish mackerel
Scomberomorus Commersoni
Tenggiri



Bearded Croacker
Johnius dussumieri
Tiga Waja



Bigeye Tuna
Thunnus Obesus
Tuna Mata Besar



Black Marlin
Makaira Indica
Setuhuk Hitam



Black pomfret
Formio Niger
Bawal Hitam



Blotched grunt
Pomadasys Macullatus
Gerot - gerot



Bombay Duck
Harpodon Nehereus
Ikan Nomei

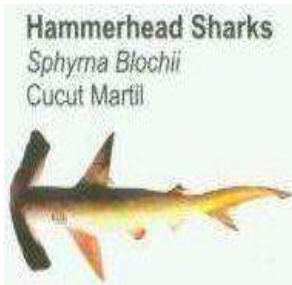
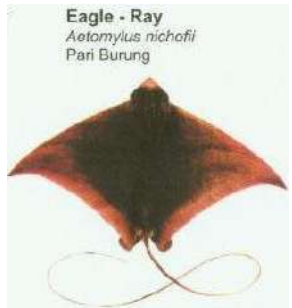


Canine catfish eet
Plotosus canius
Sembilang



Cawtail Ray
Trygon Sephen
Pari Kelapa







Ikan mas koki

Ikan yellow tang

Ikan arwana

Gambar 3.28. Berbagai jenis ikan yang ada di Indonesia

Ikan pelagis kecil yang memiliki arti penting bagi perikanan Indonesia antara lain adalah ikan layang (*Decapterus spp*), selar (*Selaroides spp*), teri (*Stolephorus spp*), japuh (*Dussumieria spp*), tembang (*Sardinella fimbriata*), lemuru (*Sardinella longiceps*), dan kembung (*Rastrelliger spp*). Beberapa jenis ikan pelagis kecil dan besar yang sampai saat ini bernilai ekonomi penting disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Beberapa ikan pelagis kecil dan besar di Indonesia (sumber : Widodo *et al.*, 1998; Dwiponggo, 1987 dalam Dahuri, 2003)

Kelompok Ikan	No.	Nama Indonesia	Nama Ilmiah
Pelagis Kecil	1.	Alu-alu	<i>Sphyraena spp.</i>
	2.	Bawal Hitam	<i>Formio niger</i>
	3.	Belanak	<i>Mugil spp.</i>
	4.	Japuh	<i>Dussumieria spp.</i>
	5.	Julung-julung	<i>Tylosurus spp.</i>
	6.	Kembung	<i>Restrelliger spp.</i>
	7.	Kuwe	<i>Caranx spp.</i>
	8.	Layang	<i>Decapterus spp.</i>
	9.	Lemuru	<i>Sardinella longiceps</i>
	10.	Parang-parang	<i>Chirocentrus spp.</i>
	11.	Selar	<i>Selar spp.</i>
	12.	Sunglir	<i>Elagatis bipinnulatus</i>
	13.	Talang-talang	<i>Chorinemus spp.</i>
	14.	Tembang	<i>Sardinella fimbriata</i>
	15.	Terbang	<i>Cypselurus spp.</i>
	16.	Teri	<i>Stelophorus spp.</i>
	17.	Terubuk	<i>Clupeatoli</i>
	18.	Tetengkek	<i>Megalaspis cordyla</i>
	19.	Tongkol	<i>Euthynnus spp.</i>
Pelagis Besar	1.	Madidihang	<i>Thunnus albacores</i>
	2.	Tunamata besar	<i>Thunnus obesus</i>
	3.	Albakora	<i>Thunnus alalunga</i>
	4.	Tuna sirip biru	<i>Thunnus macoyii</i>
	5.	Ikan pedang	<i>Xiphias gladius</i>
	6.	Setuhuk hitam	<i>Makaira indica</i>
	7.	Setuhuk biru	<i>Makaira mazara</i>
	8.	Setuhuk loreng	<i>Tetrapturus audax</i>
	9.	Ikan layaran	<i>Istiophorus</i>
			<i>Platypterus</i>
	10.	Cakalang	<i>Katsuwonus pelamis</i>
	11.	Tenggiri	<i>Scomberomorus commersoni</i>
	12.	Tenggiri papan	<i>Scomberomorus guttatus</i>
	13.	Cucut biru	<i>Glyphis glauca</i>
	14.	Cucut botol	<i>Sphyrna sp.</i>
	15.	Cucut sirip hitam	<i>Carcharhinus melnopterus</i>
	16.	Cucut macan	<i>Galeocerdo sp.</i>
17.	Cucut mako	<i>Isurus galucus</i>	

3.5.2. Keanekaragaman Spesies Krustasea

Keanekaragaman spesies krustasea (jenis udang, kepiting, dan kelomang) diperkirakan mencapai lebih dari 1.502 spesies, yang umum dikenal masyarakat karena jenis-jenis tersebut dikonsumsi, dan dalam perdagangan dikategorikan sebagai spesies ekonomis penting, diperkirakan ada 11 spesies udang laut (*Penaeidae*), 7 spesies udang karang, dan 5 spesies kepiting dan rajungan (Tabel 3.6).

Sebagian besar spesies krustasea, yang secara ekologis memiliki peran dalam proses-proses ekosistem, tingkat manfaat ekonominya belum diketahui sampai saat ini. Hal ini disebabkan oleh kurangnya kegiatan riset yang terencana.

Tabel 3.6. Beberapa jenis udang, kepiting dan kerabatnya di Indonesia

NO.	Nama Indonesia	Nama Ilmiah
1.	Udang windu, Pancet	<i>Penaeus monodon</i>
2.	Udang putih, Jerbung	<i>Penaeus merguensis</i>
3.	Udang kelong	<i>Penaeus indicus</i>
4.	Udang bago	<i>Penaeus semisulcatus</i>
5.	Udang api-api	<i>Metapenaeus monoceros</i>
6.	Udang cendana	<i>Metapenaeus brevicornis</i>
7.	Udang krosok	<i>Metapenaeus burkenroadi</i>
8.	Udang pantung	<i>Panulirus homarus</i>
9.	Udang bunga	<i>P. longipes</i>
10.	Udang welang	<i>P. ornatus</i>
11.	Udang jaka	<i>P. penicillatus</i>
12.	Udang barong / Udang manis	<i>P. versicolor</i>
13.	Udang pasir	<i>P. polyphagus</i>
14.	Udang lumpur	<i>Thenus orientalis</i>
15.	Ketam kenari	<i>Thalassina anomala</i>
16.	Kepiting baku, Kepiting cina, Kepiting hijau	<i>Birgus latro</i> <i>Scylla serrate</i>
17.	Rajungan	<i>Portunus pelagicus</i>
18.	Rajungan bintang	<i>Portunus sanguinolentus</i>
19.	Rajungan karang	<i>Charybdis feriatus</i>
20.	Rajungan angin	<i>Podophthalmus vigil</i>

Jenis-jenis udang laut dari marga *Penaeus* dan *Metapenaeus* memiliki 2 fase siklus hidup, yaitu fase di tengah laut jeluk (pada saat dewasa dan memijah) & fase di perairan pantai (pada saat juvenil atau juwana).

Fase juvenile, udang-udang ini sangat bergantung pada ekosistem hutan mangrove karena pada fase ini udang-udang tersebut mencari makan berbagai jasad renik (mikro algae) dan detritus (serasah) yang jumlahnya berlimpah di ekosistem hutan mangrove. Oleh karena itu, kegiatan penangkapan udang pada umumnya dilakukan di kawasan-kawasan perairan laut pesisir yang ditumbuhi hutan mangrove.

Jenis-jenis udang karang juga memiliki siklus yang rumit, dan sesuai dengan namanya, habitat mereka adalah ekosistem terumbu karang. Karena hidup di daerah yang sangat dinamis, untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya, setiap memijah seekor udang karang rata-rata menghasilkan 400.000 butir telur, dan dalam setiap fase siklus hidupnya, bentuk dan sifat larva udang karang sangat berbeda dengan fase dewasanya. Jenis-jenis udang dan kepiting dapat dilihat pada Gambar 3.29 dan 3.30 di bawah ini.



Udang galah



Udang sotong



Udang air tawar



Udang windu



Udang karang



Udang air tawar

Gambar 3.29. Jenis-jenis udang

Di Jakarta, udang putih jenis *Penaeus merguensis* sudah banyak tercemar oleh limbah logam berat yang berasal dari buangan pabrik atau industri. Dalam hasil penelitiannya Wardani, M.D (2012) menyatakan bahwa udang konsumsi tersebut yang direndam dengan perasan air buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) selama 60 menit dapat menurunkan kadar logam berat seperti timbal (Pb) dan cadmium (Cd) yang dapat mengganggu kesehatan.



Gambar 3.30. Jenis-jenis kepiting

3.5.3. Keanekaragaman Spesies Moluska

Moluska (keong laut, kerang-kerangan, dan cumi-cumi) merupakan kelompok biota perairan laut Indonesia yang memiliki tingkat keragaman paling tinggi. Spesies moluska banyak hidup di daerah ekosistem karang, mangrove, dan padang lamun. Beberapa jenis keong laut yang berukuran besar misalnya batu laga / siput mata bulan (*Turbo marmoratus*), lola / susu bundar (*Trochus niloticus*), kepala kambing (*Cassia cornuta*), keong papaya / taburi (*Nilo aethiopicus*), tedong-tedong (*Lambis lambis*), keong terompet (*Syrinx aruanus*), dan concong raja (*Charitonia tritonis*). Sedangkan jenis kerang-kerangan yang memiliki nilai ekonomi penting misalnya adalah kerang mutiara, kerang hijau, dan kerang darah. Gambar 20 memperlihatkan jenis keong, kerang, dan cumi-cumi yang termasuk kelas Moluska.



Keong



Kerang



Cumi-cumi

Gambar 3.31. Keong, kerang dan cumi-cumi sebagai kelas Moluska

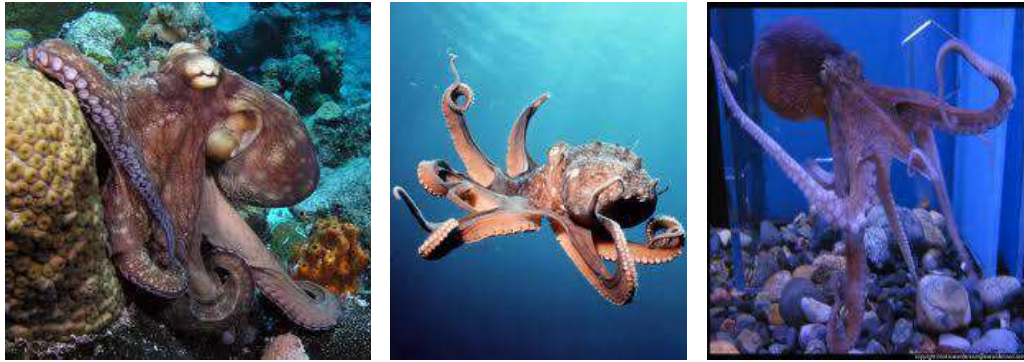
Potensi lestrai kerang-kerangan belum banyak diketahui, namun wilayah penyebarannya sangat luas karena hampir semua perairan laut Indonesia yang ditumbuhi terumbu karang memiliki beragam jenis moluska. Penyebaran beberapa jenis kerang mutiara di Indonesia pada umumnya dijumpai di perairan-pelabuhan pesisir yang jernih dan tidak tercemar. *Pinctada fucata* terdapat di daerah pasang surut sampai kedalaman 22 meter, dan *P. Maxima* sampai kedalaman 75 meter, sedangkan *P. lentiginosa* bisa mencapai kedalaman lebih dari 75 meter (Soewito *et al*, 2000 dalam Dahuri, 2003).

Hasil penelitian Pratiwi, D.N (2012) tentang kerang hijau (*Perna viridis*) dinyatakan bahwa kerang hijau yang dikonsumsi masyarakat telah tercemar oleh beberapa logam berat yang dapat membahayakan kesehatan, oleh sebab itu dalam laporannya disebutkan bahwa kadar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang terakumulasi dalam kerang hijau dapat diminimalisir dengan cara direndam asam cuka (asam asetat) 25%.

Tabel 3.7. Beberapa spesies moluska yang terdapat di perairan Indonesia

Kelompok	Nama Indonesia	Nama Latin
Gastropoda (keong)	1. Lola / susu bundar	<i>Trochus niloticus</i>
	2. Mata bulan / bagu laga	<i>Turbo marmoratus</i>
	3. Mata kucing	<i>Turbo petolatus</i>
	4. Concong raja / serobong batik	<i>Charonia tritonis</i>
	5. Kepala kambing	<i>Cassis cornuta</i>
	6. Mulut lembu	<i>Cypriocassis rufa</i>
	7. Tedong-tedong	<i>Lambis chiragra</i>
	8. Keong sisir	<i>Murex tenuispina</i>
	9. Keong laut	<i>Conus textile</i>
	10. Lapar kenyang	<i>Haliotis assinina</i>
	11. Onem	<i>Syrinx aruanus</i>
Bivalvia (kerang-kerangan)	1. Kerang mutiara	<i>Pinctada maxima</i>
	2. Tapis-tapis	<i>Pinctada margaritifera</i>
	3. Kerang mutiara	<i>Pteria penguin</i>
	4. Kerang mutiara	<i>Pinctada lentiginosa</i>
	5. Kerang darah	<i>Anadara granosa</i>
	6. Kerang bulu, K. gelatik	<i>Anadara antiquate</i>
	7. Kerang hijau, kemudi kapal, srindit hijau	<i>Perna viridis</i>
	8. Kerang tahu	<i>Periglypta reticulate</i>
	9. Kepah	<i>Meritrix meritrix</i>
	10. Kipas-kipas	<i>Amusium pleunorectus</i>
	11. Kampak-kampak	<i>Atrina vexillum</i>
	12. Kapak-kapak	<i>Pinna bicolor</i>
	13. Tiram bakau	<i>Crassostrea cuculata</i>
	14. Tiram batu	<i>Spondylus ducalis</i>
	15. Kima raksasa	<i>Tridacna gigas</i>
	16. Kima raksasa	<i>Tridacna derasa</i>
	17. Kima sisik	<i>Tridacna Squamosa</i>
	18. Kima pasir	<i>Hippopus hippopus</i>
	19. Kima luang	<i>Tridacna crocea</i>
	20. Kima cina	<i>Hippopus porcellanus</i>
Chepalopoda (cumi & sotong)	1. Cumi, enus	<i>Loligo spp.</i>
	2. Sotong, blekutak	<i>Sepia spp.</i>
	3. Gurita	<i>Octopus spp.</i>
	4. Genggeng	<i>Nautilus pompilius</i>

Cumi-cumi (*Loligo vulgaris*) memiliki kerangka tipis dan bening yang terdapat di dalam tubuhnya, sedangkan sotong atau blekutak (*Sepia* sp.) mempunyai cangkang seperti cumi-cumi namun mengandung kapur, sedangkan gurita (*Octopus* sp.) tidak mempunyai cangkang, namun memiliki tentakel yang kokoh. Berikut adalah beberapa jenis gurita (Gambar 3.32).



Gambar 21. Beberapa jenis gurita

3.5.4. Keanekaragaman Spesies Ekhinodermata

Ekhinodermata merupakan kelompok invertebrata yang memiliki tingkat keragaman spesies yang tinggi dan berperan penting baik secara ekologis maupun ekonomis. Jenis-jenis ekhinodermata ini dapat bersifat pemakan seston (*suspension feeder*) atau pemakan detritus, sehingga perannya dalam suatu ekosistem sangat penting untuk merombak sisa-sisa bahan organik yang tak terpakai oleh spesies lain, namun dapat dimanfaatkan oleh beragam jenis ekhinodermata.

Kelompok utama ekhinodermata terdiri dari 5 kelas, yaitu : bintang laut (*Asteroidea*), bulu babi atau urcin (*Echinoidea*), Lili laut (*Crinoidea*), teripang (*Holothuroidea*), dan bintang laut mengular (*Ophiuroidea*)

Kekayaan spesies untuk masing-masing kelas disajikan pada Tabel 3.8. Jumlah spesies ekhinodermata di Indonesia mencapai sekitar 1.412 spesies atau sekitar 10% jumlah total spesies di dunia. Namun, dari jumlah tersebut hanya beberapa species yang memiliki nilai niaga (Tabel 3.9), terutama dari kelas bulu babi dan teripang. Beberapa jenis teripang yang diperdagangkan adalah teripang pasir, teripang getah, teripang benang, teripang gamet, dan teripang kapuk.

Tabel 3.8. Keanekaragaman spesies Ekinodermata

Kelas	Jml. Spesies di dunia	Jml. Spesies di Indo-Malaya	Jml. Spesies di Indonesia
<i>Asteroidea</i>	1.500	402	295
<i>Crinoidea</i>	630	279	201
<i>Echinoidea</i>	800	316	228
<i>Holothuroidea</i>	1.135	327	257
<i>Ophiuroidea</i>	2.000	610	431
Jumlah Total	6.065	1.934	1.412

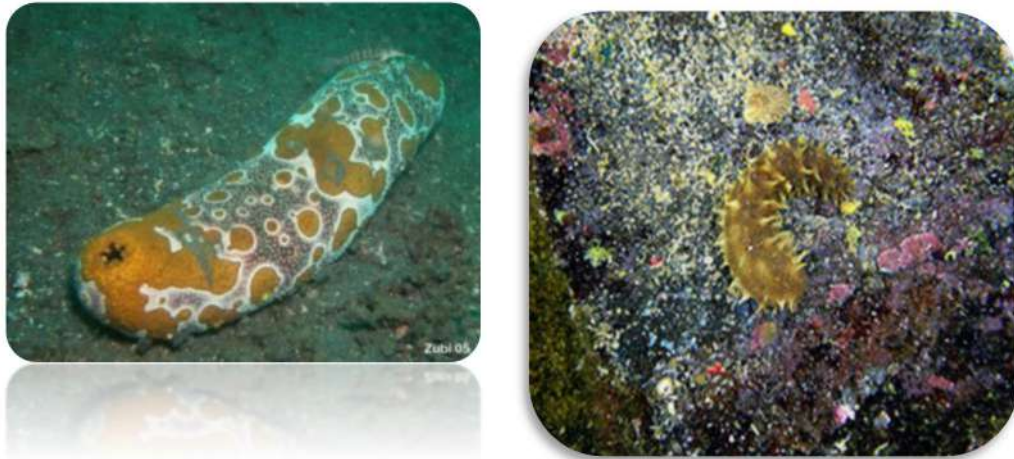
Tabel 3.9. Spesies Ekinodermata yang memiliki nilai jual

NO.	Nama Indonesia	Nama Ilmiah
1.	Teripang Batu	<i>Holothuria nobilis</i>
2.	Teripang Getah	<i>H. leucospillota</i>
3.	Teripang Grido	<i>H. vitiensis</i>
4.	Teripang Pasir	<i>H. scabra</i>
5.	Teripang Batu Keling	<i>H. edulis</i>
6.	Teripang Hitam	<i>Actinopyga echinites</i>
7.	Teripang Olok-Olok	<i>Bohadschia marmorata</i>
8.	Teripang Patola	<i>B. argus</i>
9.	Teripang Kasur	<i>Mulleria lecanora</i>
10.	Teripang Gama	<i>Stichopus variegatus</i>
11.	Teripang Kacang	<i>S. horrens</i>
12.	Teripang Nanas	<i>Thelenota ananas</i>
13.	Bulu Babi	<i>Echinus esculentus</i>

Kebutuhan akan produk teripang terus meningkat dari tahun ke tahun, dengan produksi yang sampai saat ini masih tergantung pada pengambilan / penangkapan dari alam. Dengan demikian, dalam beberapa tahun terakhir, tidak dapat dipungkiri bahwa banyak nelayan teripang merasakan penurunan jumlah penangkapan. Demikian juga halnya dengan beberapa pengeksport teripang, mereka beralih komoditi akibat jumlah pasokan yang tidak emenuhi kuota.

Produksi teripang yang dilaporkan oleh Ditjen Perikanan justru menunjukkan angka yang terus meningkat (Gambar 3.33). Kenaikan jumlah produksi tersebut mungkin terjadi karena adanya suplai jenis-jenis teripang yang berkualitas rendah. Seperti dinyatakan oleh Conand (1998) dalam Purwati & Darsono (2002) bahwa produk jenis teripang Indonesia merupakan jenis teripang

kualitas rendah, sedangkan Filiphina mengekspor jenis-jenis yang bernilai ekonomi tinggi.



Gambar 3.33. Teripang (timun laut/gamat)

Gambar 3.34 di bawah ini menampilkan teripang yang sudah dikeringkan dan siap untuk dijual atau digunakan sebagai obat/makanan olahan.

- Teripang gosok



- Teripang susu



- Teripang kapuk



- Teripang gamat



- Teripang duyung



- Teripang polos



- Teripang bintik



- Teripang cera merah



- Teripang talenko



- Teripang nanas



- Teripang cera abu



- Teripang kunyi/kuning



- Jelly gamat



- Cream nayla dari ekstrak gamat



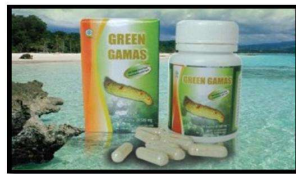
- Gold-g



- Kerupuk gamat



- Green gamat



- Buble teripang



Gambar 3.34. Teripang kering dan teripang olahan

3.5.5. Keanekaragaman Spesies Sponge

Sponge diperkirakan telah ada sejak jaman Pecambrian (600-7.000 juta tahun yang lalu), dan mendominasi kehidupan bawah laut kira-kira 400 tahun lalu. Dengan beragam warna dan bentuknya, sponge memberikan peluang untuk diteliti tidak saja dari aspek keragaman biota yang bersimbiosis, tetapi juga memberikan harapan sebagai sumber bahan alami (*natural product*) bagi penelitian medis.

Sponge merupakan hewan multiseluler sederhana, tubuhnya terdiri dari 2 lapis sel yang mengakit satu lapisan *fibrous matrix*. Ukuran sponge sangat beragam, mulai dari 5 cm (*Crambe* sp.) sampai 1 meter tingginya seperti jenis sponge gentong (*Xestopongia testudinaria*) (Gambar 3.35).



Gambar 3.35. Bunga karang (sponge)

Sponge gentong banyak ditemukan di perairan pantai Kepulauan Banda. Sponge merupakan hewan penyaring yang sangat efisien. Air laut yang kaya akan

jasad-jasad renik (plankton & bacteria) disaring lewat lubang-lubang kecil dipermukaan tubuhnya (ostia) dan sisa makanan atau hasil-hasil metabolisme akan dibuang lewat lubang *osculan*.

Survei yang dilakukan oleh Tanaka *et al.* (2002) dalam Dahuri, 2003 menyebutkan bahwa jumlah spesies sponge di Indonesia diperkirakan sebanyak 700 jenis. Namun dari jumlah tersebut hanya sedikit yang memiliki nama ilmiah. Hal ini disebabkan karena sponge yang terdapat di daerah tropis sangat sulit diidentifikasi dan karena sangat sedikit atau bahkan tidak ada ahli taksonomi Indonesia yang mendalami sumber daya sponge.

Senyawa – senyawa hasil metabolit sekunder dari biota spons antara lain : Alkaloid, Terpenoid, Steroid, Acetogenin, senyawa nitrogen, halida siklik, peptide siklik, dan lain-lain.

Beberapa senyawa aktif dari biota spons yang berpotensi sebagai bahan farmasi :

1. Senyawa Antimikroba

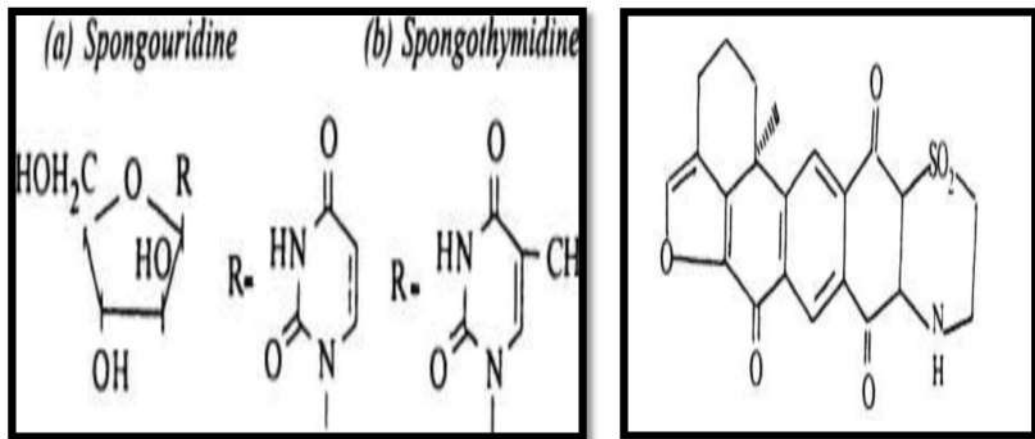
Senyawa antimikroba yang telah diisolasi dari biota spons diantaranya adalah :

- **Aerophysinin-1**, diisolasi dari spons jenis *Aplysina aerophoba*. Senyawa ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio micrococcus* atau *Alteromonas* sp.
- **Sigmosceptrellin-A**, diisolasi dari spons jenis *Sigmosceptrella laevis*. Merupakan senyawa antimikroba peroksida siklik norsessterpen, yang tidak berbentuk kristal, penentuan stereokimia dari senyawa ini tidak dapat dilakukan dengan sinar X.
- **Strongylophorines**, diisolasi dari spons *Strongylophora durissima*. Senyawa meroditerpenoid ini aktif menghambat bakteri *Salmonella typhi* dan *Micrococcus luteus* dengan diameter zone hambat bakteri 7 - 9 mm pada konsentrasi 100 µg/disk.

2. Senyawa Antikanker

- **Spongouridin dan spongothymidine**, adalah senyawa yang disintesa dari spons *Cryptotetis cryptal*. Senyawa ini berfungsi sebagai terapi terhadap nukleosida virustatik Ara-A. Kedua senyawa ini merupakan zat aktif terhadap virus herpes simplex.

- **Adociaquinon B**, diisolasi dari spons *Xestospongia sp.* Senyawa ini aktif menghambat pertumbuhan sel tumor manusia.



Gambar 3.36. Struktur Spongouridin, spongothymidine, dan Adociaquinon B.

Selain memiliki keaktifan sebagai antimikroba dan antikanker, ternyata senyawa dari spons juga dapat digunakan sebagai obat antasida, antiepileptik, lipotropik dan hypotensif :

- ✓ **Glisin**, diisolasi dari spons *Zoanthids*, senyawa ini mempunyai keaktifan sebagai antasida.
- ✓ **Asam Glutamat**, mempunyai keaktifan sebagai antiepileptik.
- ✓ **Metionin**, mempunyai keaktifan sebagai lipotropic agent.
- ✓ **N,N-Dimethylhistamine**, diisolasi dari spons *Geodia gigas* dan *Ianthella sp.* Senyawa ini mempunyai keaktifan sebagai hipotensif.

3.5.6. Keanekaragaman Spesies Mamalia Laut

Perairan Indonesia memiliki keanekaragaman spesies mamalia laut (*cetacean*) berupa paus dan lumba-lumba. Sedikitnya 29 spesies *cetacean* di ketahui hidup di wilayah perairan Indonesia dan 3 spesies lagi masih membutuhkan konfirmasi penelitian di lapangan (Kahn, 2002 dalam Dahuri, 2003).

Lebih dari sepertiga spesies paus dan dolphin yang diketahui di dunia dapat di jumpai di perairan laut Indonesia, termasuk beberapa spesies yang hamper punah (Tabel 3.10 dan Tabel 3.11). Habitat paus dan dolphin tersebut

meliputi lingkungan sungai-sungai besar, hutan mangrove, perairan pesisir, dan perairan laut terbuka.

Tabel 3.10. Beberapa jenis ikan paus

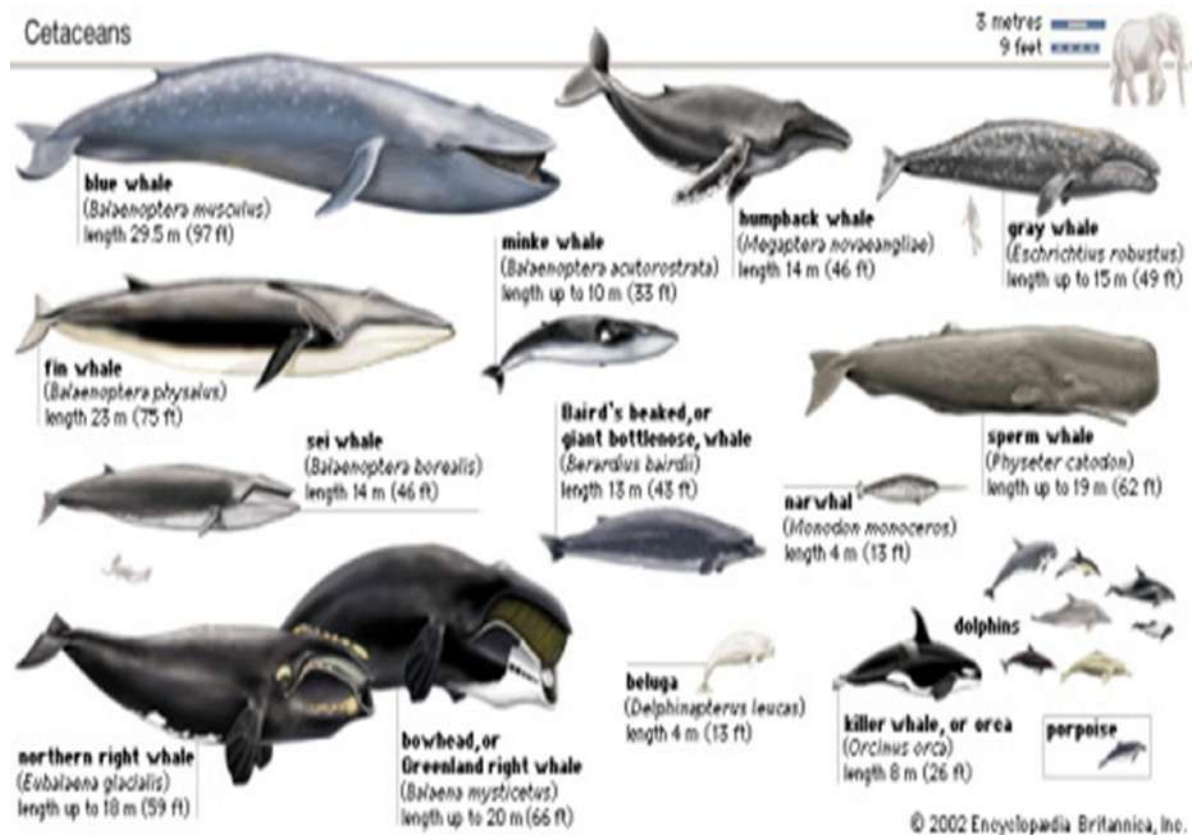
NO.	Nama Indonesia	Nama Ilmiah
1.	Paus Sperma	<i>Physeter macrocephalus</i>
2.	Paus Sperma Cebol	<i>Kogia simus</i>
3.	Paus Sperma Kerdil	<i>Kogia breviceps</i>
4.	Paus-Pemandu-Sirip Pendek	<i>Globicephala macrorhynchus</i>
5.	Paus Pembunuh	<i>Oricinus orca</i>
6.	Paus Pembunuh Palsu	<i>Pseudorca crassidens</i>
7.	Paus Pembunuh Kerdil	<i>Feresa attenuate</i>
8.	Paus Kepala Semangka	<i>Peponocephala electra</i>
9.	Lumba-lumba Paruh Panjang	<i>Stenella longirostris</i>
10.	Lumba-lumba Totol	<i>Stenella attenuate</i>
11.	Lumba-lumba Bergaris	<i>Stenella coeruleoalba</i>
12.	Lumba-lumba Gigi Kasar	<i>Steno bredanensis</i>
13.	Lumba-lumba Abu-abu	<i>Grampus griseus</i>
14.	Lumba-lumba Hidung Botol	<i>Tursiops truncates</i>
15.	-	<i>Delphinus delphis</i>
16.	-	<i>Delphinus capensis</i>
17.	Lumba-lumba Fraser	<i>Lagenodelphis hosei</i>
18.	-	<i>Sousa chinensis</i>
19.	-	<i>Orcaella-brevirostris</i>
20.	Lumba-lumba Tak Bersirip	<i>Neophocaena phocaenoides</i>
21.	Ika mea	<i>Mesoplodon sp.</i>
22.	Paus Paruh Cuvier	<i>Ziphius cavirostris</i>
23.	Paus Hidung Botol	<i>Hyperoodon sp.</i>
24.	Paus Minke	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>
25.	Paus Bryde	<i>Balaenoptera brydei</i>
26.	Paus Bryde Kerdil	<i>Balaenoptera edeni</i>
27.	Paus Sei	<i>Balaenoptera borealis</i>
28.	Paus Sirip	<i>Balaenoptera physalus</i>
29.	Paus Biru	<i>Balaenoptera musculus</i>
30.	Paus Bongkok	<i>Megaptera novaeangliae</i>
31.	Duyung	<i>Dugong dugon</i>

Paus yang ada di Indonesia, seperti paus biru, paus sirip, paus sei, dan paus sperma memanfaatkan perairan zona ekonomi eksklusif dan alur-alur sempit di antara pulau-pulau kecil sebagai rute migrasinya. Dengan demikian, hewan-hewan tersebut sangat rentan terhadap perubahan lingkungan seperti kerusakan habitat, gangguan suara di bawah permukaan laut, pencemaran laut, dan overeksploitasi sumber daya (Hofman 1995 dan Kahn 2002 *dalam* Dahuri, 2003).

Pencegahan dan untuk mengurangi gangguan terhadap ruaya (migrasi) hewan-hewan tersebut, penetapan daerah konservasi laut di perairan Indonesia sangat diperlukan, karena aspek-aspek ekologi penting (reproduksi, fase pertumbuhan, dan perkawinan) dari kehidupan paus & dolphin sering terjadi terutama di luar wilayah konservasi.

Perairan laut Indonesia juga memiliki spesies dugong atau duyung (*Dugong dugon*). Aspek ekologi dari dugong mirip dengan hewan paus dan dolphin, misalnya berumur panjang, dan fase yang rendah.

Dugong dapat ditemui saat bermigrasi di perairan sekitar Nusa Tenggara Barat dan Timur, Maluku, Papua. Pergerakan migrasi dugong dapat mencapai ratusan kilometer dalam beberapa hari, dan melewati perairan pantai serta laut jeluk.



Gambar 3.37. Beberapa spesies ikan paus

Tabel 3.11. Status ikan paus menurut IUCN

NO	Nama Indonesia	Nama Ilmiah	Status (IUCN 2000)	Total Populasi
1.	Paus biru	<i>Balaenoptera musculus</i>	Endangered	5.000
2.	Paus sirip	<i>Balaenoptera physalus</i>	Endangered	50.000 – 90.000
3.	Paus sei	<i>Balaenoptera borealis</i>	Endangered	50.000
4.	Paus bryde	<i>Balaenoptera brydei</i>	Data deficient	40.000 – 80.000
5.	Paus bryde kerdil	<i>Balaenoptera edeni</i>	Data deficient	-
6.	Paus bongkok	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Vulnerable	28.000
7.	Paus minke utara	<i>Balaenoptera cutorostrata</i>	Low-risk-near threatened	610.000
8.	Paus-minke selatan	<i>Balaenoptera bonarensis</i>	Conservation dependent	1.284.000
9.	Paus sperma	<i>Physeter macrocephalus</i>	Vulnerable	< 350.000

Berdasarkan tempat penimbunan minyaknya di dalam hati dan di dalam daging, ikan dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok. Pertama, kelompok ikan yang menyimpan minyak dalam hati (*fish liver oil*), seperti ikan kembung, cod, dan hiu. Kedua, kelompok ikan yang menyimpan minyaknya dalam daging (*fish body oil*), seperti ikan lemuru, paus, sidat, tongkol, makarel, dan ikan herring. Berdasarkan kandungan minyaknya, ikan dapat dikelompokkan menjadi:

- Ikan berlemak sedikit (*lean fish*) dengan kandungan minyak < 2%
- Ikan berlemak rendah (*low fat*) dengan kandungan minyak 24 %,
- Ikan berlemak sedang (*medium fat*) dengan kandungan minyak 48 %,
- Ikan berlemak tinggi (*high fat*) dengan kandungan minyak lebih dari 8 %.

Kadar minyak dalam ikan sangat bervariasi, dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu:

- Spesies (jenis) ikan,
- Jenis kelamin,
- Tingkat kematangan (umur),
- Musim,
- Siklus bertelur, dan lokasi geografis.

Lemak ikan terdiri dari unit-unit kecil yang disebut asam lemak. Asam lemak pada minyak ikan terdiri dari tiga tipe, yaitu:

- Asam lemak jenuh (tidak mempunyai ikatan rangkap), contohnya asam palmitat, asam miristat, dan asam stearat,

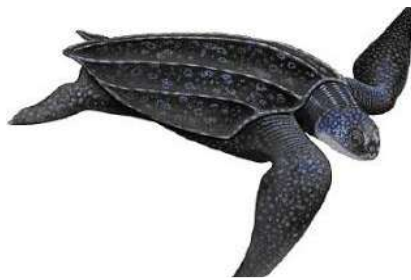
- ⊙ Asam lemak tak jenuh tunggal (mempunyai satu ikatan rangkap), contohnya oleat,
- ⊙ Asam lemak tak jenuh ganda (mempunyai lebih dari satu ikatan rangkap), contohnya linoleat, linolenat, arakidonat (AA), eikosapentaenoat (EPA), dan dokosaheksaenoat (DHA). DHA banyak terdapat pada ikan laut jenis salmon, tuna (terutama tuna sirip biru yang memiliki DHA lima kali lebih banyak), sarden, herring, makarel, serta kerang-kerangan. Umumnya minyak ikan mengandung sekitar 25 persen asam lemak jenuh dan 75 persen asam lemak tak jenuh.
- ⊙ Dari hasil penelitian epidemiologi menunjukkan ada hubungan terbalik antara konsumsi ikan dan terjadinya penyakit jantung koroner. Pada kelompok yang mengonsumsi ikan sekurang-kurangnya 30 gram sehari, risiko kematian karena penyakit jantung koroner menjadi berkurang 50 persen dibandingkan kelompok yang tidak mengonsumsi ikan. Zat aktif yang berperan penting dalam hubungan tersebut adalah asam lemak Omega-3.

3.5.7. Keanekaragaman Spesies Reptil Laut

Reptil laut terdiri dari 3 kelompok yaitu penyu, buaya, dan ular. Ular laut menyesuaikan diri untuk berenang dengan bentuk ekornya yang memipih seperti dayung. Ular laut sangat berbisa dan mangsa utamanya adalah ikan. Ular laut (suku *Hydrophidae*) lebih senang hidup di perairan pantai yang terlindung, terutama di sekitar muara sungai. Namun, ular laut dapat juga ditemukan di daerah ekosistem terumbu karang dan bahkan di laut lepas sampai ratusan mil dari pantai.

Penyu termasuk kelompok reptile ang unik dan dikenal sebagai fosil hidup karena ia di perkirakan telah ada sejak 200 juta tahun yang lalu. Secara mudah, penyu dapat dibedakan dari kura-kura. Selain hidupnya dilaut, penyu tidak dapat menarik kepala ke dalam tempurung atau karapasnya, sedangkan kura-kura mampu menarik kepala dan kaki kedalam karapasnya apabila ada gangguan.

Perbedaan lainnya adalah bahwa kaki penyu telah berubah bentuk menjadi sirip (*flipper*) sebagai adaptasi untuk hidup menjelajah samudera, sedangkan kura-kura, khususnya yang hidup di darat memiliki kaki bercakar yang dapat berfungsi untuk berjalan di daratan. 6 dari 7 jenis penyu yang hidup di dunia terdapat di Indonesia, yaitu : penyu belimbing (*Dermochelys coriecea*), penyu sisik (*Eretmochelys imbricate*), penyu lekang (*Lepidochelys olivacea*), penyu hijau (*Chelonia mydas*), penyu tempayan (*Caretta caretta*), penyu pipih (*Natator depressus*) (Dermawan, 2002 dalam Dahuri,2003) Gambar 3.38).



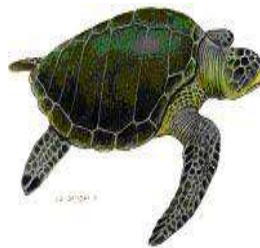
Penyu belimbing



Penyu hijau



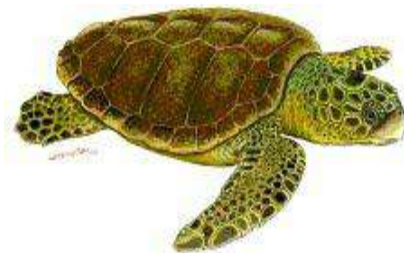
Penyu pipih



Penyu lekang



Penyu sisik



Penyu tempayan



Penyu lekang kempi

Gambar 3.38. Berbagai spesies penyu

Secara tradisional, hampir seluruh bagian dari penyu dapat dimanfaatkan guna menunjang kehidupan manusia. Karapas (khususnya penyu sisik) dapat diolah menjadi berbagai macam barang kebutuhan manusia seperti bingkai kacamata, pigura, gelang, kalung, perabotan rumah tangga, dan berbagai hiasan.

Daging & telurnya merupakan salah satu sumber protein hewani. Di daerah seperti Bali & Tual (Maluku Tenggara), daging penyu merupakan salah satu pelengkap dalam upacara adat atau keagamaan.

Penyu hijau (*Chelonia mydas*). Penyu hijau memiliki nama lokal penyu daging, pada usia muda bersifat karnivora, setelah dewasa cenderung herbivora dengan memakan tumbuh-tumbuhan dan ganggang laut.

Penyu ini tersebar di seluruh kepulauan Indonesia, dan masih dapat ditemukan dalam jumlah yang besar, seperti di Pantai Pangumbahan, Jawa Barat, dan Kep. Derawan, Kab. Berau, Kalimantan Timur. Penyu hijau termasuk dalam 6 jenis penyu yang dilindungi sejak PP No. 7/1999 tentang Pengawetan Tumbuhan dan Satwa dikeluarkan.

Ancaman utama terhadap populasi penyu adalah kegiatan manusia, seperti pencemaran pantai dan laut; perusakan habitat peneluran, perusakan daerah mencari makan, gangguan pada jalur migrasi; serta penangkapan induk penyu secara ilegal dan pengumpulan telur.

Masyarakat lokal di Bali bagian selatan masih menggunakan daging penyu dalam upacara adat. Pemanfaatan telur penyu hijau juga masih berlangsung dan telah dilakukan selama 50 tahun di Kepulauan Derawan, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur, dan di Pantai Pangumbahan, Jawa Barat. Berbagai upaya dilakuakn oleh LSM lokal dan nasional bersama pemerintah pusat guna mengabil tindakan terhadap dilema yang terjadi dan menetapkan perlindungan penuh terhadap telur penyu hijau.

Saltwater Crocodile atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan buaya air asin. Buaya air asin (*Crocodylus porosus*) merupakan binatang terbesar di antara reptile lain. Area populasi buaya ini hidup di wilayah Australia. Selain itu, buaya air asin juga berkembangbiak mulai dari Asia Tenggara hingga Australia.

Predator mematikan ini berburu di daerah tropis di India timur, Asia Tenggara, Australia Utara, dan sebagian besar pulau yang berada di daerah tersebut (Gambar 3.39).



Gambar 3.39. Buaya air asin

Ular laut dikenal juga dengan nama *Pelamis platurus* atau *Pelagic Sea Snakes* dalam bahasa Inggris. Ular laut perut kuning dapat ditemukan di perairan tropis atau sub tropis di Lautan Pasifik & Lautan India. Seperti namanya dalam bahasa Inggris, yaitu *Pelagic Sea Snakes*, ular ini mampu hidup di lautan terbuka atau yang disebut juga dengan zona pelagic walaupun ular perut kuning lebih memilih untuk hidup di perairan pantai.

Populasi Ular laut perut kuning ini sendiri sangat banyak & tidak termasuk dalam daftar hewan yang terancam punah atau rentan punah. Ular laut terdiri dari banyak jenis (salah satu di antaranya *Erabu*) dan kesemuanya merupakan ular yang memiliki racun yang sangat kuat.



Gambar 3.40. Ular laut

3.6. Keanekaragaman Genetika Biota Perairan

Setiap makhluk memiliki komponen pembawa sifat menurun. Komponen tersebut tersusun atas ribuan faktor kebakaan yang mengatur bagaimana sifat-sifat tersebut diwariskan. Faktor itulah yang sekarang kita kenal sebagai gen. Gen terdapat di lokus gen pada kromosom atau di dalam inti sel setiap makhluk hidup. Akan tetapi susunan perangkat gen masing-masing individu dapat berbeda-beda bergantung pada tetua yang menurunkannya. Itulah sebabnya individu-individu yang terdapat dalam satu jenis dan satu keturunan dapat memiliki ciri-ciri dan sifat yang berbeda.

Keanekaragaman tingkat genetik adalah keanekaragaman atau variasi yang dapat ditemukan di antara organisme dalam satu spesies. Perangkat gen mampu berinteraksi dengan lingkungannya. Dalam hal ini, faktor lingkungan dapat memberi pengaruh terhadap kemunculan ciri atau sifat suatu individu. Misalnya dua individu memiliki perangkat gen yang sama, tetapi hidup di lingkungan yang berbeda maka kedua individu tersebut dapat saja memunculkan ciri dan sifat yang berbeda.

Semua makhluk hidup dalam satu spesies/jenis memiliki perangkat dasar penyusun gen yang sama. Gen merupakan bagian kromosom yang mengendalikan ciri atau sifat suatu organisme yang bersifat diturunkan dari induk/orang tua kepada keturunannya.

Keanekaragaman genetik laut terfokus pada perbedaan informasi genetik yang berada di dalam masing-masing individu, baik tanaman, hewan maupun mikroorganisme di lautan. Keanekaragaman genetik laut ini mengacu pada perbedaan genetik pada spesies yang sama dalam laut.

Keanekaragaman genetik laut ini terbentuk karena proses perkawinan antara spesies yang sama dalam laut yang menghasilkan individu yang sudah berbeda genetiknya. Gen ini dibentuk dari 2 pencampuran genetik dari spesies makhluk hidup yang sejenis dalam laut.

Diperkirakan di dunia ini terdapat kurang lebih 10.000.000.000 gen yang tersebar di biota-biota laut di dunia. Walaupun tidak semuanya memberikan kontribusi yang sama pada keanekaragaman genetik. Secara khusus, gen-gen yang mengontrol serta mengendalikan dasar dari proses biokimia dipertahankan secara kuat oleh berbagai kelompok spesies.

Keanekaragaman genetik biota perairan pesisir dan laut Indonesia seharusnya sangat tinggi, jika diduga secara induktif berdasarkan kekayaan keanekaragaman spesiesnya. Hal ini didasarkan pada alasan bahwa pada umumnya dalam satu spesies saja, terkandung variasi genetik yang begitu besar, apalagi di negara kepulauan terbesar seperti Indonesia. Namun sayangnya, riset-riset yang berkaitan dengan identifikasi dan pemanfaatan keanekaragaman genetik biota perairan laut Indonesia belum banyak dilakukan, karena lemahnya pendanaan dan arena dorongan penelitian di bidang genetika masih jauh dari harapan.

Penelitian pada tingkat molekular menjanjikan harapan untuk memberikan kontribusi, baik bagi kesehatan lingkungan maupun bagi kemakmuran suatu bangsa.

Perbaikan atau peningkatan produksi perikanan budi daya pada dasarnya dapat dilakukan secara teknis melalui perbaikan pada 5 aspek utama perikanan budi daya tersebut, yaitu : (1) pemuliaan (*breeding*), (2) pakan, (3) hama & penyakit, (4) manajemen kualitas air, dan (5) teknik perkolaman.

Kekayaan keanekaragaman hayati laut Indonesia yang sangat besar seharusnya menjadi kunci keberhasilan kita dalam mengatasi permasalahan pemuliaan, pakan, dan hama penyakit pada industri perikanan budi daya.

Stok plasma nutfah (*genetic resources*) kelautan yang sangat besar serta beragam, maka jika kita dapat menerapkan rekayasa genetika dengan baik, seharusnya kita mampu memproduksi induk dan benih unggul yang merupakan kunci keberhasilan usaha perikanan budi daya.

Latimeria adalah genus yang terdiri dari spesies hidup *Coelacanth*. Berdasarkan cincin pertumbuhan tulang telinga mereka (*otoliths*), para ilmuwan menyimpulkan bahwa ikan ini individu dapat hidup selama 80 sampai 100 tahun. *Coelacanth* hidup sedalam 700 m (2.300 ft) di bawah permukaan laut, tetapi lebih sering ditemukan pada kedalaman 90 sampai 200 m. Contoh hidup *Latimeria chalumnae* memiliki warna biru tua yang mungkin kamuflase mereka dari spesies mangsa, namun, spesies Indonesia (*L. menadoensis*) berwarna coklat.

Para ikan raja laut yang tinggal di dekat *Sodwana Bay*, Afrika Selatan, beristirahat di gua-gua di kedalaman 90 sampai 150 m pada siang hari, tapi bubar dan berenang ke kedalaman dangkal 55 m ketika berburu di malam hari. Kedalaman ini tidak sepenting kebutuhan mereka untuk cahaya sangat redup dan, lebih penting lagi, air yang memiliki suhu 14 sampai 22 ° C.

Ikan tersebut akan naik atau tenggelam untuk menemukan kondisi ini. Jumlah oksigen darah mereka dapat menyerap dari air melalui insang tergantung pada suhu air. Penelitian ilmiah menunjukkan *coelacanth* harus tinggal di air dingin, baik oksigen atau darah tidak dapat menyerap oksigen yang cukup.

Coelacanth betina melahirkan pada waktu masih muda, dalam kelompoknya anak tersebut mampu bertahan sendiri segera setelah lahir. Perilaku reproduksi mereka tidak dikenal, namun diyakini bahwa mereka tidak dewasa

secara seksual sampai setelah 20 tahun. Waktu kehamilan diperkirakan 13 sampai 15 bulan. Gambar 3.41 memperlihatkan ikan jenis *Latimeria menadoensis*



Gambar 3.41. Ikan *Latimeria menadoensis*

Latimeria menadoensis hanya dikenal dari tiga lokasi di Sulawesi Utara, Indonesia, dan sangat sedikit spesimen telah terlihat. Hal ini dianggap alami langka dengan populasi kurang dari 10.000 orang dewasa yang matang. Ini adalah spesies yang tumbuh lambat dengan fekunditas rendah, dan karena itu secara alami rentan terhadap eksploitasi yang berlebihan.

Ancaman utama adalah jaring hiu set mendalam, kail dan pancing untuk kerapu. Tidak ada informasi kependudukan yang tersedia dan tidak ada yang diketahui tentang tren saat ini. Karena sejumlah kecil daerah yang dikenal,

populasi ikan ini diduga rendah dan terancam punah , *Latimeria menadoensis* terdaftar sebagai mahluk yang rentan.

Latimeria chalumnae, kadang-kadang dikenal sebagai Barat Samudera Hindia Coelacanth, adalah salah satu dari dua spesies yang masih ada dari Coelacanth , urutan langka vertebrata lebih erat terkait dengan reptil dan mamalia .Ikan ini memiliki pigmen biru terang, dan lebih dikenal dari dua spesies yang masih ada. Spesies ini telah dinilai sebagai sangat terancam pada daftar merah IUCN .

Berat rata-rata dari *Latimeria chalumnae* adalah 80 kg (176 lb), dan mereka dapat mencapai hingga 2 m (6,5 kaki) panjangnya. Betina dewasa sedikit lebih besar daripada jantan. *L. chalumnae* terdapat di sekitar tepi barat Samudera Hindia , dari Afrika Selatan ke utara di sepanjang pantai timur Afrika ke Kenya, Komoro dan Madagaskar (Gambar 3.42).



Gambar 3.42. Ikan *Latimeria chalumnae*

3.7. Rangkuman

1. Ekosistem pesisir terdiri dari terumbu karang, padang lamun, rumput laut, hutan mangrove, estuaria, pantai, dan pulau-pulau kecil.
2. Ekosistem pesisir dibagi dua macam yaitu alami antara lain terumbu karang, hutan mangrove, padang lamun, pantai berpasir, pantai berbatu, estuaria, laguna, delta dan pulau kecil. Sedangkan yang buatan antara lain tambak, sawah, pasang surut, kawasan pariwisata, kawasan industri dan kawasan pemukiman.

3. Fungsi terumbu karang antara lain pelindung ekosistem pantai, penghasil oksigen, rumah berbagai jenis mahluk hidp, sumber obat-obatan, objek wisata, daerah penelitian dan nilai spiritual.
4. Tanaman lamun memiliki bunga dan buah yang kemudian berkembang menjadi benih, memiliki akar, daun yang nyata, dan stomata sebagai sistem transportasi internal untuk gas dan nutrient. Beberapa organisme yang ada antara lain algae, moluska, ekinodermata, krustasea dan ikan.
5. Nutrisi yang terkandung dalam rumput laut antara lain polisakarida dan serat, mineral, protein, lipid dan asam lemak, vitamin, dan polifenol. Kandungan rumput laut yang dimanfaatkan untuk industry antara lain agar, pikokoloida, dan karagenan.
6. Hutan mangrove memiliki nilai ekonomis dan ekologis yang tinggi, tetapi sangat rentan terhadap kerusakan apabila kurang bijaksana dalam mempertahankan, melestarikan dan pengelolaannya.
7. Peran ekologi estuaria antara lain sumber zat hara dan bahan organik, habitat spesies ikan dan udang yang ekonomis, potensi produksi makanan laut, tempat pemukiman, tempat budidaya ikan dan jalur transportasi.
8. Morfologi pantai di Indonesia antara lain pantai terjal berbatu, pantai landai dan datar, pantai dengan bukit pasir, pantai beralur, pantai lurus, pantai berbatu, dan pantai karena adanya erosi.
9. Potensi pulau-pulau kecil antara lain pengembangan perikanan rakyat, marikultur dan pelayanan jasa.
10. Sumber daya hayati laut antara lain spesies ikan, krustasea, moluska, ekinodermata, sponge, mamalia laut, dan reptil laut. Senyawa aktif dari biota sponge sebagai bahan farmasi adalah senyawa antimikroba dan antikanker.
11. Riset-riset yang berkaitan dengan identifikasi dan pemanfaatan keanekaragaman genetika biota perairan laut Indonesia belum banyak dilakukan, karena lemahnya pendanaan dan penelitian di bidang genetika masih jauh dari harapan.

3.8. Latihan Soal :

1. Sebutkan contoh ekosistem laut yang alami dan buatan.
2. Jelaskan proses terjadinya terumbu karang.
3. Sebutkan tiga kelompok besar terumbu karang.
4. Apa yang dimaksud padang lamun ? dan hewan apa saja yang hidup disana ?
5. Apa saja manfaat rumput laut bagi kesehatan ? sebutkan juga nutrisi yang terkandung di dalamnya.
6. Apa yang dimaksud hutan mangrove ? sebutkan beberapa jenis tumbuhan yang hidup di hutan mangrove.
7. Apa yang dimaksud estuaria ? dan sebutkan beberapa karakteristik estuaria.
8. Sebutkan macam-macam pantai di Indonesia.
9. Apa yang dimaksud dengan pulau-pulau kecil ? dan sebutkan beberapa karakteristiknya
10. Sumber daya hayati laut apa saja yang hidup di perairan tawar maupun laut ? berikan contohnya, masing-masing 3.

BAB IV

MANFAAT DAN NILAI EKONOMI KEANEKARAGAMAN HAYATI LAUT

4.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan manfaat dan nilai ekonomi keanekaragaman hayati laut
2. Menyebutkan sumber-sumber dari produk laut
3. Memberikan contoh tentang jasa-jasa lingkungan laut
4. Mengklasifikasikan nilai manfaat dan ekonomi keanekaragaman hayati laut.

Wilayah pesisir dan lautan Indonesia memiliki manfaat yang sangat besar bagi kehidupan masyarakat Indonesia maupun dunia. Tingginya keanekaragaman hayati di laut dapat merefleksikan potensi ekonomi perairan pesisir dan lautan tersebut, dalam arti bahwa semakin tinggi keragaman hayati yang terkandung, maka semakin besar potensi yang dapat dikembangkan. Keanekaragaman hayati pesisir dan lautan di antaranya berguna sebagai sumber plasma nutfah, sumber pangan, bahan baku industri farmasi dan kosmetik, penyedia jasa lingkungan laut, pendukung untuk pengembangan kawasan industry dan pariwisata.

4.2. Produk dari Laut

4.2.1. Sumber Bahan Baku Pangan

Ikan sebagai sumber protein hewani merupakan bahan baku pangan utama yang berasal dari laut. Protein yang berasal dari ikan bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan, kecerdasan dan kesejahteraan masyarakat guna meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Komposisi kandungan gizi ikan menurut Soenardi (2000), *dalam* Dahuri (2003) terdiri dari protein 18% berupa asam amino esensial yang penting untuk pertumbuhan; lemak 1-20% sebagian

besar berupa asam lemak tidak jenuh, mudah dicerna dan dapat membantu menurunkan kadar kolesterol darah; vitamin antara lain vitamin A, D, thiamin (vitamin B1), riboflavin (vitamin B6), dan niacin; serta mineral seperti magnesium, fosfor, iodium, fluor, zat besi, tembaga, seng dan selenium. Berdasarkan kandungan gizinya, pola kebiasaan makan ikan pada masyarakat Eskimo dan Jepang menunjukkan bahwa kelompok masyarakat tersebut memiliki resiko kecil terhadap penyakit jantung dan penyakit degeneratif.

Penelitian ilmiah telah membuktikan adanya pengaruh positif dari makanan laut terhadap kesehatan, khususnya bagi struktur dan fungsi jantung serta otak. Minyak ikan mengandung beberapa senyawa tidak jenuh, seperti halnya pada minyak tumbuhan. Namun, berbeda dengan asam lemak esensial dari tumbuhan yang mengandung Omega-6, asam lemak dari minyak ikan adalah Omega-3. Satu dari asam lemak tidak jenuh Omega-3 sangat penting bagi pertumbuhan otak dan bermanfaat bagi pencegahan depresi, schizophrenia dan hiperaktif pada anak-anak. Kandungan asam lemak Omega-3 pada beberapa jenis ikan disajikan pada Tabel 4.1.

Faktor yang berpengaruh terhadap perkembangan ikan salmon adalah dextrin. Dextrin adalah kelompok rendah karbohidrat berat molekul yang dihasilkan oleh hidrolisis pati. Dextrin adalah campuran dari polimer D-glukosa unit dihubungkan oleh α -(1,4) atau α -(1,6) glikosidik obligasi obligasi.

Salmon adalah ikan yang kaya lemak tak jenuh Omega 3 yang dapat mengurangi produksi partikel penyebab radang dalam tubuh yang dapat merusak kulit. Dalam riset penelitian yang dipublikasikan oleh *Journal of the American Medical Association* dilaporkan bahwa terdapat hubungan antara mengkonsumsi ikan dengan jumlah asam lemak omega-3 serta pertumbuhan penyakit jantung koroner. Beberapa spesies ikan salmon disajikan dalam Gambar 4.1.

Riset yang juga turut menjelaskan keuntungan-keuntungan mengkonsumsi lemak ikan bagi kesehatan. Salmon juga mengandung protein tinggi, coenzim Q-10 adalah suatu antioksidan dan juga kaya dimethylaminoetahnol.



Coregonus artedi



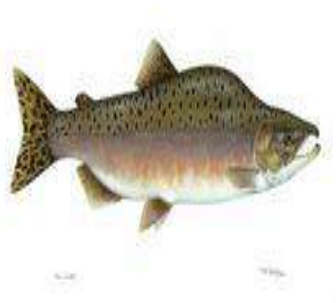
Coregonus hoyi



Oncorhynchus gilae



Oncorhynchus clarkia



Oncorhynchus gorbuscha



Oncorhynchus kisutch



Oncorhynchus mykiss



O.Tschawytscha



Oncorhynchus necra

Gambar 4.1. Beberapa spesies ikan salmon

Penelitian terakhir menunjukkan bahwa potensi sumber daya perikanan laut Indonesia adalah 6.409.210 ton, dengan tingkat produksi mencapai 4.069.420 ton per tahun. Dengan demikian, tingkat pemanfaatannya baru mencapai 62% dari potensinya (BRKP-DKP dan P3O LIPI, 2001 dalam Dahuri, 2003).

Meskipun produksi perikanan laut Indonesia masih berpeluang besar untuk ditingkatkan lagi, di beberapa daerah seperti pantai utara Jawa, perairan Selat

Malaka, Selat Bali dan Selat Makasar, tingkat eksploitasinya sudah sangat tinggi, akibat jumlah nelayan yang terlampaui banyak (DGF, 1995 *dalam* Dahuri, 2003).

Perikanan Indonesia saat ini didominasi oleh perikanan tangkap, yang kontribusinya mencapai 85% dari total produksi ikan pada tahun 1987. Dalam hal ini, 85% dari hasil tangkapan ditunjang oleh perikanan rakyat atau tradisional (Dwiponggo *et al.*, 1987 *dalam* Dahuri, 2003).

Tabel 4.1. Kandungan Omega-3 pada beberapa jenis ikan

Nama ikan	Kandungan Omega-3 (Gram per 100 gram ikan)
Lemuru, Tembang, Japuh	3,90
Kembung, Tenggiri	3,60
Salmon	2,60
Terubuk, Parang-parang	2,30
Tuna	0,20

Sumber : Fridman (1998), *dalam* Dahuri, 2003

Para nelayan menggunakan kapal kecil dan alat tangkap yang sederhana, mereka melakukan penangkapan di daerah pantai hingga perairan terbuka. Jumlah nelayan yang beroperasi bervariasi di setiap daerah, namun kepadatan yang tinggi dijumpai di perairan Selat Malaka, pantai utara Jawa, Selat Bali dan Selatan Sulawesi. Diperkirakan bahwa kondisi tersebut ada kaitannya dengan ketersediaan infrastruktur dan pasar.

Pelarangan alat tangkap pukat harimau melalui Keppres No.39/1980 merupakan implikasi memuncaknya konflik yang terjadi akibat persaingan yang tidak sehat di antara nelayan dalam mengeksploitasi sumber daya perikanan demersal, terutama udang (Widodo, 1991 *dalam* dahuri, 2003).

Perikanan komersial, kebanyakan beroperasi di Perairan Indonesia Timur. Jenis-jenis tangkapan yang bernilai ekonomi tinggi meliputi udang penaeid, cakalang dan tuna. Upaya penangkapan udang dilakukan di laut Arafura, sedangkan lokasi penangkapan tuna terbesar di Pasifik Utara, Utara Papua, Laut Maluku, Laut Banda, Laut Sulawesi, Laut Seram, Laut Flores dan Lautan Hindia (sebelah selatan Kepulauan Sunda atau Nusa Tenggara).

Keanekaragaman hayati pesisir dan lautan dapat dijadikan bahan baku pangan. Beberapa spesies mangrove seperti *Rhizophora stylosa*, *Terninalia catappa*, *Bruguiera cylindrical* dan *Stenochlaena palustris* merupakan bahan baku makanan (Noor *et al.*, 1999 dalam Dahuri, 2003). Begitu pula, tumbuhan lamun oleh penduduk di Kepulauan Seribu telah dimanfaatkan sebagai makanan (Nontji, 1987 dalam Dahuri, 2003). Rumput laut juga menjadi bahan baku pangan, seperti untuk sayur, acar, manisan, kue dan agar-agar.

Rumput laut sebagai bahan baku pada industri makanan, juga mengandung komposisi zat gizi yang lengkap seperti protein, lemak, mineral dan vitamin yang diperlukan oleh manusia (Tabel 4.2).

Linawati (1998), dalam Dahuri, 2003 menyatakan, bahwa selain mengandung karbohidrat, protein (7-30%) dan sedikit lemak, rumput laut juga mengandung polisakarida (40-50%). Karbohidrat yang terkandung dalam rumput laut tidak dapat diasimilasi untuk menghasilkan energi, sehingga rumput laut tersebut sangat baik digunakan sebagai makanan diet (suplemen).

Tabel 4.2. Komposisi senyawa organik rumput laut asal Sumatera

Alga	Air (%)	Protein (%)	Karbohidrat (%)	Lemak (%)	Serat Kasar (%)	Abu (%)
<i>Eucheuma sp.</i>	16,99	2,48	63,19	4,30	-	23,04
<i>Gracillaria sp.</i>	19,01	4,17	42,59	9,54	10,51	14,18
<i>Gelidiopsis sp.</i>	12,95	2,98	54,43	11,09	-	11,55
<i>Hypnea sp.</i>	25,10	1,59	32,25	5,81	1,43	23,77

Sumber : sugiarto (1968), dalam Dahuri, 2003

Pemanfaatan rumput laut pada saat ini, terfokus pada produksi polisakarida dengan hasil 10-65% berat kering. Beberapa jenis polisakarida yang memiliki nilai komersial penting adalah asam alginat dan turunannya., *fucoidan* dan laminarian yang berasal dari alga coklat; agar dan karagenan berasal dari alga merah. Komposisi polisakarida dalam rumput laut dan penggunaannya disajikan dalam Tabel 4.3. Alga coklat dari suku atau famili *Fucaceaea* (misalnya *Sargassum*) merupakan sumber *fucoidan* yang dalam sepuluh tahun terakhir

diketahui memiliki senyawa yang berpotensi sebagai pencegah kanker dan HIV (*human immunodeficiency virus*).

Tabel 4.3. Jenis-jenis polisakarida dalam rumput laut

Jenis	Sumber	Komposisi	Kegunaan
Agar	Alga merah (<i>Gellidium</i> , <i>Gracilaria</i> , <i>Gigartina</i>)	Agarase dan Agaropektin	Mikrobiologi, sediaan makanan kaleng, mayonnaise, keju, <i>jelly</i> dan <i>ice cream</i> , <i>stabilizer</i> dan <i>emulsifier</i> , <i>carrier</i> untuk obat.
Alginat	Alga coklat (<i>Macrocystis</i>)	Asam manuronat, asam guluronat	<i>Ice cream</i> , produk kertas dan <i>adhesif</i> , pengental cat.
Karagenan	Alga merah (<i>Chondry</i> , <i>Gigartina</i> , <i>Iridae</i>)	Galaktosa	<i>Stabilizer</i> emulsi dalam makanan, obat dan minuman.
Fucoidan	Alga coklat	L-fucosa	Pencegah kanker, AIDS (HIV)

Sumber : Linawati (1998), dalam Dahuri, 2003

Butiran ganggang laut dapat ditemukan dalam toko makanan dan sejumlah kecil ditaburkan diatas makanan (biasanya *seafood*), adalah cara bagus untuk memanfaatkan ganggang laut dalam menu.

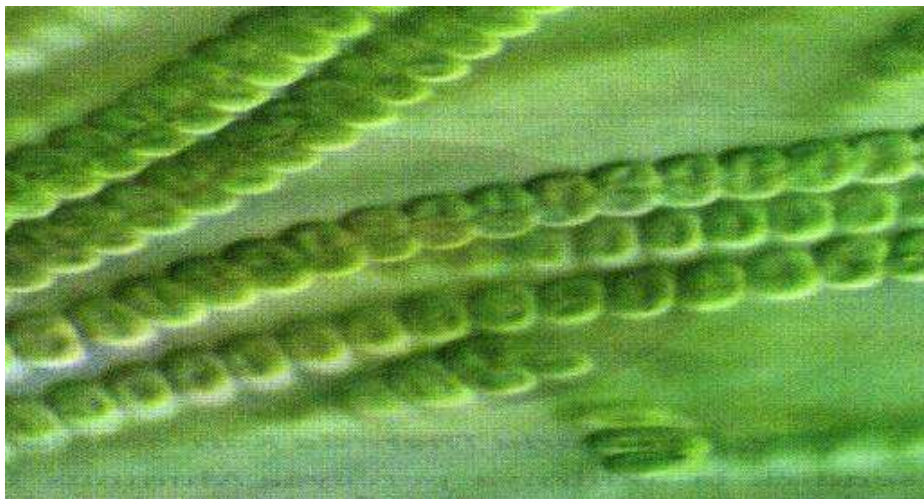
Ganggang laut juga mengandung gula dalam bentuk sayuran yang tidak menaikkan tingkat gula darah. Oleh karena itu, ganggang laut merupakan suplemen diet yang bagus bagi penderita diabetes. Beragam tipe ganggang laut diketahui menghasilkan sejumlah besar gula ini, dengan kemampuan tumbuh yang cepat, sampai 50 cm per hari, ganggang juga terbukti sebagai sumber alkohol untuk bahan bakar.

Budaya tradisional Eropa Utara memanen ganggang laut di awal hingga pertengahan musim panas dan menggunakannya dalam cara yang beragam dan bervariasi: sebagai bahan bakar, pupuk, lapisan untuk rumah, ditambahkan pada

api yang mengasapi ikan dan bacon, serta dalam bentuk abu ganggang digunakan menutup keju matang. Ganggang juga digunakan untuk industri kaca dan sabun awal tahun 1800.

Formulasi diperlukan untuk menghasilkan produk akhir seperti *dairy* (coklat, *ice cream*, permen, sosis), farmasi (tablet, salep dan pasta gigi), industri (cat, perekat, karet dan tekstil) serta kosmetika (pelembab, *shampoo* dan *lotion*).

Selain rumput laut (alga makro), perairan Indonesia juga kaya akan alga mikro yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku pangan. Beberapa spesies *Cyanobacteriaceae* telah dimanfaatkan sebagai sumber pangan sejak ratusan tahun yang lalu. Sebagai contoh, *Spirulina plantesis* dan *Spirulina geitleri* (Gambar 4.2), telah dimanfaatkan oleh bangsa Afrika dan Meksiko sebagai bahan pangan yang kaya akan protein. Menurut Richmond (1988) dalam Dahuri, 2003 kandungan protein pada *Spirulina* berkisar 50-70% berat kering. Variasi kandungan protein tersebut ditentukan oleh kondisi pertumbuhan dan prosentase kadar debunya.



Gambar 4.2. Alga mikro *Spirulina* sp.

Vitamin yang terkandung dalam *Spirulina* adalah beta karoten (provitamin A), Inositol, tokoferol (vitamin E), dan niasin (vitamin B3) (Tabel 4.4). Jenis alga mikro lainnya adalah *Chlorella*. Alga ini merupakan jenis yang pertama kali diisolasi dan dibudidayakan secara murni. *Chlorella* merupakan alga mikro yang

penyebarannya luas, yakni di perairan tawar dan laut. Komposisi gizi dari *Chlorella* meliputi protein (50%), karbohidrat (20%), lemak (20%), dan sisanya berupa asam amino, vitamin dan mineral. Vitamin yang terkandung dalam *Chlorella* khususnya *Chlorella pyrenoidosa* terdiri dari vitamin B12, vitamin B6, vitamin B1, biotin, asam folat, riboflavin, asam nikotinat dan panthotenat.

Tabel 4.4. Kandungan vitamin dari *Spirulina platensis*

Vitamin	Kandungan (mg per kg berat kering)
Beta karoten (provitamin A)	1.700
Vitamin B12 (sianokobalamin)	1,6
Ca-panthotenat	11
Asam folat	0,5
Inositol	350
Vitamin B3 (niasin)	118
Vitamin B6 (piridoksin)	3
Vitamin B1 (thiamin)	55
Vitamin E (tokoferol)	190

Sumber : switzer dalam Richmond (1988), dalam Dahuri, 2003

4.2.2. Sumber Bahan Baku Industri Farmasi dan Kosmetika

Berbagai bahan bioaktif yang terkandung dalam biota perairan laut seperti Omega 3, hormon, protein, dan vitamin memiliki potensi yang sangat besar bagi penyediaan bahan baku industri farmasi dan kosmetik. Diperkirakan lebih dari 35.000 spesies biota laut memiliki potensi menghasilkan bahan obat-obatan, dan yang dimanfaatkan baru sekitar 5.000 spesies. Beberapa jenis obat atau vitamin yang diekstrak dari laut misalnya minyak dari hati ikan sebagai sumber vitamin A dan D. Insulin diekstrak dari ikan paus dan tuna, sedangkan obat cacing dapat dihasilkan dari alga merah.

Alga mikro yang berukuran 1-200 mikrometer dan alga makro (misalnya rumput laut) dapat menghasilkan berbagai macam produk yang dapat dikembangkan secara komersial untuk dimanfaatkan oleh industri biopigmen, biopolisakarida, dan bahan tambahan pada makanan (vitamin dan asam amino).

Alga mengandung berbagai pigmen seperti klorofil, karotenoid, fikosianin (pigmen biru), dan fikoeritrin (pigmen merah). Biopigmen tersebut berguna untuk industri makanan, kosmetika, dan farmasi. Fikosianin yang berasal dari *Spirulina* telah diproduksi secara komersial sebagai pigmen biru oleh Dai Nippon Ink Co, Jepang dengan nama "*Lina Blue*". Sementara fikoeritrin yang terkandung di dalam sel *Porphyridium* (alga merah) kemungkinan besar memiliki potensi yang lebih baik, karena jenis pigmen merah ini aman bagi kesehatan (Vonshak, 1988 dalam Dahuri, 2003).

Hasil penelitian Ida, J.C dan Adiwatama, B.Y (2012), menyebutkan bahwa ekstrak *Chlorella pyrenoidosa* dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, selanjutnya dari hasil penelitian tersebut juga diketahui senyawa aktif yang terkandung di dalamnya antara lain fenol dan asam lemak tidak jenuh (asam palmitat, asam oleat, asam stearat, asam linoleat dan asam arakidonat).

Beberapa jenis *Cyanobacteriaceae* seperti *Stigonema* sp dan *Scytonema* sp dapat menghasilkan Scytonenum, yaitu biopigmen yang mempunyai aktivitas sebagai pelindung tabir surya (ultra violet). Sedangkan *Nostoc* sp, *Anabaena* sp, *Synechococcus* sp, *Xenococcus* sp mengandung bioaktif yang dapat dijadikan bahan perangsang pertumbuhan (Linawati, 1988 dalam Dahuri, 2003).

Spesies *Dunaliella salina* memiliki potensi sebagai sumber beta karoten (5-10% biomassa) yang jauh lebih tinggi dibanding wortel (1.000 bpj, bagian per juta), dan minyak sawit mentah, CPO (500-1.000 bpj). Hal yang sama berlaku pula *Botryococcus braunii*. Spesies ini merupakan spesies alga mikro yang memiliki potensi sebagai sumber hidrokarbon rantai panjang (C₂₂ – C₂₃) pengganti minyak bumi (Soerawidjaja, 2002 dalam Dahuri, 2003). Alga mikro juga sedang

dikembangkan sebagai sumber bioetanol (bahan bakar motor bensin), dan biodiesel di masa depan. Beberapa produk alga mikro disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Beberapa produk alga mikro

Jenis produk	Contoh	Alga mikro
Metabolit	Gliserol Beta karoten Glikolat Asam amino 1,3-diaminopropan Asam akrilat	Berbagai alga
Antibiotika	Khlorelin (antibakteri) Gallotanin (antivirus) Terpena (antibakteri) Aponin (antialga) Malynogolida (antifungi)	<i>Chlorella</i> <i>Spirogyra</i> <i>Comphosphaeria japonica</i> - <i>Lyngpya majuscula</i>
Toksin	Microcystin Anatoksin Aplisiatoksin Gonyautoksin Saxitoksin	<i>Mycrocystis aeruginosa</i> <i>Anabaena flosaque</i> <i>Nostoc muscorum</i> <i>Gonyaulax sp</i> <i>Saxidomus giganteus</i>
Inhibitor enzim	Antiamilase	Berbagai alga Antiprotease Antiglukosidase

Sumber : Angka dan Suhartono, 2000 (dalam Dahuri, 2003)

Alga mikro memiliki efisiensi konversi energi surya oleh proses fotosintesis yang relatif tinggi, alga mikro sangat potensial untuk dikembangkan sebagai budi daya cepat. Dengan teknik budi daya *arena balap* dan pipa transparan, tenggang waktu antara pembenihan sampai pemanenan alga mikro hanya membutuhkan waktu hitungan hari atau minggu. Dengan mengatur media pertumbuhan dengan baik, biomassa alga mikro bisa menjadi sangat kaya (sampai dengan 80% berat kering) akan protein, karbohidrat, minyak lemak dan hidrokarbon. Di Negara maju, alga mikro dari spesies *Dunaliella*, *Spirulina* dan

Scenedesmus telah dipasarkan sebagai makanan kesehatan (Soerawidjaja, 2002 dalam Dahuri, 2003).

Spesies *Dunaliella salina* dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, juga mengandung senyawa aktif antara lain asam heksadekanoat, asam oktadekadinoat, neofitadiena dan fitol (Rachmansyah, M.A, 2012).

Penelitian lain dari mikro alga spesies *Porpyridium cruentum*, juga telah dilaporkan oleh Ramadhani, R.P (2013), bahwa alga tersebut memiliki potensi sebagai antibakteri dan diidentifikasi mengandung senyawa aktif asam lemak, alkana dan fenol.

Spesies mikro alga *Tetraselmis chuii* telah dilaporkan pula berkhasiat sebagai antibakteri dan mengandung senyawa aktif asam lemak, fitol dan fenol (Latole, M, 2012).

Mangrove ikut berperan sebagai penyedia bahan baku obat-obatan seperti untuk minuman fermentasi, pelapis permukaan, rempah-rempah dan bahan obat dari kulit, daun dan buahnya. Sementara lamun sebagai bahan farmasi telah dicoba di Filipina, namun informasi tentang hal ini masih sangat minim. Obat yang dibuat dengan memanfaatkan sumber daya keanekaragaman hayati laut di Amerika dapat mencapai nilai AS \$ 40 miliar per tahun.

4.2.3. Sumber Plasma Nutfah

Keanekaragaman hayati laut yang tinggi merupakan sumber plasma nutfah yang sangat berharga dan tak ternilai harganya. Plasma nutfah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam rekayasa genetika, terutama untuk menghasilkan jenis-jenis biota yang unggul, seperti ikan, kerang dan udang. Keunggulan tersebut tidak hanya berupa nilai produksi yang tinggi, melainkan juga berkaitan dengan daya adaptasinya terhadap lingkungan dan daya resistensinya terhadap penyakit.

Indonesia banyak memiliki spesies yang bersifat endemik, sehingga dapat memperkaya potensi plasma nutfah. Sebagai contoh, ekosistem padang lamun merupakan habitat bagi bermacam biota laut. Di permukaan daun lamun, hidup

berlimpah alga renik (alga bersel tunggal), hewan renik dan mikroba, serta habitat ikan pada berbagai fase kehidupannya.

Penelitian pada tahun 1992 di Pulau Pari, Kepulauan Seribu, menemukan fauna epibentik yang terdapat di padang lamun, yakni 27 jenis Crustacea (5 jenis kepiting, 7 jenis udang, 10 jenis amphipoda, dan 5 jenis isopoda), 55 jenis polychaeta, 3 jenis echinodermata, 9 jenis ikan, dan 18 jenis moluska. Sedangkan di Teluk Banten, Teluk Kotania (Seram Barat), dan Teluk Kuta (Lombok Selatan) masing-masing ditemukan 106, 202 dan 85 jenis ikan (Kiswara *et al.*, 1994 *dalam* Dahuri, 2003).

Lebih dari 60% sumber daya perikanan laut yang diperoleh dari perairan pesisir tergantung pada ekosistem padang lamun untuk produktivitas dan keberlangsungan hidupnya. Selanjutnya lebih dari 12% produksi perikanan tangkap dunia disuplai oleh ekosistem padang lamun. Setengah dari hasil perikanan tangkap dunia berasal dari Negara berkembang, termasuk Indonesia (Fortes, 1990 *dalam* Dahuri, 2003)

4.3. Jasa-Jasa Lingkungan Laut

Wilayah laut Indonesia memiliki potensi untuk memberikan berbagai macam jasa lingkungan yang sangat berharga untuk kepentingan pembangunan. Pemanfaatan jasa-jasa lingkungan kawasan pesisir dan lautan meliputi aspek (1) sarana pendidikan dan penelitian, (2) pertahanan keamanan, (3) pengatur iklim, (4) pariwisata bahari, (5) media transportasi dan komunikasi, (6) sumber energi, (7) kawasan perlindungan (konservasi dan preservasi), dan (8) sistem penunjang kehidupan.

4.3.1. Pengatur Ekologis

Sumber daya alam pesisir dan lautan sangat besar perannya dalam mendukung fungsi ekologis bagi kehidupan biota. Berbagai macam habitat utama di wilayah pesisir dan lautan, seperti mangrove, terumbu karang, padang lamun, estuaria, dan perairan pantai secara sinergis mempengaruhi keberadaan sumber daya hayati.

Ekosistem mangrove misalnya, luruhan daun mangrove yang dapat mencapai 7-8 ton hektar per hari, merupakan sumber nutrient utama bagi biota perairan. Di samping itu, mangrove juga berfungsi mempertahankan kondisi fisik habitat pesisir dan fungsi ekologis lainnya, seperti mencegah erosi dan kerusakan pantai, mencegah intrusi air laut ke daratan dan menjaga kestabilan lapisan tanah. Bentuk akar mangrove yang khas dapat meredam gempuran ombak dan sekaligus berfungsi untuk menahan lumpur, sehingga dapat memperluas penyebaran mangrove.

Ekosistem padang lamun juga berperan mengatur fungsi ekologis seperti penyedia makanan bagi ikan duyung (*Dugong dugon*), penyu laut (*Chelonia mydas*), Bulu babi dan berbagai jenis ikan lainnya. Padang lamun menurut Nybakken (1986), dalam Dahuri, 2003 secara ekologis memiliki beberapa fungsi penting bagi daerah pesisir antara lain :

1. Sumber utama produktivitas primer,
2. Sumber makanan penting bagi organisme;
3. Menstabilkan dasar yang lunak, dengan sistem perakaran yang padat dan saling menyilang;
4. Tempat berlindungnya berbagai organisme;
5. Tempat pertumbuhan bagi beberapa spesies yang menghabiskan masa dewasanya di lingkungan ini, misalnya udang dan ikan baronang;
6. Sebagai peredam arus, sehingga perairan sekitarnya tenang;
7. Sebagai pelindung dari panas matahari yang kuat bagi penghuninya.

Padang lamun merupakan ekosistem yang sangat mandiri dalam siklus nutriennya. Di perairan laut Flores, ditemukan bahwa hanyutan lamun sangat kecil dan tidak pernah dijumpai tumpukan serasah dipantai, sehingga disimpulkan bahwa padang lamun merupakan sistem yang mandiri, dimana materi yang terbawa keluar dari padang lamun tidak lebih dari 10% (Nienhuis *et al.*, 1989 dalam Dahuri, 2003).

Tingkat produksi primer yang tinggi dari padang lamun berhubungan erat dengan potensi perikanan yang tinggi. Padang lamun mendukung berbagai rantai makanan, baik yang didasari oleh rantai herbivore maupun detritivora (Mc. Roy dan Helferich, 1980 dalam Dahuri, 2003).

Penelitian di perairan Sulawesi Selatan menemukan bahwa lebih dari 27 spesies ikan hidup di padang lamun. Sebagian besar spesies ikan tersebut merupakan spesies estuaria dan terumbu karang, dan hanya sebagian kecil merupakan spesies yang mendiami padang lamun. Hal ini menunjukkan bahwa padang lamun merupakan daerah yang penting bagi pertumbuhan.

Lamun juga dapat digunakan sebagai indikator biologis di perairan yang tercemar logam berat. Penelitian di Teluk Jakarta menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cd, Cu, Pb dan Zn pada lamun yang hidup di lingkungan tercemar cenderung lebih tinggi daripada yang tumbuh di lingkungan tidak tercemar.

4.3.2. Pengatur Iklim Global

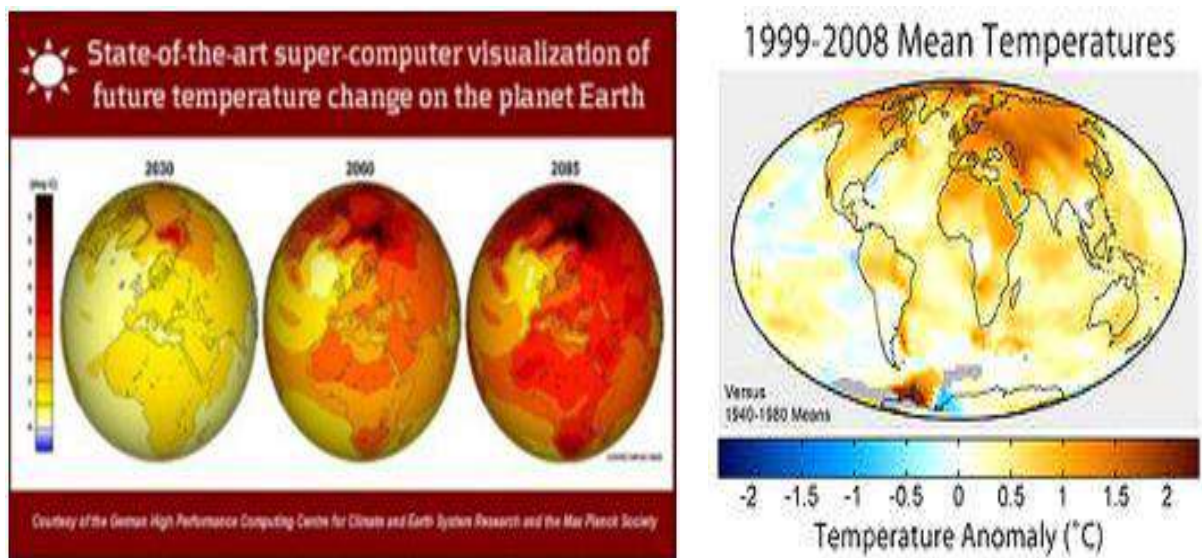
Pemanasan global atau *Global Warming* adalah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan Bumi. Suhu rata-rata global pada permukaan Bumi telah meningkat 0.74 ± 0.18 °C (1.33 ± 0.32 °F) selama seratus tahun terakhir.

Suhu rata-rata udara di permukaan bumi meningkat $0,75^{\circ}\text{C}$ pada abad lalu, tetapi naiknya berlipat ganda dalam 50 tahun terakhir. Badan PBB, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), memproyeksikan bahwa pada tahun 2100 suhu rata-rata dunia cenderung akan meningkat dari $1,8^{\circ}\text{C}$ menjadi 4°C dan skenario terburuk bisa mencapai $6,4^{\circ}\text{C}$ kecuali dunia mengambil tindakan untuk membatasi emisi gas rumah kaca. Sepertinya, angka tersebut memang tidak begitu besar. Akan tetapi, perlu diketahui selama zaman es terakhir sekitar 11.500 tahun yang lalu, suhu rata-rata dunia hanya 5°C lebih rendah daripada suhu udara sekarang, dan saat itu hampir seluruh benua Eropa tertutup lapisan es tebal. Jika tren pemanasan ini terus berlanjut maka 11 tahun terpanas dalam sejarah semuanya terjadi hanya dalam 12 tahun terakhir (Gambar 4.3).

Segala sumber energi yang terdapat di bumi berasal dari matahari. Sebagian besar energi tersebut berbentuk radiasi gelombang pendek, termasuk cahaya tampak. Ketika energi ini tiba permukaan Bumi, ia berubah dari cahaya menjadi panas yang menghangatkan Bumi.

Permukaan bumi, akan menyerap sebagian panas dan memantulkan kembali sisanya. Sebagian dari panas ini berwujud radiasi infra merah gelombang panjang ke angkasa luar. Namun sebagian panas tetap terperangkap di atmosfer bumi akibat menumpuknya jumlah gas rumah kaca, yang antara lain adalah uap air (H_2O), karbon dioksida (CO_2), dan metana (CH_4).

Gas rumah kaca inilah yang menjadi perangkap gelombang radiasi ini. Gas-gas ini menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan bumi dan akibatnya panas tersebut akan tersimpan di permukaan bumi. Akibatnya, suhu di permukaan bumi akan menjadi hangat.



Gambar 4.3. Peningkatan suhu rata-rata di bumi

Efek rumah kaca ini sangat dibutuhkan oleh segala makhluk hidup yang ada di bumi, karena tanpanya, planet ini akan menjadi sangat dingin. Dengan temperatur rata-rata sebesar $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($59\text{ }^{\circ}\text{F}$), bumi sebenarnya telah lebih panas $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($59\text{ }^{\circ}\text{F}$) dari temperatur semula, jika tidak ada efek rumah kaca suhu bumi hanya $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ sehingga es akan menutupi seluruh permukaan Bumi.

Efek rumah kaca ini akan menyebabkan pemanasan global apabila gas-gas rumah kaca tersebut telah berlebihan di atmosfer dan akan mengakibatkan

pemanasan global. Dengan semakin meningkatnya konsentrasi gas-gas ini di atmosfer, semakin banyak panas yang terperangkap di bawahnya.

Setiap gas rumah kaca memiliki efek pemanasan global yang berbeda-beda. Beberapa gas menghasilkan efek pemanasan lebih parah dari CO₂. Sebagai contoh sebuah molekul metana menghasilkan efek pemanasan 23 kali dari molekul CO₂. Molekul NO bahkan menghasilkan efek pemanasan sampai 300 kali dari molekul CO₂.

Gas-gas lain seperti chlorofluorocarbons (CFC) ada yang menghasilkan efek pemanasan hingga ribuan kali dari CO₂. Tetapi untungnya pemakaian CFC telah dilarang di banyak negara karena CFC telah lama dituding sebagai penyebab rusaknya lapisan ozon.

Laporan terbaru dari *Fourth Assessment Report*, yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), suatu badan PBB yang terdiri dari 1.300 ilmuwan dari seluruh dunia, terungkap bahwa 90% aktivitas manusia selama 250 tahun terakhir inilah yang membuat planet kita semakin panas.

Sejak Revolusi Industri, tingkat karbon dioksida beranjak naik mulai dari 280 bpj menjadi 379 bpj (bagian per juta) dalam 150 tahun terakhir. Tidak main-main, peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer Bumi itu tertinggi sejak 650.000 tahun terakhir.

IPCC juga menyimpulkan bahwa 90% gas rumah kaca yang dihasilkan manusia, seperti karbon dioksida, metana, dan nitro oksida, khususnya selama 50 tahun ini, telah secara drastis menaikkan suhu Bumi. Sebelum masa industri, aktivitas manusia tidak banyak mengeluarkan gas rumah kaca, tetapi penambahan penduduk, pembabatan hutan, industri peternakan, dan penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan gas rumah kaca di atmosfer bertambah banyak dan menyumbang pada pemanasan global.

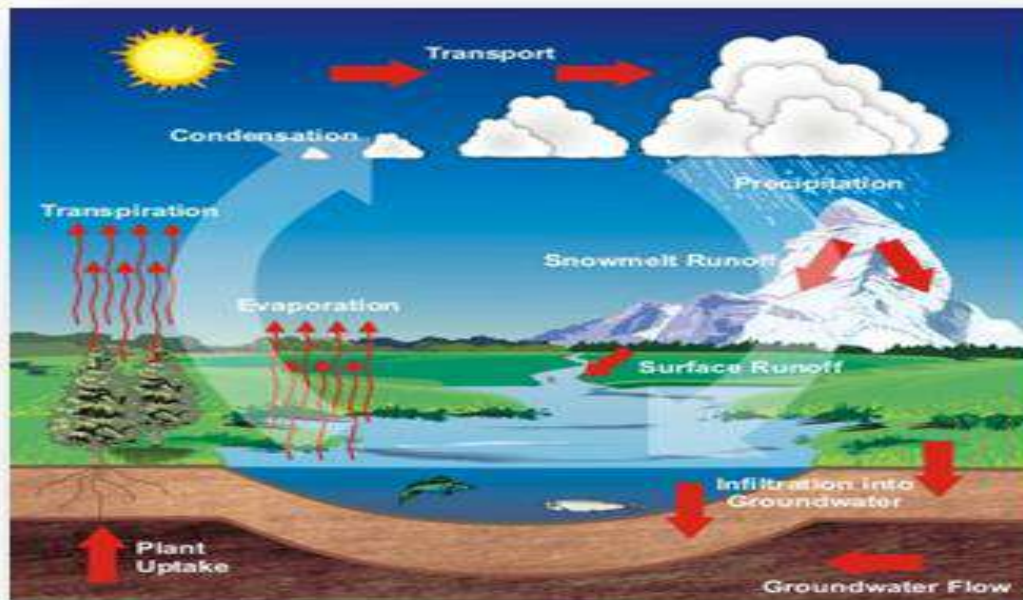
Selain kenaikan permukaan air laut, peningkatan suhu air laut juga akan berdampak pada keanekaragaman hayati di wilayah pesisir dan laut. Secara umum dengan meningkatnya suhu sebesar 1.5-2.5 °C, maka 20-30% species tumbuhan dan hewan terancam.

Ekosistem pesisir dan laut, terumbu karang dan mangrove kini mulai terancam. Akibat El-Nino tahun 1998 saja sekitar 16% karang dunia rusak, antara lain berupa pemutihan (*bleaching*). Kini, Indonesia memiliki 50 ribu km² terumbu karang atau sekitar 18% dari luasan terumbu karang dunia. Namun demikian kerusakan terumbu karang di Indonesia tidak hanya karena faktor iklim, tetapi juga karena pengaruh ulah manusia (antropogenik) baik melalui praktek pengeboman maupun sedimentasi, dan seterusnya.

Berdasarkan Status Lingkungan Hidup Indonesia (2005), dalam Dahuri, 2003 kita memiliki 590 spesies terumbu karang. Dengan terumbu karang seluas 50 ribu km², sekitar 5.83% sangat baik, 25% baik, 36.59% sedang, dan 31.29% rusak.

Tingkat keasaman laut akan meningkat dengan bertambahnya kadar CO₂ di atmosfer. Hal ini akan berdampak negatif pada organisme laut seperti terumbu karang dan organisme-organisme yang hidupnya bergantung kepada terumbu karang. Naiknya suhu perairan menyebabkan terjadinya pemutihan karang seluas 30 persen atau sebanyak 90 sampai 95 persen karang mati di Kepulauan Seribu.

Indonesia berada di sekitar khatulistiwa yang notabene merupakan daerah tropis yang memiliki keanekaragaman flora yang tinggi. Jika terjadi peningkatan suhu maka flora yang tadinya dapat bertahan pada suhu awal akan mati karena suhu tidak optimal lagi untuk bertahan hidup. Selain itu, kekeringan dan kemarau panjang mengakibatkan flora tidak bisa hidup karena tidak dapat mencukupi kebutuhan air untuk pertumbuhannya. Gambar 4.4 memperlihatkan proses umpan balik akibat penguapan air.



Gambar 4.4. Proses umpan balik akibat penguapan air

Wilayah laut dan pesisir sangat berpengaruh terhadap sistem atmosfer dunia. Dalam skala global, jasa ekosistem laut yang sangat penting adalah menjadi pompa bioogis. Istilah tersebut digunakan karena kehidupan yang terdapat di laut dapat mengontrol konsentrasi karbondioksida di atmosfer. Gas tersebut di atmosfer yang kandungannya mencapai 700 miliar ton dipertahankan melalui pertukaran dengan cadangan yang sangat besar di laut, yakni sebesar 35.000 miliar ton.

Kandungan karbondioksida (CO_2) di permukaan lebih kecil dibandingkan di lapisan dasar laut. Gradien vertikal ini terjadi karena kehadiran populasi fitoplankton berupa diatom, *Coccolithophore* dan *Dinoflagellata*. Organisme fitoplankton tersebut mengambil karbondioksida yang terlarut dalam perairan laut untuk proses fotosintesis. Sebaliknya, proses tersebut tidak terjadi di lapisan dasar karena keterbatasan penetrasi cahaya matahari yang masuk ke dalamnya.

Organisme di lapisan permukaan apabila mengalami kematian, maka jaringan organiknya akan tenggelam ke dasar perairan dan mengalami proses dekomposisi. Dari proses tersebut akan dihasilkan karbondioksida yang sewaktu-waktu akan disirkulasi kembali ke lapisan permukaan. Jadi proses fotosintesis dan pembusukan memompa karbon dari permukaan ke laut dalam.

Peningkatan kandungan karbondioksida sebesar 2% akibat pembakaran bahan bakar fosil dan penebangan hutan sebenarnya tidak begitu berpengaruh terhadap komunitas fitoplankton, karena pertumbuhan organism tersebut lebih ditentukan oleh kelangkaan kandungan nutrient (Norse, 1993 *dalam* Dahuri, 2003). Namun yang sangat membahayakan kehidupan biota akuatik tersebut justru adalah radiasi UV-B di permukaan laut.

Fitoplankton apabila mengalami kematian akibat pengaruh radiasi tersebut maka penyerapan karbon secara biologis tidak berlangsung secara efisien. Akibatnya, dalam waktu relatif singkat tingkat kandungan karbondioksida di atmosfer akan meningkat drastis, yaitu 2 sampai 3 kali lipat dari kondisi sekarang. Hal ini disebabkan karena laut dalam akan melakukan resirkulasi karbondioksida ke permukaan yang kemudian lepas ke atmosfer.

Proses pemompaan karbon secara biologis secara tidak langsung dapat mencegah kejadian tersebut. Di daerah yang memiliki *upwelling*, proses pemompaan berlangsung cepat karena ledakan fitoplankton (*blooming*) dapat menyerap karbondioksida yang diresirkulasi dalam jumlah besar dari lapisan dasar perairan.

Komunitas fitoplankton berperan penting dalam menjaga keseimbangan panas bumi melalui pengontrolan perluasan dan ketebalan awan yang melewati lautan. Hal ini merupakan kunci utama dalam menentukan berapa besar radiasi sinar matahari yang dipantulkan kembali dari bumi.

Jenis fitoplankton tertentu, berdasarkan hasil hipotesis mengeluarkan zat yang cepat berubah menjadi gas yang reaktif terhadap sulfur (dimetilsulfida). Pada saat lepas ke atmosfer senyawa tersebut teroksidasi dengan cepat membentuk asam sulfat yang berperan sebagai inti dalam proses kondensasi pembentukan butiran uap air di permukaan laut.

Peran penting ekosistem pesisir dan laut tersebut, dapat bertindak sebagai umpan balik positif terhadap perubahan iklim global, sehingga dampak peningkatan karbondioksida dapat diperkecil. Diperkirakan bahwa kemampuan

biota perairan dalam mengatur iklim global lebih besar bila dibandingkan dengan hutan tropika basah.

4.3.3. Sumber Keindahan dan Pariwisata

Sumber daya hayati pesisir dan lautan seperti populasi ikan hias, terumbu karang, padang lamun, hutan mangrove dan berbagai bentang alam pesisir unik lainnya, membentuk suatu pemandangan alamiah yang begitu menakjubkan. Kondisi tersebut menjadi daya tarik yang sangat besar bagi wisatawan, sehingga pantas bila dijadikan objek wisata bahari.

Potensi utama untuk menunjang kegiatan pariwisata di wilayah pesisir dan laut adalah kawasan terumbu karang; pantai berpasir putih atau bersih; dan lokasi perairan pantai yang baik untuk berselancar (*surfing*), ski air, serta kegiatan rekreasi air lainnya. Objek wisata yang indah ditampilkan dalam Gambar 4.5.

Luas kawasan terumbu karang yang terdapat di Indonesia mencapai 85.000 km². Umumnya perairan kawasan timur Indonesia memiliki terumbu karang yang lebih beraneka ragam. Diperkirakan bahwa ekosistem terumbu karang memiliki keragaman spesies sebanyak 335-362 spesies karang *Scleractinian* dan 263 spesies ikan hias laut.



Gambar 4.5. Objek wisata bahari

Panorama alam bawah laut yang indah bagi para penyelam, atau para wisatawan yang melakukan *snorkeling*, atau melihatnya dari atas kapal yang dasarnya berkaca. Oleh sebab itu, marilah kita menjaga ekosistem pesisir dan laut,

terutama terumbu karang yang dapat dijadikan modal utama dalam pengembangan wisata bahari di Indonesia.

Takabonerate (Sulawesi Selatan) merupakan karang atol nomor tiga terbesar di dunia, yaitu setelah atol Kwajelein (Maldives). Berdasarkan bentuknya, atol Takabonerate memiliki tipe yang sama dengan atol Kwajelein, namun atol Takabonerate memiliki gosong terumbu yang banyak (Tomascik *et al.*, 1997 dalam Dahuri, 2003).

Sebagai atol terbesar di dunia, Takabonerate merupakan warisan nasional yang mempunyai nilai konservasi dan estetika tinggi, hal ini dikaitkan dengan tingginya potensikeragaman hayati yang terkandung di dalamnya; sedangkan nilai estetika yang tinggi berkaitan dengan potensi keindahan alam pesisir dan laut yang dapat dijadikan modal untuk pengembangan wisata bahari.

Kedua nilai tersebut mempunyai keterkaitan yang sangat kuat, sehingga dalam pengembangannya untuk menunjang kegiatan wisata bahari, atol Takabonerate harus dikelola melalui prinsip-prinsip konservasi.

Ekosistem mangrove Indonesia, diketahui ada 202 jenis vegetasi mangrove, 89 jenis pepohonan, 5 jenis tumbuhan paku-pakuan, 19 jenis tumbuhan memanjat (liana), 44 jenis tumbuhan herba dan 44 jenis tumbuhan epifit. Areal mangrove yang luas tidak hanya berperan dalam menyediakan habitat untuk berbagai macam biota, tetapi juga menciptakan keindahan, kenyamanan dan kesegaran lingkungan atmosfer di wilayah pesisir dan laut.

Hutan mangrove dapat dijadikan hutan wisata, yang dapat berfungsi sebagai tempat rekreasi memancing, lintas alam, koleksi flora dan fauna untuk ilmu pengetahuan.

Objek wisata bahari lain yang berpotensi besar adalah wilayah pantai. Umumnya Indonesia memiliki kondisi pantai yang indah dan alami. Di antaranya adalah pantai barat Sumatera, Pulau Simeuleu; Nusa Dua Bali; dan pantai terjal berbatu di selatan pulau Lombok. Wilayah pantai menawarkan jasa dalam bentuk

panorama pantai yang indah; tempat pemandian yang bersih; serta tempat melakukan kegiatan berselancar air (*surfing*) terutama pada pantai yang landai, memiliki ombak yang besar dan berkesinambungan. (Gambar 4.6).



Gambar 4.6. Objek wisata *diving* (menyelam)

Berbagai jenis pariwisata bahari yang tersedia, seperti di Pulau Bali, Kepulauan Seribu, dan Kepulauan Bunaken, akan bernilai tinggi apabila dalam proses pengembangannya memanfaatkan daya tarik dan keunikan dari sumber daya hayati laut setempat. Pada hakekatnya, pengembangan pariwisata bahari merupakan upaya untuk mengembangkan dan memanfaatkan objek dan daya tarik wisata bahari yang terdapat di seluruh wilayah laut nusantara. Beberapa jenis kegiatan wisata bahari yang pada saat ini sudah dikembangkan oleh pemerintah dan swasta di antaranya adalah wisata selam, pemancingan, berenang, selancar, ski air, rekreasi pantai, dan wisata pesiar.

4.3.4. Sumber Inspirasi dan Gagasan

Wilayah pesisir dan lautan merupakan sumber ilmu pengetahuan yang dapat menumbuhkan inspirasi dan gagasan, baik untuk penelitian, pendidikan, maupun pelatihan, dengan tujuan mencapai pemanfaatan yang optimal. Berkaitan dengan seni, laut sering dijadikan sumber inspirasi untuk mewujudkan karya lukisan, syair, puisi, lagu, dan benda-benda seni lainnya.

Melalui karya seni tersebut keindahan laut dan pantai dinyatakan baik secara langsung maupun tidak langsung, yakni melalui perumpamaan-perumpamaan. Sedangkan bagi pengunjung yang lain, laut dapat menambah inspirasi dan gagasan sehingga dapat menimbulkan gairah serta meningkatkan produktivitas kerja. Begitu pula dengan masyarakat pesisir setempat yang telah beradaptasi dengan kondisi lingkungan di pantai, mereka akan memberikan nuansa tersendiri pada nilai-nilai budaya setempat.

Pengembangan ilmu dan teknologi yang bersumber dari laut diarahkan untuk dapat menciptakan alat tangkap yang produktif, efisien, serta memiliki selektivitas yang tinggi dan ramah terhadap lingkungan. Ilmu pengetahuan dan teknologi penangkapan ikan berkembang pesat setelah ditemukannya serat sintesis, alat pendeteksi ikan, mekanisasi penangkapan, dan teknologi pengolahan hasil perikanan.

Teknologi yang dikembangkan dalam bidang budi daya berkaitan dengan budi daya tambak dan keramba apung di perairan pantai. Sedangkan untuk pengembangan industri pascapanen, teknologi yang harus dikembangkan berkaitan dengan industri pengolahan ikan; pengolahan rumput laut; dan pembekuan udang.

4.4. Bioteknologi Kelautan

Wilayah pesisir dan lautan Indonesia, dengan keragaman hayati yang sangat tinggi, berpotensi besar untuk pengembangan bioteknologi. Produk yang dihasilkan dari kegiatan tersebut tidak hanya bermanfaat bagi manusia sebagai makanan, obat-obatan dan kosmetika, tetapi juga aman terhadap lingkungan.

Bioteknologi didefinisikan sebagai pendayagunaan ilmu-ilmu dasar dan rekayasa dalam upaya pemanfaatan substansi biologis secara terkendali dan terarah untuk menghasilkan barang atau jasa yang berguna untuk kehidupan manusia dan lingkungan. Berdasarkan definisi tersebut, bioteknologi bersifat interdisipliner yang berarti menerapkan beberapa ilmu dasar seperti genetika, mikrobiologi, biokimia dan rekayasa dalam mengeksplorasi sumber daya hayati.

Aplikasi bioteknologi digunakan pada industri yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menghasilkan produk seperti makanan, obat-obatan dan kosmetika.

Beberapa jenis organisme seperti bakteri, fungi, alga mikro, virus dan diatom dapat bertindak sebagai produser setelah diisolasi dan kemudian diekstrak untuk pengujian (skrining) terhadap manfaat bahan aktif yang dihasilkannya.

Jenis-jenis organism yang memiliki potensi besar untuk menghasilkan produk yang bermanfaat dapat ditingkatkan lagi kemampuannya melalui rekayasa genetic, seperti mutasi dan teknologi rekombinan. Organisme yang telah diseleksi kemudian dapat dipergunakan sebagai biokatalis dalam pengembangan bioproses.

Proses di bioreaktor, pertumbuhan biokatalis diupayakan seoptimal mungkin melalui pengaturan nutrisi, kondisi fisik dan kimia, serta desain bioreaktor. Dari pengembangan bioproses tersebut dihasilkan produk, baik berupa metabolit primer maupun metabolit sekunder. Dalam industri, produk tersebut perlu diisolasi dan dimurnikan serta ditranslasi menjadi bentuk yang lebih stabil.

Aplikasi bioteknologi di wilayah pesisir dan lautan dapat dikelompokkan menjadi 4 tujuan penggunaan, yaitu untuk (1) menghasilkan produk bahan alami dari laut; (2) pengendalian pencemaran; (3) pengendalian biota penempel dan (4) perbaikan system akuakultur.

4.4.1. Produk Bahan Alami dari Laut

Aplikasi bioteknologi dalam rangka menghasilkan produk bahan alami yang berasal dari laut semakin meningkat dengan adanya kecenderungan kehidupan umat manusia untuk kembali ke alam (*back to nature*). Kecenderungan tersebut berkembang setelah kita sadar bahwa bahan-bahan yang terdapat di alam bila dipergunakan relatif lebih aman bagi kesehatan dibandingkan bahan-bahan sintetis.

Pemikiran tersebut sangat beralasan karena produk yang dihasilkan oleh organisme laut umumnya tidak menimbulkan efek samping dan bersifat terurai secara alamiah (*biodegradable*).

Kekayaan sumber daya hayati pesisir dan laut yang sangat melimpah merupakan sumber bahan baku untuk pengembangan industri pangan, farmasi dan obat-obatan. Beberapa produk seperti karagenan, yang merupakan produk utama jenis alga merah, secara luas digunakan untuk berbagai produk makanan, mulai dari susu, es krim sampai produk industri seperti pasta gigi, cat, kosmetika dan sebagainya (Gambar 4.7). Sedangkan *Agarose* secara luas dipakai dalam teknik elektroforesis dan analisis kromatografi di laboratorium.



Gambar 4.7. Makanan dan obat-obatan dari produk bahan alami laut

Pengembangan industri farmasi dapat dilakukan dengan menggunakan bahan baku yang berasal dari berbagai jenis bioaktif yang terkandung dalam biota perairan laut, seperti insulin yang diekstrak dari ikan paus dan tuna; obat cacing yang dihasilkan dari alga. (Gambar 4.8).



Gambar 4.8. Obat-obatan yang berasal dari bulu babi (landak laut)

Organisme laut juga menghasilkan toksin yang menyebabkan terjadinya keracunan makanan atau keracunan akibat gigitan atau sengatan. Toksin tersebut mempunyai potensi sebagai obat atau bahan bioaktif walaupun kadangkala tidak dapat digunakan secara langsung sebagai obat (Tabel 4.6). Dalam hal ini, toksin dapat digunakan sebagai model sintesis suatu obat atau untuk menyempurnakan kerja obat lainnya.

Obat-obatan asal laut telah banyak digunakan sebagai antibiotika, antikanker, analgetik, antihemolitik, antispasmodik, bahan antihipotensi dan hipertensi, obat perangsang atau penghambat pertumbuhan.

Tabel 4.6. Dosis letal (LD₅₀) Saxitoksin dalam berbagai hewan

Hewan	LD ₅₀ (mikrogram/kg)
Burung dara	91
Marmut	135
Kelinci	181
Anjing	181
Kucing	192
Tikus besar (<i>rat</i>)	254
Tikus kecil (<i>mouse</i>)	382
Kera	364 - 727

Sumber : Scheuer (1994)

Saxitoksin adalah racun yang dihasilkan dari jenis kerang *Saxidomus giganteus*, bersifat unik, karena ia hanya melakukan hambatan secara selektif pada pemasukan ion natrium melalui membrane yang dapat tereksitasi, secara efektif bersifat mengkonduksi system saraf pusat (SSP).

Dosis letal yang pasti pada manusia belum diketahui. Suatu laporan menyatakan bahwa pemasukan 1 mg saxitoksin akan cukup untuk membunuh seorang pria. (Tennant *et al.*, 1955 dalam Scheuer, 1994) yang tidak mempunyai kebiasaan mengkonsumsi kerang-kerangan.

Hewan coba yang disuntikkan beberapa dosis saxitoksin sangat bergantung pada bobot tubuhnya. Letalitas menunjukkan variasi yang luas. LD₅₀ dari saxitoksin yang diinjeksikan secara intraperitoneal kira-kira adalah 10 mikrogram/kg pada mencit yang beratnya 20 gram. Hewan-hewan lain yang lebih besar menunjukkan toleransi yang besar pula.

Saxitoksin juga toksik terhadap hewan berdarah dingin meskipun nampaknya mereka lebih resisten daripada hewan berdarah panas. Jenis kerang-kerangan nampaknya hanya sedikit yang terpengaruh oleh toksin tersebut.

Spesies yang kurang peka terhadap saxitoksin antara lain remis (*Mytilus californianus*), remis laut (*Placopecten magellanicus*), ketam mentega (*Saxidomus nuttalli*), dan ketam berkulit lunak (*Mya orenaria*).

Ikan tidak terpengaruh oleh toksin tersebut, tapi bila disuntikkan akan hilang keseimbangan, eksitasi, kemudian akan mati. Ikan kili (*Fondulus heteroklitus*) akan kehilangan kemampuannya untuk merubah warna tubuhnya sebagai adaptasi pada lingkungan melalui saraf simpatik pengumpul melanin. Ketidakmampuan ini bertempat pada bagian tubuh yang diinjeksi, hal ini ditunjukkan oleh susunan saraf pusat yang menjadi paralisis.

Perkembangan industr farmasi dan kosmetika di berbagai Negara yang menggunakan bahan bioaktif dari pesisir dan laut telah berhasil dengan baik, misalnya industry pembuatan tulang dan gigi palsu yang terbuat dari karang. Sementara itu, Madagaskar telah berhasil mengekstrak zat bioaktif dari salah satu spesies biota terumbu karang untuk industry obat antikanker.

Rumput laut yang mengandung karagenan, agar dan alginat bermanfaat untuk industry pangan, farmasi, dan kosmetika. Karagenan merupakan bahan kimia yang dapat diperoleh dari berbagai jenis alga merah seperti *Gelidium*, *Gracilaria*, dan *Hypnea*, sedangkan alginat banyak digunakan dalam industri kosmetika sebagai bahan pembuat sabun, krim, *lotion*, dan *shampoo*. Alginat juga dimanfaatkan dalam industri farmasi untuk membuat *emulsifier*, *stabilizer*, tablet, salep, kapsul dan filter (Artama, I.M, 2009).

Agar-agar digunakan dalam industri farmasi dan di bidang mikrobiologi untuk kultur bakteri, dan di bidang industry kosmetika dipergunakan untuk pembuatan bahan dasar salep, krim, sabun dan lotion (Tabel 4.7).

Tabel 4.7. Kandungan agar dan karagenan beberapa alga

Spesies	Karagenan (%)	Agar (%)
<i>Eucheuma spinosum (Bali)</i>	65,75	-
<i>Eucheuma spinosum (Sulawesi)</i>	67,51	-
<i>Eucheuma cottonii (Bali)</i>	61,25	-
<i>Gracillaria (Bali)</i>	-	47,34

Sumber : Angka dan Suhartono (2000) dalam Dahuri, 2003

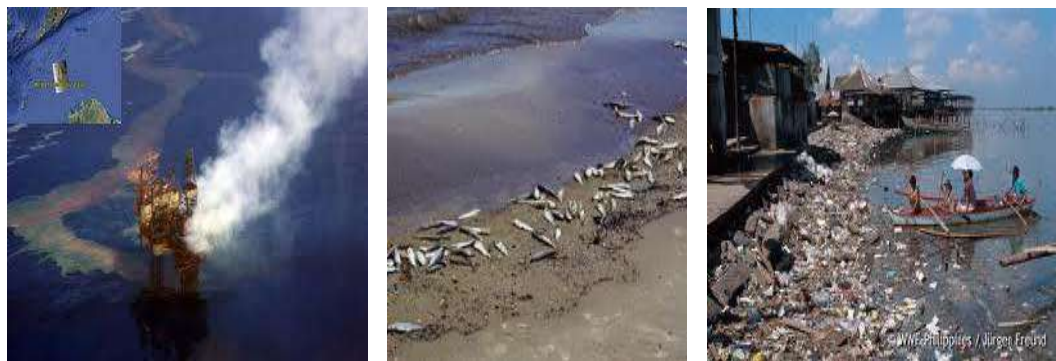
Beberapa jenis alga mikro memiliki potensi untuk menghasilkan bahan aktif tertentu untuk keperluan industri. Sebagai contoh, *Spirulina* yang

mengandung fikosianin di dalam selnya dapat menghasilkan zat pigmen berwarna biru, sedangkan *Porphyridium cruentum* yang memiliki fikoeritrin berpotensi menghasilkan pigmen warna merah (Ramadhani. R.P, 2013), jenis pigmen ini diperkirakan memiliki potensi pasar yang besar karena pewarna alami tersebut dapat dipergunakan dalam industri makanan dan kosmetika.

Porphyridium cruentum selain berpotensi sebagai antibakteri, juga dapat menghasilkan polisakarida dan asam lemak omega-3 (Ramadhani. R.P, 2013). Industri farmasi dan kosmetika akan terus berkembang seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga akan tercapai tingkat pemanfaatan sumber daya alam pesisir dan laut yang optimal.

4.4.2. Pengendalian Pencemaran

Keanekaragaman sumber daya alam pesisir dan laut juga berguna sebagai biokatalis yang dapat menetralkan limbah yang masuk ke perairan, seperti limbah minyak, limbah logam berat yang berasal industri dan pabrik, serta limbah rumah tangga (Gambar 4.9). Beberapa jenis biota perairan seperti rumput laut, lamun, moluska, dan berbagai mikroorganisme lainnya mempunyai kemampuan untuk menyerap logam berat dan jenis polutan lainnya di perairan.



Gambar 4.9. Pencemaran wilayah laut dan pesisir

Wardani, MD (2012) menyatakan dalam penelitiannya bahwa salah satu bahan alam yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat jenis Pb dan Cd pada udang putih (*Penaeus merguensis*) sehingga aman untuk

dikonsumsi adalah perendaman selama 60 menit dengan perasan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) (Gambar 4.10).



Gambar 4.10. Tanaman dan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.)

Pengembangan teknik bioremediasi melalui pemanfaatan organisme laut merupakan solusi yang aman. Tingkat keberhasilan penerapan teknologi tersebut sangat tergantung pada kemampuan memahami pengaruh perubahan kondisi lingkungan laut terhadap proses degradasi yang terjadi.

Media tumbuh untuk mikroorganisme pengurai komponen minyak bumi adalah salah satu contoh dari kasus di atas. Sebagaimana diketahui, kerja mikroorganisme pengurai minyak bumi tidak hanya memerlukan oksigen tapi juga nutrient seperti, nitrogen fosfat dan elemen lainnya. Karena senyawa-senyawa tersebut tidak cukup tersedia di dalam minyak mentah (*crude oil*) dan petroleum (Rosenberg *et al.*, 1993 dalam Dahuri, 2003), maka untuk menjaga kelangsungan hidup bakteri pengurai, minyak tersebut harus diberikan nutrient tertentu. Nutrien tersebut dikembangkan oleh perusahaan *Showa-shell-Petrol* melalui aktivitas bioteknologi yang kemudian mendapat hak paten di Jepang.

Biosurfaktan yang dihasilkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan polutan minyak di daerah pesisir dan untuk *recovery* minyak mentah. Mikroalga juga dapat digunakan dalam system pengolahan limbah. Selain dapat dipergunakan untuk menyerap nutrient (N dan P) di dalam air limbah, organisme tersebut dapat dipergunakan pada proses pembersihan terhadap limbah cair industri kimia petroleum dan pabrik serat kimia (Shang Hao Li, 1988 dalam Dahuri, 2003).

Halim (2001) dalam Dahuri, 2003 menyatakan bahwa *Porphyridium cruentum* dapat dipergunakan untuk menyerap senyawa polutan nitrogen (amoniak dan nitrat) yang terkandung dalam limbah cair industri pupuk urea. Alternatif ini berpeluang besar untuk diterapkan pada industri-industri pupuk yang berada di wilayah pesisir.

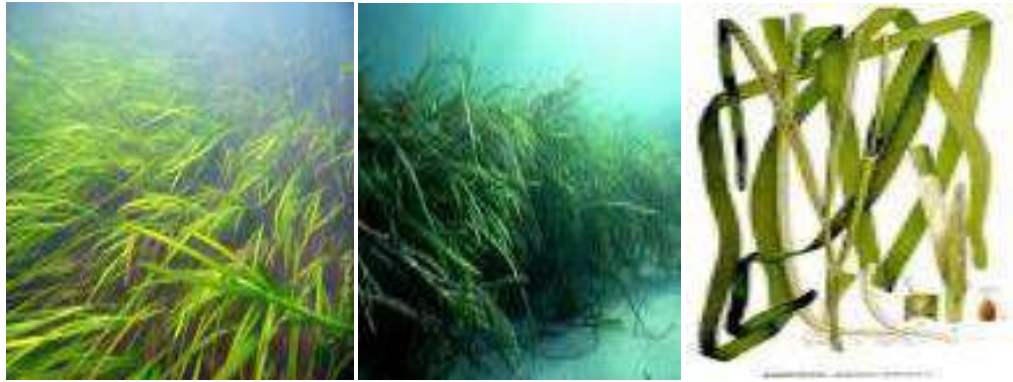
4.4.3. Pengendalian Biota Penempel

Penempelan jasad renik akuatik pada sarana transportasi (kapal, perahu) dan bangunan yang beroperasi di daerah pesisir dan lautan dapat menghambat kegiatan operasi. Pada akhirnya, hal ini akan menimbulkan kerusakan. Usaha-usaha untuk mencari solusi yang diakibatkan oleh biota penempel telah banyak dilakukan. Salah satu alternatifnya adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan bioaktif yang tersedia secara alami.

Di Indonesia, penelitian tentang penanggulangan masalah biota penempel masih sangat jarang, namun di beberapa negara maju, usaha ke arah sana telah banyak dilakukan. Sebagai contoh, dengan memanfaatkan bahan aktif jenis rumput laut *Ulva fasciata* kelas alga hijau (Gambar 4.11) dan lamun spesies *Zostera marina* (Gambar 4.12) untuk menghambat pertumbuhan atau membasmi bakteri, spora alga dan cacing laut yang akan menempel (Grog dalam Linawati, 1998). Usaha penanggulangan biota penempel dengan menggunakan bioaktif yang berasal dari alam mungkin lebih efisien dan ramah terhadap lingkungan.



Gambar 4.11. Spesies alga hijau *Ulva fasciata*



Gambar 4.12. Spesies alga hijau *Zostera marina*

4.4.4. Industri Akuakultur

Usaha akuakultur dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu budidaya perikanan berbasis daratan dan berbasis lautan. Berdasarkan system produksinya, budi daya dibedakan menjadi budi daya tradisional, budi daya semi intensif dan budi daya intensif.

Kegiatan akuakultur di darat yang telah lama dilakukan oleh masyarakat Indonesia adalah pertambakan untuk budi daya biota laut seperti ikan bandeng, ikan belanak, ikan kakap putih, udang, kepiting bakau, dan teripang (Gambar 4.13).



Gambar 4.13. Kegiatan akuakultur biota laut di darat

Potensi lahan untuk kegiatan budi daya di laut antara lain ikan kerapu, ikan baronang, kakap putih, teripang, kerang-kerangan dan rumput laut. Pengembangan marikultur sangat berpotensi untuk meningkatkan devisa negara dan kesejahteraan rakyat, apalagi bila dikaitkan dengan kecenderungan produksi perikanan tangkap dunia yang terus menurun dari tahun ke tahun, sementara permintaan akan produk perikanan cenderung meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dunia dan pergeseran pola konsumsi manusia dari “*red meat*” (daging sapi, daging kambing) ke “*white meat*” (ayam, ikan, *seafood*).

Peningkatan tersebut erat kaitannya dengan terjadinya peningkatan jumlah penduduk dan kualitas hidup rakyat Indonesia dan dunia. Untuk keperluan domestic, tingkat konsumsi ikan penduduk Indonesia pada tahun 1996 telah mencapai 20,18 kg per kapita per tahun, yaitu mengalami peningkatan sebesar 4,5% per tahun.

Salah satu untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan perbaikan terhadap sistem budi daya perikanan yang diterapkan selama ini, yaitu

melalui penerapan rekayasa genetika. Melalui aplikasi bioteknologi, diharapkan produktivitas tambak atau lahan dapat ditingkatkan, sehingga kebutuhan domestik maupun dunia terhadap komoditi ikan dapat terpenuhi dengan baik.

Aplikasi rekayasa genetika dalam produksi pangan maupun pakan memiliki prospek masa depan yang menggembirakan, walaupun di Indonesia upaya ini masih tergolong dini. Keberhasilan dalam budi daya berbagai jenis invertebrata dengan manipulasi genetik berguna untuk mendapatkan populasi invertebrata secara cepat dan efisien.

Penggunaan teknologi industri pangan perikanan yang telah memenuhi standar mutu internasional, menjadikan produk perikanan akan memiliki kualitas yang lebih baik dan tahan lama, dan bila dikemas dengan teknik yang menarik akan menjadi produk ekspor andalan.

Kegiatan industri akuakultur (Gambar 4.14), memiliki prospek ekonomi yang sangat baik, namun kendala yang dihadapi juga cukup kompleks dan menantang, terutama menyangkut faktor pengadaan benih yang hingga saat ini masih bergantung pada ketersediaan di alam. Apabila tidak diatasi dengan baik, hal tersebut akan mengancam keragaman dan kelestarian organisme laut.



Gambar 4.14. Kegiatan akuakultur

Keberlanjutan industri akuakultur juga seringkali terancam oleh pencemaran dan berbagai sektor kegiatan ekonomi (industri, pertanian, rumah tangga, dan lain-lain), maupun dari sisa pakan dan obat-obatan yang berasal dari kegiatan akuakultur itu sendiri. Dalam kondisi lingkungan yang tercemar semacam itu, dan akibat praktek budi daya perikanan yang kurang atau tidak

mengindahkan prinsip-prinsip ekologis, seperti tata ruang yang seimbang antara kawasan budi daya dan kawasan lindung (jalur hijau, sempadan pantai, inlet, dan outlet pengairan tambak yang terpisah), padat penebaran, dan lain-lain, sering kali timbul ledakan wabah penyakit udang atau ikan yang dipelihara, dan akhirnya menggagalkan panen.

Oleh sebab itu, selain penerapan lima komponen teknologi dan manajemen akuakultur (perbenihan/akuakultur, nutrisi, hama dan penyakit, kualitas air, dan teknik perkolaman), secara prima kelestarian industri akuakultur juga mensyaratkan pengelolaan lingkungan secara tepat dan proporsional.

4.5. Rangkuman

1. Produk dari laut berguna sebagai sumber bahan baku pangan (ikan salmon, rumput laut, dan mikroalga), bahan baku industri farmasi dan kosmetika (mikroalga, ikan paus), dan sumber plasma nutfah.
2. Lingkungan laut berjasa dalam hal pengatur ekologis, pengatur iklim global, sumber keindahan dan pariwisata, sumber inspirasi dan gagasan.
3. Bioteknologi kelautan sangat bermanfaat bagi manusia sebagai sumber makanan, obat-obatan dan kosmetika. Aplikasinya memanfaatkan beberapa jenis mikroorganisme seperti bakteri, fungi, alga mikro, virus dan diatom yang bertindak sebagai produser setelah diisolasi, kemudian diekstrak untuk pengujian terhadap manfaat bahan aktif yang dihasilkannya.
4. Beberapa jenis biota laut seperti rumput laut, lamun, moluska dan beberapa mikroorganisme lainnya mempunyai kemampuan untuk menyerap logam berat dan jenis polutan lainnya di perairan.
5. Kegiatan akuakultur di darat antara lain membuat budidaya tambak ikan bandeng, ikan belanak, ikankakap putih, udang, kepiting bakau dan teripang, yang memiliki prospek ekonomi sangat baik.

4.6. Latihan Soal :

1. Jelaskan sumber keragaman hayati laut yang dapat dijadikan bahan baku industri farmasi dan kosmetika
2. Apa yang dimaksud dengan iklim global (*global warming*) ?
3. Bagaimana cara kita mengatasi pencemaran ekosistem pesisir dan laut ?
4. Apa yang dimaksud dengan plasma nutfah, berikan contohnya.
5. Sebutkan beberapa manfaat produk dari lautan.
6. Sebutkan jasa-jasa dari lingkungan laut.
7. Apa yang dimaksud dengan bioteknologi kelautan ? dan jelaskan aplikasinya.
8. Sebutkan beberapa jenis biota laut yang dapat digunakan indicator pencemaran laut/perairan, dan bagaimana cara kita mengendalikan pencemaran tersebut ?

BAB V

MENGAPA LAUT KITA RUSAK ?

5.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan faktor-faktor yang dapat merusak keanekaragaman hayati laut.
2. Menyebutkan ancaman utama dari kerusakan keanekaragaman hayati laut
3. Mengklasifikasi sebab-sebab pencemaran di wilayah pesisir dan laut
4. Merangkum peran keanekaragaman hayati laut dalam kehidupan

Beberapa bentuk ancaman yang sangat serius terhadap sektor perikanan dan kelautan berkaitan erat dengan tangkap lebih, pencemaran, dan degradasi habitat utama di ekosistem wilayah pesisir dan lautan.

Tingkat kerusakan habitat utama ekosistem wilayah pesisir dan laut di beberapa tempat telah menunjukkan kondisi yang membahayakan, karena sudah melewati daya dukung lingkungan. Sementara itu, masyarakat nelayan yang tergolong miskin terpaksa mengeksploitasi sumber daya pesisir dan laut dengan cara yang kurang bijaksana, seperti menggunakan alat tangkap yang tidak selektif, dinamit (bahan peledak), dan racun.

Pencemaran yang terjadi di lingkungan pesisir dan laut bila ditinjau dari sumber penyebabnya berasal dari daratan dan atau dari aktivitas di laut (Gambar 5.1). Beberapa jenis kegiatan yang berpotensi menghasilkan bahan pencemar lingkungan pesisir dan laut di antaranya adalah pertambangan, perhotelan, pemukiman, pertanian, akuakultur, pelabuhan, dan industri.



Gambar 5.1. Pencemaran di wilayah laut dan pesisir

Jenis-jenis polutan yang dihasilkan dapat berupa limbah minyak, limbah panas, limbah organik, limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya), bahkan limbah nuklir. Sedangkan bahan sedimen terutama berasal dari daerah lahan atas. Peningkatan bahan sedimen yang masuk ke daerah pesisir berkaitan erat dengan kegiatan penebangan hutan dan praktek pertanian yang tidak mengindahkan asas konservasi di lahan atas. Akibatnya, pada musim hujan terjadi erosi sehingga bahan sedimen masuk ke perairan pesisir melalui aliran permukaan (*surface runoff*).

Perairan Indonesia dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) memiliki nilai strategis, namun batas-batas nasional tersebut belum dijaga dengan baik karena keterbatasan sistem MCS (*Monitoring, Controlling, Surveillance*). Akibatnya, timbul ancaman yang tidak kalah merugikan, yakni pencurian sumber daya ikan di perairan laut lepas Indonesia oleh nelayan asing. Selain itu, banyak juga kegiatan tidak sah terjadi di perairan laut Indonesia, seperti pembuangan sampah yang membahayakan, pelanggaran daerah penangkapan ikan, dan penyelundupan berbagai produk dari luar negeri ke wilayah Indonesia atau sebaliknya.

5.2. Ancaman Utama

Beberapa faktor utama yang mengancam kelestarian sumber daya keanekaragaman hayati pesisir dan lautan adalah :

1. Pemanfaatan berlebih sumber daya hayati;
2. Penggunaan teknik dan peralatan penangkap ikan yang merusak lingkungan;

3. Perubahan dan degradasi fisik habitat;
4. Pencemaran;
5. Introduksi spesies asing;
6. Konversi kawasan lindung menjadi bangunan;
7. Perubahan iklim global dan bencana alam.

5.2.1. Overeksploitasi

Salah satu sumber daya laut yang telah dieksploitasi secara berlebihan adalah sumber daya perikanan. Meskipun secara agregat, sumber daya perikanan laut baru dimanfaatkan 63,49% dari total potensi lestariannya, namun di wilayah pesisir yang berpenduduk padat dan memiliki banyak industri, kondisi stok di perairannya telah mengalami penangkapan berlebih (*overfishing*).

Perairan Selat Malaka, pantai utara pulau Jawa, Selat Bali dan Sulawesi Selatan adalah contoh dari kejadian di atas. Di samping disebabkan oleh tingkat penangkapan yang melampaui batas, sumber daya perikanan juga mendapat tekanan yang bersumber dari pencemaran dan degradasi habitat fisik, seperti kerusakan hutan mangrove, padang lamun, estuaria, dan terumbu karang.

Habitat utama di perairan pesisir dan laut tersebut berfungsi sebagai tempat pemijahan, pertumbuhan dan mencari makan bagi sebagian besar biota laut yang hidup di perairan pantai.

Di masa yang akan datang, tingkat usaha pemanfaatan sumber daya ikan diperkirakan akan naik seiring meningkatnya permintaan akibat pertambahan jumlah penduduk, tingkat konsumsi ikan per kapita, dan keperluan ekspor.

Pengelolaan sumber daya perikanan tangkap, permasalahan utama terletak pada tidak tersedianya mekanisme dan system pemantauan serta pendataan yang akurat. Hal ini menyebabkan penangkapan ikan di perairan Indonesia sulit dikelola secara tepat.

Di beberapa perairan pesisir dan laut, seperti Selat Malaka, Selat Bali, dan pantai Utara Jawa telah terjadi tangkap lebih sejak awal tahun 1980. Hal ini disebabkan oleh distribusi aktivitas penangkapan yang cenderung terkonsentrasi di

daerah pantai, terutama oleh nelayan tradisional. Di samping itu, harga udang yang sangat tinggi di pasaran Internasional menyebabkan nelayan terangsang untuk memenuhi permintaan pasar luar negeri, sehingga kecepatan eksploitasi udang paneid menjadi sangat tinggi, yaitu mencapai lebih 60% dari tingkat SMY (*Maximum Sustainable Yield*).

Lokasi penangkapan ikan tidak hanya terbatas pada beberapa lokasi yang disebutkan di atas, melainkan juga meliputi perairan Kalimantan Selatan, Barat, dan Timur, Pantai Timur Sumatera, Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Barat dan Laut Arafura.

Hal yang perlu disadari adalah bahwa sumber daya perikanan laut akan mengalami eksploitasi yang berlebihan apabila dimanfaatkan secara tidak efisien, dan akhirnya stok akan habis atau ada spesies yang hilang. Kejadian tersebut sudah dialami oleh ikan terubuk (*Clupea toli*) yang dulu terdapat di perairan pantai timur Sumatera dan ikan terbang (*Cypselurus spp*) di perairan pantai Selatan Sulawesi (Gambar 5.2).



Ikan terubuk (*Clupea toli*)



Ikan terbang (*Cypselurus spp*)

Gambar 5.2. Spesies ikan yang kini sudah punah

Begitu pula halnya dengan sumber daya ikan karang di perairan Indonesia, yang di sebagian besar lokasi, tingkat pemanfaatan lestarnya telah terlampaui (Muchsin *et al.*, 1995 dalam Dahuri, 2003). Tingkat pemanfaatan tertinggi terjadi

di perairan Sulawesi Selatan, diikuti pesisir Kalimantan Timur, pesisir Barat Sumatera, dan Selat Malaka.

Tingkat upaya pemanfaatan berlebih sumber daya pesisir dan lautan, bukan saja terjadi pada sumber daya ikan tetapi juga pada sumber daya hutan mangrove, terumbu karang, dan padang lamun. Kayu dan hutan mangrove dimanfaatkan oleh penduduk untuk berbagai keperluan, seperti kayu bakar, bahan bangunan, dan pembuatan arang. Selain itu banyak areal mangrove yang telah dikonversi menjadi lahan tambak, pemukiman, pelabuhan, dan industri.

5.2.2. teknik Penangkapan Ikan yang Merusak Lingkungan

A. Alat Pengumpul Ikan

Alat pengumpul ikan (*Fish Aggregating Devices* : FAD) digunakan untuk mengumpulkan ikan di daerah lepas pantai, sehingga usaha penangkapan akan menjadi lebih efektif (Gambar 5.3). Alat tersebut mampu mengumpulkan spesies ikan pelagis yang berenang secara bergerombol di perairan dalam dan tidak berhubungan dengan karang atau daerah dasar yang dangkal.

Alat pengumpul ikan tersebut bervariasi, dan pada umumnya material yang digunakan berasal dari bambu, daun palem, kayu, cabang pohon, dan sebagainya. Pada saat kelompok ikan pelagis target muncul (ikan tuna, cakalang dan tenggiri), alat tersebut diletakkan pada kedalaman 200 meter. Lokasi yang biasa digunakan untuk menempatkan alat tersebut adalah alur migrasi ikan. Jumlah dan spesies ikan yang tertarik tergantung struktur, jarak, dari lepas pantai., dan kedalaman air. Dalam hal ini, struktur tiga dimensi lebih efektif daripada struktur dua dimensi.

Struktur alat yang lebih besar biasanya akan menarik lebih banyak ikan ketimbang struktur yang kecil. Karena alat ini sangat efektif untuk mengumpulkan berbagai jenis ikan, jumlah yang ditempatkan di perairan harus dibatasi dan metode penangkapan harus bersifat selektif (misalnya, ukuran mata jarring tertentu) agar proses tangkap lebih dapat dihindari.

Penggunaan alat yang berlebihan akan berdampak pada daerah pemijahan, karena ikan-ikan yang sedang menyelesaikan siklus hidupnya turut tertangkap sebelum sampai ke tempat pemijahan.



Gambar 5.3. Alat pengumpul ikan FAD

B. Bahan Peledak, Bahan Beracun dan Pukat Harimau

Penggunaan bahan peledak, bahan beracun (sodium dan potassium sianida) dan pukat harimau dapat memusnahkan organisme dan merusak lingkungan. Penggunaan bahan peledak dalam penangkapan ikan karang menimbulkan efek samping yang sangat besar. Selain rusaknya terumbu karang yang ada di sekitar lokasi peledakan, hal itu juga dapat menyebabkan kematian organisme lain yang bukan merupakan target.

Penggunaan bahan peledak (bom) dan bahan beracun berpotensi menimbulkan kerusakan yang luas terhadap ekosistem terumbu karang. Menurut Ikawati *et al.* (2001) dalam Dahuri, 2003 pengeboman yang menggunakan bahan karbit seberat 0,5 kg biasanya dilakukan pada daerah terumbu karang yang memiliki kedalaman lebih dari 15 meter. Pengaruh ledakan bom pada radius 3 meter dapat menghancurkan terumbu karang, sedangkan pada radius yang lebih besar dapat menyebabkan patahnya cabang-cabang jenis karang *Acropora*. Selanjutnya, pecahan karang lambat laun akan ditutupi oleh algae (*Cladophora spp*), sehingga rekolonisasinya akan berjalan lambat, sebab kehadiran algae mengganggu proses penempelan *planula* (larva karang batu) pada pecahan karang.

Ekosistem terumbu karang yang rusak akibat bahan peledak biasanya didominasi oleh karang dari marga fungia dan bulu babi (*Diadema spp*).



Gambar 5.4. Pengeboman ikan dapat merusak biota laut lainnya

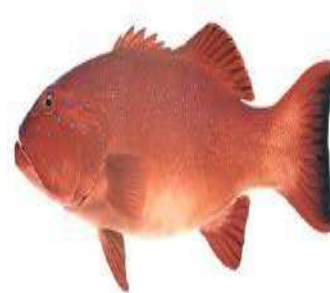
Bahan beracun yang sering digunakan, seperti sodium atau potassium sianida, dapat menyebabkan kepunahan jenis-jenis ikan karang yang diracun, seperti ikan hias, ikan kerapu (*Epinephelus spp*), ikan napoleon (*Chelinus spp*), dan ikan sunu (*Plectropoma spp*). Racun tersebut dapat menyebabkan ikan “mabuk” dan kemudian mati lemas. Sedangkan residunya dapat menimbulkan stress bagi kehidupan terumbu karang, yang ditandai dengan keluarnya lendir.



Ikan kerapu



Ikan napoleon



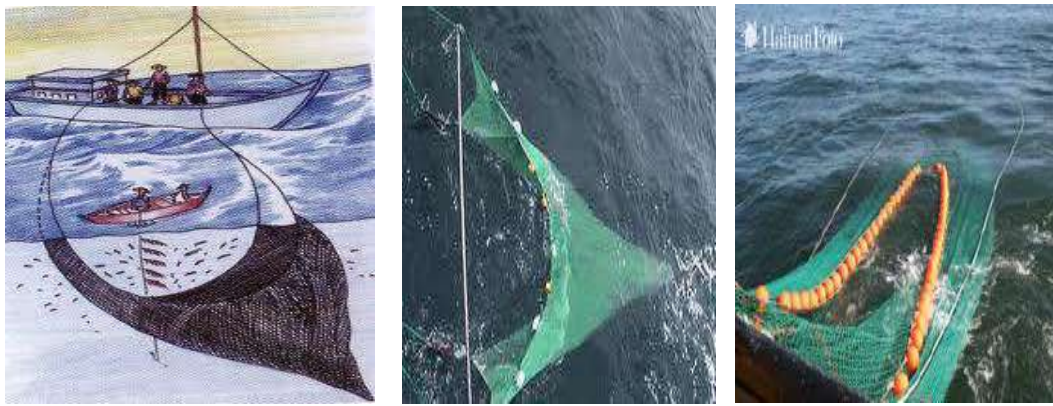
Ikan sunu

Gambar 5.5. Ikan-ikan yang hampir punah

Pukat harimau merupakan salah satu alat penangkap ikan yang sudah dilarang di wilayah perairan Indonesia. Kepunahan sumber daya perikanan di

Bagan Siapi-api merupakan satu contoh kasus akibat penggunaan alat tangkap yang tidak memperhatikan kelestarian sumber daya.

Walaupun pukat harimau telah dilarang penggunaannya karena dapat merusak ekosistem perairan, namun pada kenyataannya masih banyak nelayan yang menggunakan alat tersebut. Di samping tidak selektif, alat penangkap pukat harimau juga dapat merusak dasar laut. Apabila pengoperasiannya dilakukan secara intensif, maka tingkat kerusakan habitat dasar kadangkala melebihi tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh badai gelombang.



Gambar 5.6. Pukat harimau yang kini sudah dilarang penggunaannya

Masalah lain sehubungan dengan teknik penangkapan ikan yang menyebabkan terganggunya kelestarian sumber daya hayati pesisir dan laut adalah pelanggaran terhadap peraturan mengenai waktu, ukuran, dan jenis ikan yang ditangkap. Penangkapan ikan pada waktu dan ukuran yang tidak tepat akan menghambat proses regenerasi sumber daya ikan tersebut.

5.1.3. Pencemaran

Pencemaran laut didefinisikan sebagai dampak negatif bagi kehidupan biota, sumber daya, kenyamanan ekonomi laut, serta kesehatan manusia, dan nilai guna lainnya dari ekosistem laut, baik disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh pembuangan bahan-bahan atau limbah ke dalam laut yang berasal dari kegiatan manusia.

Sebagian besar bahan pencemar yang ditemukan di laut berasal dari kegiatan manusia di daratan. Pada umumnya bahan pencemar tersebut berasal dari berbagai kegiatan industri, pertanian, dan rumah tangga. Sumber pencemaran dapat dikelompokkan menjadi tujuh kelas, yaitu :

1. Industri;
2. Limbah cair pemukiman;
3. Limbah cair perkotaan
4. Pertambangan;
5. Pelayaran;
6. Pertanian;
7. Perikanan budi daya.

Jenis-jenis bahan pencemar utamanya terdiri dari sedimen, unsure hara, logam beracun, pestisida, organism eksotik, organisme pathogen, dan bahan-bahan yang menyebabkan oksigen terlarut dalam air berkurang.

Secara fisik wilayah pesisir dan laut saling berhubungan dengan ekosistem lainnya (sungai, estuaria, dan daratan), bahan pencemar cenderung terakumulasi di wilayah pesisir dan lautan. Misalnya, kegiatan pengolahan lahan pertanian dan kehutanan yang buruk, tidak saja merusak ekosistem sungai tetapi juga akan menimbulkan dampak yang negative pada perairan pesisir dan lautan.

Kasus penurunan produktivitas perikanan dan penyempitan laguna di Segara Anak yang diakibatkan oleh kerusakan lahan atas oleh aktivitas manusia di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS).

Pencemaran di daerah pesisir dan laut juga dapat terjadi akibat frekuensi lalu lintas transportasi yang sangat tinggi. Sebagai contoh, perairan Selat Malaka merupakan alur penting untuk transportasi minyak dari Timur Tengah ke Jepang dan Asia Timur. Hal ini dapat menjadi ancaman serius bagi ekosistem utama (mangrove, lamun, terumbu karang) jika terjadi tabrakan tanker yang menyebabkan tumpahan minyak.

Pencemaran logam berat merupakan salah satu masalah yang sering terjadi di perairan pesisir Indonesia. Bahan pencemar logam berat di daerah pesisir terutama berkaitan dengan kegiatan industry, transportasi, pertambangan, dan pertanian yang berlangsung di daerah hulu. Konsentrasi logam berat pada sedimen perairan pantai di kota-kota besar di Indonesia telah jauh melampaui kondisi alaminya (Arifin, 2001 *dalam* Dahuri, 2003).

Konsentrasi timah hitam (Pb) dan cadmium (Cd) menunjukkan kecenderungan yang tinggi pada sedimen perairan di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Semarang, dan Pekanbaru, sedangkan di kawasan timur Indonesia (Ambon dan Manado) relatif rendah.

Selain pencemaran logam berat, pencemaran akibat limbah organik juga sering terjadi. Penelitian Thayyib dan Razak (1988) *dalam* Dahuri, 2003 di Teluk Jakarta menunjukkan bahwa kandungan bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus sp*, sudah sangat tinggi, yaitu mencapai kepadatan masing-masing sebesar 122.000 koloni per 100 ml dan 15.000 koloni per 100 ml.

Propinsi Jawa Barat memiliki areal persawahan paling luas, tingkat pemakaian pupuk tergolong paling tinggi. Beberapa provinsi yang memiliki muatan limbah tinggi dari kegiatan pertanian adalah Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Sumatera Barat, Lampung dan NTB.

Berbagai jenis limbah yang tersebut di atas, bila masuk dalam jumlah yang berlebihan ke perairan pesisir dan laut dapat menimbulkan pencemaran. Dampak negative pencemaran laut tidak hanya mengganggu atau membahayakan kehidupan biota dan lingkungan laut, tetapi juga dapat membahayakan kesehatan manusia, bahkan dapat menyebabkan kematian, mengurangi atau merusak nilai estetika, dan menimbulkan kerugian ekonomi dan social di lingkungan pesisir dan lautan

Akibat pencemaran kadang kala tidak segera dirasakan oleh manusia yang berdomisili di sekitar lingkungan pesisir dan lautan. Pengaruh bahan pencemar tersebut baru dapat dirasakan beberapa waktu kemudian. Contoh klasik adalah

peristiwa pencemaran logam berat (Hg dan Cd) di Teluk Minamata, Jepang. Limbah logam tersebut telah dibuang ke Teluk Minamata sejak tahun 1940-an, tetapi dampaknya baru terdeteksi pada tahun 1960-an.

Contoh kasus yang lain juga pernah terjadi di Indonesia, yaitu berkaitan dengan pembuangan air tambak udang yang dikelola secara intensif dan semi-intensif ke perairan pantai Utara Jawa yang berlangsung sejak tahun 1981. Namun, akibatnya terhadap penurunan kualitas perairan baru dapat dirasakan pada tahun 1990-an yang menyebabkan produktivitas tambak mengalami penurunan.

A. Sedimentasi

Berbagai kegiatan yang menyebabkan erosi tanah, seperti penebangan hutan, pembukaan jalan, dan pembukaan lahan pertanian yang tidak disertai terasering dapat menyebabkan kandungan sedimen pada aliran permukaan meningkat. Sedimen tersebut akan masuk ke badan-badan sungai dan akhirnya bermuara ke wilayah pesisir dan laut.

Ekosistem pesisir dan laut akan mengalami kerusakan sebagai akibat dari aktivitas manusia yang tidak mengindahkan lingkungan. Sedimen yang tersuspensi, terutama dalam bentuk partikel halus dan kasar, akan menimbulkan dampak negative terhadap biota wilayah pesisir dan laut.

Pelumpuran juga menimbulkan efek yang sangat serius dan merupakan salah satu penyebab utama kerusakan pada terumbu karang, khususnya yang berada di perairan dangkal dan dekat dengan pantai. Antara hewan terumbu dengan algae mikroskopis *dinoflagellata* (*zooxanthellae*) terdapat hubungan simbiosis yang saling menguntungkan. Jika terjadi pelumpuran, kekeruhan akan meningkat dan menyebabkan proses fotosintesis yang dilakukan oleh *zooxanthellae* menurun, akibatnya terumbu karang tidak dapat membangun rangka (*skeleton*) dengan cepat.

Organisme tersebut terpaksa mengubah energy pertumbuhan dan reproduksinya untuk menghasilkan material sejenis lendir (*mucus*), yang berfungsi untuk melindungi system pernafasannya dari pengaruh partikel sedimen.

Hal ini akan menyebabkan kemampuannya untuk berkompetisi dengan organism laut berkurang dan penyakit mudah menyerangnya. Akibatnya, kematian koloni terumbu karang meningkat, dan pada akhirnya keragaman, persentase penutupan, dan ukuran rata-rata koloni jadi menurun.

B. Eutrofikasi

Fitoplankton dalam masa pertumbuhannya dipengaruhi oleh beberapa factor seperti ketersediaan vitamin dan nutrient, terutama nitrogen dan fosfor. Jika kadar nitrogen dan fosfor berlebih, maka dapat menyebabkan pertumbuhan fitoplankton menjadi luar biasa, hal ini disebut dengan *eutrofikasi* (UNEP, 1982 *dalam* Dahuri, 2003).

Ledakan populasi fitoplankton (*blooming*), akan menyebabkan sebagian besar komunitas tersebut musnah dan kemudian diganti oleh jenis yang tidak diinginkan serta memiliki jumlah individu yang sangat besar. Berbagai faktor pemicu terjadinya ledakan populasi (Wiadnyana, 1996 *dalam* Dahuri, 2003) tersebut antara lain :

1. Pengayaan unsur-unsur hara atau eutrofikasi;
2. Perubahan hidrometeorologi dalam skala besar;
3. Pengangkatan massa air yang kaya akan unsur hara ke permukaan;
4. Hujan dan masuknya air tawar ke laut dalam jumlah besar

Spesies fitoplankton yang hadir dalam jumlah sangat besar dapat membahayakan dan merusak ekosistem perairan. Hellegraef *dalam* Wiadnyana (1996) *dalam* Dahuri, 2003 menguraikan jenis-jenis mikroalga berbahaya menjadi tiga kelompok yaitu penyebab penurunan kadar oksigen, beracun, dan merusak system pernafasan.

Dengan demikian, eutrofikasi menyebabkan terjadinya penurunan keragaman komunitas mikroalga, dan kemudian komunitas tersebut didominasi oleh satu atau beberapa spesies tertentu. Ketidakseimbangan komunitas ini dapat menimbulkan bahay bagi lingkungan, yaitu berupa racun yang dihasilkan atau

menciptakan kondisi tanpa oksigen pada malam hari, hal ini akan mengancam kehidupan biota lain.

C. Masalah Kesehatan Umum

Limbah rumah tangga banyak mengandung mikroorganisme, di antaranya bakteri, virus, fungi, dan protozoa yang dapat bertahan hidup sampai ke lingkungan laut. Meskipun limbah rumah tangga telah mengalami pengurangan kandungan mikroorganisme hingga mencapai jumlah 10.000 koloni per ml, mikroorganisme yang bersifat patogen dapat tetap bertahan dan berpotensi menimbulkan masalah pada kesehatan manusia.

Mikroorganisme dalam limbah rumah tangga dapat bertahan pada berbagai kondisi lingkungan laut, tergantung pada suhu dan intensitas sinar matahari. Virus pada umumnya lebih tahan daripada bakteri, tetapi sejauh mana tingkat perbedaan ketahanan hidup kedua mikroorganisme tersebut masih dipertanyakan.

Mikroorganisme ini umumnya terkonsentrasi pada biota perairan penyaring makanan seperti kerang-kerangan. Keberadaan bahan pencemar biologi ini merupakan penyebab utama terjadinya kontak antara mikroorganisme dan manusia. Sementara itu, kontak langsung dengan bahan pencemar pada waktu berenang dapat menimbulkan penyakit infeksi pada kulit, mata dan telinga.

Mikroorganisme yang masuk ke perut melalui kerang atau air minum, bahan pencemar itu akan menimbulkan sakit perut, hepatitis, kolera dan tifoid. Kasus ini pernah terjadi di Teluk Thailand, Hongkong dan Jakarta. Epidemik tifoid dan hepatitis yang bersumber dari kerang-kerangan pernah terjadi di perairan pantai Indonesia dan Vietnam.

D. Pengaruh terhadap Perikanan

Secara langsung maupun tidak, pencemaran perairan akan mempengaruhi kegiatan perikanan karena akan mengurangi produktivitas perairan, menimbulkan kerusakan habitat, dan menurunkan kualitas lingkungan perairan sebagai media hidup ikan.

Salah satu factor yang berpengaruh pada kegiatan perikanan adalah menurunnya kandungan oksigen dalam perairan. Hal ini akan menyebabkan pembatasan habitat ikan, khususnya ikan dasar yang berada dekat pantai. Eutrofikasi perairan yang menyebabkan pertumbuhan alga tidak terkendali, menimbulkan keracunan pada ikan.

Begitu pula halnya dengan akumulasi limbah logam berat dan beracun (Hg) yang dapat menimbulkan kematian terhadap ikan. Bila kondisi ini tidak terkendali, niscaya keragaman biota akuatik akan terancam, sekaligus potensi sumber daya perikanan akan mengalami penurunan.

Pencemaran limbah rumah tangga dapat mengurangi rasa aman masyarakat yang mengkonsumsi ikan dan kerang-kerangan. Masalah ini terjadi akibat terkontaminasinya biota perairan tersebut oleh organism pathogen seperti tifoid dan hepatitis yang berasal dri limbah rumah tangga. Jenis ikan dan kerang-kerangan merupakan biota perairan yang dapat bertindak sebagai inang dalam proses penyampiannya kepada manusia sebagai konsumen.

Bahan pencemar (DDT, Dioxin dan Hg) yang terakumulasi oleh biota perairan sangat berbahaya pengaruhnya bagi masyarakat konsumen, karena melalui proses pemangsaan, bahan pencemar tersebut mengalami magnifikasi biologis. Melalui sistem rantai makanan semakin tinggi tingkatan tropik si pemangsa, semakin besar pula tingkat akumulasi bahan pencemar dalam tubuh organisme tersebut, terutama pada tubuh ikan karnivora berukuran besar.

Manusia yang mengkonsumsi ikan yang telah tercemar, maka bahan berbahaya tersebut akan pindah dan terakumulasi di dalam tubuh manusia. Dalam jangka waktu lama, proses ini akan menyebabkan penurunan fungsi fisiologis tubuh dan berakibat pada penurunan produktivitas kerja.

5.2.4. Introduksi Spesies Asing

Spesies asing yang hadir dalam suatu ekosistem dapat menjadi pemangsa atau competitor bagi spesies alami yang hidup pada habitat yang sama. Akibatnya

tidak saja keragaman hayati spesies alami mengalami penurunan, tetapi spesies baru tersebut juga akan merusak struktur komunitas dalam ekosistem tersebut.

Salah satu sumber utama terjadinya introduksi spesies asing ke dalam kawasan pesisir dan lautan adalah air *ballast* kapal. Selain bahan-bahan abiotik, air limbah kapal juga mengandung bahan biotik. Bila air *ballast* dibuang, bahan pencemar biotik tersebut akan memasuki perairan, sehingga mengakibatkan struktur komunitas, baik fitoplankton maupun zooplankton berubah.

Air *ballast* banyak mengandung bakteri, virus, alga, cacing polychaeta, larva ikan dan moluska. Begitu pula halnya dengan masuknya kepiting biru (*Callinectes sapidus*) ke perairan dekat pangkalan laut Nikohama yang diperkirakan berasal dari pantai Utara Amerika (sakai dalam Norse, 1993 dalam Dahuri, 2003).

Kasus pembuangan air *ballast* kapal telah menimbulkan masalah ekologi dan ekonomi yang serius. Sebagai contoh adalah kerang zebra di **Great Lakes** Amerika Utara, ctenophore (*Mnemiopsis leidyi*) di Laut Hitam (Norse, 1993, dalam Dahuri, 2003) dinoflagellata yang mengeluarkan racun (*Gymnodium* sp dan *Alexandrium* sp) di Australia dan Selandia Baru, serta bintang laut (*Steriasaurensis*) di Pasifik Utara, Tasmania, dan Australia. Timbulnya **red tides** di sepanjang Indo – Pasifik kemungkinan besar juga disebabkan oleh cemaran air *ballast*. Dalam banyak kasus, keberadaan spesies asing di suatu tempat dapat berkembang tidak terkontrol dan jumlah individunya bisa menjadi sangat besar.

Selain bahwa spesies asing secara tidak sengaja terintroduksi ke dalam perairan, juga terjadi invasi secara sengaja melalui kegiatan pengembangan akuakultur yang menggunakan spesies asing, misalnya penggunaan bakteri tertentu untuk mengatasi masalah bahan organik di dasar tambak. Jika bakteri ini lepas, ia akan bertindak sebagai kompetitor bahkan predator bagi spesies asli. Hal ini akan mengganggu keseimbangan ekosistem di lokasi tersebut.

5.2.5. Konversi Kawasan Perlindungan Laut

Pembangunan wilayah pesisir dan laut mempunyai ruang lingkup yang luas, meliputi banyak aspek dan factor. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan adalah aspek ekologis, social budaya, ekonomi, politik, serta pertahanan dan keamanan. Beberapa sector pembangunan yang terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan kawasan konservasi pesisir adalah pengembangan kawasan pemukiman, industri, rekreasi dan pariwisata, transportasi, budi daya tambak, serta kehutanan dan pertanian.

Di samping menimbulkan dampak positif bagi kesejahteraan rakyat, kegiatan pengembangan di wilayah pesisir dan laut juga dapat menimbulkan dampak negative bagi ekosistem yang ada di sekitarnya. Sering kali kegiatan pembangunan tidak memperhatikan aspek ekologis (kelestarian lingkungan), melainkan hanya memperhatikan aspek ekonomis. Akibatnya kawasan yang telah ditetapkan sebagai kawasan lindung (konservasi) sering dikonversi menjadi tempat kegiatan industri dan kegiatan ekonomi lainnya.

Beberapa contoh pembangunan yang banyak dilakukan di wilayah pesisir dan laut adalah sebagai berikut :

- (1.) Pembanguna kawasan pemukiman yang semakin meningkat. Saying sekali bahwa pengembangan kawasan pemukiman hanya mempertimbangkan keuntungan jangka pendek, tanpa memperhatikan kelestarian lingkungan untuk masa mendatang. Limbah rumah tangga yang dihasilkan oleh kegiatan pemukiman sering menimbulkan pencemaran terhadap perairan atau menghilangkan fungsi satu atau lebih ekosistem pesisir. Hal ini terjadi terutama jika kegiatan pembangunan kawasan pemukiman tidak disertai upaya mengantisipasi dampak negatifnya, yaitu melalui pengembangan penanganan limbah secara terpadu.
- (2.) Kegiatan rekreasi dan pariwisata bahari yang banyak dikembangkan di wilayah pesisir dan laut. Kegiatan ini dapat menghasilkan limbah, yaitu berupa sisa-sisa makanan dan minuman, selain itu juga dapat

menimbulkan kerusakan terhadap ekosistem, seperti rusaknya terumbu karang akibat terinjak oleh para pengunjung saat menikmati keindahan taman bawah laut melalui kegiatan selam dan *snorkeling*.

- (3.) Konversi hutan mangrove untuk berbagai peruntukan lain. Bila dilakukan tanpa memperhatikan fungsi-fungsi ekologisnya, konversi hutan mangrove dapat menimbulkan gangguan terhadap lingkungan fisik dan biologis.
- (4.) Kegiatan pembangunan berbagai jenis industri di wilayah pesisir. Kegiatan tersebut sering memanfaatkan daerah pesisir dengan pertimbangan kemudahan jalur transportasi dan pengadaan air untuk industri. Oleh sebab itu, kegiatan pembangunan industri ini sering mengkonversi hutan mangrove dan ekosistem pantai lainnya menjadi daerah kawasan pabrik.

5.2.6. Perubahan Iklim Global dan Bencana Alam

Kerusakan fisik pada habitat sumber daya hayati di wilayah pesisir dan lautan dapat disebabkan oleh bencana alam perubahan iklim global atau gejala-gejala alam lainnya, seperti radiasi ultraviolet dan El Nino. Perubahan iklim global terutama disebabkan oleh meningkatnya produksi gas CO₂ dan gas lainnya yang dikenal dengan istilah gas rumah kaca. Gas ini disebut demikian karena molekulnya menyerap radiasi inframerah dan menghambat pemantulannya keluar system planet bumi sehingga radiasi tersebut kembali ke planet bumi. Peningkatan konsentrasi inframerah di system planet bumi akan menyebabkan peningkatan suhu global.

Dampak lanjutan dari pemanasan global adalah mencairnya es yang ada di kutub, sehingga permukaan laut naik, curah hujan berubah, salinitas menurun, dan sedimentasi meningkat di wilayah ekosistem pesisir dan lautan. Dengan kata lain, gejala alam ini akan mempengaruhi system hidrologis, oseanografis, dan selanjutnya akan mempengaruhi (merusak) ekosistem pesisir dan lautan. Perubahan yang relative mendadak bagi spesies yang rentan terhadap fluktuasi suhu, salinitas, dan kedalaman perairan akan mengancam keberadaan spesies

tersebut. Keanekaragaman hayati akan mengalami penurunan, baik secara kuantitas maupun kualitasnya.

Lapisan ozon pada lapisan stratosfer berfungsi untuk mencegah terjadinya kerusakan di bumi akibat pancaran ultraviolet yang berlebihan dari matahari. Penurunan konsentrasi ozon di lapisan stratosfer akan menyebabkan peningkatan transmisi radiasi ultraviolet-B yang mencapai ke permukaan bumi. Penurunan ini disebabkan antar lain oleh kegiatan industri yang menghasilkan senyawa tertentu seperti, chlorofluorocarbon (CFC) dan bromide yang bergerak menuju stratosfer dan menimbulkan kerusakan pada lapisan ozon stratosfer. Selanjutnya, berbagai bahan yang banyak dipergunakan pada alat pendingin, produk busa, penendang aerosol, dan pelarut juga dapat merusak lapisan ozon.

UV-B dapat menembus kolam air laut hingga mencapai kedalaman 10 meter (Smith *et al.* dalam Norse, 1993 dalam Dahuri, 2003). Para ahli ilmu pengetahuan telah melakukan pengamatan bahwa telah terjadi peningkatan radiasi UV-B yang berarti di Antartika sebagai akibat terjadinya penipisan lapisan ozon. Beberapa potensi yang dapat menimbulkan efek serius akan dialami oleh manusia dan lingkungan, termasuk organisme laut.

Radiasi UV-B pada tingkat tertentu dapat menimbulkan perubahan pada protein dan asam nukleat organisme. Penurunan 10% ozon akan menyebabkan peningkatan kerusakan DNA sebesar 28% (Warrest dalam Norse, 1993 dalam Dahuri, 2003). UV-B dapat menimbulkan efek pada kebanyakan organisme laut, seperti fitoplankton, zooplankton, dan juvenile ikan, seperti *anchovy (Engraulis mordax)*. Dengan demikian, peningkatan radiasi UV-B akan menyebabkan penurunan produktivitas perairan pesisir dan lautan, akibat pengaruh yang ditimbulkan terhadap kelimpahan spesies secara keseluruhan pada jaringan makanan. Hal ini diperkirakan akan menyebabkan produksi pakan dunia menurun.

Fenomena kematian terumbu karang yang ditandai dengan adanya pemutihan atau "*bleaching*" ditemukan pada awal abad ini. Hasil pengamatan yang dilakukan oleh ahli biologi di perairan Laut Pasifik dan Laut Karibia menunjukkan bahwa proses pemutihan pada terumbu karang terjadi bila hubungan

simbiosis yang bersifat mutualistik dengan *zooxanthellae* yang hidup dalam tubuh karang terganggu.

Kandungan pigmen terumbu karang menurun drastis sebagai akibat peningkatan temperatur 1-2 derajat celcius di atas normal pada musim panas. Meskipun karang dapat memulihkan konsentrasinya pada bulan-bulan yang temperaturnya lebih dingin, namun apabila peningkatan temperaturnya mencapai 5 derajat Celcius atau lebih dari kondisi normalnya, organisme tersebut akan mati setelah beberapa hari, sebelum kondisi koloninya mengalami pemutihan sebesar 90 – 95% .

Sementara itu, koloni yang memutih tetapi tidak mati dapat mengalami perhentian pertumbuhan maupun reproduksi. Kejadian El Nino pada tahun 1982 – 1983 telah menyebabkan hampir musnahnya hydrozoa atau terumbu karang di perairan Laut Pasifik Timur.

Di Indonesia, pemutihan terumbu karang diakibatkan oleh arus hangat dari Laut Cina Selatan yang mengalir melewati Kep. Riau, Laut Jawa, hingga ke perairan Lombok. Sedangkan di Kep. Spermonde bagian utara, Sulawesi Tenggara (dekat Ujung Pandang), Manado, Bunaken, atau disekitar Bangka dan Sulawesi Utara tidak terjadi pemutihan.

Pemutihan terumbu karang hampir mencapai 75 – 100% dari 25% penutupan karang yang terlihat di sekitar Taman Nasional Bali Barat dan di Tulamben (Bali Timur), di mana karang lunak (*soft coral*) mengalami kehancuran. Sedangkan di Penida dan Nusa Lembongan, pemutihan karang relatif kurang. Di Tulamben, kebanyakan anemone laut yang hidup pada kedalaman hingga 36 meter terkena dampak pemutihan, sedangkan yang berada pada kedalaman 44 meter relatif normal.

Selanjutnya, di P. Seribu Jakarta dan Taman Nasional Laut Karimun Jawa (Utara Jawa), proses pemutihan terumbu karang dimulai pada bulan Januari dan Februari, kemudian berlanjut pada bulan Mei hingga Agustus. Dalam hal ini, ada 2 kemungkinan yang akan terjadi : terumbu karang akan mengalami pemulihan di luar periode tersebut di atas, atau mengalami kematian.

Pemutihan terumbu karang berkisar antara 0% hingga 46% pada kedalaman 3 meter (terutama dialami oleh *Acropora* spp. dan *Galaxea* spp.) dan 1 – 25% pada kedalaman 10 meter (*Pachyseries* spp, *Hydnophora* spp, dan *Galaxea* spp.), dengan tingkat kematian terumbu karang yang mengalami pemutihan berkisar antara 50 – 60%. Sedangkan di Kep. Gili (Air, Meno, Trawangan), terutama di Selat Lombok, hampir 90% terumbu karang batu (*hard coral*) mengalami proses pemutihan (khususnya *Acropora*) sampai kedalaman 20 meter pada bulan Maret 1998. Puncak kematian terjadi di bulan Agustus, namun beberapa jenis *massive coral* seperti *Porites* mengalami proses pertumbuhan kembali (Wilkinson, 1998 dalam Dahuri, 2003).

Bencana alam merupakan fenomena alami yang secara langsung maupun tidak langsung berdampak negatif bagi lingkungan hayati pesisir dan lautan. Beberapa bencana alam yang sering terjadi di wilayah pesisir dan lautan adalah kenaikan paras air laut dan gelombang pasang Tsunami. Bencana Tsunami sering melanda daerah pesisir Jepang dan Indonesia.

5.3. Apa Harapan di Masa Depan?

5.3.1. Kependudukan dan Kemiskinan

Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2020 diperkirakan mencapai 257 juta jiwa, dan sebagian besar penduduk tersebut menggantungkan hidupnya secara langsung pada sumber daya alam. Semakin bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya kualitas hidup akan semakin mendorong peningkatan kebutuhan manusia, baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Hal itu akan berakibat buruk bagi sector-sector seperti perikanan, pertambangan dan kehutanan, yang khususnya terdapat di kawasan pesisir dan lautan.

Ancaman terhadap kawasan pesisir dan lautan selain akan mempengaruhi keberadaan lahan juga akan mengancam kelestarian sumber daya dan keanekaragaman hayati, berikut jenis kehidupan yang ada di dalamnya. Kebutuhan manusia semakin meningkat, sementara daya dukung lingkungan alam bersifat terbatas. Karena itu, potensi kerusakan sumber daya alam yang berkaitan dengan sector di atas menjadi semakin besar.

Kegiatan manusia yang semakin meluas dan beragam juga akan menyebabkan tingkat pemanfaatan sumber daya alam meningkat. Hal ini akan menyebabkan menurunnya kuantitas dan kualitas potensi sumber daya alam untuk masa mendatang. Kondisi ini semakin diperburuk oleh krisis ekonomi yang melanda Indonesia selama 40 tahun terakhir, sehingga terjadi peningkatan jumlah masyarakat miskin. Selain itu, era globalisasi yang akan dihadapi Indonesia akan semakin menguras sumber daya hayatinya karena sebagian besar masyarakat yang terpinggirkan akan semakin merusak sumber daya hayati untuk memenuhi kebutuhan hidupnya.

Sekitar 60% penduduk Indonesia tinggal di wilayah pesisir. Pada umumnya mereka bergantung pada laut dan sumber daya yang ada di dalamnya. Dengan semakin meningkatnya pemanfaatan sumber daya alam pesisir dan laut tanpa memperhatikan kelestariannya, potensi sumber daya itu dari tahun ke tahun terus menurun. Apalagi keadaan nelayan yang sebagian besar masuk dalam kategori masyarakat miskin: untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, mereka terpaksa melakukan cara pemanfaatan yang tidak bijaksana. Misal, mereka menggunakan bahan peledak dan racun potassium sianida.

5.3.2. Tingkat Konsumsi Berlebihan dan Kesenjangan Sumber Daya Alam

Peningkatan jumlah penduduk dan teknologi baru yang dikembangkan sampai saat ini cenderung mendorong manusia bersikap boros terhadap sumber daya alam. Keadaan ini akan berakibat langsung pada tingkat pengurusan sumber daya hayati dan tingkat pencemaran di wilayah pesisir dan laut. Semakin bertambah jumlah penduduk, semakin meningkat pula kebutuhan untuk pemenuhan konsumsi. Akibatnya, tingkat eksploitasi terhadap sumber daya alam akan terus meningkat.

Apalagi setelah diketahui bahwa daerah pesisir dan lautan kaya akan sumber daya hayati berupa ikan dan biota lainnya yang dapat dijadikan sumber protein, bahan pangan, farmasi, dan kosmetik. Hal itu dapat menyebabkan potensi sumber daya alam mengalami penurunan. Di satu sisi, penyebaran sumber daya hayati relative tidak merata, cenderung teralokasi, dan terbatas sifatnya.

Di sisi lain, pertumbuhan jumlah penduduk relative cepat dan cenderung terakumulasi pada tempat-tempat tertentu seperti daerah perkotaan. Di daerah perkotaan tersebut, tingkat konsumsi sumber daya akan lebih tinggi, sehingga kerusakan sumber daya alam yang akan terjadi juga lebih parah.

5.3.3. Kelembagaan dan Penegakan Hukum

Perlu disadari bahwa potensi sumber daya alam pesisir dan lautan yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia memiliki keterbatasan. Meskipun memiliki prospek-prospek yang cerah dan dapat diandalkan dalam proses pengembangannya, di beberapa lokasi yang memiliki penduduk dan industri yang padat, sumber daya alam tersebut telah mengalami tekanan yang berat.

Kondisi yang demikian dapat membahayakan kelestarian sumber daya alam di wilayah pesisir dan lautan. Banyak faktor yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas ekosistem pesisir dan lautan di Indonesia. Salah satu di antaranya adalah pihak perencana pembangunan, pembuat keputusan, serta pihak pengembangan sector umum dan swasta tidak pernah atau sangat kurang memperhatikan nilai strategis dan nilai ekonomis ekosistem utama pesisir dan lautan.

Hal ini dapat dipahami karena pada masa pembangunan jangka panjang tahap pertama [PJP I], program pembangunan di Indonesia hanya terfokus pada pemanfaatan sumber daya daratan. Oleh sebab itu, adalah wajar jika berkembang anggapan bahwa hutan mangrove dan ekosistem lahan basah yang terdapat di wilayah pesisir merupakan “*lahan yang tak berguna*“, yang dapat dengan mudah dikonversi menjadi lokasi industri, perumahan, tambak, dan sebagainya.

Orang hanya dapat melihat manfaat kecil yang bersifat langsung (*direct use value*) pada suatu ekosistem di wilayah pesisir dan laut, sedangkan nilai penggunaan yang tidak langsung (*indirect use value*), yang jauh lebih besar perannya dalam menentukan kesinambungan pembangunan, justru terabaikan.

Situasi tersebut menjadi semakin parah ketika aspek hukum lingkungan belum dapat di tegakkan sebagaimana mestinya. Padahal, aspek penegakan hukum sangatlah diperlukan guna melindungi habitat-habitat utama di wilayah

pesisir beserta spesies-spesies langka yang hidup di dalamnya. Dan, salah satu faktor yang menyebabkan lemahnya penegakan hukum di bidang kelautan pada masa lalu adalah karena belum adanya lembaga yang secara khusus menangani bidang kelautan.

5.3.4. Rendahnya Pemahaman Tentang Ekosistem

Pemanfaatan sumber daya alam yang terus meningkat, dengan tujuan mengejar target pemenuhan kebutuhan secara menyeluruh tanpa memperhatikan aspek kelestarian, akan sangat mengancam keberadaan sumber daya alam tersebut. Hal ini terjadi karena kurangnya pemahaman masyarakat tentang pentingnya ekosistem alam yang dapat menjaga keseimbangan siklus hidup, sekaligus menjadi sumber kehidupan bagi umat manusia.

Ekosistem alam menyediakan sumber daya hayati yang pemanfaatannya dapat dilakukan secara terus-menerus jika dikelola menurut kaidah-kaidah kelestarian lingkungan. Pemahaman terhadap ekosistem alam harus dilakukan secara komprehensif, sehingga pemanfaatannya dapat dilakukan searif mungkin, dengan mempertimbangkan aspek kelestariannya.

Pemahaman tersebut penting artinya guna mewujudkan konsep pembangunan yang berkelanjutan, sehingga keberadaan suatu sumber daya alam di ekosistem pesisir dan lautan tidak hanya bermanfaat bagi generasi sekarang, tetapi juga dapat dinikmati oleh generasi yang akan datang. Pemahaman yang penting mengenai ekosistem terutama berkaitan dengan aspek daya dukung lingkungan. Sebab, apabila daya dukung lingkungan terlewati, keberadaan suatu sumber daya alam akan terancam kelestariannya. Hal ini akan berpengaruh pada upaya pemanfaatannya di masa mendatang.

5.3.5. Kegagalan Sistem Ekonomi

Suatu kebijakan ekonomi hanya berorientasi mengejar target produksi melalui pemanfaatan sumber daya alam secara terus menerus akan menimbulkan kehancuran. Sebab, sebagai penyedia sumber daya alam, ekosistem pesisir dan lautan memiliki keterbatasan.

Apabila sistem ekologi terganggu, proses produksi bahan baku tidak berjalan sebagaimana mestinya, sehingga dapat menghancurkan proses produksi barang-barang ekonomi. Keadaan ini muncul sebagai akibat kegagalan kebijakan ekonomi pemerintah dalam memberikan penilaian terhadap pentingnya upaya konservasi sumber daya hayati pesisir dan laut.

Sadar akan nilai hakiki sumber daya alam, yaitu sebagai kekayaan (*asset*) ekonomi bagi generasi sekarang maupun generasi yang akan datang, permasalahan tentang polusi sumber daya (*resource pollution*) dan penghabisan sumber daya alam (*resource depletion*) benar-benar harus dipahami dengan baik. Jangan sampai kebijakan yang ditempuh berakar pada kekelituan kita dalam menilai sumber daya alam secara ekonomi. Pokok-pokok pikiran tentang penilaian (evaluasi) terhadap sumber daya alam telah banyak disampaikan. Disadari bahwa kekelituan dapat terjadi karena “ *kegagalan pasar* “ yang disebabkan oleh :

- (1.) Sifat sumber daya alam yang erat kaitannya dengan konsep ‘ hak kepemilikan’. Sumber daya alam tertentu tanpa kepemilikan yang jelas bisa menyebabkan terjadinya kegagalan pasar dalam mengendalikan perilaku banyak orang, sehingga pemanfaatan sumber daya alam mudah menjurus kepada eksploitasi yang berlebihan. Dalam hal ini, produk alam sering dinilai terlalu rendah secara ekonomi, sehingga mendorong pemanfaatan yang bersifat mubazir.
- (2.) Eksternalitas suatu produksi sering kali tidak disadari masyarakat, dan tidak ada upaya untuk melakukan internalisasi terhadap biaya eksternal tersebut ke dalam pembiayaan suatu kegiatan.
- (3.) Adanya biaya ikutan (*user cost*) akibat dimensi ruang dan waktu sumber daya alam yang sedang dimanfaatkan seringkali menihilkan dimensi kuantitas dan kualitas sumber daya alam lainnya.

Sumber daya hayati pesisir dan lautan memiliki peluang yang sangat besar untuk mengalami kepunahan spesies. Hal ini terutama disebabkan karena sumber daya hayati laut biasanya bersifat milik bersama (*common property*) dan open access (siapa saja dan kapan saja boleh dimanfaatkan). Kondisi ini akan mendorong orang memanfaatkan sumber daya alam tersebut semaksimal mungkin,

tanpa batas tanggung jawab yang semestinya. Factor ini merupakan salah satu penyebab terjadinya kepunahan spesies, factor-faktor penyebab lainnya adalah :

- (1.) Banyak spesies yang dapat dipanen dengan biaya sangat murah.
- (2.) “ *Discount rate* ” yang sangat tinggi. Hal ini mendorong eksploitasi sumber daya alam sesegera mungkin.

Kondisi lain yang dapat mempercepat kepunahan spesies di antaranya adalah :

- (1.) Pemanen suatu spesies dapat menjurus pada kepunahan spesies lain, seperti penangkapan ikan dengan bahan peledak yang dapat mematikan mikroorganisme perairan, habitat, serta biota perairan lainnya yang bukan target.
- (2.) Spesies ikut punah karena habitatnya bernilai ekonomi tinggi, sehingga walaupun tidak dipanen, spesies tersebut akan terkena dampaknya. Sebagai contoh : pengambilan karang untuk bahan bangunan dan pemanfaatan lain akan ikut memusnahkan berbagai biota perairan yang hidup dalam ekosistem terumbu karang (ikan dan moluska).
- (3.) Hilangnya spesies tertentu akan mengakibatkan spesies lain yang menjadi predatornya ikut mengalami kepunahan. Hal ini terkait dengan sistem rantai makanan di perairan laut.

Untuk menjaga kelestarian sumber daya perairan yang bersifat *common property* dan *open access*, perlu dibuat kebijakan ekonomi yang tidak hanya berorientasi pada tingkat pertumbuhan semata, melainkan juga tetap berpihak pada lingkungan. Misal, dengan penetapan pajak untuk menjaga kelestarian sumber daya perairan dan dengan pengontrolan yang ketat, para pelaku ekonomi dipaksa untuk melakukan eksploitasi di bawah potensi lestari yang telah ditetapkan.

Pengolahan sumber daya hayati di wilayah pesisir dan lautan, pemerintah dihadapkan pada dua kondisi wilayah berbeda. Di kawasan barat Indonesia, tingkat pemanfaatan sumber daya hayati sebagian besar sudah melampaui daya dukung keberlanjutannya. Misal, di kawasan perairan laut dan pesisir timur

Sumatera, utara Jawa, Bali, dan Selat Malaka, sumber daya hayati perikanan telah dimanfaatkan secara maksimum.

Tingkat pemanfaatan sumber daya hayati di wilayah timur Indonesia belum dilakukan secara optimal. Pemanfaatan yang belum optimal terjadi pada sumber daya ikan-ikan karang sekitar Tarakan, perairan laut di Kalimantan Timur dan Irian Jaya. Itu berbeda dengan sumber daya udang di Laut Arafuru dan ZEE Indonesia yang penangkapannya banyak dilakukan secara illegal oleh nelayan asing. Berdasarkan kondisi geografis dan kondisi biologisnya, pengelolaan sumber daya hayati laut (keanekaragaman hayati laut) di wilayah perairan Indonesia harus dilakukan dengan pendekatan yang memperhatikan ciri-ciri sumber daya dan kondisi masyarakat lokal.

5.4. Rangkuman

1. Penyebab pencemaran di lingkungan pesisir dan laut antara lain adanya pertambangan, perhotelan, pemukiman, pertanian, akuakultur, pelabuhan dan industri.
2. Polutan yang menjadi penyebab laut kita rusak antara lain limbah minyak, limbah panas, limbah organik, limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya), dan limbah nuklir.
3. Beberapa faktor yang dapat mengancam kelestarian sumber daya keanekaragaman hayati pesisir dan lautan di antaranya overeksploitasi, teknik penangkapan ikan yang merusak lingkungan (alat pengumpul ikan/FAD, bahan peledak, bahan beracun dan pukat harimau).
4. Sumber pencemaran di laut antara lain adanya industri, limbah cair pemukiman dan perkotaan, pertambangan, pelayaran, pertanian dan perikanan budi daya yang sebagian besar berasal dari kegiatan manusia di daratan.
5. Introduksi spesies asing dalam suatu ekosistem dapat menjadi pemangsa bagi spesies alami yang hidup pada habitat yang sama, sehingga keanekaragaman hayati spesies alami akan menurun, juga akan merusak struktur komunitas dalam ekosistem tersebut.

6. Perubahan iklim global disebabkan oleh meningkatnya produksi gas karbondioksida dan gas lainnya, dimana gas ini dapat menyerap radiasi infra merah dan menghambat pemantulannya keluar sistem planet bumi, sehingga radiasi tersebut akan kembali ke planet bumi.

7. Masalah-masalah yang menjadi isu untuk harapan ke depan antara lain kependudukan dan kemiskinan, tingkat konsumsi berlebihan dan kesenjangan sumber daya alam, kelembagaan dan penegakan hukum, rendahnya pemahaman tentang ekosistem, dan kegagalan sistem ekonomi.

5.5. Latihan Soal :

1. Sebutkan ancaman utama yang dapat merusak keragaman hayati laut
2. Jelaskan mengapa kita tidak boleh menggunakan bahan peledak, bahan beracun, dan pukat harimau dalam menangkap ikan ?
3. Apa yang dimaksud sedimen dan eutrofikasi ?
4. Jelaskan tentang introduksi spesies asing.

BAB VI

BEBERAPA PENELITIAN UP TO DATE TERKAIT

KEANEKARAAMAN HAYATI LAUT

PENUTUP

Indonesia sebagai negara kepulauan dan maritim terbesar di dunia, yang terletak di kawasan tropis, memiliki tingkat keanekaragaman hayati laut tertinggi di dunia dan kondisi alam pantai serta laut yang indah. Kekayaan keanekaragaman hayati laut yang luar biasa ini seyogyanya dapat membantu Indonesia bukan sekedar untuk keluar dari krisis ekonomi, yang sudah berlangsung hampir 5 tahun, melainkan seharusnya dapat menghantarkan Indonesia menjadi Negara yang maju, makmur, mandiri, dan berkeadilan serta diridhoi oleh Allah SWT.

Optimisme ini berdasarkan pada enam alasan utama. Pertama, kekayaan keanekaragaman hayati laut, baik pada tingkatan genetic, spesies, maupun ekosistem memiliki potensi penyediaan yang sangat besar dalam membangkitkan berbagai kegiatan [pembangunan] ekonomi termasuk perikanan tangkap, perikanan budi daya, industri pengolahan hasil perikanan, industri bioteknologi, industri pariwisata, kegiatan penelitian dan pendidikan, serta pengaturan iklim global.

Industri bioteknologi secara garis besar dapat berupa 3 kelompok kegiatan ekonomi : (1.) ekstraksi bahan-bahan alamiah atau senyawa bioaktif, seperti omega-3, squalence, polisakarida, dan biopigmen dari biota / organisme pesisir dan lautan untuk industri makanan dan minuman, industri farmasi, serta industr kosmetika ; (2.) rekayasa genetika untuk mendapatkan induk dan benih biota pesisir dan lautan yang unggul guna menunjang industry perikanan budi daya secara efisien dan lestari ; (3.) industri bioremediasi untuk penanggulangan pencemaran lingkungan. Diperkirakan bahwa potensi nilai ekonomi total keanekaragaman hayati laut melalui kegiatan perikanan tangkap, perikanan budi daya, dan industry bioteknologi dalah sebesar US\$ 76 miliar per tahun.

Kedua, siring dengan pertambahan jumlah penduduk dunia dan meningkatnya kesadaran umat manusia akan nilai gizi ikan dan makanan organik laut (seperti omega-3, sunchlorela, squalence, dll) bagi kesehatan, kecerdasan, dan kekuatan manusia, permintaan atas produk-produk kelautan ini diyakini akan terus meningkat.

Keindahan pantai, pulau-pulau, dan panorama bawah laut Indonesia juga semakin digandrungi sebagai tujuan wisata yang paling diminati, baik oleh wisatawan domestik maupun mancanegara.

Ketiga, kegiatan-kegiatan ekonomi (industri) yang berbasiskan keanekaragaman hayati laut, seperti perikanan tangkap, perikanan budi daya, industri bioteknologi, dan pariwisata, dapat menyerap banyak tenaga kerja (padat karya) dan dapat menciptakan efek pengganda yang besar.

Dengan demikian, salah satu permasalahan bangsa yang utama, yakni berupa pengangguran yang kini mencapai lebih dari 40 juta jiwa, dapat mulai diatasi. Lagi pula, bukankah indicator ekonomi yang paling penting dari kemajuan suatu bangsa adalah penciptaan lapangan kerja? Sebab, hanya orang yang bekerjalah yang mempunyai kehormatan (*dignity*) dan mampu meningkatkan kesejahteraannya.

Keempat, sebagian besar masukan kegiatan-kegiatan ekonomi berbasis keanekaragaman hayati laut tersebut di atas berasal dari sumber daya local.

Sementara itu, produk keluarannya, seperti ikan kerapu, ikan tuna, ikan cakalang, ikan hisa, udang, kepiting, rajungan, mutiara, rumput laut, omega-3, squalence, dan jasa pariwisata, kebanyakan dapat diekspor.

Neraca perdagangan sektor perikanan pada tahun 2001, misalnya, sangat positif, yaitu dengan nilai ekspor sebesar US\$ 2 milyar (Rp. 20 triliun), sedangkan impornya hanya US\$ 150 juta (Rp. 1,5 triliun). Inipun sebagian besar (70%) impor berupa minyak ikan (*fish oil*) dan pellet untuk pakan ternak. Apabila target ekspor perikanan yang telah dicanangkan oleh Dep. Kelautan dan Perikanan sejak Agustus 2001, tercapai, yaitu US\$ 5 miliar per tahun pada tahun 2005, tentunya ini sangat membantu neraca perdagangan kita.

Kelima, pada umumnya kegiatan-kegiatan ekonomi berbasis keanekaragaman hayati laut, sebagaimana diuraikan di atas, berlangsung di daerah pedesaan, pesisir, dan laut. Oleh sebab itu, probem nasional utama lainnya, yakni ketimpangan pembangunan antara kota dan desa, urbanisasi, dan keamanan Negara terbantu pula pemecahannya.

Terakhir, keragaman hayati laut merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Artinya, jika kita memanfaatkannya melalui cara-cara yang ramah lingkungan, pembangunan ekonomi berbasis keanekaragaman hayati laut dapat berlangsung secara berkesinambungan. Di sinilah keyakinan kita mendapatkan jastifikasinya, bahwa pembangunan ekonomi berbasis sumber daya alam dapat pulih, termasuk keanekaragaman hayati laut, jika dikelola secara tepat dan benar, tidak hanya sekedar dapat membantu Indonesia keluar dari krisis ekonomi yang berkepanjangan, melainkan dapat menghantarkan Indonesia mewujudkan cita-cita luhurnya, yakni bangsa yang adil dan makmur serta diridhoi Allah SWT.

Sayangnya, sampai saat ini kita belum mampu memanfaatkan potensi ekonomi keanekaragaman hayati laut secara efisien dan berkelanjutan bagi kesejahteraan rakyat. Cara-cara kita mendayagunakan potensi keanekaragaman hayati laut selama ini sungguh menempatkan kita pada posisi dilematis (di persimpangan jalan). Di satu pihak, ada beberapa kawasan pesisir dan lauta,

seperti di sekitar Batam dan Karimun, sebagian Selat Malaka, Pantai utara Jawa, dan Pantai selatan Sulawesi, yang telah mengalami tingkat pemanfaatan begitu intensif dan tingkat kerusakan lingkungan yang cukup besar, terutama berupa tangkapan berlebih, pencemaran, degradasi ekosistem mangrove dan terumbu karang, abrasi pantai, dan sedimentasi muara sungai.

Pada tahun 2001, dari total produksi perikanan sebesar 5,13 juta ton, sekitar 4,1 juta ton (80%) berasal dari penangkapan ikan di laut, dan hanya 1,03 juta ton (20%) dari hasil perikanan budi daya. Padahal, total potensi produksi lestari perikanan budi daya laut sekitar 46,7 juta ton / tahun, sedangkan potensi lestrai ikan tangkap di laut hanya sekitar 6,4 juta ton / tahun.

Kegiatan industri pascapanen (penanganan dan pengolahan) produk perikanan yang menghasilkan nilai tambah dan efek penggandaan masih jauh dari optimal. Sehingga, wajar bila kurang lebih 25% dari ikan hasil tangkap para nelayan kita terbuang sebagai ikan busuk. Apalagi berbicara soal industri bioteknologi kelautan, hal itu praktis hampir belum terjamah.

Ironisnya, negara dengan sumber bahan baku industri bioteknologi kelautan terbesar di dunia, kita justru mengimpor sedemikian besar produk-produk bioteknologi kelautan, seperti omega-3, squalence, Viagra, sunchlorella.

Di tengah-tengah kekayaan sumber daya ikan laut dan potensi budi daya perikanan yang sangat besar, 75% nelayan kita masih terliit derita kemiskinan. Ibarat tikus mati di lumbung padi. Apabila kondisi kemiskinan ini tidak segera ditanggulangi, kemiskinan absolut dapat mengakibatkan terancamnya kelestarian lingkungan laut kita.

Banyak sekali saudara-saudara kita nelayan yang menggunakan bahan peledak dan racun, atau teknik-teknik penangkapan ikan lain yang destruktif, hanya karena terpaksa akibat ketiadaan alternatif mata pencaharian atau alternatif teknologi penangkapan ikan yang ramah lingkungan.

Untuk keluar dari sejumlah paradox (ironi) tersebut, kita harus segera menerapkan beberapa kebijakan dan program aksi berikut secara simultan atau terintegrasi.

Pertama, melakukan gerakan penyadaran nasional melalui sosialisasi, kampanye, dan advokasi bahwa keanekaragaman hayati laut memang merupakan asset yang dapat menjadi salah satu pilar utama ekonomi nasional.

Kedua, merehabilitasi ekosistem pesisir dan lautan yang telah mengalami degradasi, melakukan pengayaan stok kawasan-kawasan konservasi laut.

Ketiga, mengembangkan dan menerapkan teknologi pemanfaatan (penangkapan, pemanenan, budi daya, dan ekstraksi) keanekaragaman hayati laut yang efisien dan ramah lingkungan, serta mengembangkan industry hilir yang dapat menciptakan nilai tambah dan meningkatkan daya saing produk-produk keanekaragaman hayati laut.

Keempat, memperkuat dan mengembangkan pemasaran produk-produk keanekaragaman hayati laut, baik dalam negeri maupun di pasar global.

Kelima, mengurangi atau kalau dapat, menghilangkan factor-faktor yang dapat mengancam kelestarian keanekaragaman hayati laut, melalui penegakan hukum tata ruang pesisir-laut, pengendalian pencemaran, pencegahan praktek-praktek overeksploitasi, dan pencegahan degradasi fisik habitat pesisir.

Keenam, mendorong pengelolaan sumber daya berbasis masyarakat. Dengan memberikan wewenang pengelolaan sumber daya hayati laut serta mengintegrasikan kearifan lokal dengan ilmu pengetahuan tentang sumber daya, diharapkan rasa tanggung jawab masyarakat lokal akan menjadi lebih kuat, sehingga program-program pemanfaatan keanekaragaman hayati laut bersifat berkelanjutan.

Ketujuh, perlu lembaga pengelolaan kawasan pesisir dan lautan pada tingkat kabupaten / kota serta provinsi yang dapat bersinergi dengan Departemen Kelautan dan Perikanan serta instansi lain yang terkait.

Kedelapan, perlu kebijakan ekonomi-politik pada tingkat pusat, provinsi, dan kabupaten / kota yang kondusif bagi terselenggaranya pola-pola pemanfaatan keanekaragaman hayati laut secara optimal dan lestari bagi sebesar-besarnya kesejahteraan rakyat. Untuk itu, keberhasilan lembaga eksekutif, termasuk kabinet (presiden), gubernur, dan bupati / walikota, bukan hanya ditentukan oleh kemampuannya mendongkrak pertumbuhan ekonomi, seperti PAD (Pendapatan Asli Daerah), tapi juga oleh kemampuannya melakukan program pemerataan kesejahteraan bagi segenap rakyatnya dan memelihara kelestarian sumber daya keanekaragaman hayati beserta ekosistemnya. Saya yakin, apabila kita dapat melaksanakan kedelapan kebijakan dan program aksi tersebut di atas, sumber daya keanekaragaman hayati laut dapat menjadi salah satu pilar utama bagi kita untuk keluar dari krisis ekonomi yang berlarut-larut, menuju Indonesia yang maju, makmur, mandiri, dan berkeadilan.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, R.N. 1998. Marine Geologi : A Planet Earth Perspective. John Wiley & Sons, New York.

Anwar, A. 1999. "Mobilisasi Sumberdaya Ekonomi dalam Mengatasi Masalah Pengangguran ke arah Pemerataan yang Menyumbang kepada Pertumbuhan Ekonomi". Makalah Seminar Nasional : Pembangunan Wilayah dan Pedesaan, pada tanggal 5 Desember 1999 di Bogor.

Arifin, Z. 2001. "Heavy metal Pollution in Sediments of Coastal Waters of Indonesia." In Proceedings Fifth IOC/WESTPAC. Internasional Scientific Symposium : 27 – 31 Agustus 2001, Soul, Korea.

Arifin, Z. P. Pradina, A.H. Purnomo. 1998. "A Case Study of the Traditional trochus (*Trochus niloticus*) Fishery in Maluku region, Indonesia." In Proceeding of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management (G.S. Jamieson and A. Campbell, Eds.) Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125 pp. 401 – 406.

Arifin, Z. and Pradina P. 1993. "Conservation and sustainable use of lola gastropod (*Trochus niloticus*) in Banda island, Indonesia." A report submitted to Man and the Biosphere (MAB) – UNESCO, Paris 43 p.

Aziz, A. 1999. "Fauna Echinodermata Laut Banda." Dalam Yarso (ed). Atlas Oseanologi Laut Banda. P2O-LIPI, Jakarta.

Aziz, A. dan H. Soegiarto. 1994. "Fauna Echinodermata Padang Lamun di Pantai Lombok Selatan." Dalam Struktur Komunitas Biologi Padang Lamun di Pantai Selatan Lombok dan Kondisi Lingkungannya. (W. Kiswara, M.K. Moosa, dan M. Hutomo, Eds.). P3O LIPI, Jakarta.

Azkab, M.H. dan W. Kiswara. 1994. "Pertumbuhan dan produksi lamun di Teluk Kuta, Lombok Selatan." Dalam Struktur Komunitas Biologi Padang Lamun di Pantai Selatan Lombok dan Kondisi Lingkungannya. (W. Kiswara, M.K. Moosa, dan M. Hutomo, Eds.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI. P: 34-41.

Artama, I.M. 2009. Pengaruh Iradiasi Gamma terhadap Kualitas Algae Merah (Rhodophyceae) Kering dari Nusa Dua Bali. Skripsi Farmasi-ISTN Jakarta.

Adiwatama, B.Y. 2012. Ekstraksi dan Identifikasi Senyawa Asam Lemak dengan KGSM dari Mikro Alga *Chlorella pyrenoidosa* (INK) dan Potensinya sebagai Antibakteri. Skripsi Farmasi FMIPA-ISTN. Jakarta.

Barton, D.N. 1994. Economic Factors and Valuation of Tropical Coastal Resources. Universitas 1 Bergen Senter for Miljo-IG Ressursstudier. Bergen, Norway.

Briggs, J.C. 1974. Marine Zoogeography. Mc Graw-Hill Book Co.

Brookfield, H.C. 1990. "An Approach to small island." In Sustainable development and Enviromental Management of Small Island (W. Beller, P d'Ayala and P. Hein). Man and the Biosphere Series – UNESCO. The Parthenon Publishing Group Ltd, Casterton Hall, Camforth.

Dahuri, R. 1993. "Trend Kerusakan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan." Makalah Diskusi Pembangunan Lingkungan pada Pelita VI. Kerja sama BAPPENAS RI, Kantor Menneq LH RI dan Lembaga Penelitian IPB Bogor.

Dahuri, R. 2002. Membangun kembali Perekonomian Indonesia Melalui Sektor Perikanan dan Kelautan. Lembaga Informasi dan Studi Pembangunan Indonesia (LISPI), Jakarta.

Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting, dan M.J. Sitepu. 1996. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT Pradnya Paramitha. Jakarta.

Dahuri, R., V.P.H. Nikijuluw, dan L. Andrianto. 1995. Studi Pengembangan Kebijakan Ekonomi Lingkungan. Kerjasama Kantor Menneq. LH dan PPLH IPB, Bogor.

Dahuri, R. 2003. Keanekaragaman Hayati Laut : Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Den Hartog, C. 1970. The Seagrasses of The World. North Holland Publishing Co, Amsterdams.

Dermawan, A. 2002. "Marine Turtle Conservation and Management in Indonesia." Paper presented at Marine Turtle Symposium, Hawaii.

DGF. 1995. Fisheries Statistic of Indonesia Year 1993. Directorate General of Fisheries, Jakarta.

Dwiponggo, A. 1991. "Masalah Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Laut Bagi Pemanfaatan Berkelanjutan." Pidato Pengukihan Ahli Peneliti Utama Balitbang, Departemen Pertanian, Bogor. Mimeograph.

Ekman, S. 1953. Zoogeography of The Sea. Sidgwick & Jackson, London.

Halim, A. 2001. “ Pengelolaan Limbah Cair Industri Pupuk Urea dengan *Porphyridium cruentum* dalam Upaya Pengelolaan Pencemaran Wilayah Pesisir.” Thesis Pasca Sarjana Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut. Program Pasca Sarjana IPB, Bogor.

Hutomo, M. 1978. “ Ikan-Ikan di Muara Sungai Karang : Suatu Analisa Pendahuluan tentang Kepadatan dan Struktur Komunitas.” *Oseanologi di Indonesia*, 9: 13-28.

Hutomo, M. 1985. “Telaah Ekologik Komunitas Ikan pada Padang Lamun (Seagrass, Anthophyta) di Perairan Teluk Banten.” Disertasi Doktor Fakultas Pasca Sarjana IPB, Bogor.

Juliani, C.I. 2012. Identifikasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Aktif dari Mikro Alga *Chlorella pyrenoidosa* (INK) dengan KGSM. Skripsi Farmasi, FMIPA-ISTN. Jakarta

Kiswara, W., M.H. Azkab, L.H. Purnomo. 1997. “Komposisi Jenis dan Sebaran Lamun di Kawasan Laut Cina Selatan.” Dalam Atlas Oseanologi Laut Cina Selatan. LIPI-P3O, Jakarta, pp. 123-134.

Latole, M. 2012. Uji Aktivitas Ekstrak Diklorometana dari Mikro Alga *Tetraselmis chuii* terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* serta Uji Identifikasi Kandungan Kimia secara KGSM. Skripsi Farmasi, FMIPA-ISTN. Jakarta

Linawati, 1998. “Marine Biotechnology : Opportunities and Challenges for Sustainable Development of Coastal and Marine Resources.” Paper in Workshop on Marine Biotechnology : 16 – 20 February 1998. Center for Coastal and Marine Resources Studies, Bogor.

Meadows, P.S. and J.I. Campbell. 1998. An Introduction to Marine Science. 2nd edition. Blackie Academic & Professional, London.

Moosa, M.K. dan I. Aswandy. 1994. “Krustasea dari Padang Lamun di Perairan Lombok Selatan.” Dalam Struktur Komunitas Biologi Padang Lamun di Pantai Selatan Lombok dan Kondisi Lingkungannya (W. Kiswara, M.K. Moosa, dan L.M. Hutomo, Eds.). P3O LIPI, Jakarta.

Nontji, A. 1987. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan, Jakarta.

Norse, A. 1993. Marine Biological Diversity Strategy and Action Plan. Center For Marine Conservation, Wahington DC.

Nybakken, J.W. 1986. Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologi. (Penerjemah : M. Eidman ; Koesobiono ; Dietrich ; Hutomo ; dan Sukardjo). PT. Gramedia, Jakarta.

Prager, E.J. and S.A. Earle. 2000. The Ocean. Mc Graw – Hill. Montreal.

Pratiwi, D.N. 2012. Pengaruh Perendaman Asam Cuka Terhadap Penurunan Kadar Pb dan Cu dalam Kerang Hijau (*Perna viridis*) dari Muara Angke Jakarta Utara. Skripsi Farmasi, FMIPA-ISTN. Jakarta.

Rachmansyah, M.A. 2012. Identifikasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Aktif dari Mikro Alga *Dunaliella salina* dengan KGSM. Skripsi Farmasi, FMIPA-ISTN. Jakarta.

Setiawan, B. 1994. “Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati sebagai Sumber Genetik bagi Bioindustri.” Dalam Lokakarya Nasional Keanekaragaman Hayati Tropik Indonesia: 3 – 5 November 1994. Dewan Riset Nasional, Jakarta.

Shang hao Li. 1988. “Cultivation and Application of Micro Algae in People’s Republic of China.” In Algal Biotechnology (Stadler, Eds). Elsevier Applied Science, London.

Scheuer, P.J. 1994. Produk Alami Lautan : Dari Segi Kimiawi dan Biologi. Penerjemah : Koensoemardiyah. Academic Press Inc. New York.

Soerawidjaja, T.H. 202. Produk-produk kimia potensial dari laut. Catatan Seminar, Departemen Teknik Kimia dan Pusat Penelitian Material dan Energi, ITB. 6p.

Thayib, S.S. dan HRazak. 1988. “Pengamatan Kandungan Bakteri Indikator, Logam Berat dan Pestisida di Perairan Ambon, Teluk Banten dan Teluk Jakarta.” Dalam Perairan Indonesia: Biologi, Budidaya, Kualitas Perairan dan Oseanografi. (M.K. Moosa, D.P. Praseno dan Sukarno, Eds.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI, p: 124 – 131.

Wiadnyana, N.N. 1996. “Microalgae Bahayanya di Perairan Indonesia.” Dalam Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, No 29: 1 – 13. P3O dan P3LIPI, Jakarta.

Wardani, M.D. 2012. Pengaruh Perendaman Perasan Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap Penurunan Kadar Logam Pb dan Cd dalam Udang Putih (*Penaeus merguensis*) dari Muara Angke Jakarta Utara. Skripsi Farmasi, FMIPA-ISTN. Jakarta.

DAFTAR ISTILAH

Air ballast (ballast water): air penyeimbang berat yang ada di bagian bawah palka kapal besar.

Anemon (anemone): Anemon laut adalah hewan dari kelas Anthozoa yang hidup sebagai polip soliter. Lihat polip. Anemon laut hidup menempel di substrat batuan, cangkang kerang, juga di pasir dan lumpur. Anemone hidup bersimbiosis dengan ikan anemone yang dikenal dengan clown fish (Amphiprion) dan kepiting hermit (Pagurus). Anemone berbiak dengan cara seksual, melepaskan telur dan sperma ke kolom air; ia juga dapat berbiak dengan cara aseksual, dengan cara membelah diri.

Biomass (biomass) : massa total (pada waktu tertentu) dari satu atau lebih jenis organisme persatuan luas. Biomass komunitas adalah massa total semua jenis organisme hidup persatuan luas.

Bloom: suatu proses peningkatan jumlah fitoplankton atau plankton benthik secara cepat dalam suatu daerah tertentu.

Demersal (demersal): ikan-ikan (termasuk krustasea atau cephalopoda) yang dapat berenang, tetapi banyak hidup di dekat atau sekitar dasar.

Detritus: salah satu sumber makanan utama di dalam ekosistem pesisir dan lautan, yang terdiri dari sisa-sisa bahan organik tumbuhan dan hewan yang berukuran mikroskopik dan berasosiasi dengan bakteri.

El Nino: gangguan regional atau global laut – atmosfer yang dimanifestasikan dalam iklim lingkungan, kenaikan permukaan suhu air laut di perairan tropis Pasifik Timur, sampai pola gangguan hujan yang tak teratur.

Endemik (endemic): asli atau terbatas hanya ada di lokasi geografis tertentu atau spesifik. Contoh, babi rusa hanya ada di Sulawesi.

Genera (bentuk tunggal – genus ; padanan bahasa Indonesia - marga) : suatu tingkat kelompok taksonomi yang ada di bawah kelompok family yang memiliki satu atau lebih jenis (spesies). Contoh, ikan mas (Cyprinus) adalah satu marga dari family ikan. Lihat juga Klasifikasi Linnean.

Hermatipik (hermatypic): lihat karang.

Juvenil (juveniles): hewan (ikan, udang, kerang, dsb.) yang belum mencapai tingkat kematangan seksual (sexual maturity). Lawan dari stadia juvenile adalah stadia dewasa.

Karang (coral): karang memiliki beberapa arti, namun biasanya digunakan untuk klasifikasi hewan dalam Order Scleractinia, yaitu hewan yang memiliki kerangka kapur yang keras. Order Scleractinia dibagi ke dalam karang pembentuk terumbu (reef) dan karang bukan pembentuk terumbu. Sebagian besar karang pembentuk terumbu adalah hermatipik yang bersimbiosis dengan alga mikro, zooxanthellae, yang hidup di jaringan polip karang sehingga membutuhkan cahaya matahari untuk hidup. Sedangkan karang bukan pembentuk karang (ahermatipik) tidak bersimbiosis dengan microalgae dan biasanya hidup di laut yang dalam.

Logam berat (heavy metal): unsur logam yang memiliki densitas relative terhadap air tawar lebih besar dari 5, seperti raksa (Hg), timah hitam (Pb), cadmium (Cd), chromium (Cr), tembaga (Cu), nikel (Ni), dan seng (Zn). Istilah logam berat banyak digunakan untuk menunjukkan unsure logam pencemar lingkungan. Namun istilah logam berat yang selama ini di dasarkan pada sifat fisiknya saja, dalam beberapa tahun terakhir telah diganti berdasarkan klasifikasi sifat kimia, yaitu (kelas A- unsure pencari oksigen dalam proses reaksi kimianya seperti Ca, Mg, Mn, dan K; kelas B- unsure pencari belerang seperti Cd, Cu, Hg, dan Ag; kelas peralihan seperti Zn, Pb, Fe, Cr, Ni, As). Pendekatan ini lebih logis, karena ada beberapa logam yang tidak termasuk 'logam berat' namun dapat menjadi pencemar lingkungan yang berbahaya. Sebagai contoh logam aluminium (Al) memiliki densitas hanya 1,5, namun unsure ini merupakan pencemar yang berbahaya di perairan danau yang kondisinya asam; di mana Al akan terlarut dan menjadi racun bagi hewan.

Makrofauna (macrofauna): hewan yang berukuran lebih besar dari 0,5 milimeter, seperti kerang, siput, dan barnakel.

Miofauna (mieofauna): hewan berukuran antara kira-kira 0,1 sampai 0,5 milimeter yang hidup di permukaan atau dalam sedimen. Miofauna merupakan kelas ukuran transisi dari mikrofauna ke makrofauna. Termasuk dalam kelompok miofauna adalah invertebrate kecil seperti copepoda, ostracoda, tubelaria.

Mikrofauna (microfauna): hewan yang berukuran lebih kecil dari 0,05 milimeter, seperti bakteri dan protista.

Pelagic, pelagis (pelagic): organisme yang berenang bebas (nekton) atau melayang (planktonik) yang hidup secara luas di kolom air laut terbuka (oceanic pelagic) atau paparan continental (neritic pelagic), dan tidak pernah hidup di dasar. Seperti, ikan tuna.

Polip (polyp): satu rancang tubuh seperti anemone laut berbentuk silinder dengan bagian pangkal menempel ke substrat dan ujungnya yang berupa mulut dan tentakel tegak ke atas.

Ruaya (migration): pergerakan secara teratur suatu populasi hewan dari satu lokasi ke lokasi lain, terutama berkaitan dengan daerah pemijahan hewan tersebut. Contoh, ruaya populasi ikan sidat muda menuju perairan tawar, dan ruaya kembali ikan sidat dewasa ke laut lepas untuk memijah.

Spesies asing (alien species, disebut juga introduced species, exotic species, dan nonindigenous species): suatu spesies yang secara sengaja atau tidak sengaja dibawa oleh manusia ke suatu lokasi baru tersebut. Contoh, ikan Lo Han dari Malaysia.

Surfaktan (surfactant): kependekan dari surface-active agent; adalah bahan kimia yang memodifikasi hubungan antara dua permukaan zat cair atau antara zat cair dan zat padat, sehingga memfasilitasi dan mempercepat proses penyebaran dan penetrasi. Contoh, sabun dan deterjen merupakan jenis surfaktan yang mengurangi tegangan permukaan.

Termoklin (thermocline): suatu lapisan masa air yang bersifat permanen yang terdapat di laut dan danau yang menunjukkan penurunan suhu secara drastis dan memisahkan lapisan massa air yang lebih hangat (epilimnion) di bagian atas dan lapisan massa air yang lebih dingin (hypolimnion) di bagian bawah.

Upwelling : proses penaikan massa air yang kaya dengan unsure hara (nutrien) yang ada di lapisan dasar laut ke lapisan permukaan.

Waktu paro (half - life): waktu yang diperlukan separo dari atom-atom dalam bahan radioaktif untuk mengalami peluruhan atau pengurangan. Waktu paro biologis adalah waktu yang diperlukan bahan radioaktif yang diserap oleh organisme untuk menjadi separo (0,5) dari jumlah awalnya melalui proses eliminasi secara alami.

Zooxanthellae: kelompok algae coklat bersel tunggal yang di kenal sebagai dinoflagelata yang bersimbiosis dengan polip karang.

INDEKS

<p>A Abisal 22,88,91,93 Afotik 20,22,88,89 Ahermatipik 29 Alel 4, 11 Artisanal fishery 83 Atol</p>	<p>I Ikan terbang Aikan terubuk Indo – Malaysia Indo – Polinesia Insulin Integrasi spasial IUCN J Jasa lingkungan Juvenile K Kapasitas asimilasi Karotenoid Kawasan konservasi Keanekaragaman ekosistem Keanekaragaman genetic Keanekaragaman spesies Kegagalan pasar Kepemilikan Keragenan Khlorofil Konfersi hukum laut Konvensional</p>	<p>U UNCLOS Upwelling V Vent W Wawasan nusantara Wilayah Asia Timur Willingness to pay, WTP Z Zona Celah Galapagos Zona Ekonomi Eksklusif Zooxanthellae</p>
<p>B Background value Barrier reef Batch culture Batial Batipelagik Bequest value Bioaktif Biofouling Biokatalis Biological oxygen demand Bioluminesens Biopigmen Biopolisakarida Bioproses Bioreactor Bioturbasi Black smoke Bleaching</p>	<p>L Laguna Segara Anakan Land based pollution Land based aquaculture Laut dalam Laut terbuka Limbah domestic Limbah industry Limbah industry Limbah pertanian Lina Blue Logam berat Long shore current</p>	

Blooming		
C Cadmium Chemical oxygen demand Chemoautotrof Chlorofluorocarbon (CFC) Ciguatera fish poisoning Cites Community based management Continuous culture Cyclone	M Magnifikasi biologis Mangrove Marine based aquaculture Maximum sustainable yield Mega biodiversity Mesopelagik Metabolit primer Metabolit sekunder Mikroalga Mutasi	
D Daerah resapan Data base Daya dukung Degenerative Degradasi lingkungan Deklarasi Djuanda Desentralisasi Detrital food chain Detritus Diarhetic shellfish poisoning Diatom Diamethyl sulfide Dinoflagellata Diseconomies of scale Dugong	N Net present value Nursery ground Nutrient O Ocean based pollution Omega-3 Open access Aption value Overfishing Ozon	
E Ecoton Ecotone El Nino Endapan massif Endemic Epipelagik Estuaria Eufotik Eurihalin Eutrofikasi Existence value	P Panglima Laot Paralitic shellfish poisoning Patch reef Payaos Pelecypoda Perairan lepas pantai Perairan pantai Perairan terbuka Perikanan demersal Persentase penutupan Phycocyanin Plasma nutfah Pole and line Pompa biologis Potensi lestari Pranata social Produktivitas	

	Produksi primer	
F Feedbatch culture Fiksasi Fish aggregating device Fishing ground Fringing reef	R Rantai makanan Recharge area Red tide Rekayasa genetik Resource depletion Resource pollution Restorasi habitata Rhizoma Rumput laut Rumput laut	
G Gastropoda Gaya coriolis GBHN Gen Genetic drift GIS Global climate change Gosong Grazing Guanine	S Sargassum Seagrass Seaweeds Sentralisasi Sertifikat lingkungan Showa Maru Showa-Shell Petrol Silvofisheries Sirkulasi air Sitosin Small island Sonneratia Spirulina Stakeholder Stenohalin Stratosfer Streptococcus Surfing Suatainable development	
H Hadal Harmful algae bloom Hermatipik Hipotesis luas Hipotesis permanen Hipotesis stabilitas waktu Hukum adat Sasi Hydrothermal vents	T Takabonerate Taman nasional laut Tambak Tambak Tangkap lebih Tekanan hidrostatik Tekanan osmotic Teknologi rekombinan Teori permanen Termoklin Terrestrial Thalassia Timah hitam Tsunami	

P R A K A T A

Upaya melindungi dan mengelola keanekaragaman hayati laut saat ini merupakan hal yang sangat penting. Hal ini dapat dilakukan melalui pengurangan dampak negatif yang timbul dari aktivitas manusia terhadap ekosistem utama wilayah pesisir dan lautan (seperti estuaria, mangrove, padang lamun, terumbu karang, dan pantai). Mengendalikan pencemaran, mengurangi tangkap lebih, dan meningkatkan perlindungan terhadap ekosistem utama merupakan suatu langkah yang mengarah kepada pemanfaatan keanekaragaman hayati laut secara lestari. Harapan penulis naskah buku ajar ini dibuat untuk masyarakat umum untuk ikut peduli terhadap kondisi laut kita saat ini, walaupun naskah buku ini dapat digunakan bagi mahasiswa Program Sarjana Farmasi atau Biologi dalam mata kuliah Keanekaragaman Hayati untuk semester 6 (enam). Naskah buku ini dibuat dalam rangka memenuhi referensi sebagai bahan penunjang dalam menyusun tugas akhir. Buku ajar ini memiliki kelebihan dari buku teks lain sejenis karena dilengkapi ilustrasi atau gambar-gambar menarik, contoh soal, rangkuman di setiap babnya dan menggunakan bahasa yang mudah dipahami.

Semakin menipisnya ketersediaan sumber daya alam daratan yang dapat digunakan untuk menunjang pelaksanaan pembangunan dewasa ini, maka kita perlu menengok kepada ketersediaan sumber daya alam lautan yang begitu kaya akan keanekaragaman ekosistem, spesies dan genetika lautnya. Manfaat yang diperoleh dari wilayah pesisir dan laut tidak hanya berupa produksi perikanan dan hasil laut lainnya, tapi juga berupa jasa ekologis dan keindahan yang dimilikinya. Kekayaan keanekaragaman hayati laut yang sangat tinggi (*mega biodiversity*) yang dimiliki Indonesia merupakan asset berharga untuk pengembangan penelitian bioteknologi, dengan memanfaatkan biota laut dalam menghasilkan produk dan jasa yang bermanfaat bagi manusia dan lingkungan. Manfaat langsung antara lain untuk bahan baku pangan, industri farmasi, kosmetika dan biokatalis untuk pengembangan bioteknologi laut. Manfaat tidak langsung antara lain berkaitan dengan fungsi ekologis dan nilai estetika.

Naskah buku ini mengikuti kaidah penulisan terstruktur yang berisi bagian pertama tentang pendahuluan yang memuat definisi keanekaragaman hayati, klasifikasi dan fungsi. Pada bagian ke dua berisi tentang keanekaragaman ekosistem, spesies dan

genetika laut. Pada bagian ke tiga berisi tentang kekayaan yang ada dalam keanekaragaman hayati laut Indonesia. Bagian ke empat tentang manfaat dan nilai ekonomi dari keanekaragaman hayati laut. Bagian ke lima tentang beberapa penyebab laut kita rusak dan di akhir bagian merupakan hasil-hasil penelitian yang melibatkan keanekaragaman hayati laut Indonesia.

Akhirnya melalui naskah buku ini, penulis mengharapkan seluruh mahasiswa khususnya dan masyarakat pada umumnya yang peduli tentang keberadaan laut Indonesia dapat memperoleh manfaat. Semoga Terimakasih.

Jakarta, April 2024

Penulis

Dr.apr. Subaryanti, M.Si

UCAPAN TERIMA KASIH

Keinginan untuk menulis sebuah buku tentang keanekaragaman hayati laut Indonesia sebenarnya sudah lama muncul dalam sanubari saya. Semangat ini didorong karena saya melihat banyak sekali penelitian (baik Lembaga Penelitian maupun mahasiswa) sudah mulai memanfaatkan laut sebagai objek penelitiannya.

Terimakasih penulis ucapkan kepada Prof. Dr. Ir. Rokhmin Dahuri, MS yang telah menginspirasi penulis dalam bukunya KEANEKARAGAMAN HAYATI LAUT : Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia, Prof. I Nyoman K. Kabinawa selaku Kepala Laboratorium Mikroalga Air Tawar, Bidang Bioproses Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Cibinong beserta Dra. Kusmiati, MSi dan Dra. Ni Wayan Sri Agustini. Dr. Zaenal Abidin, Drs. Barokah Aliyanta, M.Eng, Dr. June Mellawati, MSi dan Dra. Winarti Andayani, MSi dari Laboratorium Bahan Pangan, Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR), Badan Teknologi Nuklir Nasional (BATAN), Jakarta. Dr. drh, Hardiman, MM beserta Prof.(r) drh. Darmono, MSc dari Balai Besar Penelitian Veteriner (BBALITVET), Bogor, yang telah mendukung dan mengizinkan penelitian serta membantu penulis dalam menyediakan informasi di lapangan. Ucapan terima kasih saya sampaikan pula kepada para mahasiswa yang telah berkontribusi dalam pembuatan naskah buku ajar ini, juga kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Jakarta, yang telah memberi kesempatan kepada saya untuk mengikuti Program Hibah Penulisan Buku Ajar Perguruan Tinggi Tahun 2014.

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
I PENDAHULUAN	1
II APAKAH KERAGAMAN HAYATI ITU ?	6
2.1. Keragaman Ekosistem	7
2.2. Keragaman Spesies	9
2.3. Keragaman Genetika	9
III KEKAYAAN APA SAJA YANG ADA DALAM KERAGAMAN HAYATI LAUT ?	11
3.1. Ekosistem Pesisir	11
3.1.1. Terumbu Karang	11
3.1.2. Padang Lamun	26
3.1.3. Rumput Laut	30
3.1.4. Hutan Mangrove	38
3.1.5. Estuaria	43
3.1.6. Pantai	50
3.1.7. Pulau-Pulau Kecil	52
3.2. Ekosistem Laut Terbuka	54
3.3. Ekosistem Bentik Laut Jeluk	56
3.4. Sumber Daya Hayati Laut	58
3.4.1. Keragaman Spesies Ikan	59
3.4.2. Keragaman Spesies Krustasea	65
3.4.3. Keragaman Spesies Moluska	67
3.4.4. Keragaman Spesies Ekhinodermata	69
3.4.5. Keragaman Spesies Sponge	74
3.4.6. Keragaman Spesies Mamalia Laut	77
3.4.7. Keragaman Spesies Reptil Laut	81

3.5. Keragaman Genetika Biota Perairan	84
I MANFAAT DAN NILAI EKONOMI KERAGAMAN HAYATI	
V LAUT	89
..	
4.1. Produk dari Laut	89
4.1.1. Sumber Bahan Baku Pangan	89
4.1.2. Sumber Bahan Baku Industri Farmasi dan Kosmetika	96
4.1.3. Sumber Plasma Nutfah	99
4.2. Jasa-Jasa Lingkungan Laut	10
	0
4.2.1. Pengatur Ekologis	10
	0
4.2.2. Pengatur Iklim Global	10
	2
4.2.3. Sumber Keindahan dan Pariwisata	10
	7
4.2.4. Sumber Inspirasi dan Gagasan	11
	0
4.3. Bioteknologi Kelautan	11
	1
4.3.1. Produk Bahan Alami dari Laut	11
	2
4.3.2. Pengendalian Pencemaran	11
	6
4.3.3. Pengendalian Biota Penempel	11
	8
4.3.4. Industri Akuakultur	11
	9
V MENGAPA LAUT KITA RUSAK ?.....	12
	2
5.1. Ancaman Utama	12
	3

5.1.1. Overeksploitasi	12
	4
5.1.2. Teknik Penangkapan Ikan yang Merusak Lingkungan	12
	6
A. Alat Pengumpul Ikan	12
	6
B. Bahan Peledak, Bahan Beracun dan Pukat Harimau	12
	7
5.1.3. Pencemaran	12
	9
A. Sedimentasi	13
	2
B. Eutrofikasi	13
	2
C. Masalah Kesehatan Umum	13
	3
D. Pengaruh Terhadap Perikanan	13
	4
5.1.4. Introduksi Spesies Asing	13
	5
5.1.5. Konversi Kawasan Perlindungan Laut	13
	6
5.1.6. Perubahan Iklim Global dan Bencana Alam	13
	8
5.2. Apa Harapan Di Masa Depan ?.....	14
	1
5.2.1. Kependudukan dan Kemiskinan	14
	1
5.2.2. Tingkat Konsumsi Berlebihan dan Kesenjangan Sumber Daya Alam	14
	2
5.2.3. Kelembagaan dan Penegakan Hukum	14

	2
5.2.4. Rendahnya Pemahaman tentang Ekosistem	14
	3
5.2.5. Kegagalan Sistem Ekonomi	14
	4
V PENUTUP	14
I	8
DAFTAR PUSTAKA	153
DAFTAR ISTILAH	157
BIODATA PENULIS	160

DAFTAR TABEL

1	Karakteristik rumput laut pada masing-masing kelas	32
2	Zona laut jeluk	58
3	Keragaman hayati beberapa jenis biota laut	59
4	Beberapa jenis ikan penting di Indonesia	60
5	Beberapa ikan pelagis kecil dan besar di Indonesia	64
6	Beberapa jenis udang, kepiting dan kerabatnya di Indonesia	65
7	Beberapa spesies Moluska yang terdapat di perairan Indonesia	68
18	Keragaman spesies Echinodermata	70
9	Spesies echinodermata yang memiliki nilai niaga	70
10	Beberapa jenis ikan paus	78
11	Status ikan paus menurut IUCN	79
12	Kandungan omega-3 pada beberapa jenis ikan	92
13	Komposisi senyawa organik rumput laut asal Sumatera	93
14	Jenis-jenis polisakarida dalam rumput laut	94
16	Kandungan vitamin dari <i>Spirulina platensis</i>	96
17	Berbagai produk alga mikro	98
18	Dosis lethal (LD50) saxitoksin dalam berbagai hewan	114
19	Kandungan agar dan karagenan beberapa alga	115

DAFTAR GAMBAR

1	Terumbu karang	14
2	Padang lamun	27
3	Berbagai hewan yang hidup di padang lamun	29
4	Macam-macam rumput laut	30
5	Algae Hijau (Chlorophyta atau Chlorophyceae)	34
6	Makanan dan minuman yang berasal dari rumput laut	36
7	Algae Merah (Rhodophyta atau Rhodophyceae)	37
8	Algae merah jenis Eucheuma cottonii dapat menghasilkan karagenan	37
9	Hutan bakau atau mangrove	39
10	Zonasi penyebaran jenis pohon mangrove	40
11	Beberapa jenis tumbuhan yang biasa hidup di hutan mangrove	41
12	Kepiting mangrove	42
13	Komunitas dalam hutan mangrove	43
14	Diagram ilustrasi penyebaran fauna di ekosistem mangrove	43
15	Stratifikasi estuary	45
16	Pantai berpasir	51
17	Pantai berbatu	52
18	Jenis-jenis udang	66
19	Jenis-jenis kepiting	67
20	Keong, kerang dan cumi-cumi sebagai kelas Moluska	68
21	Beberapa jenis gurita	69
22	Teripang (timun laut/gamat)	71
23	Teripang yang sudah kering dan teripang olahan	74
24	Bunga karang (Sponge)	75
25	Struktur spongouridin, spongotimidin dan adociaquinon –B	76
26	Beberapa spesies ikan paus	79
27	Berbagai spesies penyu	82
28	Buaya air asin	83
29	Ular laut	84

30	Ikan <i>Latimeria menadoensis</i>	87
31	Ikan <i>Latimeria chalumnae</i>	88
32	Beberapa spesies ikan salmon	91
33	<i>Spirulina</i>	95
34	Gambaran peningkatan suhu rata-rata di bumi	103
35	Proses umpan balik akibat penguapan air	105
36	Objek wisata bahari	108
37	Objek wisata diving	109
38	Makanan dan obat-obatan dari produk bahan alami laut	113
39	Obat-obatan yang berasal dari bulu babi	113
40	Pencemaran wilayah laut dan pesisir	116
41	Buah dan tanaman belimbing wuluh	117
42	Spesies <i>Ulva fasciata</i>	118
43	Spesies <i>Zostera marina</i>	119
44	Kegiatan akuakultur biota laut di darat	119
45	Kegiatan akuakultur	121
46	Pencemaran di wilayah laut dan pesisir	123
47	Spesies ikan yang kini sudah punah	125
48	Alat pengumpul ikan FAD	127
49	Pengeboman ikan yang dapat merusak lingkungan	128
50	Ikan-ikan yang hampir punah	128
51	Pukat harimau	129

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan pengertian keanekaragaman hayati
2. Menjelaskan fungsi keanekaragaman hayati
3. Menentukan cara-cara melindungi keanekaragaman hayati
4. Mengklasifikasikan keanekaragaman hayati
5. Memberikan contoh keanekaragaman hayati laut

Secara global, laut meliputi dua pertiga dari seluruh permukaan bumi dan menyediakan sekitar 97% dari keseluruhan ruang kehidupan di bumi. Lebih dari itu, laut telah membentuk dan mendukung keberadaan serta kehidupan umat manusia di bumi sejak munculnya makhluk hidup pertama dari laut.

Interaksi dinamis antara laut dan udara menentukan pola iklim dunia, dan sistem pergerakan arus laut turut memelihara keseimbangan suhu bumi sehingga cocok untuk kehidupan makhluk hidup, melalui proses biogeo-fisik-kimiawi, sejumlah deposit minyak bumi, gas alam, timah, bijih besi, bauksit, mangan, emas, fosfor, dan mineral lain tersimpan di dasar laut.

Perairan laut merupakan tempat kehidupan bagi beranekaragam dan berjuta-juta makhluk hidup (organisme), mulai dari yang tak terlihat mata (mikroskopik) seperti bakteri, sampai makhluk hidup terbesar di dunia berupa ikan paus biru (*Blue Whale*). Ketersediaan berbagai ragam organism laut yang berlimpah ini telah dimanfaatkan oleh manusia melalui kegiatan perikanan tangkap, perikanan budi daya (*mariculture*), dan ekstraksi bahan-bahan bioaktif (*bioactive substances*) seperti Omega-3, Squalence, polisakarida dan biopigmen untuk bahan pangan dan minuman, industri farmasi dan kosmetik.

Kolom air permukaan laut juga dipenuhi oleh fitoplankton (*microalgae*) dan berbagai flora lain, sehingga berfungsi menyediakan oksigen serta, pada saat

yang sama, menyerap CO₂ (*carbon sink*) melalui proses fotosintesis yang dapat menghambat terjadinya pemanasan global (*global warming*).

Perbedaan suhu air laut, pasang surut, gelombang, dan angin yang berhembus di atas permukaan laut memiliki potensi yang sangat besar sebagai sumber energy, yang hingga kini belum diperhatikan di Indonesia, padahal negara-negara lain, seperti Denmark, Jerman, Perancis, Kanada, Amerika Serikat, Thailand dan Tahiti, telah memanfaatkannya.

Peluang untuk menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan perbedaan suhu air laut di lapisan permukaan dan di lapisan bawah yang dikenal dengan OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*) sudah dikaji oleh BPPT di Selatan Bali sejak akhir 1980-an, namun sekarang kegiatan tersebut terhenti.

Panorama laut yang indah, di pantai dan di bawah laut akhir-akhir ini menjadi tujuan rekreasi dan pariwisata yang semakin digandrungi oleh wisatawan domestik maupun asing. Laut juga telah digunakan oleh manusia sebagai medium transportasi sejak zaman purbakala. Kegiatan penelitian dan pendidikan juga banyak mengambil obyek di laut. Keunikan laut Indonesia yang dilintasi garis khatulistiwa (*equator*) menarik begitu banyak ahli kelautan dunia untuk mengkaji fenomena dan dinamika kelautan yang berpengaruh terhadap nasib ekosistem global.

Sejarah telah membuktikan bahwa penguasaan laut sangat menentukan kekuatan pertahanan dan keamanan suatu negara (*Who command the sea, command the world*). Singkat kata, tanpa laut tidak mungkin ada bumi dan kehidupan seperti yang kita saksikan sekarang ini.

Meskipun peran laut bagi kesejahteraan dan kelangsungan hidup manusia, sebagaimana diuraikan di atas, begitu penting dan menentukan, namun pengetahuan kita, khususnya bangsa Indonesia, tentang laut masih sangat dangkal. Di samping berbagai kegiatan penelitian tentang kelautan yang cukup meningkat di abad terakhir, umat manusia sampai saat ini baru melakukan eksplorasi kurang dari 5% laut dunia.

Diperkirakan sekitar 1-50 juta spesies biota laut dunia hingga kini belum teridentifikasi (Prager dan Earle, 2000). Oleh karena itu, wajar bila kita bangsa Indonesia masih belum optimal memanfaatkan kekayaan laut. Cara-cara kita mendayagunakan sumber daya kelautan belum efisien atau acap kali bersifat merusak kelestariannya, sehingga tanda-tanda kerusakan lingkungan telah tampak di berbagai kawasan laut dunia. Meskipun belum separah kerusakan lingkungan di darat, namun gejala pencemaran, *overfishing* (tingkat/intensitas penangkapan ikan melampaui kemampuan pulihnya), dan degradasi fisik habitat utama laut pesisir (seperti terumbu karang, hutan mangrove, dan estuaria) di beberapa kawasan laut dunia telah mencapai tingkat yang dapat mengancam kapasitas keberlanjutan (*sustainable capacity*) ekosistem laut untuk mendukung kehidupan manusia.

Sebagai Negara kepulauan terbesar di dunia, wilayah daratan di Indonesia (1,9 juta km²) tersebar pada sekitar 17.500 pulau yang disatukan oleh laut yang sangat luas (\pm 5,8 juta km²). Panjang garis pantai yang mengelilingi daratan \pm 81.000 km, yang merupakan garis pantai tropis terpanjang kedua di dunia setelah Kanada.

Secara geografis kepulauan dan perairan Indonesia terletak di antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia; dan antara Benua Asia dan Australia, termasuk di dalamnya Paparan Sunda di bagian barat dan Paparan Sahul di bagian timur. Wilayah pesisir dan lautan Indonesia memiliki keanekaragaman hayati tertinggi di dunia (*Megabiodiversity*).

Tingginya keanekaragaman hayati tersebut bukan hanya disebabkan oleh letak geografis yang sangat strategis, melainkan juga dipengaruhi oleh faktor seperti variasi iklim musiman, arus atau massa air laut yang dipengaruhi oleh massa air dari dua Samudera, serta keragaman tipe habitat dan ekosistem yang terdapat di dalamnya.

Keanekaragaman hayati yang dijumpai di wilayah pesisir dan lautan terdiri dari tiga tingkatan, yaitu keragaman genetika, spesies dan ekosistem. Pengertian keanekaragaman spesies sudah umum dipahami, namun keanekaragaman genetika dan ekosistem kurang banyak dikenal, baik oleh masyarakat luas maupun para

pengambil kebijakan. Oleh karena itu, pengertian keanekaragaman hayati dan nilai manfaatnya baik secara ekonomi, sosial, budaya dan estetika perlu memperoleh perhatian serius, agar strategi pengelolaan keanekaragaman hayati pesisir dan laut sesuai dengan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*).

Keanekaragaman hayati pesisir dan lautan Indonesia hadir dalam bentuk ekosistem terumbu karang, mangrove, padang lamun, estuaria, pantai, laut terbuka dan laut jeluk (laut dalam). Berbagai ekosistem tersebut saling berhubungan secara sinergis melalui aliran arus air dan migrasi biota. Masing-masing ekosistem tersebut dihuni oleh berbagai macam spesies, baik yang bersifat endemik maupun kosmopolit.

Organisme yang dapat dijumpai di dalam ekosistem tersebut, antara lain kelompok bakteri, fungi, algae, moluska, krustasea, ikan, reptilia, dan tumbuhan laut. Dari berbagai macam spesies yang ada, kemudian dilahirkan individu-individu baru yang bervariasi secara genetika, baik di dalam maupun di antara individu-individu baru tersebut. Variasi genetika muncul karena setiap individu memiliki gen yang berbeda. Perbedaan bentuk dari suatu gen disebut *alel*, dan perbedaan ini timbul karena mutasi yang terjadi di dalam DNA (*Deoxyribo Nucleic Acid*) yang membentuk komponen-komponen individu kromosom.

Tingginya keanekaragaman hayati di wilayah pesisir dan lautan Indonesia, baik dalam bentuk keragaman genetika, spesies maupun ekosistem merupakan aset yang sangat berharga untuk menunjang pembangunan ekonomi di Indonesia. Hal ini erat kaitannya dengan fungsi keanekaragaman hayati yang dapat memberikan manfaat (*benefit*) bagi lingkungan dan kesejahteraan rakyat Indonesia, baik yang bersifat langsung (misalnya sumber bahan pangan dan minuman, obat-obatan, kosmetika, dan pupuk) maupun tidak langsung (seperti penahan ombak, daerah pemijahan, dan siklus nutrient). Setiawan (1994), menyebutkan bahwa keanekaragaman hayati di kawasan pesisir dan lautan berperan untuk menunjang kegiatan bioindustri, antara lain :

1. Industri pangan
2. Industri sandang
3. Industri papan
4. Industri pendidikan
5. Industri farmasi dan kosmetika
6. Industri energi
7. Industri komunikasi/informasi
8. Industri keamanan (*defense*), dan
9. Industri pariwisata

Mengingat keanekaragaman hayati laut adalah sumber daya alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) dan potensinya sangat besar, maka jika kita **mengelola** pemanfaatannya secara arif dan bijaksana, sumber daya ini dapat menjadi salah satu pilar pembangunan ekonomi nasional secara berkelanjutan, menuju Indonesia yang maju, makmur, mandiri, dan berkeadilan.

I.2. Rangkuman :

1. Keanekaragaman hayati adalah kekayaan hidup di bumi, jutaan tumbuhan, hewan dan mikroorganisme, genetika yang dikandungnya dan ekosistem yang dibangunnya menjadi lingkungan hidup (Definisi WWF-World Wild Foundation, 1989).
2. Fungsi keanekaragaman hayati laut antara lain sumber bahan pangan dan minuman, obat-obatan, kosmetika, pupuk, penahan ombak, daerah pemijahan dan siklus nutrien.
3. Keanekaragaman hayati laut dapat dilindungi dengan cara menjaga kelestariannya seperti mencegah pencemaran dari limbah/buangan zat berbahaya, intensitas penangkapan ikan yang bijaksana dan menjaga ekosistem laut.

I.3. Latihan Soal

1. Apa yang dimaksud keanekaragaman hayati ?
2. Sebutkan bahan bioaktif yang dihasilkan dari keanekaragaman hayati laut
3. Berikan contoh keanekaragaman hayati laut
4. Sebutkan manfaat langsung dan tidak langsung dari keanekaragaman hayati laut.

BAB II

APAKAH KEANEKARAGAMAN HAYATI ITU ?

2.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan pengertian keanekaragaman ekosistem, spesies dan genetika
2. Memberikan contoh keanekaragaman ekosistem, spesies dan genetika
3. Menentukan cara menjaga ke tiga ekosistem tersebut
4. Merumuskan keberadaan keanekaragaman hayati laut di Indonesia

Keanekaragaman hayati (*biological diversity* atau *biodiversity*) merupakan istilah yang digunakan untuk menerangkan keanekaragaman ekosistem dan berbagai bentuk variabilitas hewan, tumbuhan, serta jasad renik di alam. Dengan demikian keanekaragaman hayati mencakup keanekaragaman ekosistem (habitat), jenis (spesies) dan genetika (varietas/ras).

Konvensi tentang Keanekaragaman Hayati (*Convention on Biological Diversity, CBD*) mendefinisikan bahwa keanekaragaman hayati sebagai variasi yang terdapat di antara makhluk hidup dari semua sumber termasuk di antaranya ekosistem daratan, lautan, dan ekosistem perairan lain, serta kompleks ekologis yang merupakan bagian dari keanekaragamannya. Hal ini mencakup keanekaragaman di dalam spesies, di antara spesies, dan ekosistem. Dengan demikian, definisi keanekaragaman hayati tersebut secara luas digunakan untuk tiga tingkatan dari organisasi biologi, yaitu keanekaragaman genetika, spesies dan ekosistem.

Mengingat pentingnya keanekaragaman hayati bagi hidup dan kehidupan manusia di permukaan bumi, upaya untuk melestarikannya sangat diperlukan. Konferensi tentang Lingkungan dan Pembangunan PBB di Rio de Janeiro tahun 1992 telah menghasilkan satu dokumen penting berupa Konvensi tentang Keanekaragaman Hayati (*CBD*) yang ditandatangani oleh 158 negara. Hingga tahun 2000, konvensi tersebut telah ditandatangani dan diratifikasi oleh 180 negara, termasuk Indonesia. Adapun tujuan dari konvensi tersebut adalah

melestarikan dan mendayagunakan secara berkelanjutan keanekaragaman hayati dan berbagai keuntungannya secara adil dan merata dari hasil pemanfaatan sumber genetika, melalui akses terhadap sumber genetika tersebut, alih teknologi yang relevan serta pembiayaan yang mencukupi dan memadai (KLH, 1997a, *dalam* Dahuri, 2003).

Indonesia dengan luas perairan laut 5,8 juta km² merupakan salah satu negara yang memiliki keanekaragaman hayati tertinggi dengan tingkat endemisme yang tinggi, khususnya di pulau Sulawesi, Papua, dan Mentawai. Dari segi keanekaragaman ekosistem, Indonesia memiliki paling tidak 42 ekosistem daratan dan 5 tipe ekosistem lautan. Pada tingkat spesies, keanekaragaman hayati laut Indonesia terdiri dari 12 spesies lamun, 30 spesies mamalia, 38 spesies mangrove, 210 spesies karang lunak, 350 spesies karang batu, 350 spesies gorgonia, 745 spesies ekhinodermata, 782 spesies algae, > 850 sponge, 1.502 spesies krustasea, > 2.006 spesies ikan, dan 2.500 spesies moluska (Soegiarto dan Polunin, 1981; Mossa dkk, 1996 *dalam* Dahuri 2003).

Jumlah masing-masing spesies tersebut akan terus bertambah sejalan dengan makin aktifnya kegiatan penelitian kelautan. Secara prosentase keseluruhan, pada saat ini Indonesia memiliki 27,2% dari seluruh spesies flora dan fauna yang terdapat di dunia. Diperkirakan 12,0% mamalia, 23,8% amfibi, 31,8% reptilia, 44,7% ikan, 40,0% moluska, dan 8,6% rumput laut dari seluruh spesies yang telah ditemukan di dunia terdapat di Indonesia.

2.2. Keanekaragaman Ekosistem

Makhluk hidup dalam kehidupan selalu melakukan interaksi dengan lingkungannya, baik dengan lingkungan abiotik maupun lingkungan biotik. Bentuk interaksi tersebut akan membentuk suatu sistem yang dikenal dengan istilah ekosistem. Di permukaan bumi susunan biotik dan abiotik pada ekosistem tidak sama. Lingkungan abiotik sangat mempengaruhi keberadaan jenis dan jumlah komponen biotik (makhluk hidup).

Wilayah dengan kondisi abiotik umumnya mengandung komposisi makhluk hidup yang berbeda. Kondisi lingkungan tempat hidup suatu makhluk hidup

sangat beragam. Keberagaman lingkungan tersebut biasanya dapat menghasilkan jenis makhluk hidup yang beragam pula. Hal demikian dapat terbentuk karena adanya penyesuaian sifat-sifat keturunan secara genetik dengan lingkungan tempat hidupnya.

Sebagai komponen biotik, jenis makhluk hidup yang dapat bertahan hidup dalam suatu ekosistem adalah makhluk hidup yang dapat berinteraksi dengan lingkungannya, baik dengan komponen biotik maupun komponen abiotiknya. Jika susunan komponen biotik berubah, bentuk interaksi akan berubah sehingga ekosistem yang dihasilkan juga berubah.

Ekosistem laut yang berada di kedalaman 0 – 100 meter akan berbeda dengan ekosistem laut yang berada di kedalaman 100 – 1000 meter. Sebagai contoh, ikan paus yang berada di bawah kedalaman lebih dari 1000 meter ini akan sulit hidup di kedalaman 0 – 100 meter. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan-perbedaan karakteristik lingkungan dari ekosistem tersebut.

Keanekaragaman ekosistem dapat dikenali melalui pengamatan terhadap lingkungan fisik, dimana lingkungan fisik yang berbeda melahirkan komunitas kehidupan yang berbeda. Sifat fisik, seperti suhu, kejernihan air, pola arus dan kedalaman air mempengaruhi komunitas yang hidup di dalamnya. Dengan demikian, kondisi fisik ekosistem merupakan hal yang sangat penting bagi timbulnya perbedaan keragaman organisme.

Perbedaan ekosistem tidak hanya terjadi dalam hal komposisi spesies atau komunitas, tapi juga berkaitan dengan struktur lingkungan fisiknya (termasuk struktur yang dihasilkan oleh organisme), misalnya, ekosistem estuaria, hutan *mangrove*, terumbu karang dan ekosistem laut jeluk memiliki komposisi, struktur dan fungsi yang sangat berbeda.

Ekosistem estuaria dengan hutan *mangrove* yang lebat dan luas cenderung memiliki produktivitas yang tinggi. Hal ini didukung oleh unsur hara (nutrien) yang terutama disuplai oleh detritus organik yang berasal dari luruhan daun *mangrove*.

Ekosistem terumbu karang, produksi karbon organik dari senyawa CO₂ melalui proses fotosintesis merupakan dasar ketersediaan nutrisi secara efisien. Berbeda dengan dua jenis ekosistem yang telah disebutkan tadi, ekosistem laut jeluk tidak memiliki produktivitas primer karena terbatasnya penetrasi cahaya yang dapat masuk ke lapisan bagian dalam.

2.3. Keanekaragaman Spesies

Keanekaragaman spesies (jenis) makhluk hidup merupakan tingkatan yang sangat mudah untuk dipahami. Keanekaragaman spesies laut sangat bervariasi berdasarkan lokasi. Briggs *dalam* Norse (1993) menyatakan bahwa variasi keragaman spesies ditentukan oleh 2 gradien geografi. *Pertama* posisi geografis, bahwa keanekaragaman spesies bervariasi di antara daerah tropis dan dingin (*temperate*).

Ekosistem laut tropis, misalnya terumbu karang dan padang lamun, keanekaragamannya sangat tinggi terutama untuk spesies moluska, kepiting dan ikan. Meskipun demikian ada pengecualian untuk keanekaragaman spesies bintang laut (*starfishes*) dan alga coklat dari ordo Laminariales (*kelps*), dimana keanekaragamannya justru dijumpai sangat tinggi di perairan dingin, seperti di Laut Pasifik di pantai Barat Kanada dan Amerika Serikat.

Berdasarkan posisi perairan, bahwa Perairan Indo-Pasifik Barat (khususnya daerah di antara Philipina, Indonesia, dan Australia Barat Laut) memiliki keanekaragaman yang paling tinggi di dunia. Selanjutnya di daerah Pasifik Barat dan Atlantik Barat tingkat keanekaragamannya sedang, dan tingkat keanekaragaman paling rendah terdapat di Atlantik Timur.

2.4. Keanekaragaman Genetika

Keanekaragaman genetika menjelaskan adanya variasi faktor-faktor keturunan di dalam dan di antara individu dalam suatu populasi. Variasi ini disebabkan oleh perbedaan susunan empat pasang basa dari asam nukleat (adenine, guanine, sitosin dan timin) yang berfungsi sebagai pembentuk kode genetika.

Variasi genetik baru, muncul akibat terjadinya mutasi gen dalam kromosom, dan pada organisme yang bereproduksi secara seksual, perubahan susunan basa tersebut dapat dilakukan melalui teknologi rekombinan. Individu-individu dari setiap populasi yang spesiesnya berkembang biak secara seksual lebih menyukai berpasangan dengan sesamanya daripada dengan individu pada populasi yang berbeda. Sebagai contoh, penyu hijau (*Chelonia mydas*) yang berasal dari perairan pantai Brazil dan Madagaskar tidak memiliki kemungkinan untuk mengadakan perkawinan silang. Oleh karena kedua populasi penyu tersebut memiliki keterbatasan dalam percampuran genetik, maka masing-masing populasi cenderung mengalami penyimpangan secara genetik yang disebabkan oleh mutasi, seleksi alam dan penghanyutan genetik (*genetic drift*).

Beberapa populasi dapat memiliki versi gen yang spesifik (*alel*), yang kemungkinan besar tidak dimiliki oleh populasi lain. Dengan kata lain, alel yang sangat jarang dimiliki oleh suatu populasi, kemungkinan berlimpah pada populasi yang lain. Sebagai contoh, perbedaan genetik di antaranya berkaitan dengan kemampuan adaptasi suatu organisme, dimana setiap organisme lebih menyukai berkembang biak dengan baik di bawah kondisi lokal yang spesifik.

Keanekaragaman genetika pada kenyataannya memiliki lebih dari satu tingkatan. Keanekaragaman genetika tidak hanya terjadi di antara populasi, tapi juga di dalam populasi. Keanekaragaman genetika di dalam populasi merupakan bahan dasar untuk evolusi. Populasi dengan keanekaragaman yang lebih tinggi lebih mungkin memiliki sedikitnya beberapa individu yang dapat bertahan terhadap perubahan lingkungan. Oleh karena perubahan lingkungan berlangsung cepat, maka pengelolaan terhadap keragaman genetika merupakan hal yang sangat penting, baik di dalam maupun di antara populasi, termasuk pada spesies yang penyebarannya luas.

Perbedaan genetik juga sangat penting bagi spesies yang dibudidayakan di laut, dengan harapan dapat menghasilkan sifat atau karakter yang diinginkan, dan hal ini merupakan basis bagi pertumbuhan industri bioteknologi.

2.5. Rangkuman

1. Keberagaman lingkungan menghasilkan jenis makhluk hidup yang beragam pula, hal ini terbentuk karena adanya penyesuaian sifat-sifat keturunan secara genetika dengan lingkungan tempat hidupnya.
2. Keanekaragaman spesies laut sangat bervariasi berdasarkan lokasi dan ditentukan oleh dua gradient geografi yaitu wilayah tropis dan dingin (temperate).
3. Perbedaan genetika sangat penting bagi spesies yang dibudidayakan di laut, dengan harapan dapat menghasilkan sifat atau karakter yang diinginkan, dan hal ini merupakan basis bagi pertumbuhan industri bioteknologi.

2.6. Latihan Soal.

1. Sebutkan tiga macam keragaman hayati
2. Berikan contoh keragaman hayati ekosistem, spesies dan genetika
3. Mengapa penyu hijau (*Chelonia mydas*) mengalami mutasi genetika ?
4. Sebutkan beberapa spesies yang hampir punah.

BAB III

KEKAYAAN APA SAJA YANG ADA DALAM KEANEKARAGAMAN HAYATI LAUT ?

3.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Mengklasifikasi ekosistem pesisir dan laut
2. Menyebutkan parameter pertumbuhan dari ekosistem pesisir dan laut
3. Merangkum peran ekosistem pesisir dan laut bagi kehidupan makhluk hidup

Kekayaan keanekaragaman hayati laut Indonesia tersebar di berbagai kawasan ekosistem pesisir dan lautan. Berbagai jenis biota telah beradaptasi dengan baik terhadap kondisi habitat di berbagai zona maupun tipe ekosistem. Dengan demikian keanekaragaman hayati yang ada di suatu ekosistem merupakan refleksi dari karakteristik fisik dan kimia (faktor-faktor abiotik) dari ekosistem tersebut.

3.2. Ekosistem Pesisir

Wilayah pesisir biasanya terdapat satu atau lebih sistem lingkungan (ekosistem) pesisir dan sumber daya pesisir. Berdasarkan sifatnya, dibagi dua yaitu alam dan buatan. Contoh yang alami antara lain terumbu karang (*coral reefs*), hutan mangrove (*mangrove forest*), padang lamun (*seagrass beds*), pantai berpasir (*sandy beach*), pantai berbatu (*rocky beach*), estuaria, laguna, delta dan pulau kecil. Sedangkan contoh ekosistem buatan antara lain tambak, sawah pasang surut, kawasan pariwisata, kawasan industri dan kawasan pemukiman.

3.2.1. Terumbu Karang

Terumbu karang Indonesia sangat beraneka ragam dan memegang peranan sangat penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan serta menyumbangkan stabilitas fisik pada garis pantai sekitarnya, oleh

karena itu harus dilindungi dan dikembangkan secara terus-menerus baik untuk kepentingan generasi sekarang maupun generasi mendatang.

Terumbu karang (*coral reefs*) adalah suatu ekosistem di dasar laut tropis yang dibangun terutama oleh biota laut penghasil kapur khususnya jenis-jenis karang batu dan algae berkapur. Ekosistem terumbu karang adalah salah satu ekosistem khas pesisir tropis yang memiliki berbagai fungsi penting, yaitu fungsi ekologis sebagai penyedia nutrisi bagi biota perairan, pelindung fisik, tempat pemijahan biota perairan, tempat bermain, dan asuhan bagi berbagai biota, fungsi ekonomis menghasilkan berbagai produk yang mempunyai nilai ekonomi penting seperti berbagai jenis ikan karang, udang karang, alga, teripang, dan kerang mutiara.

Pentingnya terumbu karang yang merupakan tempat hidup banyak organisme dan memiliki bermacam-macam fungsi baik untuk organisme yang hidup di terumbu karang maupun untuk manusia sebagai tempat wisata bahari, olahraga selam dan tempat penelitian untuk akademis. Manfaat yang terkandung di dalam ekosistem terumbu karang sangat besar dan beragam, baik manfaat langsung dan manfaat tidak langsung.

Manfaat langsung antara lain sebagai habitat ikan dan biota lainnya, pariwisata bahari, dan lain-lain. Sedangkan manfaat tidak langsung, antara lain sebagai penahan abrasi pantai, dan pemecah gelombang.

Meskipun hewan karang (*corals*) ditemukan di seluruh perairan dunia, tapi hanya di daerah tropis terumbu karang dapat berkembang dengan baik. Terumbu (*Reef*) terbentuk dari endapan-endapan masif terutama CaCO_3 yang dihasilkan oleh hewan karang (filum *Snedaria*, kelas *Anthozoa*, spesies *Madreporaria scleractinia*), alga berkapur dan organisme lain yang mengeluarkan CaCO_3 (Nybakken, 1986 dalam Dahuri, 2003). Hewan karang termasuk kelas *Anthozoa*, berarti hewan berbentuk bunga (*Antho* : bunga; *zoa* : hewan). Aristoteles mengklasifikasikan hewan karang sebagai hewan-tumbuhan (*animal plant*). Baru pada tahun 1723, hewan karang diklasifikasikan sebagai binatang.

Terumbu karang ditemukan di sekitar 100 negara dan merupakan rumah tinggal bagi 25% habitat laut. Terumbu karang merupakan ekosistem yang sangat rentan di dunia. Dalam beberapa dekade terakhir sekitar 35 juta hektar terumbu

karang di 93 negara mengalami kerusakan. Ketika terumbu karang mengalami stres akibat temperatur air laut yang meningkat, sinar ultraviolet dan perubahan lingkungan lainnya, maka ia akan kehilangan sel alga simbiotiknya. Akibatnya warnanya akan berubah menjadi putih dan jika tingkat ke-stres-annya sangat tinggi dapat menyebabkan terumbu karang tersebut mati.

Jika laju kerusakan terumbu karang tidak menurun, maka diperkirakan pada beberapa dekade ke depan sekitar 70% terumbu karang dunia akan mengalami kehancuran. Kenaikan temperatur air laut sebesar 1 hingga 2°C dapat menyebabkan terumbu karang menjadi stres dan menghilangkan organisme mikroskopis yang bernama zooxanthellae yang merupakan pewarna jaringan dan penyedia nutrient-nutrien dasar. Jika zooxanthellae tidak kembali, maka terumbu karang tersebut akan mati.

Fungsi terumbu karang antara lain adalah :

- Pelindung ekosistem pantai.
Terumbu karang akan menahan dan memecah energi gelombang sehingga mencegah terjadinya abrasi dan kerusakan di sekitarnya.
- Terumbu karang sebagai penghasil oksigen.
Terumbu karang memiliki kemampuan untuk memproduksi oksigen sama seperti fungsi hutan di daratan, sehingga menjadi habitat yang nyaman bagi biota laut.
- Rumah bagi banyak jenis makhluk hidup.
Terumbu karang menjadi tempat bagi hewan dan tanaman yang berkumpul untuk mencari makan, berkembang biak, membesarkan anaknya, dan berlindung. Bagi manusia, ini artinya terumbu karang mempunyai potensial perikanan yang sangat besar, baik untuk sumber makanan maupun mata pencaharian mereka. Diperkirakan, terumbu karang yang sehat dapat menghasilkan 25 ton ikan per tahunnya. Sekitar 300 juta orang di dunia menggantungkan nafkahnya pada terumbu karang
- Sumber obat-obatan.

Pada terumbu karang banyak terdapat bahan-bahan kimia yang diperkirakan bisa menjadi obat bagi manusia. Saat ini sudah banyak dilakukan berbagai penelitian mengenai bahan-bahan kimia tersebut untuk dipergunakan untuk mengobati berbagai penyakit.

- Objek wisata .

Terumbu karang yang bagus akan menarik minat wisatawan pada kegiatan diving, karena variasi terumbu karang yang berwarna-warni dan bentuk yang memikat merupakan atraksi tersendiri bagi wisatawan baik asing maupun domestik (Gambar 3.1). Diperkirakan sekitar 20 juta penyelam, menyelam dan menikmati terumbu karang per tahun. Hal ini dapat memberikan alternatif pendapatan bagi masyarakat sekitar.

- Daerah Penelitian

Penelitian akan menghasilkan informasi penting dan akurat sebagai dasar pengelolaan yang lebih baik. Selain itu, masih banyak jenis ikan dan organisme laut serta zat-zat yang terdapat di kawasan terumbu karang yang belum pernah diketahui manusia sehingga perlu penelitian yang lebih intensif untuk mengetahuinya.

- Mempunyai nilai spiritual

Bagi banyak masyarakat, laut adalah daerah spiritual yang sangat penting. Laut yang terjaga karena terumbu karang yang baik tentunya mendukung kekayaan spiritual ini.



Gambar 3.1. Terumbu karang

Di alam, terdapat dua kelompok karang yaitu karang **hermatifik** dan **ahermatifik**. Perbedaan keduanya terletak pada kemampuan karang hermatifik di dalam menghasilkan terumbu (*reef*), hal ini disebabkan oleh adanya sel-sel tumbuhan yang bersimbiosis di dalam jaringan karang hermatifik. Sel-sel tumbuhan ini disebut *Zooxanthellae*.

Distribusi karang hermatifik hanya ada di daerah tropis, sedangkan karang ahermatifik tersebar di seluruh dunia, itulah yang menyebabkan bahwa terumbu karang (*coral reefs*) hanya ditemukan di perairan laut tropis. Polip karang bertubuh lunak, mempunyai mulut pada bagian atas yang dikelilingi lengan-lengan (*tentakel*). Polip pada umumnya hanya menjulur pada malam hari, terutama untuk menangkap plankton yang terdapat di sekitarnya, yang dapat dijadikan sebagai makanan tambahan selain makanan yang dihasilkan oleh *zooxanthellae*.

Karang termasuk kelompok *Coelenterata* (hewan berongga) seperti ubur-ubur dan anemone laut. Karang dikelompokkan sebagai karnivora dan pemakan *zooplankton* (hewan mikroskopis yang sifat hidupnya terbawa air), seperti larva udang dan larva moluska. Makanan karang berasal dari 3 sumber, yaitu (1) plankton yang ditangkap melalui tentakel yang dilengkapi dengan sel penyengat pelumpuh mangsa (*nematocyst*); (2) nutrisi organik yang diserap secara langsung dari air; dan (3) senyawa organik yang dihasilkan *zooxanthellae*, yaitu sejenis algae yang hidup di polip karang.

Pembentukan terumbu karang, sumber ketiga merupakan yang paling penting. Jadi dalam proses pembentukan terumbu karang terjadi hubungan saling menguntungkan antara polip karang dan *zooxanthellae*. Ketika terkena sinar matahari, *zooxanthellae* menghasilkan oksigen dan nutrisi yang terdiri dari gliserol, glukosa dan asam amino yang melekat di lapisan luar polip karang. Sedangkan polip karang memberikan tempat hidup dan juga CO₂ untuk digunakan dalam proses fotosintesis.

Zooxanthellae juga mempengaruhi laju penumpukan zat kapur oleh polip karang yang menyerap CaCO₃ dari air laut, terjadi reaksi di dalam tubuh polip dan

menghasilkan cangkang luar yang berupa zat kapur. Selain memberi nutrisi, *zooxanthellae* dengan pigmen yang dimilikinya, memberikan warna pada polip-polip karang sehingga menyebabkan terumbu karang tampak indah.

Terumbu karang merupakan suatu ekosistem yang sangat rentan terhadap gangguan akibat kegiatan manusia, dan pemulihannya membutuhkan waktu yang lama. Berbagai pendapat menyatakan hal yang sebaliknya, bahwa ekosistem terumbu karang merupakan suatu ekosistem yang dinamis, tidak mapan, dan mampu memperbaiki dirinya sendiri dari gangguan alami.

Kasus yang terjadi di pulau Banda, Maluku, menunjukkan bahwa ekosistem terumbu karang mampu memperbaiki dirinya dalam waktu yang relatif cepat jika parameter-parameter lingkungan utama bagi pertumbuhannya sangat mendukung, misalnya tingkat kecerahan yang tinggi dan tidak banyak *run-off* polutan dan sedimen dari daratan.

Distribusi dan pertumbuhan ekosistem terumbu karang tergantung dari beberapa parameter fisika, yaitu :

1. **Kecerahan.** Cahaya matahari merupakan salah satu parameter utama yang berpengaruh dalam pembentukan terumbu karang. Penetrasi cahaya matahari merangsang terjadinya proses fotosintesis oleh *zooxanthellae* simbiotik dalam jaringan karang. Tanpa cahaya yang cukup, laju fotosintesis akan berkurang dan bersamaan dengan itu kemampuan karang untuk membentuk terumbu (CaCO_3) akan berkurang pula.

Umumnya terumbu karang dapat berkembang dengan baik pada kedalaman ± 25 meter. Pertumbuhan karang sangat berkurang saat tingkat laju produksi primer sama dengan respirasinya (zona kompensasi) yaitu kedalaman dimana kondisi intensitas cahaya berkurang sekitar 15-20% dari intensitas cahaya di lapisan permukaan air.

2. **Temperatur.** Terumbu karang tumbuh secara optimal pada kisaran suhu perairan laut rata-rata tahunan antara 25 dan 29°C, namun suhu di luar kisaran tersebut masih dapat ditolerir oleh spesies tertentu dari jenis karang hermatifik untuk dapat berkembang dengan baik. Karang hermatifik dapat bertahan pada

suhu < 20°C selama beberapa waktu, dan dapat mentolerir suhu sampai 36°C dalam waktu yang singkat. (Nontji, 1987 dalam Dahuri, 2003), menyatakan bahwa buangan air panas dari industri gas alam cair (LNG) di Bontang, Kalimantan Timur yang mencapai suhu 37°C telah menyebabkan kematian terumbu karang di sekitarnya.

3. **Salinitas.** Banyak spesies karang peka terhadap perubahan salinitas yang besar. Umumnya, terumbu karang tumbuh dengan baik di sekitar wilayah pesisir pada salinitas 30-35%. Meskipun terumbu karang mampu bertahan pada salinitas di luar kisaran tersebut, pertumbuhannya menjadi kurang baik jika dibandingkan pada salinitas normal. Namun demikian, ada juga terumbu karang yang mampu berkembang di kawasan perairan dengan salinitas 42% seperti di wilayah Timur Tengah.

4. **Sirkulasi arus dan Sedimentasi.** Arus diperlukan dalam proses pertumbuhan karang dalam hal menyuplai makanan berupa mikroplankton. Arus juga berperan dalam proses pembersihan dari endapan-endapan material dan menyuplai O₂ yang berasal dari laut lepas. Oleh karena itu, sirkulasi arus sangat berperan penting dalam proses transfer energi.

Arus dan sirkulasi air berperan dalam proses sedimentasi. Sedimentasi dari partikel lumpur padat yang dibawa oleh aliran permukaan (*surface run off*) akibat erosi dapat menutupi permukaan terumbu karang, sehingga tidak hanya berdampak negatif terhadap hewan karang tapi juga terhadap biota yang hidup berasosiasi dengan habitat tersebut. Partikel lumpur yang tersedimentasi tersebut dapat menutupi polip sehingga respirasi terumbu karang dan proses fotosintesis oleh *zooxanthellae* akan terganggu.

Terumbu karang tumbuh di pulau-pulau yang memiliki perairan pantai yang jernih, kadar O₂ tinggi, bebas dari sedimen dan polusi serta limpasan air tawar yang berlebihan. Lebih dari 95% wilayah Indonesia dikelilingi oleh terumbu karang. Berdasarkan hubungannya dengan daratan, terumbu karang di Indonesia digolongkan ke dalam 3 kelompok besar, yaitu :

1. **Terumbu tepi (*fringing reef*)** adalah terumbu karang yang berada dekat dan sejajar dengan garis pantai. Terdapat di Mentawai, Pangandaran dan Parangtritis

(Pantai Selatan pulau Jawa), Lombok dan Sumbawa (NTT), Papua Barat dan Utara.

2. **Atol (atoll)** adalah terumbu tepi yang berbentuk seperti cincin dan di tengahnya terdapat danau dengan kedalaman ± 45 meter. Terdapat di Takabonerate (Sulawesi Selatan).

3. **Terumbu penghalang (*barrier reef*)** serupa dengan karang tepi, dengan kekecualian jarak antara terumbu karang dengan garis pantai atau daratan cukup jauh, umumnya dipisahkan oleh perairan yang dalam. Terdapat di Kepulauan Togean (Sulawesi Tengah), Kalimantan Timur dan Selat Makasar.

Selain ketiga kelompok besar tersebut, di Indonesia terdapat jenis **terumbu gosong (*patch reef*)**, seperti di Kepulauan Seribu (Utara Pulau Jawa). Terumbu karang yang paling tinggi keragamannya di Indonesia dan bahkan di dunia ada di wilayah Maluku dan Sulawesi. Berbagai tipe terumbu karang dapat ditemui, khususnya terumbu cincin (*atoll* atau *pseudo-atoll*) yang jumlahnya 55 buah. Salah satu di antaranya adalah atoll Takabonerate (Sulawesi Selatan) dan merupakan atol terbesar di Indonesia.

Terumbu karang dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Acropora digitifera*



Gambar 3.2. *Acropora digitifera*

Famili : Acroporidae

Genus : *Acropora*

Spesies : *Acropora digitifera*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni berbentuk digitata, umumnya permukaannya rata dengan ukuran bisa mencapai lebih dari 1 meter. Percabangannya kecil, berbentuk bulat atau pita. Aksial koralit kecil. Radial koralit berbentuk bulat, memiliki ukuran yang sama, pinggir koloni berwarna terang.

Warna : Jingga, krem atau kuning, sering berwarna biru muda. Umumnya memiliki warna krem atau kuning pada ujung koloni.

Kemiripan : *A. japonica*, *A. humilis*, *A. gemmifera*.

Distribusi : Perairan Indonesia, Philipina, Australia, Mikronesia, Jepang, Zanzibar, Tanzania.

Habitat : Di daerah yang bergelombang dan perairan dangkal.

2. *Acropora humilis*



Gambar 3.3. *Acropora humilis*

Famili : Acroporidae

Genus : *Acropora*

Spesies : *Acropora humillis*

Kedalaman : Ditemukan pada kedalaman 1 – 7 meter.

Ciri-ciri : Umumnya memiliki korimbosa, percabangan tebal dan memiliki koralit aksial yang besar serta mempunyai radial koralit dengan dua ukuran.

Warna : Umumnya memiliki warna yang, namun yang paling utama beragam adalah warna krem, coklat, atau biru.

Kemiripan : Karang ini tidak memiliki kemiripan dengan *A. gemmifera* dan *A. monticulosa*.

Distribusi : Tersebar di perairan Indonesia, Laut Merah hingga Amerika Tengah dan sekitar Australia.

Habitat : Umumnya ditemukan di daerah *reef slope* dan *reef flat*.

3. *Acropora hyacinthus*



Gambar 3.4. *Acropora hyacinthus*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora hyacinthus*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Korallit terlihat seperti piringan. Cabangnya tipis. Radial korallit berbentuk mangkok.

Warna : Umumnya berwarna krem, coklat, keabu-abuan, hijau, biru dan merah muda.

Kemiripan : Sepintas karang ini mirip dengan *A. cytherea*, *A. Spicifera* dan *A. tanegashimensis*.

Distribusi : Tersebar dari perairan Indonesia, dan Australia.

Habitat : Karang ini umumnya banyak hidup di perairan yang dangkal.

4. *Acropora gemmifera*



Gambar 3.5. *Acropora gemmifera*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora gemmifera*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloninya berbentuk digitata, percabangan tebal, aksial koralit berukuran kecil, Radial koralit memiliki 2 ukuran biasanya berbaris.

Warna : Jingga, biru, krem atau coklat. Ujung cabang berwarna biru atau putih.

Kemiripan : *A. humilis*, *A. Monticulosa*.

Distribusi : Perairan Indonesia, Australia, Philipina, Madagaskar.

Habitat : Hidup pada daerah perairan dangkal dan tahan terhadap kekeringan (daerah pasang surut).

5. *Acropora palifera*



Gambar 3.6. *Acropora palifera*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora palifera*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : koloni seperti piringan berkerak dengan punggung tebal berkolom dan bercabang, cabang biasanya tegak tetapi secara umum

bentuknya horizontal tergantung dari pengaruh gelombang, tidak ada aksial koralit, koralit lembut.

Warna : Umumnya berwarna krem dan coklat.

Kemiripan : Sepintas karang ini mirip dengan *A. cuneata* dan *A. elizabethensis*.

Distribusi : Tersebar di Perairan Indonesia, Papua New Guinea, Solomon dan Australia.

Habitat : Karang ini umumnya banyak hidup di perairan yang dangkal.

6. *Acropora cervicornis*



Gambar 3.7. *Acropora cervicornis*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora cervicornis*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni dapat terhampar sampai beberapa meter, Koloni arborescens, tersusun dari cabang-cabang yang silindris. Koralit berbentuk pipa. Aksial koralit dapat dibedakan.

Warna : Coklat muda.

Kemiripan : *A. prolifera*, *A. formosa*.

Distribusi : Perairan Indonesia, Jamaika, dan Kep. Cayman..

Habitat : Lereng karang bagian tengah dan atas, juga perairan lagun yang jernih.

7. *Acropora elegantula*



Gambar 3.8. *Acropora elegantula*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora elegantula*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni korimbosa seperti semak. Cabang horisontal tipis dan menyebar. Aksial koralitnya jelas.

Warna : Abu-abu dengan warna ujungnya muda.

Kemiripan : *A. aculeus*, dan *A. elseyi*.

Distribusi: Perairan Indonesia, Srilanka.

Habitat : Fringing reefs yang dangkal.

8. *Acropora acuminata*



Gambar 3.9. *Acropora acuminata*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora acuminata*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni bercabang. Ujung cabangnya lancip. Korallit mempunyai 2 ukuran.

Warna : Biru muda atau coklat.

Kemiripan : *A. hoeksemai*, *A. abrotanoides*.

Distribusi : Perairan Indonesia, Solomon, Australia, Papua New Guinea dan Philipina.

Habitat : Pada bagian atas atau bawah lereng karang yang jernih atau pun keruh.

9. *Acropora microthalma*



Gambar 3.10. *Acropora microthalma*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora microthalma*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni bisa mencapai 2 meter luasnya dan hanya terdiri dari satu spesies. Radial koralit kecil, berjumlah banyak dan ukurannya sama.

Warna : Abu-abu muda, kadang coklat muda atau krem.

Kemiripan : *A. copiosa*, *A. Parilis*, *A. Horrida*, *A. Vaughani*, dan *A. exquisita*.

Distribusi : Perairan Indonesia, Solomon, Australia, Papua New Guinea.

Habitat : Reef slope bagian atas, perairan keruh dan lagun berpasir.

10. *Acropora millepora*



Gambar 3.11. *Acropora millepora*

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

Spesies : *Acropora millepora*

Kedalaman : Karang ini banyak dijumpai hidup pada kedalaman 3-15 meter.

Ciri-ciri : Koloni berupa korimbosa berbentuk bantalan dengan cabang pendek yang seragam. Aksial koralit terpisah. Radial koralit tersusun rapat.

Warna : Umumnya berwarna hijau, orange, merah muda, dan biru.

Kemiripan : Sepintas karang ini mirip dengan *A. convexa*, *A. prostrata*, *A. aspera* dan *A. pulchra*.

Distribusi : Tersebar dari Perairan Indonesia, Philipina dan Australia.

Habitat : Karang ini umumnya banyak hidup di perairan yang dangkal

3.2.2. Padang Lamun

Lamun (*seagrasses*) adalah tumbuhan berbunga (*Angiospermae*) yang sudah sepenuhnya menyesuaikan diri hidup terbenam di dalam laut. Tumbuhan ini mempunyai beberapa sifat yang memungkinkannya hidup di lingkungan laut, yaitu (1) mampu hidup di media air asin, (2) mampu berfungsi normal dalam keadaan terbenam, (3) mempunyai system perakaran jangkar yang berkembang baik, (4) mampu melaksanakan penyerbukan dan daur generative dalam keadaan terbenam (Den Hartog, 1970 dalam Dahuri, 2003).

Lamun memiliki perbedaan yang nyata dengan tumbuhan yang hidup terbenam dalam laut lainnya, seperti makro-algae atau rumput laut (*seaweeds*). Tanaman lamun memiliki bunga dan buah yang kemudian berkembang menjadi benih. Lamun juga memiliki sistem perakaran yang nyata, dedaunan, sistem transportasi internal untuk gas dan nutrient, serta stomata yang berfungsi dalam pertukaran gas. Gambar 2 di bawah ini memperlihatkan suasana padang lamun.



Gambar 3.12. Padang lamun

Akar pada tumbuhan lamun tidak berfungsi penting dalam pengambilan air, karena daun dapat menyerap nutrient secara langsung dari dalam air laut. Tumbuhan tersebut dapat menyerap nutrient dan melakukan fiksasi nitrogen melalui tudung akar. Kemudian, untuk menjaga agar tubuhnya tetap mengapung di dalam kolam air, tumbuhan ini dilengkapi dengan ruang udara.

Lamun tumbuh subur di daerah terbuka pasang surut dan perairan pantai atau goa yang dasarnya lumpur, pasir, kerikil, dan patahan karang mati, dengan kedalaman ± 4 meter. Di perairan yang sangat jernih, beberapa jenis lamun bahkan dapat tumbuh pada kedalaman 8-15 meter dan 40 meter (Den Hartog, 1970; Erfteimeijer, 1993 dalam Dahuri, 2003). Spesies lamun yang biasanya tumbuh dengan vegetasi tunggal adalah *Thalassia hemprichii*, *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, *Halodule uninervis*, *Cymodocea serrulata* dan *Thalassodendron ciliatum*.

Parameter lingkungan utama yang mempengaruhi distribusi dan pertumbuhan ekosistem padang lamun antara lain :

1. **Kecerahan.** Lamun membutuhkan interaksi cahaya yang tinggi untuk fotosintesis. Beberapa aktivitas yang dapat meningkatkan muatan sedimen pada badan air akan berakibat pada tingginya kekeruhan perairan, sehingga berpotensi mengurangi penetrasi cahaya, hal ini dapat menimbulkan gangguan terhadap produktivitas primer ekosistem padang lamun.
2. **Temperatur.** Spesies lamun di daerah tropik mempunyai toleransi rendah terhadap perubahan temperature. Kisaran temperatur optimal bagi spesies lamun adalah 28-30°C. Kemampuan fotosintesis akan menurun dengan tajam apabila temperatur perairan berada di luar kisaran optimal tersebut.
3. **Salinitas.** Sebagian besar memiliki kisaran antara 10 dan 40%. Nilai salinitas optimum untuk spesies lamun adalah 35%. Salah satu factor yang menyebabkan kerusakan ekosistem padang lamun adalah meningkatnya salinitas yang diakibatkan oleh berkurangnya suplai air tawar dari sungai.
4. **Substrat.** Padang lamun hidup pada berbagai macam tipe substrat, mulai dari lumpur sampai sedimen dasar yang terdiri dari endapan lumpur halus sebesar 40%. Kedalaman substrat berperan dalam menjaga stabilitas sedimen yang mencakup 2

hal, yaitu pelindung tanaman dari arus air laut, dan tempat pengolahan serta pemasok nutrient. Kedalaman sedimen yang cukup merupakan kebutuhan utama untuk pertumbuhan dan perkembangan habitat lamun.

5. **Kecepatan Arus Perairan.** Produktivitas padang lamun juga dipengaruhi oleh kecepatan arus perairan. Pada saat kecepatan arus sekitar 0,5 m detik⁻¹, jenis *Turtle grass (Thalassia testudinum)* mempunyai kemampuan maksimal untuk tumbuh.

Lamun yang ditemukan di perairan Indonesia terdiri dari tujuh marga (genera). Tiga di antaranya (*Enhalus*, *Thalassia* dan *Halophila*) termasuk suku *Hydrocaritaceae*, sedangkan 4 marga lainnya (*Halodule*, *Cymodocea*, *Syringodium*, dan *Thalassodendron*) termasuk suku *Pomatogetonaceae* (Nontji, 1987). Zonasi sebaran dan karakteristik lamun di perairan pesisir Indonesia dapat dikelompokkan menurut (1) genangan air dan kedalaman; (2) kualitas air; (3) komposisi jenis; (4) tipe substrat; dan (5) asosiasi dengan sistem lain (seperti terumbu karang, mangrove dan estuaria).

Lamun yang dijumpai di perairan Asia Tenggara ada 20 jenis, namun hanya 12 jenis lamun yang dijumpai di Indonesia yaitu *Cymodocea serrulata*, *C. rotundata*, *Enhalus acoroides*, *Halodule uninervis*, *H. pinifolia*, *Halophila minor*, *H. ovalis*, *H. decipiens*, *H. spinulosa*, *Thalassia hemprichii*, *Syringodium isoetifolium* dan *Thalassodendron ciliatum*.

Penyebaran padang lamun di Indonesia mencakup perairan Jawa, Sumatera, Bali, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Nusa Tenggara dan Irian Jaya (Papua). Spesies yang dominan dan dijumpai hampir di seluruh Indonesia adalah *Thalassia hemprichii* (Brouns, 1985; Hutomo *et al.* 1988 dalam Dahuri, 2003). Keragaman hayati lamun yang paling tinggi terdapat di Flores dan Lombok, masing-masing ada 11 spesies. Sedangkan menurut Den Hartog, 1970 dalam Dahuri, 2003, di Indonesia ditemukan 13 jenis lamun, sebagai tambahan adalah *Halophila beccari*.

Padang lamun yang dijumpai di alam sering berasosiasi dengan flora dan fauna akuatik lainnya, seperti algae, meiofauna, moluska, ekinodermata, krustasea, dan berbagai jenis ikan. Asosiasi tersebut membentuk suatu ekosistem yang

kompleks dari padang lamun. Di Spermonde (Sulawesi Selatan), ditemukan 117 spesies alga makro yang berasosiasi dengan padang lamun, terdiri dari alga hijau (*Chlorophyta*) 50 spesies; alga coklat (*Phaeophyta*) 17 spesies; dan alga merah (*Rhodophyta*) 50 spesies. Gambar 3.13. memperlihatkan beberapa hewan yang hidup di padang lamun :



Dugong dugon

Trygonoptera ovalis

Chelonia mydas

Gambar 3.13. Beberapa hewan yang hidup di padang lamun

Meiofauna yang berasosiasi dengan padang lamun di Kuta dan Teluk Gerupuk, Lombok Selatan, terdiri dari nematoda, foraminifera, copepod, ostracoda, tubelaria, dan polychaeta (Susetiono, 1994 *dalam* Dahuri, 2003). Moluska yang berasosiasi dengan padang lamun di Teluk Banten ada 15 spesies (Mudjiono *et al.* 1992 *dalam* Dahuri, 2003). Dua spesies yang dominan adalah *Pyrene versicolor* dan *Cerithium tenellum*.

Krustasea yang hidup berasosiasi dengan padang lamun di Teluk Banten ada 28 spesies (Aswandy dan Hutomo, 1988 *dalam* Dahuri, 2003), sedangkan di Kuta dan Teluk Gerupuk dijumpai 70 spesies (Moosa dan Aswandy, 1994 *dalam* Dahuri 2003). Dua spesies dari *Amphipoda* yaitu *Apseudeus chilbensis* dan *Eriopisa elongata* jumlahnya berlimpah di padang Enhalus di Teluk Grenyang.

3.2.3. Rumput Laut

Rumput laut (*seaweeds*) atau alga makro tumbuh di perairan laut yang memiliki substrat keras dan kokoh yang berfungsi sebagai tempat melekat. Rumput laut hanya dapat hidup di perairan apabila cukup mendapatkan cahaya. Pada perairan yang jernih, rumput laut dapat tumbuh hingga kedalaman 20-30

meter. Nutrien yang diperlukan oleh rumput laut dapat langsung diperoleh dari air laut.

Produktivitas rumput laut cukup besar, dan hewan pemangsa langsung rumput laut relative sedikit. Diperkirakan bahwa produksi bersih rumput laut yang memasuki jarring makanan melalui pemangsaan hanya 10%, sedangkan sisanya sebesar 90% masuk melalui rantai bentuk detritus atau bahan organik terlarut (Nybakken, 1986 dalam Dahuri, 2003).



Gambar 3.14. Macam-macam rumput laut

Parameter lingkungan utama bagi ekosistem rumput laut adalah :

1. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya berpengaruh terhadap produksi spora dan pertumbuhan rumput laut. Cahaya hijau dapat digunakan untuk merangsang pertumbuhan spora *Gelidium*, sedangkan cahaya biru dapat menghambat pembentukan zoospore pada *Protosiphon*. Intensitas cahaya yang dibutuhkan oleh rumput laut berbeda menurut jenisnya. Intensitas cahaya 400 lux dapat merangsang perkembangan spora *Gracilaria verucosa* dengan baik, sedangkan antara 6.500 dan 7.500 lux, pertumbuhan *Ectocarpus* dapat berlangsung dengan baik.

2. Musim dan Temperatur

Musim dan temperature mempunyai keterkaitan yang erat dan keduanya sangat mempengaruhi kehidupan rumput laut. Sebagai contoh, produksi maksimal tetraspora dan kartospora *Gracilaria* hanya terjadi pada musim panas. Begitu pula pembentukan gametofit dan sporafitnya. Perkembangan tetraspora *Polysiphonia*

berlangsung dengan baik pada kisaran temperatur 25-30°C dan sebaliknya pertumbuhan akan terhambat bila temperature rendah dan intensitas cahaya tinggi.

3. Salinitas

Salinitas (kadar garam) yang tinggi, yaitu 30-35% dapat menyebabkan kemandulan bagi *Gracilaria verucosa*. Pertumbuhan maksimum *Gracilaria* yang berasal dari atlantik dan Pasifik Timur terjadi pada salinitas 15-30%, dengan titik optimumnya 25%.

4. Gerakan Air

Kekuatan gerakan air berpengaruh terhadap pelekatan spora pada substarnya. Karakteristik spora dari algae yang tumbuh pada daerah berombak dan berarus kuat umumnya cepat tenggelam dan memiliki kemampuan menempel dengan cepat dan kuat. Sebagai contoh adalah *Eucheuma serra*, *E. spinosum*, *Gelidium* spp, dan *Pterocladia* spp. Sementara itu, algae yang tumbuh di daerah yang tenang memiliki karakteristik spora yang mengandung lapisan lendir, dan memiliki ukuran serta bentuk yang lebih besar. Gerakan air tersebut juga sangat berperan dalam mempertahankan sirkulasi zat hara yang berguna untuk pertumbuhan.

5. Zat Hara

Kandungan nutrien utama yang diperlukan algae, seperti nitrogen dan fosfat, sangat berpengaruh terhadap stadium reproduksinya. Apabila kedua unsur hara tersebut tersedia, maka kesuburan gametofit algae coklat (*Laminaria nigrescence*) meningkat.

Tabel 3.1. Karakteristik rumput laut pada masing-masing kelas

Jenis rumput laut	Pigmen	Zat penyusun dinding sel	Habitat
Hijau (<i>Chlorophyta</i>)	Klorofil a, klorofil b dan karotenoid (siponaxantin, siponein, lutein, violaxantin dan zeaxantin)	Selulosa	Air asin, air tawar
Merah (<i>Rhodophyta</i>)	Klorofil a, klorofil d dan piko-biliprotein (pikoeritrin dan pikosianin)	CaCO ₃ , selulosa, produk fotosintetik berupa karaginan, agar, fulcellaran, porpiran.	Laut, sedikit air tawar
Coklat (<i>Phaeophyta</i>)	Klorofil a, klorofil c dan karotenoid (fukoxantin, violaxantin, zeaxantin)	Asam alginat	Laut
Pirang (<i>Chrysophyta</i>)	Karoten, xantofil	Silikon	Laut, air tawar

Sumber : Kimball, 1992; Pelezar & Chan, 1986; Simpson, 2006 dalam Dahuri, 2003

Kandungan nutrisi dalam rumput laut merupakan dasar pemanfaatan rumput laut di bidang kesehatan. Nutrisi yang terkandung dalam rumput laut antara lain:

1. Polisakarida dan Serat

Rumput laut mengandung sejumlah besar polisakarida. Polisakarida tersebut antara lain alginat dari rumput laut coklat, karagenan dan agar dari rumput laut merah dan beberapa polisakarida minor lainnya yang ditemukan pada rumput laut hijau (Anggadiredja *et al*, 2002 dalam Dahuri, 2003). Kebanyakan dari polisakarida tersebut bila bertemu dengan bakteri di dalam usus manusia, tidak dicerna oleh manusia, sehingga dapat berfungsi sebagai serat. Kandungan serat rumput laut dapat mencapai 30-40% berat kering dengan persentase lebih besar pada serat larut air. Kandungan serat larut air rumput laut jauh lebih tinggi dibanding dengan tumbuhan daratan yang hanya mencapai sekitar 15% berat

kering (Burtin, 2003 *dalam* Dahuri, 2003). Kandungan polisakarida yang terdapat di dalam rumput laut berperan dalam menurunkan kadar lipid di dalam darah dan tingkat kolesterol serta memperlancar sistem pencernaan makanan. Komponen polisakarida dan serat juga mengatur asupan gula di dalam tubuh, sehingga mampu mengendalikan tubuh dari penyakit diabetes. Beberapa polisakarida rumput laut seperti fukoidan juga menunjukkan beberapa aktivitas biologis lain yang sangat penting bagi dunia kesehatan. Aktivitas tersebut seperti antitrombotik, antikoagulan, antikanker, antiproliferatif (antipembelahan sel secara tak terkendali), antivirus, dan antiinflamatori (antiperadangan) (Burtin, 2003; Shiratori *et al*, 2005 *dalam* Dahuri, 2003).

2. Mineral

Kandungan mineral rumput laut tidak tertandingi oleh sayuran yang berasal dari darat. Fraksi mineral dari beberapa rumput laut mencapai lebih dari 36% berat kering. Dua mineral utama yang terkandung pada sebagian besar rumput laut adalah iodin dan kalsium (Fitton, 2005 *dalam* Dahuri, 2003). *Laminaria sp.*, rumput laut jenis coklat merupakan sumber utama iodin karena kandungannya mampu mencapai 1500 sampai 8000 ppm berat kering. Rumput laut juga merupakan sumber kalsium yang sangat penting. Kandungan kalsium dalam rumput laut dapat mencapai 7% dari berat kering dan 25-34% dari rumput laut yang mengandung kapur (Ramazanov, 2006 *dalam* Dahuri, 2003). Kandungan mineral seperti yang telah disebutkan di atas memberikan efek yang sangat baik bagi kesehatan. Iodin misalnya, secara tradisional telah digunakan untuk mengobati penyakit gondok. Iodin mampu mengendalikan hormon tiroid, yaitu hormon yang berperan dalam pembentukan gondok. Mereka yang telah membiasakan diri mengkonsumsi rumput laut terbukti terhindar dari penyakit gondok karena kandungan iodin yang tinggi di dalam rumput laut. Kandungan mineral lain yang juga tak kalah penting adalah kalsium. Konsumsi rumput laut sangat berguna bagi ibu yang sedang hamil, para remaja, dan orang lanjut usia yang kemungkinan dapat terkena risiko kekurangan (defisiensi) kalsium (Fitton, 2005 *dalam* Dahuri, 2003).

3. Protein

Kandungan protein rumput laut coklat secara umum lebih kecil dibanding rumput laut hijau dan merah. Pada rumput laut jenis coklat, protein yang terkandung di dalamnya berkisar 5-15% dari berat kering, sedangkan pada rumput laut hijau dan merah berkisar 10-30% dari berat kering. Beberapa rumput laut merah, seperti *Palmaria palmate* (dulse) dan *Porphyra tenera* (nori), kandungan protein mampu mencapai 35-47% dari berat kering (Mohd Hani Norziah *et al*, 2000 dalam Dahuri, 2003). Kadar ini lebih besar bila dibandingkan dengan kandungan protein yang ada di sayuran yang kaya protein seperti kacang kedelai yang mempunyai kandungan protein sekitar 35% berat kering (Almatsier, 2005 dalam Dahuri, 2003).

4. Lipid dan asam lemak

Lipid dan asam lemak merupakan nutrisi rumput laut dalam jumlah yang kecil. Kandungan lipid hanya berkisar 1-5% dari berat kering dan komposisi asam lemak omega 3 dan omega 6 (Burtin, 2003 dalam Dahuri, 2003). Asam lemak omega 3 dan 6 berperan penting dalam mencegah berbagai penyakit seperti penyempitan pembuluh darah, penyakit tulang, dan diabetes (Almatsier, 2005 dalam Dahuri, 2003). Asam alfa linoleat (omega 3) banyak terkandung dalam rumput laut hijau (Gambar 3.15), sedangkan rumput laut merah dan coklat banyak mengandung asam lemak dengan 20 atom karbon seperti asam eikosapentanoat dan asam arakidonat (Burtin, 2005 dalam Dahuri, 2003). Kedua asam lemak tersebut berperan dalam mencegah inflamatori (peradangan) dan penyempitan pembuluh darah. Hasil penelitian membuktikan bahwa ekstrak lipid beberapa rumput laut memiliki aktivitas antioksidan dan efek sinergisme terhadap tokoferol (senyawa antioksidan yang sudah banyak digunakan) (Anggadiredja *et al.*, 1997; Shanab, 2007 dalam Dahuri, 2003).



Gambar 3.15. Algae hijau (*Chlorophyta* atau *Chlorophyceae*)

5. Vitamin

Rumput laut dapat dijadikan salah satu sumber Vitamin B, yaitu vitamin B12 yang secara khusus bermanfaat untuk pengobatan atau penundaan efek penuaan (*antiaging*), *Chronic Fatigue Syndrome (CFS)*, dan anemia (Almatsier, 2005 dalam Dahuri, 2003). Selain vitamin B, rumput laut juga menyediakan sumber vitamin C yang sangat bermanfaat untuk memperkuat sistem kekebalan tubuh, meningkatkan aktivitas penyerapan usus terhadap zat besi, pengendalian pembentukan jaringan dan matriks tulang, dan juga berperan sebagai antioksidan dalam penangkapan radikal bebas dan regenerasi vitamin E (Soo-Jin Heo *et al*, 2005). Kadar vitamin C dapat mencapai 500-3000 mg/kg berat kering dari rumput laut hijau dan coklat, 100-800 mg/kg pada rumput laut merah. Vitamin E yang berperan sebagai antioksidan juga terkandung dalam rumput laut. Vitamin E mampu menghambat oksidasi *Low Density Lipoprotein (LDL)* atau kolesterol buruk yang dapat memicu penyakit jantung koroner (Ramazanov, 2005). Ketersediaan vitamin E di dalam rumput laut coklat lebih tinggi dibanding rumput laut hijau dan merah. Hal ini dikarenakan rumput laut coklat mengandung α , β , dan γ -tokoferol, sedangkan rumput laut hijau dan merah hanya mengandung α -tokoferol (Fitton, 2005). Di antara rumput laut coklat, kadar paling tinggi yang telah diteliti adalah pada *Fucaceae*, *Ascophyllum* dan *Fucus sp* yang mengandung sekitar 200-600 mg tokoferol/kg berat kering (Ramazanov, 2006).

6. Polifenol

Polifenol rumput laut dikenal sebagai florotanin, memiliki sifat yang khas dibandingkan dengan polifenol yang ada dalam tumbuhan darat. Polifenol dari tumbuhan darat berasal dari asam galat, sedangkan polifenol rumput laut berasal dari floroglusinol (*1,3,5-trihydroxybenzine*). Kandungan tertinggi florotanin ditemukan dalam rumput laut coklat, yaitu mencapai 5-15% dari berat keringnya (Fitton, 2005). Polifenol dalam rumput laut memiliki aktivitas antioksidan, sehingga mampu mencegah berbagai penyakit degeneratif maupun penyakit karena tekanan oksidatif, di antaranya kanker, penuaan, dan penyempitan pembuluh darah. Aktivitas antioksidan polifenol dari ekstrak rumput laut tersebut

telah banyak dibuktikan melalui uji *in vitro* sehingga tentunya kemampuan antioksidannya sudah tidak diragukan lagi (Soo-Jin Heo *et al*, 2005; Shanab, 2007). Selain itu, polifenol jugaterbukti memiliki aktivitas antibakteri, sehingga dapat dijadikan alternatif bahan antibiotik. Salah satunya terbukti bahwa rumput laut mampu melawan bakteri *Helicobacter pylori*, penyebab penyakit kulit (John dan Ashok, 1986; Fitton, 2005).

Kandungan rumput laut yang telah dimanfaatkan dalam industri antara lain :

1. Agar

Agar merupakan produk utama yang dihasilkan dari rumput laut terutama dari kelas *Rhodopycea*, seperti *Gracilaria*, *Sargassum* dan *Gellidium*. Agar memiliki kemampuan membentuk lapisan gel atau film, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengemulsi (*emulsifier*), penstabil (*stabilizer*), pembentuk gel, pensuspensi, pelapis, dan inhibitor.

Pemanfaatan agar dalam bidang industri antra lain: industri makanan dan minuman, farmasi, kosmetik, pakan ternak, keramik, cat, tekstil, kertas, fotografi. Dalam industri makanan, agar banyak dimanfaatkan pada industri es krim, keju, permen, jelly, dan susu coklat, serta pengalengan ikan dan daging, Agar juga banyak digunakan dalam bidang bioteknologi sebagai media pertumbuhan mikroba, jamur, *yeast*, dan mikroalga, serta rekombinasi DNA dan elektroforesis.



Gambar 3.16. Makanan dan minuman yang berasal dari rumput laut

2. Pikokoloid

Pikokoloid merupakan golongan polisakarida yang dihasilkan melalui ekstraksi rumput laut. Pikokoloid mampu membentuk gel sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengental (*emulsifyer*) dan stabilisator atau penstabil makanan (Raven *et al.*, 1986 dalam Dahuri, 2003). Selain itu, pikokoloid juga

dapat digunakan dalam industri farmasi dan kosmetika. Pikoloid banyak dihasilkan rumput laut dari spesies alga merah (Gambar 3.17).



Gambar 3.17. Algae merah (*Rhodophyta* atau *Rhodophyceae*)

Pemanfaatan pikokoloid berkembang sejak tahun 1990-an dalam industri makanan, obat-obatan, dan industri-industri lainnya. Pikokoloid dimanfaatkan dalam industri susu, roti, kue, es krim, permen, bumbu salad, selai, bir, pengalengan ikan, juga industri farmasi seperti suspensi, salep, dan tablet (Winarno, 1996 dalam Dahuri, 2003). Pikokoloid juga digunakan sebagai penstabil susu kocok dan mencegah terbentuknya kristal es pada es krim (Burns, 1974). Pada beberapa cairan obat, pikokoloid digunakan untuk meningkatkan viskositas dan menjaga suspensi padatan dan bahan penstabil pasta (Chapman & Chapman, 1980 dalam Dahuri, 2003).

3. Karagenan

Bahan mentah yang terpenting untuk produksi karagenan adalah *carrageenate* dan derivatnya (turunan) seperti *Chondrus crispus* dan berbagai macam species *Gigartina*, khususnya *Gigartina stellata* dan juga *Eucheuma* serta species *Hypnea*. Selain itu sumber bahan mentah lainnya adalah *Chondrococcus hornemannii*, *Halymenia venusta*, *Laurencia papillosa*, *Sarconema filiforme*, dan *Endocladia*, *Gelidium* tertentu, *Gymnogongrus*, *Rhodoglossum*, *Rissoella*, dan Rumput laut Merah lainnya (Gambar 3.18).



Gambar 3.18. Algae merah jenis *Eucheuma cottonii* dapat menghasilkan karagenan.

Karagenan sering kali digunakan dalam industri farmasi sebagai pengemulsi (sebagai contoh dalam emulsi minyak hati), sebagai larutan granulasi dan pengikat (sebagai contoh tablet, elexir, sirup, dll). Disebutkan bahwa depolimerisasi yang tinggi dari jوتا-karagenan digunakan sebagai obat dalam terapi gastrik yang bernanah, yang mungkin tidak mempunyai efek fisiologis sampingan.

Karagenan digunakan juga dalam industri kosmetika sebagai stabiliser, suspensi, dan pelarut. Produk kosmetik yang sering menggunakan adalah salep, krem, lotion, pasta gigi, tonic rambut, stabilizer sabun, minyak pelindung sinar matahari, dan lainnya. Karagenan juga digunakan dalam industri kulit, kertas, tekstil, dan sebagainya.

Hasil penelitian I. Made Artama (2009), menyimpulkan bahwa karagenan yang dihasilkan dari tiga varietas algae merah kering (*Rhodophyceae*) dari Nusa Dua, Bali dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Coliform*, *Staphylococcus* spp. dan bakteri aerob.

3.2.4. Hutan Mangrove

Mangrove merupakan formasi-formasi tumbuhan pantai yang khas di sepanjang pantai tropis dan sub tropis yang terlindung. Formasi mangrove merupakan perpaduan antara daratan dan lautan. Mangrove tergantung pada air laut dan air tawar sebagai sumber kehidupannya serta pada endapan debu (*silt*) dari erosi daerah hulu sebagai bahan pendukung substratnya.

Air pasang memberi makanan bagi mangrove sedangkan air sungai yang kaya mineral akan memperkaya sedimen dan rawa tempat mangrove tumbuh.

Dengan demikian bentuk mangrove dan keberadaannya dirawat oleh pengaruh darat dan laut (FAO, 1994 *dalam* Dahuri, 2003). Indonesia memiliki hutan mangrove yang sangat luas, mulai dari pantai-pantai berlumpur di Sumatera, Kalimantan dan Irian Jaya sampai pada pantai-pantai dari pulau-pulau kecil serta daerah intertidal dari gugusan karang lepas pantai. Oleh karena itu, mangrove memainkan peran yang sangat vital terhadap pembangunan ekonomi dan sosial pada masyarakat pantai disepanjang kepulauan Indonesia.

Hutan mangrove merupakan salah satu bentuk ekosistem hutan yang unik dan khas didaerah tropika dan subtropika. Hutan ini biasanya terdapat di daerah pantai yang rendah dan tenang, berlumpur dan sedikit berpasir yang mendapat pengaruh pasang surut air laut, dimana tidak ada ombak keras.

Kata Mangrove merupakan kombinasi antara bahasa Portugis "*Mangue*" dan bahasa Inggris "*grove*" (Macnae,1968 *dalam* Dahuri, 2003). Dalam bahasa Inggris mangrove digunakan baik untuk komunitas tumbuhan yang tumbuh didaerah jangkauan pasang surut maupun untuk individu-individu jenis tumbuhan yang menyusun komunitas tersebut.

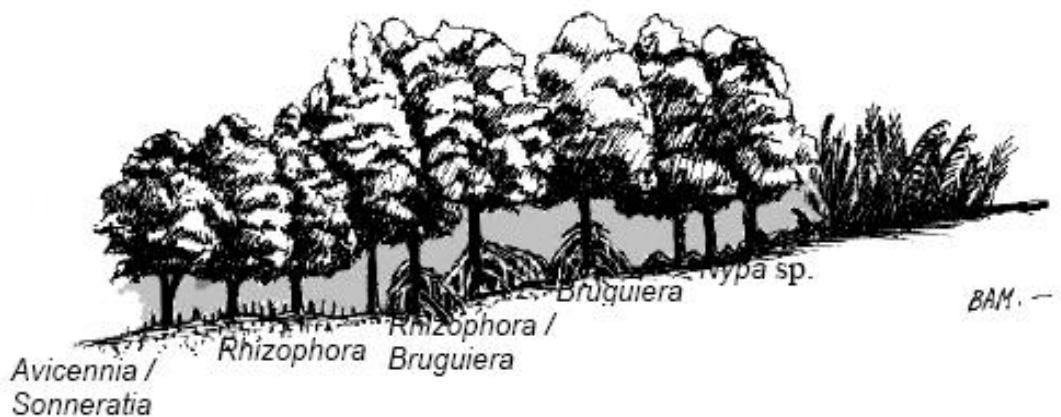
Di Indonesia, mangrove dikenal dengan hutan payau atau sering disebut hutan bakau (Gambar 3.19). Hutan ini disebut hutan bakau karena didominasi oleh tanaman jenis bakau atau disebut hutan payau karena hidup di lokasi yang payau akibat mendapat buangan air dari sungai atau air tanah. Penggunaan istilah hutan bakau untuk hutan mangrove sebenarnya kurang tepat dan rancu, karena bakau hanyalah nama lokal dari marga *Rhizophora*, sementara hutan mangrove disusun dan ditumbuhi oleh banyak marga dan jenis tumbuhan lainnya. Oleh karena itu, penyebutan hutan mangrove dengan hutan bakau sebaiknya dihindari (Kusmana *et al*, 2003).



Gambar 3.19. Hutan Mangrove

Hutan mangrove memiliki nilai ekonomis dan ekologis yang tinggi, tetapi sangat rentan terhadap kerusakan apabila kurang bijaksana dalam mempertahankan, melestarikan dan pengelolaannya.

Pertumbuhan komunitas vegetasi mangrove secara umum mengikuti suatu pola zonasi yang berkaitan erat dengan faktor lingkungan seperti tipe tanah (lumpur, pasir atau gambut), keterbukaan terhadap hempasan gelombang, salinitas serta pengaruh pasang surut. Pembentukan zonasi dimulai dari arah laut menuju daratan, yang terdiri dari zona *Avicennia* dan *Sonneratia* yang berada paling depan dan langsung berhadapan dengan laut. Zona di belakangnya berturut-turut adalah *Rhizophora* dan *Bruguiera*.



Gambar 3.20. Zonasi penyebaran jenis pohon mangrove (sumber : Arifin.A, 2003)

Mangrove sulit tumbuh di wilayah pesisir yang terjal dan berombak besar dengan arus pasang surut kuat, karena kondisi ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai substansi bagi pertumbuhannya (Dahuri, 2003).

Soemodihardjo *et al.*, (1986) dalam Dahuri, 2003 mengklasifikasikan hutan mangrove Indonesia menjadi 4 kelas, yaitu (1) delta, terbentuk di muara sungai yang berkisaran pasang surut rendah, (2) dataran lumpur, terletak di pinggiran pantai, (3) dataran pulau, berbentuk sebuah pulau kecil yang pada waktu surut rendah muncul di atas permukaan air dan, (4) dataran pantai, habitat mangrove yang merupakan jalur sempit memanjang sejajar garis pantai.

Hutan mangrove disebut juga hutan pasang surut, hutan payau, atau hutan bakau. Tumbuhan yang menyusun hutan mangrove, yaitu jenis *Rhizophora* spp. (Gambar 3.20). Hutan mangrove merupakan tipe hutan tropika dan subtropika yang khas, tumbuh di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Mangrove tumbuh optimal di wilayah pesisir yang memiliki muara sungai besar dan delta yang aliran airnya banyak mengandung lumpur, sedangkan di wilayah pesisir yang tidak bermuara sungai, pertumbuhan vegetasi mangrove tidak optimal.



Rhizophora apiculata



Excoecaria agallocha



Rhizophora mucronata



Avicennia germinans

Gambar 3.21. Beberapa jenis tumbuhan yang biasa hidup di hutan mangrove

Tumbuhan mangrove memiliki daya adaptasi fisiologi dan morfologi yang khas agar dapat terus hidup pada lingkungan yang bersalinitas tinggi dan kondisi lumpur yang anaerob di perairan laut dangkal. Daya adaptasi tersebut menurut Nybakken (1986) serta Meadows dan Campbell (1988) dalam Dahuri, 2003 adalah sebagai berikut :

1. Perakaran yang pendek dan melebar luas dengan akar penyangga atau tudung akar yang tumbuh dari batang dan dahan, sehingga menjamin kokohnya batang.
2. Berdaun kuat dan mengandung banyak air.

3. Mempunyai banyak jaringan internal penyimpan air dan konsentrasi garam yang tinggi. Contohnya *Avicennia* memiliki kelenjar yang mengeluarkan garam pada daunnya, sehingga dapat menjaga keseimbangan osmotik.

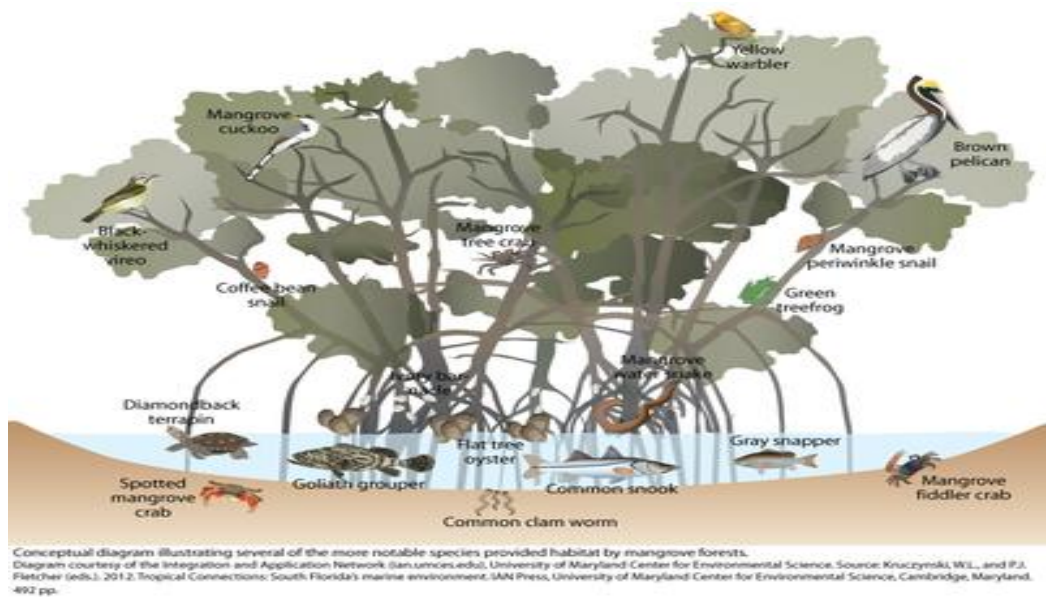
Komunitas hutan mangrove membentuk percampuran antara 2 (dua) kelompok:

1. **Kelompok fauna daratan** membentuk/terrestrial yang umumnya menempati bagian atas pohon mangrove, terdiri atas : insekta, ular, primata dan burung. Kelompok ini mempunyai sifat adaptasi khusus untuk hidup di dalam hutan mangrove, karena mereka melewati sebagian besar hidupnya diluar jangkauan air laut pada bagian pohon yang tinggi meskipun mereka dapat mengumpulkan makanannya berupa hewan laut pada saat air surut.
2. **Kelompok fauna perairan/akuatik**, terdiri dari dua tipe yaitu (1) hidup dikolam air, terutama berbagai jenis ikan dan udang dan, (2) menempati substrat baik keras (akar dan batang mangrove) maupun lunak (lumpur) terutama kepiting, kerang dan berbagai jenis invertebrata lainnya.



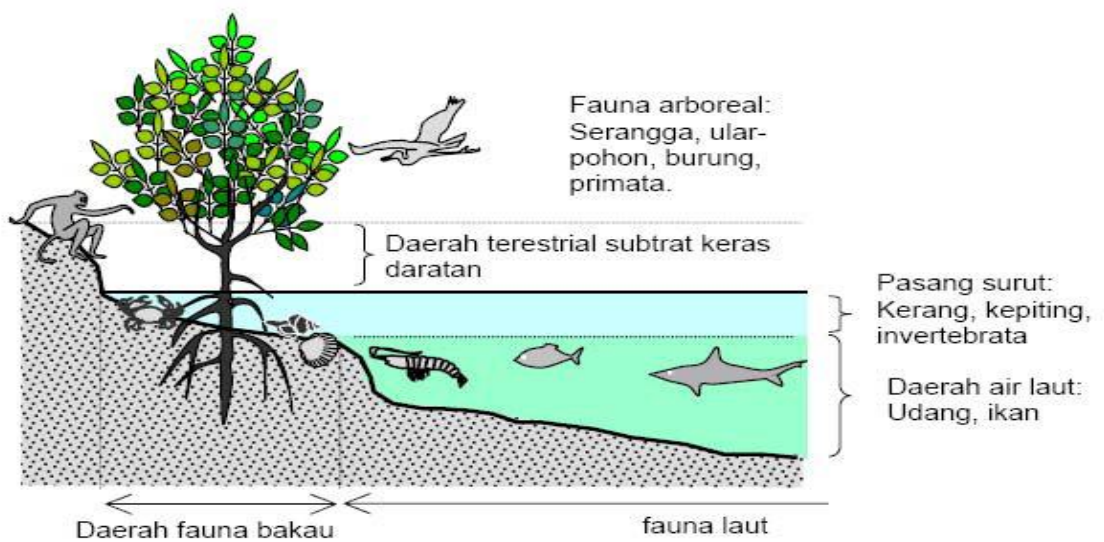
Gambar 3.22. Kepiting mangrove

Berbagai hewan seperti, reptil, hewan ampibi, mamalia, datang dan hidup walaupun tidak seluruh waktu hidupnya dihabiskan di habitat mangrove. Berbagai jenis ikan, ular, serangga dan lain-lain seperti burung dan jenis hewan mamalia dapat bermukim di sini. Sebagai sifat alam yang beraneka ragam maka berbeda tempat atau lokasi habitat mangrovenya maka akan berbeda pula jenis dan keragaman flora maupun fauna yang hidup di lokasi tersebut (Gambar 3.23).



Gambar 3.23. Komunitas dalam hutan mangrove (sumber : Irwanto,2006)

Kelompok lain yang bukan hewan arboreal adalah hewan-hewan yang hidupnya menempati daerah dengan substrat yang keras (tanah) atau akar mangrove maupun pada substrat yang lunak (lumpur). Kelompok ini antara lain adalah jenis kepiting mangrove, kerang-kerangan dan golongan invertebrata lainnya. Kelompok lainnya lagi adalah yang selalu hidup dalam kolom air laut seperti macam-macam ikan dan udang (Gambar 3.24).



Gambar 3.24. Diagram ilustrasi penyebaran fauna di ekosistem mangrove (sumber : Irwanto, 2006)

3.2.5. Estuaria

Estuaria adalah wilayah pesisir semi tertutup yang mempunyai hubungan bebas dengan laut terbuka dan menerima masukan air tawar dari daratan. Secara sederhana estuaria didefinisikan sebagai tempat pertemuan air tawar dan air asin. Sebagian besar estuaria didominasi oleh substrat berlumpur yang merupakan endapan yang dibawa oleh air tawar dan air laut.

Estuaria adalah perairan semi tertutup yang berhubungan bebas dengan laut, sehingga laut dengan salinitas tinggi dapat bercampur dengan air tawar. Kombinasi pengaruh air laut dan air tawar akan menghasilkan suatu komunitas yang khas, dengan lingkungan yang bervariasi, antara lain:

1. Tempat bertemunya arus air dengan arus pasang-surut, yang berlawanan menyebabkan suatu pengaruh yang kuat pada sedimentasi, pencampuran air dan ciri-ciri fisika lainnya, serta membawa pengaruh besar pada biotanya.
2. Pencampuran kedua macam air tersebut menghasilkan suatu sifat fisika lingkungan khusus yang tidak sama dengan sifat air sungai maupun air laut.
3. Perubahan yang terjadi akibat adanya pasang-surut mengharuskan komunitas mengadakan penyesuaian secara fisiologis dengan lingkungan sekelilingnya.
4. Tingkat kadar garam didaerah estuaria tergantung pada pasang-surut air laut, banyaknya aliran air tawar dan arus-arus lainnya, serta topografi daerah estuaria tersebut.

Stratifikasi estuaria dapat dilihat pada Gambar 3.25.

Klasifikasinya antara lain :

a. Estuaria berstratifikasi nyata atau baji garam

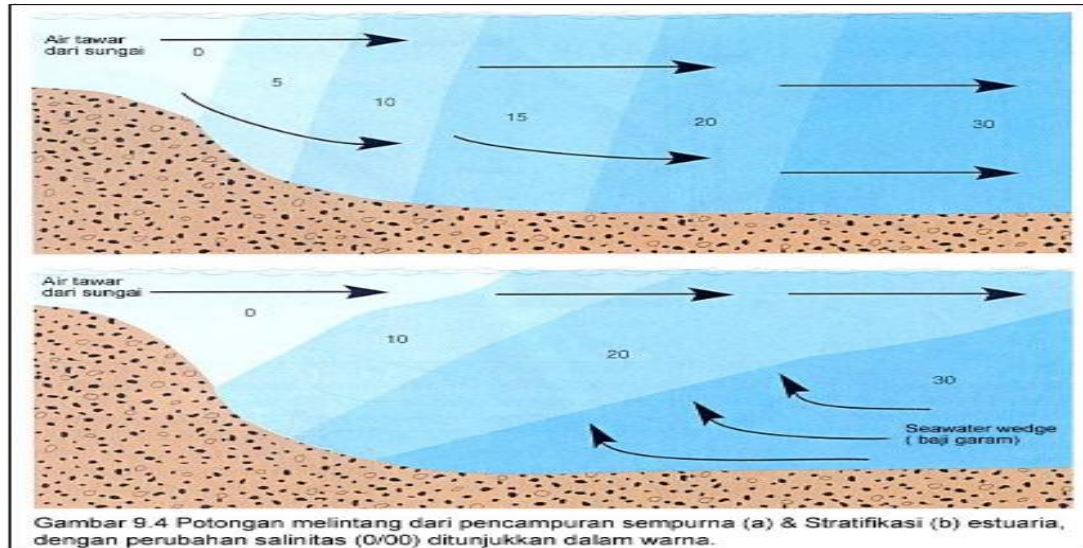
Dicirikan oleh adanya batas yang jelas antara air tawar dan air laut, didapatkan di lokasi dimana aliran air tawar lebih dominan dibanding penyusupan air laut.

b. Estuaria bercampur sempurna atau estuaria homogen vertikal

Pengaruh pasang surut sangat dominan dan kuat sehingga air bercampur sempurna dan tidak membentuk stratifikasi.

c. Estuaria berstratifikasi sebagian (moderat)

Aliran air tawar seimbang dengan masuknya air laut bersama arus pasang.



Gambar 9.4 Potongan melintang dari pencampuran sempurna (a) & Stratifikasi (b) estuaria, dengan perubahan salinitas (0/00) ditunjukkan dalam warna.

Gambar 3.25. Stratifikasi estuaria (sumber : Ma'ruf. K, 2005)

Berdasarkan salinitas (kadar garamnya), estuaria dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

- Oligohalin yang berkadar garam rendah (0,5% – 3 %)
- Mesohalin yang berkadar garam sedang (3% – 17 %)
- Polihalin yang berkadar garam tinggi (> 17 %).

Karakteristik estuaria adalah sebagai berikut :

a. Keterlindungan

Estuaria merupakan perairan semi tertutup sehingga biota akan terlindung dari gelombang laut yang memungkinkan tumbuh mengakar di dasar estuaria dan memungkinkan larva kerang-kerangan menetap di dasar perairan.

b. Kedalaman

Kedalaman estuaria relatif dangkal sehingga memungkinkan cahaya matahari mencapai dasar perairan dan tumbuhan akuatik dapat berkembang di seluruh dasar perairan, karena dangkal memungkinkan penggelontoran (flushing) dengan lebih baik dan cepat serta menangkal masuknya predator dari laut terbuka (tidak suka perairan dangkal).

c. Salinitas air

Air tawar menurunkan salinitas estuaria dan mendukung biota yang padat.

d. Sirkulasi air

Perpaduan antara air tawar dari daratan, pasang surut dan salinitas menciptakan suatu sistem gerakan dan transport air yang bermanfaat bagi biota yang hidup tersuspensi dalam air, yaitu plankton.

e. Pasang

Energi pasang yang terjadi di estuaria merupakan tenaga penggerak yang penting, antara lain mengangkut zat hara dan plankton serta mengencerkan dan meggelontorkan limbah.

f. Penyimpanan dan pendaoran zat hara

Kemampuan menyimpan energi daun pohon mangrove, lamun serta alga mengkonversi zat hara dan menyimpannya sebagai bahan organik untuk nantinya dimanfaatkan oleh organisme hewani.

Pembagian tipe-tipe estuari dapat dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu, kekuatan gelombang, pasang surut dan keberadaan sungai. Kuat lemahnya ketiga faktor ini tergantung dari bentuk geomorfologinya.

Secara umum estuaria dapat dibagi menjadi tujuh tipe, yaitu:

- a. *Embayments and drown river valleys* (Teluk dengan sungai dari lembah bukit)
- b. *Wave-dominated estuaries* (Estuari dengan dominasi gelombang)
- c. *Wave-dominated deltas* (Delta dengan dominasi gelombang)
- d. *Coastal lagoons and strandplains* (Lagun dengan hamparan tanah datar)
- e. *Tide-dominated estuaries* (Estuari dengan dominasi pasang surut)
- f. *Tide-dominated deltas* (Delta dengan dominasi pasang surut)

g. *Tidal creeks* (Daerah pasang surut dengan banyak anak sungai)

Bentuk estuaria bervariasi dan sangat tergantung pada besar kecilnya aliran sungai, kisaran pasang surut dan bentuk garis pantai. Estuaria dari sungai yang besar dapat memodifikasi garis pantai dan topografi sublitoral melalui pengendapan dan erosi sedimen, sehingga garis pantai bergerak menjorok beberapa kilometer ke arah laut (Meadows dan Campbell, 1988 dalam Dahuri, 2003).

Kebanyakan estuaria didominasi oleh substrat lumpur yang berasal dari endapan yang dibawa oleh air tawar maupun air laut, karena partikel yang mengendap kebanyakan bahan organik, maka substrat dasar estuaria kaya akan bahan organik dan ini menjadi cadangan makanan utama bagi organisme estuaria.

Parameter lingkungan utama untuk ekosistem estuaria adalah :

1. Sirkulasi Air

Sirkulasi air dipengaruhi oleh aliran air tawar yang bersumber dari badan sungai di atasnya dan air pasang yang berasal dari laut. Besar kecilnya debit kedua aliran massa air tersebut akan mempengaruhi pola stratifikasi massa air berdasarkan salinitas.

2. Partikel Tersuspensi

Partikel-partikel tersuspensi yang terkandung dalam aliran sungai akan masuk dan terakumulasi di estuaria. Karena kondisi pada saat tertentu cenderung stagnan, maka partikel sedimen akan mengalami pengendapan, sehingga lapisan dasar akan bertambah tebal dan terjadi pendangkalan. Hal ini akan menyebabkan perubahan morfologi dasar estuaria.

3. Bahan Polutan

Bahan polutan, baik yang berasal dari pemukiman, transportasi air, maupun industri dapat masuk melalui badan sungai ataupun aktivitas langsung di estuaria dan perairan pantai di sekitarnya.

Hal ini akan berpengaruh terhadap kehidupan organisme yang ada. Kandungan polutan yang tinggi dapat menyebabkan kematian dan menurunkan tingkat produktivitas, misalnya polutan minyak, pestisida, dan bahan organik lainnya.

Indonesia memiliki banyak sungai yang umumnya dijumpai di beberapa pulau besar. Secara intensif ekosistem, estuaria terbentuk di bagian hilir Daerah Aliran Sungai (DAS), akibat pengaruh curah hujan yang tinggi dan luasnya dataran yang landai di daerah pesisir, seperti di Sumatera, Kalimantan, Jawa dan Papua.

Melalui mekanisme pasang surut dan aliran sungai, akan tercipta pencampuran kedua massa air tawar dan air laut secara intensif. Selain itu, adanya hutan mangrove yang memiliki produktivitas primer tinggi di sungai besar menyebabkan kandungan detritus organik yang tinggi, sehingga produktivitas sekunder di estuaria menjadi tinggi pula. Oleh sebab itu, habitat estuaria menjadi sangat produktif hingga dapat berfungsi sebagai daerah pertumbuhan bagi larva, post-larva dan juvenil dari berbagai jenis ikan, udang dan kerang-kerangan; juga menjadi daerah penangkapan ikan.

Beberapa spesies ikan yang hidup di estuaria antara lain tongkol (*Euthynnus* sp.), tenggiri (*Scomberomerus* sp.), kembung (*Rastrelliger* sp.), kuwe (*Caranx* sp.), pisang-pisang (*Caesio* sp.), teri (*Stolephorus* sp.), kakap (*Lutjanus lutjanus*), dan belanak (*Mugil dussumieri*).

Ekosistem estuaria merupakan ekosistem yang produktif. Produktivitas hayatinya setaraf dengan produktivitas hayati hutan hujan tropik dan ekosistem terumbu karang. Produktivitas hayati estuaria lebih tinggi dibandingkan dengan produktivitas hayati perairan laut dan perairan tawar. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor berikut :

a. Estuaria berperan sebagai penjebak zat hara.

Jebakan ini bersifat fisik dan biologis. Ekosistem estuaria mampu menyuburkan diri sendiri melalui :

- Dipertahankannya dan cepat didaur ulangnya zat-zat hara oleh hewan-hewan yang hidup di dasar estuaria seperti bermacam kerang dan cacing.
- Produksi detritus, yaitu partikel-partikel serasah daun tumbuhan akuatik makro (makrofiton akuatik) seperti lamun yang kemudian dimakan oleh bermacam ikan dan udang pemakan detritus.

- Pemanfaatan zat hara yang terpendam jauh dalam dasar lewat aktivitas mikroba (organisme renik seperti bakteri), lewat akar tumbuhan yang masuk jauh kedalam dasar estuary atau lewat aktivitas hewan penggali liang di dasar estuaria seperti bermacam cacing.
- b. Di daerah tropik estuaria memperoleh manfaat besar dan kenyataannya bahwa tetumbuhan terdiri dari bermacam tipe yang komposisinya sedemikian rupa sehingga proses fotosintesis terjadi sepanjang tahun.

Estuaria sering memiliki tiga tipe tumbuhan, yaitu tumbuhan makro (makrofiton) yang hidup di dasar estuaria atau hidup melekat pada daun lamun dan mikrofiton yang hidup melayang-layang tersuspensi dalam air (fitoplankton).

Proses fotosintesis yang berlangsung sepanjang tahun ini menjamin bahwa tersedia makanan sepanjang tahun bagi hewan akuatik pemakan tumbuhan. Dalam hal ini mereka lebih baik, dinamakan hewan akuatik pemakan detritus, karena yang dimakan bukan daun segar melainkan partikel-partikel serasah makrofiton yang dinamakan detritus.

- c. Aksi pasang surut (*tide*) menciptakan suatu ekosistem akuatik yang permukaan airnya berfluktuasi. Pasang umumnya makin besar amplitudo pasang surut, makin tinggi pula potensi produksi estuaria, asalkan arus pasang tidak tidak mengakibatkan pengikisan berat dari tepi estuaria.

Gerak bolak-balik air berupa arus pasang yang mengarah ke daratan dan arus surut yang mengarah kelaut bebas, dapat mengangkut bahan makanan, zat hara, fitoplanton, dan zooplankton.

Peran ekologi estuaria yang penting adalah sebagai berikut:

1. Merupakan sumber zat hara dan bahan organik bagi bagian estuari yang jauh dari garis pantai maupun yang berdekatan dengannya lewat sirkulasi pasang surut (*tidal circulation*).
2. Menyediakan habitat bagi sejumlah spesies ikan yang ekonomis penting sebagai tempat berlindung dan tempat mencari makan (*feeding ground*).

3. Memenuhi kebutuhan bermacam spesies ikan dan udang yang hidup dilepas pantai, tetapi bermigrasi ke perairan dangkal dan berlindung untuk memproduksi dan/atau sebagai tempat tumbuh besar (*nursery ground*) anak mereka.
4. Sebagai potensi produksi makanan laut di estuaria yang sedikit banyak didiamkan dalam keadaan alami. Kijing yang bernilai komersial (*Rangia euneata*) memproduksi 2900 kg daging per ha dan 13.900 kg cangkang per ha pada perairan tertentu di Texas.
5. Perairan estuaria secara umum dimanfaatkan manusia untuk tempat pemukiman,
6. Tempat penangkapan dan budidaya sumberdaya ikan
7. Jalur transportasi, pelabuhan dan kawasan industri

Ada tiga komponen fauna di estuaria yaitu komponen lautan, air tawar dan air payau. Binatang laut *stenohalin* merupakan tipe yang tidak mampu mentolerir perubahan salinitas. Komponen ini terbatas pada mulut estuaria. Binatang laut *eurihalin* membentuk subkelompok kedua. Spesies ini mampu menembus hulu estuaria.

Komponen air payau terdiri atas Polikaeta *Nereis diversicolor*, berbagai tiram (*Crassostrea*), kerang (*Macoma balthica*), siput kecil (*Hydrobia*) dan udang (*Palaemonetes*). Komponen terakhir berasal dari air tawar. Organisme ini tidak dapat mentolerir salinitas di atas 5% dan terbatas hulu estuaria.

Spesies yang tinggal di estuaria untuk sementara seperti larva, beberapa spesies udang dan ikan yang setelah dewasa bermigrasi ke laut. Spesies ikan yang menggunakan estuaria sebagai jalur imigrasi dari laut ke sungai dan sebaliknya seperti sidat dan ikan salmon.

Jumlah spesies yang mendiami estuaria sebagaimana yang dikemukakan Barnes (1974) dalam Dahuri, 2003, pada umumnya jauh lebih sedikit daripada yang mendiami habitat air tawar atau air asin di sekitarnya. Hal ini karena ketidakmampuan organisme air tawar mentolerir kenaikan salinitas dan organisme air laut mentolerir penurunan salinitas estuaria.

3.2.6. Pantai

Pantai biasanya ditumbuhi oleh tumbuhan pionir yang memiliki cirri-ciri sebagai berikut (1) system perakaran yang menancap dalam; (2) mempunyai toleransi tinggi terhadap kadar garam, hembusan angin, dan suhu tanah yang tinggi, serta (3) menghasilkan buah yang dapat terapung.

Keragaman jenisnya rendah dan sebagian besar merupakan tumbuhan yang telah menyesuaikan diri terhadap habitat pantai. Jenis yang umum dijumpai adalah *Casuarina equisetifolia*, *Barringtonia sp.*, *Ipomoea pescaprae*, *Cyperus*, *Fimbristylis* dan *Ischaemum*.

Pantai di Indonesia secara morfologi dibagi dalam beberapa bentuk yaitu :

1. Pantai terjal berbatu

Terdapat di kawasan tektonis aktif yang tidak pernah stabil karena proses geologi. Kehadiran vegetasi penutup ditentukan oleh 3 faktor, yaitu tipe batuan, tingkat curah hujan, dan cuaca. Terdapat di Sumatera, Pulau Enggano, Pantai Selatan Jawa, Nusa Dua-Bali, Pulau Lombok, Pulau Flores, Pulau Sumba, Pulau Seram Utara dan Papua.

2. Pantai landai dan datar

Terdapat di kawasan yang sudah stabil. Banyak ditumbuhi oleh vegetasi mangrove yang padat dan hutan lahan basah lainnya. Tingkat pelumpuran dan sedimentasi yang terjadi tergantung pada tingkat kerusakan di daerah atas.

3. Pantai dengan bukit pasir

Terbentuk akibat transportasi sedimen *clastic* secara horizontal. Mekanisme transportasi tersebut terjadi karena didukung oleh gelombang besar dan arus menyusur pantai yang dapat menyuplai sedimen dari daerah sekitarnya. Pantai ini terdapat di barat Sumatera, Parang Tritis, Kulon Progo dan Utara Madura.



Gambar 3.26. Pantai berpasir

4. Pantai beralur

Proses pembentukannya ditentukan oleh faktor gelombang yang berperan dalam mendistribusikan sedimen. Pantai tipe ini ditemukan di bagian barat Sumatera, di bagian utara dan selatan Jawa, serta Sulawesi.

5. Pantai lurus di dataran pantai yang landai

Pantai tipe ini ditutupi oleh sedimen lumpur hingga pasir kasar, merupakan fase awal untuk berkembangnya pantai yang bercelah dan bukit pasir apabila terjadi perubahan suplai sedimen dan cuaca (angin dan kekeringan). Pantai tipe ini terdapat di pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa, Bali dan Flores.

6. Pantai berbatu

Ciri-ciri pantai ini adalah adanya belahan batuan cadas, memiliki kepadatan makroorganisme yang paling tinggi, khususnya di daerah dingin dan subtropik. Beberapa organisme yang dijumpai antara lain anemon laut, siput, remis, teritip, bintang laut, sponge dan rumput laut.



Gambar 3.27. Pantai berbatu

7. Pantai yang terbentuk karena adanya erosi

Sedimen yang terangkut oleh arus dan aliran sungai akan mengendap di daerah pantai, sehingga dapat mengalami perubahan dari musim ke musim, baik alamiah maupun kegiatan manusia yang cenderung melakukan perubahan terhadap bentang alam.

3.2.7. Pulau-pulau Kecil

Pulau-pulau kecil adalah pulau yang memiliki luas daratan lebih kecil dari 1.000 km² (100.000 Ha) dan berpenduduk lebih kecil dari 100.000 jiwa (Brookfield, 1990 dalam Dahuri, 2003). Beberapa karakteristik dari pulau-pulau kecil antara lain :

1. Memiliki daerah resapan yang sempit, sehingga sumber air tanah yang tersedia sangat rentan terhadap pengaruh intrusi air laut, terkontaminasi akibat nitrifikasi dan kekeringan.
2. Memiliki daerah pesisir yang terbuka, sehingga lingkungannya mudah dipengaruhi oleh aksi gelombang yang berasal dari badai *cyclone* dan tsunami.
3. Spesies organismenya bersifat endemic dan perkembangannya lambat, sehingga mudah tersaingi oleh organisme tertentu yang didatangkan dari luar pulau.
4. Memiliki sumber daya alam terrestrial yang sangat terbatas, baik yang berkaitan dengan sumber daya alam mineral, air tawar maupun kehutanan dan pertanian.

Parameter lingkungan utama yang menonjol pada ekosistem pulau-pulau kecil adalah :

1. Ketersediaan sumber air tawar

Sumber air tawar berperan dalam menyuplai nutrient yang berasal dari daerah daratan ke perairan pantai pulau-pulau kecil tersebut. Air tawar diperlukan untuk kelangsungan hidup penduduk (manusia) dan menunjang pengembangan potensi kepariwisataan di wilayah tersebut.

2. Kerentanan terhadap pengaruh yang bersifat eksternal

Daerah pantainya sangat rentan terhadap pengaruh gelombang dan arus laut karena tidak memiliki vegetasi pantai yang luas. Apabila vegetasi yang melindungi pantai tersebut hilang, akan terjadi intrusi air laut, kondisi demikian dapat mengganggu system ekologi pulau-pulau kecil secara keseluruhan.

Beberapa jenis potensi yang dimiliki pulau-pulau kecil untuk menunjang pembangunan berkelanjutan adalah :

1. Pengembangan Perikanan Rakyat

Pengembangan perikanan tangkap tradisional relatif lebih murah, menyerap banyak tenaga kerja dan menciptakan pemerataan pendapatan. Perikanan rakyat tidak merusak lingkungan dan hasilnya dapat dipertahankan, hal ini menunjang upaya menciptakan pembangunan social dan ekonomi secara berkelanjutan. Permasalahannya adalah bahwa pelaku (nelayan) perikanan rakyat pada umumnya miskin, oleh sebab itu perlu dicari solusi agar kemakmuran mereka meningkat dan stok ikan tetap lestari.

Jenis alat tangkap yang biasanya dipakai antara lain pancing, bubu, jaring insang, jaring insang hanyut, cincin dan bagan. Jenis ikan hasil tangkapan berupa ikan tenggiri, tongkol, hiu, kerapu, lobster, beronang, kembung, teri, teripang dan ikan hias.

2. Pengembangan Marikultur

Kegiatan marikultur (budi daya laut) dapat menciptakan kondisi usaha yang lebih terkontrol, hasilnya dapat diprediksi dan bebas dari lingkungan yang tercemar. Kegiatan budi daya laut yang sesuai untuk

pulau kecil dilakukan dengan sistem terbuka, karena tidak menggunakan pakan tambahan, sehingga hasilnya rendah dengan tingkat modal, energi, keterampilan, dan manajemen yang tidak besar serta aman terhadap lingkungan.

Komoditi perikanan yang dibudi daya antara lain rumput laut, ikan kerapu, ikan beronang, ikan kakap, teripang dan kerang mutiara.

3. Pengembangan Pelayanan Jasa

Pelayanan jasa yang dimaksud adalah pengembangan kegiatan pariwisata bahari dan penyediaan tempat yang strategis untuk pembangunan stasiun pengisian bahan bakar kapal, pusat komunikasi, stasiun penelitian cuaca, serta fasilitas kegiatan militer.

Di Indonesia, umumnya pulau-pulau kecil memberikan pelayanan jasanya untuk menunjang pariwisata bahari sebagai tempat penyediaan sumber air tawar dan pelabuhan alam.

3.3. Ekosistem Laut Terbuka

Organisme laut terbuka sangat tergantung pada produksi fitoplankton yang merupakan mata rantai pertama dalam sistem jaringan makanan. Laut terbuka tidak saja berperan dalam mendukung produksi perikanan tangkap, tetapi juga berperan sebagai prasarana transportasi laut, lokasi penambangan minyak bumi dan mineral, serta sebagai tempat pembuangan sampah dari daratan. Dampak utama kegiatan manusia yang merusak di laut terbuka adalah polusi dan eksploitasi sumber daya laut (hayati dan non hayati) secara berlebihan.

Biota perairan laut yang banyak dimanfaatkan untuk pengembangan produksi sektor perikanan misalnya ikan pelagis kecil, tuna, dan cakalang.

Parameter lingkungan utama yang membentuk ekosistem laut terbuka adalah :

1. Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya sangat diperlukan untuk menunjang proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton. Proses tersebut berhubungan langsung dengan produktivitas primer perairan terbuka.

Penetrasi cahaya matahari ke dalam kolam air mengalami pengurangan akibat absorbs dan pembiasan, maka intensitasnya akan semakin kecil dengan bertambahnya kedalaman (hukum *Lamberzt Beer*). Oleh sebab itu, lapisan produktif untuk fotosintesis (*eufotic zone*) biasanya hanya mencapai kedalaman 100 – 150 cm di bawah permukaan laut.

2. Kandungan Zat Hara

Zat hara atau nutrien juga mutlak diperlukan untuk membentuk produktivitas primer, baik yang berupa unsur makro (C, H, O, N, P, S, K, dan Mg) maupun mikro (Fe, Mn, Co, Zn, Boron, dan Mo).

Di perairan laut terbuka, kandungan nutrient relative terbatas dan sumber utamanya berasal dari proses-proses biologis yang berlangsung di dalam ekosistem tersebut.

3. Pengadukan

Perairan laut terbuka relatif agak tenang atau stagnan dan parameter suhu dan oksigennya cenderung terstratifikasi dengan baik. Proses pengadukan sebenarnya sangat diperlukan untuk mendistribusikan nutrient maupun gas-gas yang terlarut dari lapisan atas perairan ke lapisan lebih bawah atau sebaliknya.

Nutrien yang semula tersimpan di dasar perairan dapat terangkat ke zona eufotik, sehingga dapat dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk meningkatkan produktivitasnya. Hal ini sangat besar artinya dalam menciptakan kesuburan dan menunjang produktivitas perikanan yang berada di ekosistem laut terbuka.

3.4. Ekosistem Bentik Laut Jeluk

Habitat terluas di bumi yang belu banyak diketahui keanekaragaman hayatinya adalah bagian lautan yang jauh dari permukaan, termasuk dasar lautan yang diliputi suasana gelap sepanjang masa (*zona afotik*).

Luas perairan laut dangkal yang berbatasan dengan benua dan pula hanya 10% dari luas samudera, sedangkan bagian atas samudera yang dapat diterangi sinar matahari merupakan bagian yang lebih kecil dari seluruh volume samudera yang dapat dihuni berbagai organisme. Laut jeluk di Indonesia banyak ditemukan di kawasan timur, seperti Laut Banda, Laut Flores, Laut Maluku, dan Laut Sawu.

Parameter lingkungan utama yang berpengaruh terhadap lingkungan laut-dalam adalah :

1. Cahaya

Intensitas cahaya di sini sangat rendah, sehingga tidak memungkinkan adanya produksi primer di laut jeluk. Cahaya yang ada biasanya berasal dari hewan-hewan laut jeluk. Untuk beradaptasi, hewan laut jeluk memiliki indera khusus untuk mendeteksi makanan dan lawan jenis, keperluan reproduksi, serta mempertahankan asosiasinya, baik bersifat intra maupun inter-spesies.

2. Tekanan Hidrostatik

Tekana hidrostatik sangat mempengaruhi proses-proses fisiologis dan biokimia (terutama pada tingkat molekuler). Hal ini berpengaruh terhadap system fisiologi hewan laut-dalam yang selanjutnya akan menentukan kemampuan adaptasinya terhadap kondisi habitat dan penyebaran jenisnya di laut jeluk.

Kedalaman laut jeluk dapat mencapai ratusan meter atau mencapai hingga lebih dari 10.000 m, hal ini akan mengakibatkan tekanan hidrostatik tersebut tidak lagi dapat ditolerir oleh sebagian besar spesies organisme laut jeluk, karena kisaran yang dikehendaki berada di antara 200 dan 600 atm (Nybakken, 1986 *dalam* Dahuri, 2003).

3. Salinitas

Salinitas pada kedalaman 100 meter pertama dapat dikatakan konstan walaupun terdapat sedikit perbedaan yang tidak mempengaruhi ekologi secara nyata. Di lautan Atlantik Utara, salinitas berkisar 35‰ pada kedalaman di bawah 1.000 m.

4. Temperatur

Daerah termoklin adalah daerah peralihan, di mana temperatur air cepat berubah seiring dengan berubahnya kedalaman. Pada perairan laut, daerah termoklin terletak antara massa air permukaan dan massa air laut jeluk.

Tebal daerah termoklin ini berkisar antara beberapa ratus meter sampai hampir 1.000 m. Di bawah daerah termoklin, temperatur air lebih rendah dan jauh lebih homogen dibandingkan daerah di atasnya.

5. Oksigen

Sumber oksigen tersebut berasal dari oksigen yang terlarut di dalam massa air yang semula berada di permukaan, kemudian masuk ke lapisan laut jeluk. Kepadatan organisme pada kedalaman 1.000 meter tersebut sangat rendah, kadar oksigennya tidak mengalami penurunan secara riil. Berbeda halnya dengan kedalaman kurang dari 500 meter, di mana tingginya kadar oksigen di suplai melalui proses difusi dan fotosintesis.

6. Pakan

Pakan sangat langka di habitat laut jeluk. Kelangkaan pakan ini merupakan salah satu penyebab rendahnya kepadatan organisme laut jeluk. Di laut jeluk tidak berlangsung proses produksi primer, kecuali oleh bakteri kemosintetik.

Fungsi bakteri yang terdapat di dasar perairan ini sangat penting untuk mengolah bahan-bahan yang tidak dapat dicerna oleh organisme pada kolam air, seperti cangkang *crustacea* (kitin), kayu, dan selulosa.

Tabel 3.2. Zona Laut Jeluk

Cahaya	Zona Pelagik	Kedalaman (m)	Zona Bentik	Kedalaman (m)
Ada cahaya (fotik)	Epipelagik atau eufotik	0 – 200	Paparan benua atau sublitotal	0 – 200
Tidak ada cahaya (afotik)	Mesopelagik Batipelagik Abisal pelagic Hadal pelagic	200 - 1.000 1.000 - 4.000 4.000 - 6.000 6.000- 10.000	Batial Abisal Hadal	200 – 400 4.000-6.000 6.000-10.000

3.5. Sumber Daya Hayati Laut

Sumber daya perikanan meliputi semua organisme (biota) yang hidup di perairan tawar maupun perairan laut. Perairan laut Indonesia merupakan salah satu perairan yang memiliki keanekaragaman spesies tertinggi di dunia.

Tabel 3.3. Keanekaragaman hayati beberapa jenis biota laut (sumber : Soegiarto & Polunin, 1981; Mossa *et al.*, 1996 dalam Dahuri, 2003)

Kelompok Utama	Kelompok	Jumlah Spesies
Tumbuhan	Alga Hijau	196
	Alga Coklat	134
	Alga Merah	452
	Lamun	12
	Mangrove	38
Karang	Scleratinians*	350
	Soft corals	210
	Gorgonians	350
Sponge	Desmospongia	700 - 850
Moluska	Gastropoda	1.500
	Bivalvia*	1.000
Krustasea	Stomatopoda	102
	Brachyura	1.400
Ekhinodermata	Crinodea*	91
	Asteroidea*	87
	Ophiuroidea*	142
	Echinoidea*	284
	Holothuridea*	141
Ikan	Ikan daerah pesisir	>2.000
	Penyu	6
Burung	Buaya	
	Burung Laut*	148
Mamalia Laut	Paus & Dolphin	29
	Dugong	1

Ket . (*) di perairan Indonesia dan sekitarnya

3.5.1. Keanekaragaman Spesies Ikan

Jumlah spesies ikan diperkirakan lebih dari 2.000 jenis. Dari jumlah spesies tersebut, diperkirakan baru 400 spesies yang mempunyai nilai ekonomi di bidang perikanan, dan dikategorikan ke dalam 5 kelompok, yaitu ikan pelagis besar, ikan pelagis kecil, ikan karang, ikan hias, dan ikan demersal.

Beberapa jenis ikan demersal (ikan yang hidup di atau dekat dasar laut) yang sampai saat ini bernilai ekonomi penting di perairan Indonesia disajikan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Beberapa jenis ikan penting di Indonesia (sumber : widodo *et al.*,1998 dalam Dahuri, 2003)

NO.	Nama Indonesia	Nama Ilmiah
1.	Baronang	<i>Siganus spp.</i>
2.	Bawal Hitam	<i>Stromateus niger</i>
3.	Bawal Putih	<i>Pampus argentus</i>
4.	Beloso	<i>Saurida spp.</i>
5.	Biji Nangka	<i>Upeneus spp.</i>
6.	Cucut	<i>Carcharhinus spp.</i>
7.	Ekor Kuning, Pisang-pisang	<i>Sphyrna spp.</i>
8.	Gulamah, Tigawaja	<i>Caesio spp.</i>
9.	Gerot-gerot	<i>Sciaenidae</i>
10.	Ikan Lidah	<i>Pomadasys spp.</i>
11.	Ikan Merah, Bambang, Jenaha	<i>Cynoglossus sp.</i>
12.	Ikan Nomei	<i>Lutjanus spp.</i>
13.	Ikan Peperek	<i>Harpodon</i>
14.	Ikan Sebelah	<i>nehereus</i>
15.	Kakap Putih	<i>Leiognathus spp.</i>
16.	Kerapu	<i>Psettodidae</i>
17.	Kurisi	<i>Lates calcalifer</i>
18.	Kuro, Senangin	<i>Epinephelus spp.</i>
19.	Layur	<i>Nemipterus spp.</i>
20.	Lencam	<i>Polynemus spp.</i>
21.	MManyung	<i>Trichiurus spp.</i>
22.	Pari	<i>Lethrinus spp.</i>
23.	Swanggi	<i>Tachysurus spp.</i>
		<i>Trigonidae</i>
		<i>Priacanthus spp.</i>

Berbeda dengan ikan demersal, ikan pelagis hidupnya sangat aktif di dekat permukaan laut. Ikan pelagis terdiri dari ikan pelagis besar yang hidup di perairan oseanis (laut lepas atau laut jeluk), sedangkan ikan pelagis kecil banyak terdapat di perairan pantai (*neritic zone*) sampai kedalaman 200 meter dari permukaan laut. Berbagai jenis ikan yang ada di Indonesia disajikan dalam Gambar 3.28 di bawah ini.

Albacore
Thunnus alalunga
Albaqora



Anchovy
Stolephorus Commersoni
Teri



Banded Grun
Therapon Theraps
Kerong - Kerong



Baramundi, Giant perch
Lates Calcarifer
Kakap Sejati



Barracuda
Sphyræna Genie
Alu - alu



Barred Garfish
Hemirhamphus far
Julung - julung



Barred Spanish mackerel
Scomberomorus Commersoni
Tenggiri



Bearded Croacker
Johniuss dussumieri
Tiga Waja



Bigeye Tuna
Thunnus Obesus
Tuna Mata Besar



Black Marlin
Makaira Indica
Setuhuk Hitam



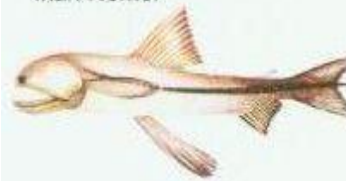
Black pomfret
Formio Niger
Bawal Hitam



Blotched grunt
Pomadasys Macullatus
Gerot - gerot



Bombay Duck
Harpodon Nehereus
Ikan Nomei

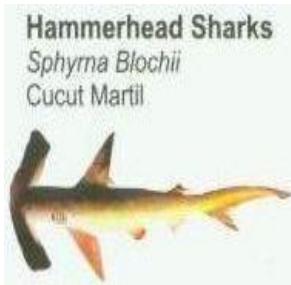
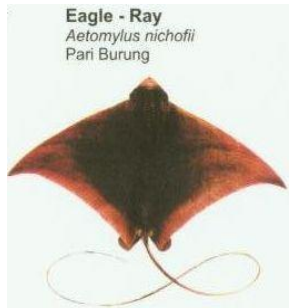


Canine catfish eet
Plotosus canius
Sembilang



Cawtail Ray
Trygon Sephen
Pari Kelapa







Ikan mas koki

Ikan yellow tang

Ikan arwana

Gambar 3.28. Berbagai jenis ikan yang ada di Indonesia

Ikan pelagis kecil yang memiliki arti penting bagi perikanan Indonesia antara lain adalah ikan layang (*Decapterus spp*), selar (*Selaroides spp*), teri (*Stolephorus spp*), japuh (*Dussumieria spp*), tembang (*Sardinella fimbriata*), lemuru (*Sardinella longiceps*), dan kembung (*Rastrelliger spp*). Beberapa jenis ikan pelagis kecil dan besar yang sampai saat ini bernilai ekonomi penting disajikan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Beberapa ikan pelagis kecil dan besar di Indonesia (sumber : Widodo *et al.*, 1998; Dwiponggo, 1987 dalam Dahuri, 2003)

Kelompok Ikan	No.	Nama Indonesia	Nama Ilmiah
Pelagis Kecil	1.	Alu-alu	<i>Sphyraena spp.</i>
	2.	Bawal Hitam	<i>Formio niger</i>
	3.	Belanak	<i>Mugil spp.</i>
	4.	Japuh	<i>Dussumieria spp.</i>
	5.	Julung-julung	<i>Tylosurus spp.</i>
	6.	Kembung	<i>Restrelliger spp.</i>
	7.	Kuwe	<i>Caranx spp.</i>
	8.	Layang	<i>Decapterus spp.</i>
	9.	Lemuru	<i>Sardinella longiceps</i>
	10.	Parang-parang	<i>Chirocentrus spp.</i>
	11.	Selar	<i>Selar spp.</i>
	12.	Sunglir	<i>Elagatis bipinnulatus</i>
	13.	Talang-talang	<i>Chorinemus spp.</i>
	14.	Tembang	<i>Sardinella fimbriata</i>
	15.	Terbang	<i>Cypselurus spp.</i>
	16.	Teri	<i>Stelophorus spp.</i>
	17.	Terubuk	<i>Clupeatoli</i>
	18.	Tetengkek	<i>Megalaspis cordyla</i>
	19.	Tongkol	<i>Euthynnus spp.</i>
Pelagis Besar	1.	Madidihang	<i>Thunnus albacores</i>
	2.	Tunamata besar	<i>Thunnus obesus</i>
	3.	Albakora	<i>Thunnus alalunga</i>
	4.	Tuna sirip biru	<i>Thunnus macoyii</i>
	5.	Ikan pedang	<i>Xiphias gladius</i>
	6.	Setuhuk hitam	<i>Makaira indica</i>
	7.	Setuhuk biru	<i>Makaira mazara</i>
	8.	Setuhuk loreng	<i>Tetrapturus audax</i>
	9.	Ikan layaran	<i>Istiophorus</i>
			<i>Platypterus</i>
	10.	Cakalang	<i>Katsuwonus pelamis</i>
	11.	Tenggiri	<i>Scomberomorus commersoni</i>
	12.	Tenggiri papan	<i>Scomberomorus guttatus</i>
	13.	Cucut biru	<i>Glyphis glauca</i>
	14.	Cucut botol	<i>Sphyrna sp.</i>
	15.	Cucut sirip hitam	<i>Carcharhinus melnopterus</i>
	16.	Cucut macan	<i>Galeocerdo sp.</i>
17.	Cucut mako	<i>Isurus galucus</i>	

3.5.2. Keanekaragaman Spesies Krustasea

Keanekaragaman spesies krustasea (jenis udang, kepiting, dan kelomang) diperkirakan mencapai lebih dari 1.502 spesies, yang umum dikenal masyarakat karena jenis-jenis tersebut dikonsumsi, dan dalam perdagangan dikategorikan sebagai spesies ekonomis penting, diperkirakan ada 11 spesies udang laut (*Penaeidae*), 7 spesies udang karang, dan 5 spesies kepiting dan rajungan (Tabel 3.6).

Sebagian besar spesies krustasea, yang secara ekologis memiliki peran dalam proses-proses ekosistem, tingkat manfaat ekonominya belum diketahui sampai saat ini. Hal ini disebabkan oleh kurangnya kegiatan riset yang terencana.

Tabel 3.6. Beberapa jenis udang, kepiting dan kerabatnya di Indonesia

NO.	Nama Indonesia	Nama Ilmiah
1.	Udang windu, Pancet	<i>Penaeus monodon</i>
2.	Udang putih, Jerbung	<i>Penaeus merguensis</i>
3.	Udang kelong	<i>Penaeus indicus</i>
4.	Udang bago	<i>Penaeus semisulcatus</i>
5.	Udang api-api	<i>Metapenaeus monoceros</i>
6.	Udang cendana	<i>Metapenaeus brevicornis</i>
7.	Udang krosok	<i>Metapenaeus burkenroadi</i>
8.	Udang pantung	<i>Panulirus homarus</i>
9.	Udang bunga	<i>P. longipes</i>
10.	Udang welang	<i>P. ornatus</i>
11.	Udang jaka	<i>P. penicillatus</i>
12.	Udang barong / Udang manis	<i>P. versicolor</i>
13.	Udang pasir	<i>P. polyphagus</i>
14.	Udang lumpur	<i>Thenus orientalis</i>
15.	Ketam kenari	<i>Thalassina anomala</i>
16.	Kepiting baku, Kepiting cina, Kepiting hijau	<i>Birgus latro</i> <i>Scylla serrate</i>
17.	Rajungan	<i>Portunus pelagicus</i>
18.	Rajungan bintang	<i>Portunus sanguinolentus</i>
19.	Rajungan karang	<i>Charybdis feriatus</i>
20.	Rajungan angin	<i>Podophthalmus vigil</i>

Jenis-jenis udang laut dari marga *Penaeus* dan *Metapenaeus* memiliki 2 fase siklus hidup, yaitu fase di tengah laut jeluk (pada saat dewasa dan memijah) & fase di perairan pantai (pada saat juvenil atau juwana).

Fase juvenile, udang-udang ini sangat bergantung pada ekosistem hutan mangrove karena pada fase ini udang-udang tersebut mencari makan berbagai jasad renik (mikro algae) dan detritus (serasah) yang jumlahnya berlimpah di ekosistem hutan mangrove. Oleh karena itu, kegiatan penangkapan udang pada umumnya dilakukan di kawasan-kawasan perairan laut pesisir yang ditumbuhi hutan mangrove.

Jenis-jenis udang karang juga memiliki siklus yang rumit, dan sesuai dengan namanya, habitat mereka adalah ekosistem terumbu karang. Karena hidup di daerah yang sangat dinamis, untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya, setiap memijah seekor udang karang rata-rata menghasilkan 400.000 butir telur, dan dalam setiap fase siklus hidupnya, bentuk dan sifat larva udang karang sangat berbeda dengan fase dewasanya. Jenis-jenis udang dan kepiting dapat dilihat pada Gambar 3.29 dan 3.30 di bawah ini.



Udang galah



Udang sotong



Udang air tawar



Udang windu



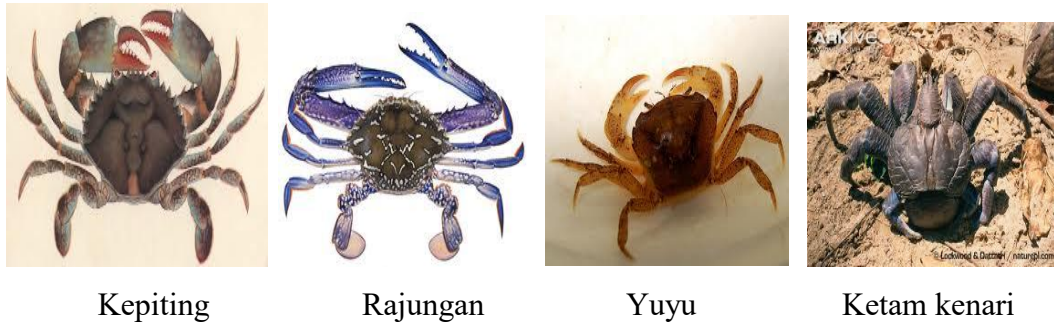
Udang karang



Udang air tawar

Gambar 3.29. Jenis-jenis udang

Di Jakarta, udang putih jenis *Penaeus merguensis* sudah banyak tercemar oleh limbah logam berat yang berasal dari buangan pabrik atau industri. Dalam hasil penelitiannya Wardani, M.D (2012) menyatakan bahwa udang konsumsi tersebut yang direndam dengan perasan air buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) selama 60 menit dapat menurunkan kadar logam berat seperti timbal (Pb) dan cadmium (Cd) yang dapat mengganggu kesehatan.



Gambar 3.30. Jenis-jenis kepiting

3.5.3. Keanekaragaman Spesies Moluska

Moluska (keong laut, kerang-kerangan, dan cumi-cumi) merupakan kelompok biota perairan laut Indonesia yang memiliki tingkat keragaman paling tinggi. Spesies moluska banyak hidup di daerah ekosistem karang, mangrove, dan padang lamun. Beberapa jenis keong laut yang berukuran besar misalnya batu laga / siput mata bulan (*Turbo marmoratus*), lola / susu bundar (*Trochus niloticus*), kepala kambing (*Cassia cornuta*), keong papaya / taburi (*Nilo aethiopicus*), tedong-tedong (*Lambis lambis*), keong terompet (*Syrinx aruanus*), dan concong raja (*Charitonia tritonis*). Sedangkan jenis kerang-kerangan yang memiliki nilai ekonomi penting misalnya adalah kerang mutiara, kerang hijau, dan kerang darah. Gambar 20 memperlihatkan jenis keong, kerang, dan cumi-cumi yang termasuk kelas Moluska.



Keong



Kerang



Cumi-cumi

Gambar 3.31. Keong, kerang dan cumi-cumi sebagai kelas Moluska

Potensi lestrai kerang-kerangan belum banyak diketahui, namun wilayah penyebarannya sangat luas karena hampir semua perairan laut Indonesia yang ditumbuhi terumbu karang memiliki beragam jenis moluska. Penyebaran beberapa jenis kerang mutiara di Indonesia pada umumnya dijumpai di perairan-pelabuhan pesisir yang jernih dan tidak tercemar. *Pinctada fucata* terdapat di daerah pasang surut sampai kedalaman 22 meter, dan *P. Maxima* sampai kedalaman 75 meter, sedangkan *P. lentiginosa* bisa mencapai kedalaman lebih dari 75 meter (Soewito *et al*, 2000 dalam Dahuri, 2003).

Hasil penelitian Pratiwi, D.N (2012) tentang kerang hijau (*Perna viridis*) dinyatakan bahwa kerang hijau yang dikonsumsi masyarakat telah tercemar oleh beberapa logam berat yang dapat membahayakan kesehatan, oleh sebab itu dalam laporannya disebutkan bahwa kadar logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang terakumulasi dalam kerang hijau dapat diminimalisir dengan cara direndam asam cuka (asam asetat) 25%.

Tabel 3.7. Beberapa spesies moluska yang terdapat di perairan Indonesia

Kelompok	Nama Indonesia	Nama Latin
Gastropoda (keong)	1. Lola / susu bundar	<i>Trochus niloticus</i>
	2. Mata bulan / bagu laga	<i>Turbo marmoratus</i>
	3. Mata kucing	<i>Turbo petolatus</i>
	4. Concong raja / serobong batik	<i>Charonia tritonis</i>
	5. Kepala kambing	<i>Cassis cornuta</i>
	6. Mulut lembu	<i>Cypriocassis rufa</i>
	7. Tedong-tedong	<i>Lambis chiragra</i>
	8. Keong sisir	<i>Murex tenuispina</i>
	9. Keong laut	<i>Conus textile</i>
	10. Lapar kenyang	<i>Haliotis assinina</i>
	11. Onem	<i>Syrinx aruanus</i>
Bivalvia (kerang-kerangan)	1. Kerang mutiara	<i>Pinctada maxima</i>
	2. Tapis-tapis	<i>Pinctada margaritifera</i>
	3. Kerang mutiara	<i>Pteria penguin</i>
	4. Kerang mutiara	<i>Pinctada lentiginosa</i>
	5. Kerang darah	<i>Anadara granosa</i>
	6. Kerang bulu, K. gelatik	<i>Anadara antiquate</i>
	7. Kerang hijau, kemudi kapal, srindit hijau	<i>Perna viridis</i>
	8. Kerang tahu	<i>Periglypta reticulate</i>
	9. Kepah	<i>Meritrix meritrix</i>
	10. Kipas-kipas	<i>Amusium pleunorectus</i>
	11. Kampak-kampak	<i>Atrina vexillum</i>
	12. Kapak-kapak	<i>Pinna bicolor</i>
	13. Tiram bakau	<i>Crassostrea cuculata</i>
	14. Tiram batu	<i>Spondylus ducalis</i>
	15. Kima raksasa	<i>Tridacna gigas</i>
	16. Kima raksasa	<i>Tridacna derasa</i>
	17. Kima sisik	<i>Tridacna Squamosa</i>
	18. Kima pasir	<i>Hippopus hippopus</i>
	19. Kima luang	<i>Tridacna crocea</i>
	20. Kima cina	<i>Hippopus porcellanus</i>
Chepalopoda (cumi & sotong)	1. Cumi, enus	<i>Loligo spp.</i>
	2. Sotong, blekutak	<i>Sepia spp.</i>
	3. Gurita	<i>Octopus spp.</i>
	4. Genggeng	<i>Nautilus pompilius</i>

Cumi-cumi (*Loligo vulgaris*) memiliki kerangka tipis dan bening yang terdapat di dalam tubuhnya, sedangkan sotong atau blekutak (*Sepia* sp.) mempunyai cangkang seperti cumi-cumi namun mengandung kapur, sedangkan gurita (*Octopus* sp.) tidak mempunyai cangkang, namun memiliki tentakel yang kokoh. Berikut adalah beberapa jenis gurita (Gambar 3.32).



Gambar 21. Beberapa jenis gurita

3.5.4. Keanekaragaman Spesies Ekhinodermata

Ekhinodermata merupakan kelompok invertebrata yang memiliki tingkat keragaman spesies yang tinggi dan berperan penting baik secara ekologis maupun ekonomis. Jenis-jenis ekhinodermata ini dapat bersifat pemakan seston (*suspension feeder*) atau pemakan detritus, sehingga perannya dalam suatu ekosistem sangat penting untuk merombak sisa-sisa bahan organik yang tak terpakai oleh spesies lain, namun dapat dimanfaatkan oleh beragam jenis ekhinodermata.

Kelompok utama ekhinodermata terdiri dari 5 kelas, yaitu : bintang laut (*Asteroidea*), bulu babi atau urcin (*Echinoidea*), Lili laut (*Crinoidea*), teripang (*Holothuroidea*), dan bintang laut mengular (*Ophiuroidea*)

Kekayaan spesies untuk masing-masing kelas disajikan pada Tabel 3.8. Jumlah spesies ekhinodermata di Indonesia mencapai sekitar 1.412 spesies atau sekitar 10% jumlah total spesies di dunia. Namun, dari jumlah tersebut hanya beberapa species yang memiliki nilai niaga (Tabel 3.9), terutama dari kelas bulu babi dan teripang. Beberapa jenis teripang yang diperdagangkan adalah teripang pasir, teripang getah, teripang benang, teripang gamet, dan teripang kapuk.

Tabel 3.8. Keanekaragaman spesies Ekinodermata

Kelas	Jml. Spesies di dunia	Jml. Spesies di Indo-Malaya	Jml. Spesies di Indonesia
<i>Asteroidea</i>	1.500	402	295
<i>Crinoidea</i>	630	279	201
<i>Echinoidea</i>	800	316	228
<i>Holothuroidea</i>	1.135	327	257
<i>Ophiuroidea</i>	2.000	610	431
Jumlah Total	6.065	1.934	1.412

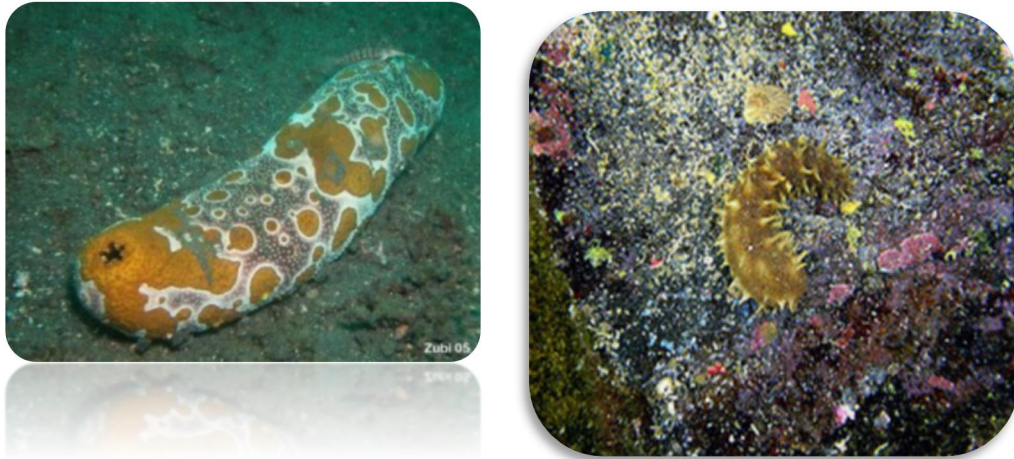
Tabel 3.9. Spesies Ekinodermata yang memiliki nilai jual

NO.	Nama Indonesia	Nama Ilmiah
1.	Teripang Batu	<i>Holothuria nobilis</i>
2.	Teripang Getah	<i>H. leucospillota</i>
3.	Teripang Grido	<i>H. vitiensis</i>
4.	Teripang Pasir	<i>H. scabra</i>
5.	Teripang Batu Keling	<i>H. edulis</i>
6.	Teripang Hitam	<i>Actinopyga echinites</i>
7.	Teripang Olok-Olok	<i>Bohadschia marmorata</i>
8.	Teripang Patola	<i>B. argus</i>
9.	Teripang Kasur	<i>Mulleria lecanora</i>
10.	Teripang Gama	<i>Stichopus variegatus</i>
11.	Teripang Kacang	<i>S. horrens</i>
12.	Teripang Nanas	<i>Thelenota ananas</i>
13.	Bulu Babi	<i>Echinus esculentus</i>

Kebutuhan akan produk teripang terus meningkat dari tahun ke tahun, dengan produksi yang sampai saat ini masih tergantung pada pengambilan / penangkapan dari alam. Dengan demikian, dalam beberapa tahun terakhir, tidak dapat dipungkiri bahwa banyak nelayan teripang merasakan penurunan jumlah penangkapan. Demikian juga halnya dengan beberapa pengeksport teripang, mereka beralih komoditi akibat jumlah pasokan yang tidak memenuhi kuota.

Produksi teripang yang dilaporkan oleh Ditjen Perikanan justru menunjukkan angka yang terus meningkat (Gambar 3.33). Kenaikan jumlah produksi tersebut mungkin terjadi karena adanya suplai jenis-jenis teripang yang berkualitas rendah. Seperti dinyatakan oleh Conand (1998) dalam Purwati & Darsono (2002) bahwa produk jenis teripang Indonesia merupakan jenis teripang

kualitas rendah, sedangkan Filipina mengekspor jenis-jenis yang bernilai ekonomi tinggi.



Gambar 3.33. Teripang (timun laut/gamat)

Gambar 3.34 di bawah ini menampilkan teripang yang sudah dikeringkan dan siap untuk dijual atau digunakan sebagai obat/makanan olahan.

- Teripang gosok



- Teripang kapuk



- Teripang susu



- Teripang gamat



- Teripang duyung



- Teripang polos



- Teripang bintik



- Teripang cera merah



- Teripang talenko



- Teripang nanas



- Teripang cera abu



- Teripang kunyi/kuning



- Jelly gamat



- Cream nayla dari ekstrak gamat



- Gold-g



- Kerupuk gamat



- Green gamat



- Buble teripang



Gambar 3.34. Teripang kering dan teripang olahan

3.5.5. Keanekaragaman Spesies Sponge

Sponge diperkirakan telah ada sejak jaman Pecambrian (600-7.000 juta tahun yang lalu), dan mendominasi kehidupan bawah laut kira-kira 400 tahun lalu. Dengan beragam warna dan bentuknya, sponge memberikan peluang untuk diteliti tidak saja dari aspek keragaman biota yang bersimbiosis, tetapi juga memberikan harapan sebagai sumber bahan alami (*natural product*) bagi penelitian medis.

Sponge merupakan hewan multiseluler sederhana, tubuhnya terdiri dari 2 lapis sel yang mengakit satu lapisan *fibrous matrix*. Ukuran sponge sangat beragam, mulai dari 5 cm (*Crambe* sp.) sampai 1 meter tingginya seperti jenis sponge gentong (*Xestopongia testudinaria*) (Gambar 3.35).



Gambar 3.35. Bunga karang (sponge)

Sponge gentong banyak ditemukan di perairan pantai Kepulauan Banda. Sponge merupakan hewan penyaring yang sangat efisien. Air laut yang kaya akan

jasad-jasad renik (plankton & bacteria) disaring lewat lubang-lubang kecil dipermukaan tubuhnya (ostia) dan sisa makanan atau hasil-hasil metabolisme akan dibuang lewat lubang *osculan*.

Survei yang dilakukan oleh Tanaka *et al.* (2002) dalam Dahuri, 2003 menyebutkan bahwa jumlah spesies sponge di Indonesia diperkirakan sebanyak 700 jenis. Namun dari jumlah tersebut hanya sedikit yang memiliki nama ilmiah. Hal ini disebabkan karena sponge yang terdapat di daerah tropis sangat sulit diidentifikasi dan karena sangat sedikit atau bahkan tidak ada ahli taksonomi Indonesia yang mendalami sumber daya sponge.

Senyawa – senyawa hasil metabolit sekunder dari biota spons antara lain : Alkaloid, Terpenoid, Steroid, Acetogenin, senyawa nitrogen, halida siklik, peptide siklik, dan lain-lain.

Beberapa senyawa aktif dari biota spons yang berpotensi sebagai bahan farmasi :

1. Senyawa Antimikroba

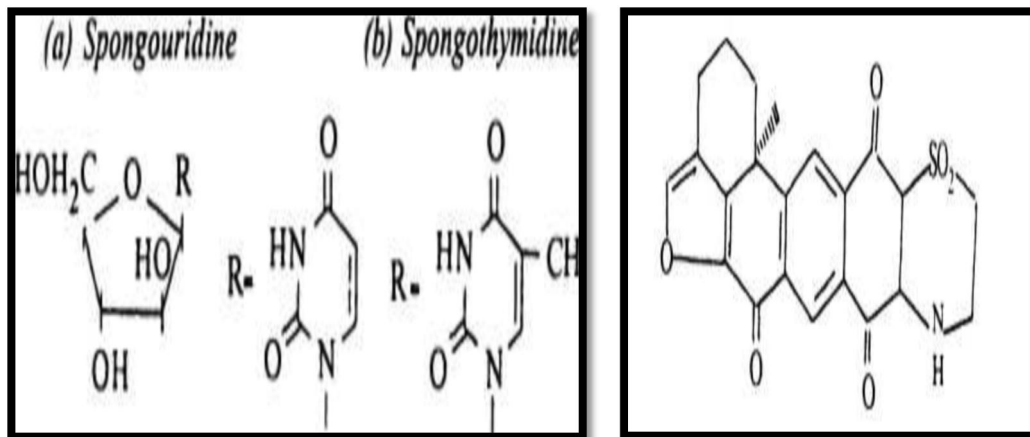
Senyawa antimikroba yang telah diisolasi dari biota spons diantaranya adalah :

- **Aeropylsinin-1**, diisolasi dari spons jenis *Aplysina aerophoba*. Senyawa ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio micrococcus* atau *Alteromonas* sp.
- **Sigmosceptrellin-A**, diisolasi dari spons jenis *Sigmosceptrella laevis*. Merupakan senyawa antimikroba peroksida siklik norsessterpen, yang tidak berbentuk kristal, penentuan stereokimia dari senyawa ini tidak dapat dilakukan dengan sinar X.
- **Strongylophorines**, diisolasi dari spons *Strongylophora durissima*. Senyawa meroditerpenoid ini aktif menghambat bakteri *Salmonella typhi* dan *Micrococcus luteus* dengan diameter zone hambat bakteri 7 - 9 mm pada konsentrasi 100 µg/disk.

2. Senyawa Antikanker

- **Spongouridin dan spongothymidine**, adalah senyawa yang disintesa dari spons *Cryptotetis cryptal*. Senyawa ini berfungsi sebagai terapi terhadap nukleosida virustatik Ara-A. Kedua senyawa ini merupakan zat aktif terhadap virus herpes simplex.

- **Adociaquinon B**, diisolasi dari spons *Xestospongia sp.* Senyawa ini aktif menghambat pertumbuhan sel tumor manusia.



Gambar 3.36. Struktur Spongouridin, spongothymidine, dan Adociaquinon B.

Selain memiliki keaktifan sebagai antimikroba dan antikanker, ternyata senyawa dari spons juga dapat digunakan sebagai obat antasida, antiepileptik, lipotropik dan hypotensif :

- ✓ **Glisin**, diisolasi dari spons *Zoanthids*, senyawa ini mempunyai keaktifan sebagai antasida.
- ✓ **Asam Glutamat**, mempunyai keaktifan sebagai antiepileptik.
- ✓ **Metionin**, mempunyai keaktifan sebagai lipotropic agent.
- ✓ **N,N-Dimethylhistamine**, diisolasi dari spons *Geodia gigas* dan *Ianthella sp.* Senyawa ini mempunyai keaktifan sebagai hipotensif.

3.5.6. Keanekaragaman Spesies Mamalia Laut

Perairan Indonesia memiliki keanekaragaman spesies mamalia laut (*cetacean*) berupa paus dan lumba-lumba. Sedikitnya 29 spesies *cetacean* di ketahui hidup di wilayah perairan Indonesia dan 3 spesies lagi masih membutuhkan konfirmasi penelitian di lapangan (Kahn, 2002 dalam Dahuri, 2003).

Lebih dari sepertiga spesies paus dan dolphin yang diketahui di dunia dapat di jumpai di perairan laut Indonesia, termasuk beberapa spesies yang hamper punah (Tabel 3.10 dan Tabel 3.11). Habitat paus dan dolphin tersebut

meliputi lingkungan sungai-sungai besar, hutan mangrove, perairan pesisir, dan perairan laut terbuka.

Tabel 3.10. Beberapa jenis ikan paus

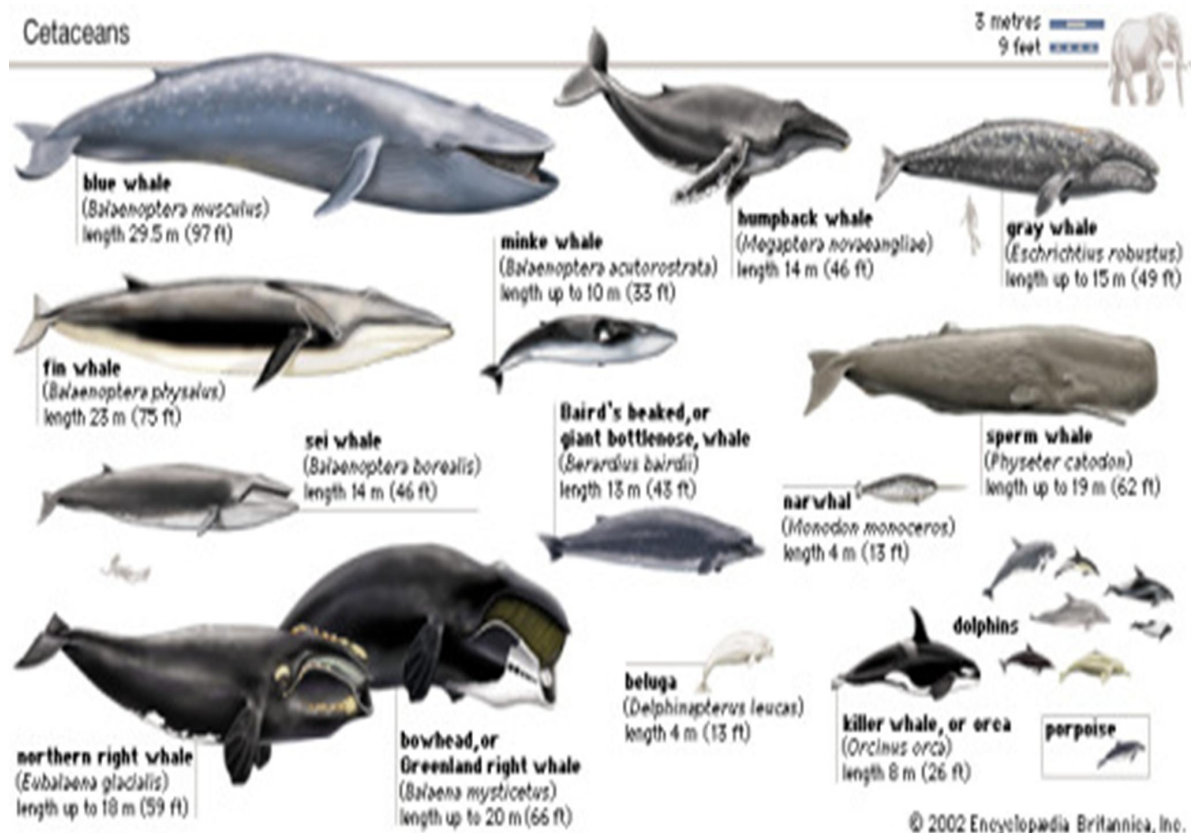
NO.	Nama Indonesia	Nama Ilmiah
1.	Paus Sperma	<i>Physeter macrocephalus</i>
2.	Paus Sperma Cebol	<i>Kogia simus</i>
3.	Paus Sperma Kerdil	<i>Kogia breviceps</i>
4.	Paus-Pemandu-Sirip Pendek	<i>Globicephala macrorhynchus</i>
5.	Paus Pembunuh	<i>Oricinus orca</i>
6.	Paus Pembunuh Palsu	<i>Pseudorca crassidens</i>
7.	Paus Pembunuh Kerdil	<i>Feresa attenuate</i>
8.	Paus Kepala Semangka	<i>Peponocephala electra</i>
9.	Lumba-lumba Paruh Panjang	<i>Stenella longirostris</i>
10.	Lumba-lumba Totol	<i>Stenella attenuate</i>
11.	Lumba-lumba Bergaris	<i>Stenella coeruleoalba</i>
12.	Lumba-lumba Gigi Kasar	<i>Steno bredanensis</i>
13.	Lumba-lumba Abu-abu	<i>Grampus griseus</i>
14.	Lumba-lumba Hidung Botol	<i>Tursiops truncates</i>
15.	-	<i>Delphinus delphis</i>
16.	-	<i>Delphinus capensis</i>
17.	Lumba-lumba Fraser	<i>Lagenodelphis hosei</i>
18.	-	<i>Sousa chinensis</i>
19.	-	<i>Orcaella-brevirostris</i>
20.	Lumba-lumba Tak Bersirip	<i>Neophocaena phocaenoides</i>
21.	Ika mea	<i>Mesoplodon sp.</i>
22.	Paus Paruh Cuvier	<i>Ziphius cavirostris</i>
23.	Paus Hidung Botol	<i>Hyperoodon sp.</i>
24.	Paus Minke	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>
25.	Paus Bryde	<i>Balaenoptera brydei</i>
26.	Paus Bryde Kerdil	<i>Balaenoptera edeni</i>
27.	Paus Sei	<i>Balaenoptera borealis</i>
28.	Paus Sirip	<i>Balaenoptera physalus</i>
29.	Paus Biru	<i>Balaenoptera musculus</i>
30.	Paus Bongkok	<i>Megaptera novaeangliae</i>
31.	Duyung	<i>Dugong dugon</i>

Paus yang ada di Indonesia, seperti paus biru, paus sirip, paus sei, dan paus sperma memanfaatkan perairan zona ekonomi eksklusif dan alur-alur sempit di antara pulau-pulau kecil sebagai rute migrasinya. Dengan demikian, hewan-hewan tersebut sangat rentan terhadap perubahan lingkungan seperti kerusakan habitat, gangguan suara di bawah permukaan laut, pencemaran laut, dan overeksploitasi sumber daya (Hofman 1995 dan Kahn 2002 *dalam* Dahuri, 2003).

Pencegahan dan untuk mengurangi gangguan terhadap ruaya (migrasi) hewan-hewan tersebut, penetapan daerah konservasi laut di perairan Indonesia sangat diperlukan, karena aspek-aspek ekologi penting (reproduksi, fase pertumbuhan, dan perkawinan) dari kehidupan paus & dolphin sering terjadi terutama di luar wilayah konservasi.

Perairan laut Indonesia juga memiliki spesies dugong atau duyung (*Dugong dugon*). Aspek ekologi dari dugong mirip dengan hewan paus dan dolphin, misalnya berumur panjang, dan fase yang rendah.

Dugong dapat ditemui saat bermigrasi di perairan sekitar Nusa Tenggara Barat dan Timur, Maluku, Papua. Pergerakan migrasi dugong dapat mencapai ratusan kilometer dalam beberapa hari, dan melewati perairan pantai serta laut jeluk.



Gambar 3.37. Beberapa spesies ikan paus

Tabel 3.11. Status ikan paus menurut IUCN

NO	Nama Indonesia	Nama Ilmiah	Status (IUCN 2000)	Total Populasi
1.	Paus biru	<i>Balaenoptera musculus</i>	Endangered	5.000
2.	Paus sirip	<i>Balaenoptera physalus</i>	Endangered	50.000 – 90.000
3.	Paus sei	<i>Balaenoptera borealis</i>	Endangered	50.000
4.	Paus bryde	<i>Balaenoptera brydei</i>	Data deficient	40.000 – 80.000
5.	Paus bryde kerdil	<i>Balaenoptera edeni</i>	Data deficient	-
6.	Paus bongkok	<i>Megaptera novaeangliae</i>	Vulnerable	28.000
7.	Paus minke utara	<i>Balaenoptera cutorostrata</i>	Low-risk-near threatened	610.000
8.	Paus-minke selatan	<i>Balaenoptera bonarensis</i>	Conservation dependent	1.284.000
9.	Paus sperma	<i>Physeter macrocephalus</i>	Vulnerable	< 350.000

Berdasarkan tempat penimbunan minyaknya di dalam hati dan di dalam daging, ikan dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok. Pertama, kelompok ikan yang menyimpan minyak dalam hati (*fish liver oil*), seperti ikan kembung, cod, dan hiu. Kedua, kelompok ikan yang menyimpan minyaknya dalam daging (*fish body oil*), seperti ikan lemuru, paus, sidat, tongkol, makarel, dan ikan herring. Berdasarkan kandungan minyaknya, ikan dapat dikelompokkan menjadi:

- Ikan berlemak sedikit (*lean fish*) dengan kandungan minyak < 2%
- Ikan berlemak rendah (*low fat*) dengan kandungan minyak 24 %,
- Ikan berlemak sedang (*medium fat*) dengan kandungan minyak 48 %,
- Ikan berlemak tinggi (*high fat*) dengan kandungan minyak lebih dari 8 %.

Kadar minyak dalam ikan sangat bervariasi, dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu:

- Spesies (jenis) ikan,
- Jenis kelamin,
- Tingkat kematangan (umur),
- Musim,
- Siklus bertelur, dan lokasi geografis.

Lemak ikan terdiri dari unit-unit kecil yang disebut asam lemak. Asam lemak pada minyak ikan terdiri dari tiga tipe, yaitu:

- Asam lemak jenuh (tidak mempunyai ikatan rangkap), contohnya asam palmitat, asam miristat, dan asam stearat,

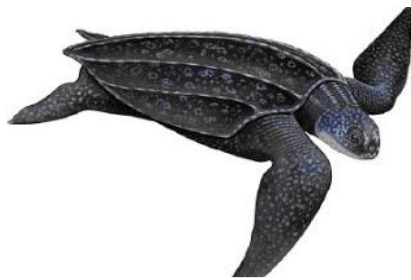
- ⊙ Asam lemak tak jenuh tunggal (mempunyai satu ikatan rangkap), contohnya oleat,
- ⊙ Asam lemak tak jenuh ganda (mempunyai lebih dari satu ikatan rangkap), contohnya linoleat, linolenat, arakidonat (AA), eikosapentaenoat (EPA), dan dokosaheksaenoat (DHA). DHA banyak terdapat pada ikan laut jenis salmon, tuna (terutama tuna sirip biru yang memiliki DHA lima kali lebih banyak), sarden, herring, makarel, serta kerang-kerangan. Umumnya minyak ikan mengandung sekitar 25 persen asam lemak jenuh dan 75 persen asam lemak tak jenuh.
- ⊙ Dari hasil penelitian epidemiologi menunjukkan ada hubungan terbalik antara konsumsi ikan dan terjadinya penyakit jantung koroner. Pada kelompok yang mengonsumsi ikan sekurang-kurangnya 30 gram sehari, risiko kematian karena penyakit jantung koroner menjadi berkurang 50 persen dibandingkan kelompok yang tidak mengonsumsi ikan. Zat aktif yang berperan penting dalam hubungan tersebut adalah asam lemak Omega-3.

3.5.7. Keanekaragaman Spesies Reptil Laut

Reptil laut terdiri dari 3 kelompok yaitu penyu, buaya, dan ular. Ular laut menyesuaikan diri untuk berenang dengan bentuk ekornya yang memipih seperti dayung. Ular laut sangat berbisa dan mangsa utamanya adalah ikan. Ular laut (suku *Hydrophidae*) lebih senang hidup di perairan pantai yang terlindung, terutama di sekitar muara sungai. Namun, ular laut dapat juga ditemukan di daerah ekosistem terumbu karang dan bahkan di laut lepas sampai ratusan mil dari pantai.

Penyu termasuk kelompok reptile ang unik dan dikenal sebagai fosil hidup karena ia di perkirakan telah ada sejak 200 juta tahun yang lalu. Secara mudah, penyu dapat dibedakan dari kura-kura. Selain hidupnya dilaut, penyu tidak dapat menarik kepala ke dalam tempurung atau karapasnya, sedangkan kura-kura mampu menarik kepala dan kaki kedalam karapasnya apabila ada gangguan.

Perbedaan lainnya adalah bahwa kaki penyu telah berubah bentuk menjadi sirip (*flipper*) sebagai adaptasi untuk hidup menjelajah samudera, sedangkan kura-kura, khususnya yang hidup di darat memiliki kaki bercakar yang dapat berfungsi untuk berjalan di daratan. 6 dari 7 jenis penyu yang hidup di dunia terdapat di Indonesia, yaitu : penyu belimbing (*Dermochelys coriecea*), penyu sisik (*Eretmochelys imbricate*), penyu lekang (*Lepidochelys olivacea*), penyu hijau (*Chelonia mydas*), penyu tempayan (*Caretta caretta*), penyu pipih (*Natator depressus*) (Dermawan, 2002 dalam Dahuri,2003) Gambar 3.38).



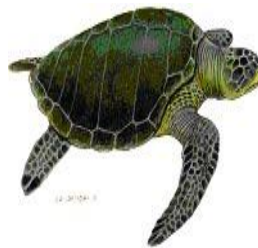
Penyu belimbing



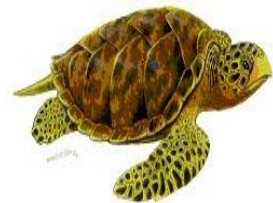
Penyu hijau



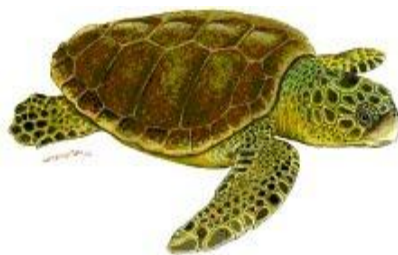
Penyu pipih



Penyu lekang



Penyu sisik



Penyu tempayan



Penyu lekang kempi

Gambar 3.38. Berbagai spesies penyu

Secara tradisional, hampir seluruh bagian dari penyu dapat dimanfaatkan guna menunjang kehidupan manusia. Karapas (khususnya penyu sisik) dapat diolah menjadi berbagai macam barang kebutuhan manusia seperti bingkai kacamata, pigura, gelang, kalung, perabotan rumah tangga, dan berbagai hiasan.

Daging & telurnya merupakan salah satu sumber protein hewani. Di daerah seperti Bali & Tual (Maluku Tenggara), daging penyu merupakan salah satu pelengkap dalam upacara adat atau keagamaan.

Penyu hijau (*Chelonia mydas*). Penyu hijau memiliki nama lokal penyu daging, pada usia muda bersifat karnivora, setelah dewasa cenderung herbivora dengan memakan tumbuh-tumbuhan dan ganggang laut.

Penyu ini tersebar di seluruh kepulauan Indonesia, dan masih dapat ditemukan dalam jumlah yang besar, seperti di Pantai Pangumbahan, Jawa Barat, dan Kep. Derawan, Kab. Berau, Kalimantan Timur. Penyu hijau termasuk dalam 6 jenis penyu yang dilindungi sejak PP No. 7/1999 tentang Pengawetan Tumbuhan dan Satwa dikeluarkan.

Ancaman utama terhadap populasi penyu adalah kegiatan manusia, seperti pencemaran pantai dan laut; perusakan habitat peneluran, perusakan daerah mencari makan, gangguan pada jalur migrasi; serta penangkapan induk penyu secara ilegal dan pengumpulan telur.

Masyarakat lokal di Bali bagian selatan masih menggunakan daging penyu dalam upacara adat. Pemanfaatan telur penyu hijau juga masih berlangsung dan telah dilakukan selama 50 tahun di Kepulauan Derawan, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur, dan di Pantai Pangumbahan, Jawa Barat. Berbagai upaya dilakuakn oleh LSM lokal dan nasional bersama pemerintah pusat guna mengabil tindakan terhadap dilema yang terjadi dan menetapkan perlindungan penuh terhadap telur penyu hijau.

Saltwater Crocodile atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan buaya air asin. Buaya air asin (*Crocodylus porosus*) merupakan binatang terbesar di antara reptile lain. Area populasi buaya ini hidup di wilayah Australia. Selain itu, buaya air asin juga berkembangbiak mulai dari Asia Tenggara hingga Australia.

Predator mematikan ini berburu di daerah tropis di India timur, Asia Tenggara, Australia Utara, dan sebagian besar pulau yang berada di daerah tersebut (Gambar 3.39).



Gambar 3.39. Buaya air asin

Ular laut dikenal juga dengan nama *Pelamis platurus* atau *Pelagic Sea Snakes* dalam bahasa Inggris. Ular laut perut kuning dapat ditemukan di perairan tropis atau sub tropis di Lautan Pasifik & Lautan India. Seperti namanya dalam bahasa Inggris, yaitu *Pelagic Sea Snakes*, ular ini mampu hidup di lautan terbuka atau yang disebut juga dengan zona pelagic walaupun ular perut kuning lebih memilih untuk hidup di perairan pantai.

Populasi Ular laut perut kuning ini sendiri sangat banyak & tidak termasuk dalam daftar hewan yang terancam punah atau rentan punah. Ular laut terdiri dari banyak jenis (salah satu di antaranya *Erabu*) dan kesemuanya merupakan ular yang memiliki racun yang sangat kuat.



Gambar 3.40. Ular laut

3.6. Keanekaragaman Genetika Biota Perairan

Setiap makhluk memiliki komponen pembawa sifat menurun. Komponen tersebut tersusun atas ribuan faktor kebakaan yang mengatur bagaimana sifat-sifat tersebut diwariskan. Faktor itulah yang sekarang kita kenal sebagai gen. Gen terdapat di lokus gen pada kromosom atau di dalam inti sel setiap makhluk hidup. Akan tetapi susunan perangkat gen masing-masing individu dapat berbeda-beda bergantung pada tetua yang menurunkannya. Itulah sebabnya individu-individu yang terdapat dalam satu jenis dan satu keturunan dapat memiliki ciri-ciri dan sifat yang berbeda.

Keanekaragaman tingkat genetik adalah keanekaragaman atau variasi yang dapat ditemukan di antara organisme dalam satu spesies. Perangkat gen mampu berinteraksi dengan lingkungannya. Dalam hal ini, faktor lingkungan dapat memberi pengaruh terhadap kemunculan ciri atau sifat suatu individu. Misalnya dua individu memiliki perangkat gen yang sama, tetapi hidup di lingkungan yang berbeda maka kedua individu tersebut dapat saja memunculkan ciri dan sifat yang berbeda.

Semua makhluk hidup dalam satu spesies/jenis memiliki perangkat dasar penyusun gen yang sama. Gen merupakan bagian kromosom yang mengendalikan ciri atau sifat suatu organisme yang bersifat diturunkan dari induk/orang tua kepada keturunannya.

Keanekaragaman genetik laut terfokus pada perbedaan informasi genetik yang berada di dalam masing-masing individu, baik tanaman, hewan maupun mikroorganisme di lautan. Keanekaragaman genetik laut ini mengacu pada perbedaan genetik pada spesies yang sama dalam laut.

Keanekaragaman genetik laut ini terbentuk karena proses perkawinan antara spesies yang sama dalam laut yang menghasilkan individu yang sudah berbeda genetiknya. Gen ini dibentuk dari 2 pencampuran genetik dari spesies makhluk hidup yang sejenis dalam laut.

Diperkirakan di dunia ini terdapat kurang lebih 10.000.000.000 gen yang tersebar di biota-biota laut di dunia. Walaupun tidak semuanya memberikan kontribusi yang sama pada keanekaragaman genetik. Secara khusus, gen-gen yang mengontrol serta mengendalikan dasar dari proses biokimia dipertahankan secara kuat oleh berbagai kelompok spesies.

Keanekaragaman genetik biota perairan pesisir dan laut Indonesia seharusnya sangat tinggi, jika diduga secara induktif berdasarkan kekayaan keanekaragaman spesiesnya. Hal ini didasarkan pada alasan bahwa pada umumnya dalam satu spesies saja, terkandung variasi genetik yang begitu besar, apalagi di negara kepulauan terbesar seperti Indonesia. Namun sayangnya, riset-riset yang berkaitan dengan identifikasi dan pemanfaatan keanekaragaman genetik biota perairan laut Indonesia belum banyak dilakukan, karena lemahnya pendanaan dan arena dorongan penelitian di bidang genetika masih jauh dari harapan.

Penelitian pada tingkat molekular menjanjikan harapan untuk memberikan kontribusi, baik bagi kesehatan lingkungan maupun bagi kemakmuran suatu bangsa.

Perbaikan atau peningkatan produksi perikanan budi daya pada dasarnya dapat dilakukan secara teknis melalui perbaikan pada 5 aspek utama perikanan budi daya tersebut, yaitu : (1) pemuliaan (*breeding*), (2) pakan, (3) hama & penyakit, (4) manajemen kualitas air, dan (5) teknik perkolaman.

Kekayaan keanekaragaman hayati laut Indonesia yang sangat besar seharusnya menjadi kunci keberhasilan kita dalam mengatasi permasalahan pemuliaan, pakan, dan hama penyakit pada industri perikanan budi daya.

Stok plasma nutfah (*genetic resources*) kelautan yang sangat besar serta beragam, maka jika kita dapat menerapkan rekayasa genetika dengan baik, seharusnya kita mampu memproduksi induk dan benih unggul yang merupakan kunci keberhasilan usaha perikanan budi daya.

Latimeria adalah genus yang terdiri dari spesies hidup *Coelacanth*. Berdasarkan cincin pertumbuhan tulang telinga mereka (*otoliths*), para ilmuwan menyimpulkan bahwa ikan ini individu dapat hidup selama 80 sampai 100 tahun. *Coelacanth* hidup sedalam 700 m (2.300 ft) di bawah permukaan laut, tetapi lebih sering ditemukan pada kedalaman 90 sampai 200 m. Contoh hidup *Latimeria chalumnae* memiliki warna biru tua yang mungkin kamuflase mereka dari spesies mangsa, namun, spesies Indonesia (*L. menadoensis*) berwarna coklat.

Para ikan raja laut yang tinggal di dekat *Sodwana Bay*, Afrika Selatan, beristirahat di gua-gua di kedalaman 90 sampai 150 m pada siang hari, tapi bubar dan berenang ke kedalaman dangkal 55 m ketika berburu di malam hari. Kedalaman ini tidak sepenting kebutuhan mereka untuk cahaya sangat redup dan, lebih penting lagi, air yang memiliki suhu 14 sampai 22 ° C.

Ikan tersebut akan naik atau tenggelam untuk menemukan kondisi ini. Jumlah oksigen darah mereka dapat menyerap dari air melalui insang tergantung pada suhu air. Penelitian ilmiah menunjukkan *coelacanth* harus tinggal di air dingin, baik oksigen atau darah tidak dapat menyerap oksigen yang cukup.

Coelacanth betina melahirkan pada waktu masih muda, dalam kelompoknya anak tersebut mampu bertahan sendiri segera setelah lahir. Perilaku reproduksi mereka tidak dikenal, namun diyakini bahwa mereka tidak dewasa

secara seksual sampai setelah 20 tahun. Waktu kehamilan diperkirakan 13 sampai 15 bulan. Gambar 3.41 memperlihatkan ikan jenis *Latimeria menadoensis*



Gambar 3.41. Ikan *Latimeria menadoensis*

Latimeria menadoensis hanya dikenal dari tiga lokasi di Sulawesi Utara, Indonesia, dan sangat sedikit spesimen telah terlihat. Hal ini dianggap alami langka dengan populasi kurang dari 10.000 orang dewasa yang matang. Ini adalah spesies yang tumbuh lambat dengan fekunditas rendah, dan karena itu secara alami rentan terhadap eksploitasi yang berlebihan.

Ancaman utama adalah jaring hiu set mendalam, kail dan pancing untuk kerapu. Tidak ada informasi kependudukan yang tersedia dan tidak ada yang diketahui tentang tren saat ini. Karena sejumlah kecil daerah yang dikenal,

populasi ikan ini diduga rendah dan terancam punah , *Latimeria menadoensis* terdaftar sebagai makhluk yang rentan.

Latimeria chalumnae, kadang-kadang dikenal sebagai Barat Samudera Hindia Coelacanth, adalah salah satu dari dua spesies yang masih ada dari Coelacanth , urutan langka vertebrata lebih erat terkait dengan reptil dan mamalia .Ikan ini memiliki pigmen biru terang, dan lebih dikenal dari dua spesies yang masih ada. Spesies ini telah dinilai sebagai sangat terancam pada daftar merah IUCN .

Berat rata-rata dari *Latimeria chalumnae* adalah 80 kg (176 lb), dan mereka dapat mencapai hingga 2 m (6,5 kaki) panjangnya. Betina dewasa sedikit lebih besar daripada jantan. *L. chalumnae* terdapat di sekitar tepi barat Samudera Hindia , dari Afrika Selatan ke utara di sepanjang pantai timur Afrika ke Kenya, Komoro dan Madagaskar (Gambar 3.42).



Gambar 3.42. Ikan *Latimeria chalumnae*

3.7. Rangkuman

1. Ekosistem pesisir terdiri dari terumbu karang, padang lamun, rumput laut, hutan mangrove, estuaria, pantai, dan pulau-pulau kecil.
2. Ekosistem pesisir dibagi dua macam yaitu alami antara lain terumbu karang, hutan mangrove, padang lamun, pantai berpasir, pantai berbatu, estuaria, laguna, delta dan pulau kecil. Sedangkan yang buatan antara lain tambak, sawah, pasang surut, kawasan pariwisata, kawasan industri dan kawasan pemukiman.

3. Fungsi terumbu karang antara lain pelindung ekosistem pantai, penghasil oksigen, rumah berbagai jenis mahluk hidp, sumber obat-obatan, objek wisata, daerah penelitian dan nilai spiritual.
4. Tanaman lamun memiliki bunga dan buah yang kemudian berkembang menjadi benih, memiliki akar, daun yang nyata, dan stomata sebagai sistem transportasi internal untuk gas dan nutrient. Beberapa organisme yang ada antara lain algae, moluska, ekinodermata, krustasea dan ikan.
5. Nutrisi yang terkandung dalam rumput laut antara lain polisakarida dan serat, mineral, protein, lipid dan asam lemak, vitamin, dan polifenol. Kandungan rumput laut yang dimanfaatkan untuk industry antara lain agar, pikokoloida, dan karagenan.
6. Hutan mangrove memiliki nilai ekonomis dan ekologis yang tinggi, tetapi sangat rentan terhadap kerusakan apabila kurang bijaksana dalam mempertahankan, melestarikan dan pengelolaannya.
7. Peran ekologi estuaria antara lain sumber zat hara dan bahan organik, habitat spesies ikan dan udang yang ekonomis, potensi produksi makanan laut, tempat pemukiman, tempat budidaya ikan dan jalur transportasi.
8. Morfologi pantai di Indonesia antara lain pantai terjal berbatu, pantai landai dan datar, pantai dengan bukit pasir, pantai beralur, pantai lurus, pantai berbatu, dan pantai karena adanya erosi.
9. Potensi pulau-pulau kecil antara lain pengembangan perikanan rakyat, marikultur dan pelayanan jasa.
10. Sumber daya hayati laut antara lain spesies ikan, krustasea, moluska, ekinodermata, sponge, mamalia laut, dan reptil laut. Senyawa aktif dari biota sponge sebagai bahan farmasi adalah senyawa antimikroba dan antikanker.
11. Riset-riset yang berkaitan dengan identifikasi dan pemanfaatan keanekaragaman genetika biota perairan laut Indonesia belum banyak dilakukan, karena lemahnya pendanaan dan penelitian di bidang genetika masih jauh dari harapan.

3.8. Latihan Soal :

1. Sebutkan contoh ekosistem laut yang alami dan buatan.
2. Jelaskan proses terjadinya terumbu karang.
3. Sebutkan tiga kelompok besar terumbu karang.
4. Apa yang dimaksud padang lamun ? dan hewan apa saja yang hidup disana ?
5. Apa saja manfaat rumput laut bagi kesehatan ? sebutkan juga nutrisi yang terkandung di dalamnya.
6. Apa yang dimaksud hutan mangrove ? sebutkan beberapa jenis tumbuhan yang hidup di hutan mangrove.
7. Apa yang dimaksud estuaria ? dan sebutkan beberapa karakteristik estuaria.
8. Sebutkan macam-macam pantai di Indonesia.
9. Apa yang dimaksud dengan pulau-pulau kecil ? dan sebutkan beberapa karakteristiknya
10. Sumber daya hayati laut apa saja yang hidup di perairan tawar maupun laut ? berikan contohnya, masing-masing 3.

BAB IV

MANFAAT DAN NILAI EKONOMI KEANEKARAGAMAN HAYATI LAUT

4.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan manfaat dan nilai ekonomi keanekaragaman hayati laut
2. Menyebutkan sumber-sumber dari produk laut
3. Memberikan contoh tentang jasa-jasa lingkungan laut
4. Mengklasifikasikan nilai manfaat dan ekonomi keanekaragaman hayati laut.

Wilayah pesisir dan lautan Indonesia memiliki manfaat yang sangat besar bagi kehidupan masyarakat Indonesia maupun dunia. Tingginya keanekaragaman hayati di laut dapat merefleksikan potensi ekonomi perairan pesisir dan lautan tersebut, dalam arti bahwa semakin tinggi keragaman hayati yang terkandung, maka semakin besar potensi yang dapat dikembangkan. Keanekaragaman hayati pesisir dan lautan di antaranya berguna sebagai sumber plasma nutfah, sumber pangan, bahan baku industri farmasi dan kosmetik, penyedia jasa lingkungan laut, pendukung untuk pengembangan kawasan industry dan pariwisata.

4.2. Produk dari Laut

4.2.1. Sumber Bahan Baku Pangan

Ikan sebagai sumber protein hewani merupakan bahan baku pangan utama yang berasal dari laut. Protein yang berasal dari ikan bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan, kecerdasan dan kesejahteraan masyarakat guna meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Komposisi kandungan gizi ikan menurut Soenardi (2000), *dalam* Dahuri (2003) terdiri dari protein 18% berupa asam amino esensial yang penting untuk pertumbuhan; lemak 1-20% sebagian

besar berupa asam lemak tidak jenuh, mudah dicerna dan dapat membantu menurunkan kadar kolesterol darah; vitamin antara lain vitamin A, D, thiamin (vitamin B1), riboflavin (vitamin B6), dan niacin; serta mineral seperti magnesium, fosfor, iodium, fluor, zat besi, tembaga, seng dan selenium. Berdasarkan kandungan gizinya, pola kebiasaan makan ikan pada masyarakat Eskimo dan Jepang menunjukkan bahwa kelompok masyarakat tersebut memiliki resiko kecil terhadap penyakit jantung dan penyakit degeneratif.

Penelitian ilmiah telah membuktikan adanya pengaruh positif dari makanan laut terhadap kesehatan, khususnya bagi struktur dan fungsi jantung serta otak. Minyak ikan mengandung beberapa senyawa tidak jenuh, seperti halnya pada minyak tumbuhan. Namun, berbeda dengan asam lemak esensial dari tumbuhan yang mengandung Omega-6, asam lemak dari minyak ikan adalah Omega-3. Satu dari asam lemak tidak jenuh Omega-3 sangat penting bagi pertumbuhan otak dan bermanfaat bagi pencegahan depresi, schizophrenia dan hiperaktif pada anak-anak. Kandungan asam lemak Omega-3 pada beberapa jenis ikan disajikan pada Tabel 4.1.

Faktor yang berpengaruh terhadap perkembangbiakan ikan salmon adalah dextrin. Dextrin adalah kelompok rendah karbohidrat berat molekul yang dihasilkan oleh hidrolisis pati. Dextrin adalah campuran dari polimer D-glukosa unit dihubungkan oleh α -(1,4) atau α -(1,6) glikosidik obligasi obligasi.

Salmon adalah ikan yang kaya lemak tak jenuh Omega 3 yang dapat mengurangi produksi partikel penyebab radang dalam tubuh yang dapat merusak kulit. Dalam riset penelitian yang dipublikasikan oleh *Journal of the American Medical Association* dilaporkan bahwa terdapat hubungan antara mengkonsumsi ikan dengan jumlah asam lemak omega-3 serta pertumbuhan penyakit jantung koroner. Beberapa spesies ikan salmon disajikan dalam Gambar 4.1.

Riset yang juga turut menjelaskan keuntungan-keuntungan mengkonsumsi lemak ikan bagi kesehatan. Salmon juga mengandung protein tinggi, coenzim Q-10 adalah suatu antioksidan dan juga kaya dimethylaminoetahnol.



Coregonus artedi



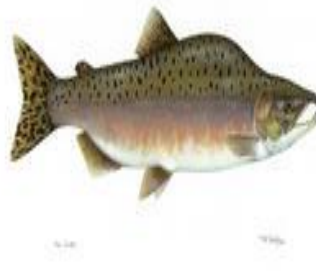
Coregonus hoyi



Oncorhynchus gilae



Oncorhynchus clarkia



Oncorhynchus gorbuscha



Oncorhynchus kisutch



Oncorhynchus mykiss



O.Tschawytscha



Oncorhynchus necra

Gambar 4.1. Beberapa spesies ikan salmon

Penelitian terakhir menunjukkan bahwa potensi sumber daya perikanan laut Indonesia adalah 6.409.210 ton, dengan tingkat produksi mencapai 4.069.420 ton per tahun. Dengan demikian, tingkat pemanfaatannya baru mencapai 62% dari potensinya (BRKP-DKP dan P3O LIPI, 2001 dalam Dahuri, 2003).

Meskipun produksi perikanan laut Indonesia masih berpeluang besar untuk ditingkatkan lagi, di beberapa daerah seperti pantai utara Jawa, perairan Selat

Malaka, Selat Bali dan Selat Makasar, tingkat eksploitasinya sudah sangat tinggi, akibat jumlah nelayan yang terlampaui banyak (DGF, 1995 *dalam* Dahuri, 2003).

Perikanan Indonesia saat ini didominasi oleh perikanan tangkap, yang kontribusinya mencapai 85% dari total produksi ikan pada tahun 1987. Dalam hal ini, 85% dari hasil tangkapan ditunjang oleh perikanan rakyat atau tradisional (Dwiponggo *et al.*, 1987 *dalam* Dahuri, 2003).

Tabel 4.1. Kandungan Omega-3 pada beberapa jenis ikan

Nama ikan	Kandungan Omega-3 (Gram per 100 gram ikan)
Lemuru, Tembang, Japuh	3,90
Kembung, Tenggiri	3,60
Salmon	2,60
Terubuk, Parang-parang	2,30
Tuna	0,20

Sumber : Fridman (1998), *dalam* Dahuri, 2003

Para nelayan menggunakan kapal kecil dan alat tangkap yang sederhana, mereka melakukan penangkapan di daerah pantai hingga perairan terbuka. Jumlah nelayan yang beroperasi bervariasi di setiap daerah, namun kepadatan yang tinggi dijumpai di perairan Selat Malaka, pantai utara Jawa, Selat Bali dan Selatan Sulawesi. Diperkirakan bahwa kondisi tersebut ada kaitannya dengan ketersediaan infrastruktur dan pasar.

Pelarangan alat tangkap pukat harimau melalui Keppres No.39/1980 merupakan implikasi memuncaknya konflik yang terjadi akibat persaingan yang tidak sehat di antara nelayan dalam mengeksploitasi sumber daya perikanan demersal, terutama udang (Widodo, 1991 *dalam* dahuri, 2003).

Perikanan komersial, kebanyakan beroperasi di Perairan Indonesia Timur. Jenis-jenis tangkapan yang bernilai ekonomi tinggi meliputi udang penaeid, cakalang dan tuna. Upaya penangkapan udang dilakukan di laut Arafura, sedangkan lokasi penangkapan tuna terbesar di Pasifik Utara, Utara Papua, Laut Maluku, Laut Banda, Laut Sulawesi, Laut Seram, Laut Flores dan Lautan Hindia (sebelah selatan Kepulauan Sunda atau Nusa Tenggara).

Keanekaragaman hayati pesisir dan lautan dapat dijadikan bahan baku pangan. Beberapa spesies mangrove seperti *Rhizophora stylosa*, *Terninalia catappa*, *Bruguiera cylindrical* dan *Stenochlaena palustris* merupakan bahan baku makanan (Noor *et al.*, 1999 dalam Dahuri, 2003). Begitu pula, tumbuhan lamun oleh penduduk di Kepulauan Seribu telah dimanfaatkan sebagai makanan (Nontji, 1987 dalam Dahuri, 2003). Rumput laut juga menjadi bahan baku pangan, seperti untuk sayur, acar, manisan, kue dan agar-agar.

Rumput laut sebagai bahan baku pada industri makanan, juga mengandung komposisi zat gizi yang lengkap seperti protein, lemak, mineral dan vitamin yang diperlukan oleh manusia (Tabel 4.2).

Linawati (1998), dalam Dahuri, 2003 menyatakan, bahwa selain mengandung karbohidrat, protein (7-30%) dan sedikit lemak, rumput laut juga mengandung polisakarida (40-50%). Karbohidrat yang terkandung dalam rumput laut tidak dapat diasimilasi untuk menghasilkan energi, sehingga rumput laut tersebut sangat baik digunakan sebagai makanan diet (suplemen).

Tabel 4.2. Komposisi senyawa organik rumput laut asal Sumatera

Alga	Air (%)	Protein (%)	Karbohidrat (%)	Lemak (%)	Serat Kasar (%)	Abu (%)
<i>Eucheuma sp.</i>	16,99	2,48	63,19	4,30	-	23,04
<i>Gracillaria sp.</i>	19,01	4,17	42,59	9,54	10,51	14,18
<i>Gelidiopsis sp.</i>	12,95	2,98	54,43	11,09	-	11,55
<i>Hypnea sp.</i>	25,10	1,59	32,25	5,81	1,43	23,77

Sumber : sugiarto (1968), dalam Dahuri, 2003

Pemanfaatan rumput laut pada saat ini, terfokus pada produksi polisakarida dengan hasil 10-65% berat kering. Beberapa jenis polisakarida yang memiliki nilai komersial penting adalah asam alginat dan turunannya., *fucoidan* dan laminarian yang berasal dari alga coklat; agar dan karagenan berasal dari alga merah. Komposisi polisakarida dalam rumput laut dan penggunaannya disajikan dalam Tabel 4.3. Alga coklat dari suku atau famili *Fucaceaea* (misalnya *Sargassum*) merupakan sumber *fucoidan* yang dalam sepuluh tahun terakhir

diketahui memiliki senyawa yang berpotensi sebagai pencegah kanker dan HIV (*human immunodeficiency virus*).

Tabel 4.3. Jenis-jenis polisakarida dalam rumput laut

Jenis	Sumber	Komposisi	Kegunaan
Agar	Alga merah (<i>Gellidium</i> , <i>Gracilaria</i> , <i>Gigartina</i>)	Agarase dan Agaropektin	Mikrobiologi, sediaan makanan kaleng, mayonnaise, keju, <i>jelly</i> dan <i>ice cream</i> , <i>stabilizer</i> dan <i>emulsifier</i> , <i>carrier</i> untuk obat.
Alginat	Alga coklat (<i>Macrocystis</i>)	Asam manuronat, asam guluronat	<i>Ice cream</i> , produk kertas dan <i>adhesif</i> , pengental cat.
Karagenan	Alga merah (<i>Chondry</i> , <i>Gigartina</i> , <i>Iridae</i>)	Galaktosa	<i>Stabilizer</i> emulsi dalam makanan, obat dan minuman.
Fucoidan	Alga coklat	L-fucosa	Pencegah kanker, AIDS (HIV)

Sumber : Linawati (1998), dalam Dahuri, 2003

Butiran ganggang laut dapat ditemukan dalam toko makanan dan sejumlah kecil ditaburkan diatas makanan (biasanya *seafood*), adalah cara bagus untuk memanfaatkan ganggang laut dalam menu.

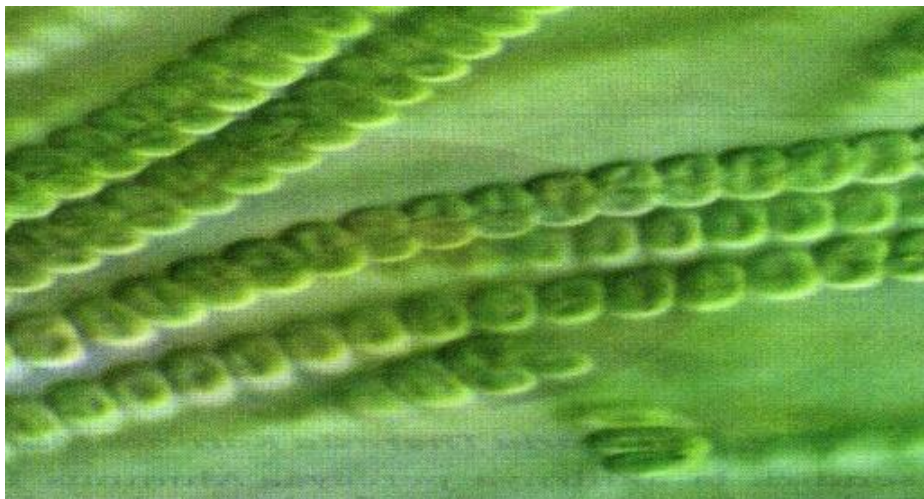
Ganggang laut juga mengandung gula dalam bentuk sayuran yang tidak menaikkan tingkat gula darah. Oleh karena itu, ganggang laut merupakan suplemen diet yang bagus bagi penderita diabetes. Beragam tipe ganggang laut diketahui menghasilkan sejumlah besar gula ini, dengan kemampuan tumbuh yang cepat, sampai 50 cm per hari, ganggang juga terbukti sebagai sumber alkohol untuk bahan bakar.

Budaya tradisional Eropa Utara memanen ganggang laut di awal hingga pertengahan musim panas dan menggunakannya dalam cara yang beragam dan bervariasi: sebagai bahan bakar, pupuk, lapisan untuk rumah, ditambahkan pada

api yang mengasapi ikan dan bacon, serta dalam bentuk abu ganggang digunakan menutup keju matang. Ganggang juga digunakan untuk industri kaca dan sabun awal tahun 1800.

Formulasi diperlukan untuk menghasilkan produk akhir seperti *dairy* (coklat, *ice cream*, permen, sosis), farmasi (tablet, salep dan pasta gigi), industri (cat, perekat, karet dan tekstil) serta kosmetika (pelembab, *shampoo* dan *lotion*).

Selain rumput laut (alga makro), perairan Indonesia juga kaya akan alga mikro yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku pangan. Beberapa spesies *Cyanobacteriaceae* telah dimanfaatkan sebagai sumber pangan sejak ratusan tahun yang lalu. Sebagai contoh, *Spirulina plantesis* dan *Spirulina geitleri* (Gambar 4.2), telah dimanfaatkan oleh bangsa Afrika dan Meksiko sebagai bahan pangan yang kaya akan protein. Menurut Richmond (1988) dalam Dahuri, 2003 kandungan protein pada *Spirulina* berkisar 50-70% berat kering. Variasi kandungan protein tersebut ditentukan oleh kondisi pertumbuhan dan prosentase kadar debunya.



Gambar 4.2. Alga mikro *Spirulina* sp.

Vitamin yang terkandung dalam *Spirulina* adalah beta karoten (provitamin A), Inositol, tokoferol (vitamin E), dan niasin (vitamin B3) (Tabel 4.4). Jenis alga mikro lainnya adalah *Chlorella*. Alga ini merupakan jenis yang pertama kali diisolasi dan dibudidayakan secara murni. *Chlorella* merupakan alga mikro yang

penyebarannya luas, yakni di perairan tawar dan laut. Komposisi gizi dari *Chlorella* meliputi protein (50%), karbohidrat (20%), lemak (20%), dan sisanya berupa asam amino, vitamin dan mineral. Vitamin yang terkandung dalam *Chlorella* khususnya *Chlorella pyrenoidosa* terdiri dari vitamin B12, vitamin B6, vitamin B1, biotin, asam folat, riboflavin, asam nikotinat dan panthotenat.

Tabel 4.4. Kandungan vitamin dari *Spirulina platensis*

Vitamin	Kandungan (mg per kg berat kering)
Beta karoten (provitamin A)	1.700
Vitamin B12 (sianokobalamin)	1,6
Ca-panthotenat	11
Asam folat	0,5
Inositol	350
Vitamin B3 (niasin)	118
Vitamin B6 (piridoksin)	3
Vitamin B1 (thiamin)	55
Vitamin E (tokoferol)	190

Sumber : switzer dalam Richmond (1988), dalam Dahuri, 2003

4.2.2. Sumber Bahan Baku Industri Farmasi dan Kosmetika

Berbagai bahan bioaktif yang terkandung dalam biota perairan laut seperti Omega 3, hormon, protein, dan vitamin memiliki potensi yang sangat besar bagi penyediaan bahan baku industri farmasi dan kosmetik. Diperkirakan lebih dari 35.000 spesies biota laut memiliki potensi menghasilkan bahan obat-obatan, dan yang dimanfaatkan baru sekitar 5.000 spesies. Beberapa jenis obat atau vitamin yang diekstrak dari laut misalnya minyak dari hati ikan sebagai sumber vitamin A dan D. Insulin diekstrak dari ikan paus dan tuna, sedangkan obat cacing dapat dihasilkan dari alga merah.

Alga mikro yang berukuran 1-200 mikrometer dan alga makro (misalnya rumput laut) dapat menghasilkan berbagai macam produk yang dapat dikembangkan secara komersial untuk dimanfaatkan oleh industri biopigmen, biopolisakarida, dan bahan tambahan pada makanan (vitamin dan asam amino).

Alga mengandung berbagai pigmen seperti klorofil, karotenoid, fikosianin (pigmen biru), dan fikoeritrin (pigmen merah). Biopigmen tersebut berguna untuk industri makanan, kosmetika, dan farmasi. Fikosianin yang berasal dari *Spirulina* telah diproduksi secara komersial sebagai pigmen biru oleh Dai Nippon Ink Co, Jepang dengan nama "*Lina Blue*". Sementara fikoeritrin yang terkandung di dalam sel *Porphyridium* (alga merah) kemungkinan besar memiliki potensi yang lebih baik, karena jenis pigmen merah ini aman bagi kesehatan (Vonshak, 1988 dalam Dahuri, 2003).

Hasil penelitian Ida, J.C dan Adiwatama, B.Y (2012), menyebutkan bahwa ekstrak *Chlorella pyrenoidosa* dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, selanjutnya dari hasil penelitian tersebut juga diketahui senyawa aktif yang terkandung di dalamnya antara lain fenol dan asam lemak tidak jenuh (asam palmitat, asam oleat, asam stearat, asam linoleat dan asam arakidonat).

Beberapa jenis *Cyanobacteriaceae* seperti *Stigonema* sp dan *Scytonema* sp dapat menghasilkan Scytonenun, yaitu biopigmen yang mempunyai aktivitas sebagai pelindung tabir surya (ultra violet). Sedangkan *Nostoc* sp, *Anabaena* sp, *Synechococcus* sp, *Xenococcus* sp mengandung bioaktif yang dapat dijadikan bahan perangsang pertumbuhan (Linawati, 1988 dalam Dahuri, 2003).

Spesies *Dunaliella salina* memiliki potensi sebagai sumber beta karoten (5-10% biomassa) yang jauh lebih tinggi dibanding wortel (1.000 bpj, bagian per juta), dan minyak sawit mentah, CPO (500-1.000 bpj). Hal yang sama berlaku pula *Botryococcus braunii*. Spesies ini merupakan spesies alga mikro yang memiliki potensi sebagai sumber hidrokarbon rantai panjang (C₂₂ – C₂₃) pengganti minyak bumi (Soerawidjaja, 2002 dalam Dahuri, 2003). Alga mikro juga sedang

dikembangkan sebagai sumber bioetanol (bahan bakar motor bensin), dan biodiesel di masa depan. Beberapa produk alga mikro disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Beberapa produk alga mikro

Jenis produk	Contoh	Alga mikro
Metabolit	Gliserol Beta karoten Glikolat Asam amino 1,3-diaminopropan Asam akrilat	Berbagai alga
Antibiotika	Khlorelin (antibakteri) Gallotanin (antivirus) Terpena (antibakteri) Aponin (antialga) Malynogolida (antifungi)	<i>Chlorella</i> <i>Spirogyra</i> <i>Comphosphaeria japonica</i> - <i>Lyngpya majuscula</i>
Toksin	Microcystin Anatoksin Aplisiatoksin Gonyautoksin Saxitoksin	<i>Mycrocystis aeruginosa</i> <i>Anabaena flosaque</i> <i>Nostoc muscorum</i> <i>Gonyaulax sp</i> <i>Saxidomus giganteus</i>
Inhibitor enzim	Antiamilase	Berbagai alga Antiprotease Antiglukosidase

Sumber : Angka dan Suhartono, 2000 (dalam Dahuri, 2003)

Alga mikro memiliki efisiensi konversi energi surya oleh proses fotosintesis yang relatif tinggi, alga mikro sangat potensial untuk dikembangkan sebagai budi daya cepat. Dengan teknik budi daya *arena balap* dan pipa transparan, tenggang waktu antara pembenihan sampai pemanenan alga mikro hanya membutuhkan waktu hitungan hari atau minggu. Dengan mengatur media pertumbuhan dengan baik, biomassa alga mikro bisa menjadi sangat kaya (sampai dengan 80% berat kering) akan protein, karbohidrat, minyak lemak dan hidrokarbon. Di Negara maju, alga mikro dari spesies *Dunaliella*, *Spirulina* dan

Scenedesmus telah dipasarkan sebagai makanan kesehatan (Soerawidjaja, 2002 dalam Dahuri, 2003).

Spesies *Dunaliella salina* dilaporkan dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, juga mengandung senyawa aktif antara lain asam heksadekanoat, asam oktadekanoat, neofitadiena dan fitol (Rachmansyah, M.A, 2012).

Penelitian lain dari mikro alga spesies *Porpyridium cruentum*, juga telah dilaporkan oleh Ramadhani, R.P (2013), bahwa alga tersebut memiliki potensi sebagai antibakteri dan diidentifikasi mengandung senyawa aktif asam lemak, alkana dan fenol.

Spesies mikro alga *Tetraselmis chuii* telah dilaporkan pula berkhasiat sebagai antibakteri dan mengandung senyawa aktif asam lemak, fitol dan fenol (Latole, M, 2012).

Mangrove ikut berperan sebagai penyedia bahan baku obat-obatan seperti untuk minuman fermentasi, pelapis permukaan, rempah-rempah dan bahan obat dari kulit, daun dan buahnya. Sementara lamun sebagai bahan farmasi telah dicoba di Filipina, namun informasi tentang hal ini masih sangat minim. Obat yang dibuat dengan memanfaatkan sumber daya keanekaragaman hayati laut di Amerika dapat mencapai nilai AS \$ 40 miliar per tahun.

4.2.3. Sumber Plasma Nutfah

Keanekaragaman hayati laut yang tinggi merupakan sumber plasma nutfah yang sangat berharga dan tak ternilai harganya. Plasma nutfah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam rekayasa genetika, terutama untuk menghasilkan jenis-jenis biota yang unggul, seperti ikan, kerang dan udang. Keunggulan tersebut tidak hanya berupa nilai produksi yang tinggi, melainkan juga berkaitan dengan daya adaptasinya terhadap lingkungan dan daya resistensinya terhadap penyakit.

Indonesia banyak memiliki spesies yang bersifat endemik, sehingga dapat memperkaya potensi plasma nutfah. Sebagai contoh, ekosistem padang lamun merupakan habitat bagi bermacam biota laut. Di permukaan daun lamun, hidup

berlimpah alga renik (alga bersel tunggal), hewan renik dan mikroba, serta habitat ikan pada berbagai fase kehidupannya.

Penelitian pada tahun 1992 di Pulau Pari, Kepulauan Seribu, menemukan fauna epibentik yang terdapat di padang lamun, yakni 27 jenis Crustacea (5 jenis kepiting, 7 jenis udang, 10 jenis amphipoda, dan 5 jenis isopoda), 55 jenis polychaeta, 3 jenis echinodermata, 9 jenis ikan, dan 18 jenis moluska. Sedangkan di Teluk Banten, Teluk Kotania (Seram Barat), dan Teluk Kuta (Lombok Selatan) masing-masing ditemukan 106, 202 dan 85 jenis ikan (Kiswara *et al.*, 1994 *dalam* Dahuri, 2003).

Lebih dari 60% sumber daya perikanan laut yang diperoleh dari perairan pesisir tergantung pada ekosistem padang lamun untuk produktivitas dan keberlangsungan hidupnya. Selanjutnya lebih dari 12% produksi perikanan tangkap dunia disuplai oleh ekosistem padang lamun. Setengah dari hasil perikanan tangkap dunia berasal dari Negara berkembang, termasuk Indonesia (Fortes, 1990 *dalam* Dahuri, 2003)

4.3. Jasa-Jasa Lingkungan Laut

Wilayah laut Indonesia memiliki potensi untuk memberikan berbagai macam jasa lingkungan yang sangat berharga untuk kepentingan pembangunan. Pemanfaatan jasa-jasa lingkungan kawasan pesisir dan lautan meliputi aspek (1) sarana pendidikan dan penelitian, (2) pertahanan keamanan, (3) pengatur iklim, (4) pariwisata bahari, (5) media transportasi dan komunikasi, (6) sumber energi, (7) kawasan perlindungan (konservasi dan preservasi), dan (8) sistem penunjang kehidupan.

4.3.1. Pengatur Ekologis

Sumber daya alam pesisir dan lautan sangat besar perannya dalam mendukung fungsi ekologis bagi kehidupan biota. Berbagai macam habitat utama di wilayah pesisir dan lautan, seperti mangrove, terumbu karang, padang lamun, estuaria, dan perairan pantai secara sinergis mempengaruhi keberadaan sumber daya hayati.

Ekosistem mangrove misalnya, luruhan daun mangrove yang dapat mencapai 7-8 ton hektar per hari, merupakan sumber nutrient utama bagi biota perairan. Di samping itu, mangrove juga berfungsi mempertahankan kondisi fisik habitat pesisir dan fungsi ekologis lainnya, seperti mencegah erosi dan kerusakan pantai, mencegah intrusi air laut ke daratan dan menjaga kestabilan lapisan tanah. Bentuk akar mangrove yang khas dapat meredam gempuran ombak dan sekaligus berfungsi untuk menahan lumpur, sehingga dapat memperluas penyebaran mangrove.

Ekosistem padang lamun juga berperan mengatur fungsi ekologis seperti penyedia makanan bagi ikan duyung (*Dugong dugon*), penyu laut (*Chelonia mydas*), Bulu babi dan berbagai jenis ikan lainnya. Padang lamun menurut Nybakken (1986), dalam Dahuri, 2003 secara ekologis memiliki beberapa fungsi penting bagi daerah pesisir antara lain :

1. Sumber utama produktivitas primer,
2. Sumber makanan penting bagi organisme;
3. Menstabilkan dasar yang lunak, dengan sistem perakaran yang padat dan saling menyilang;
4. Tempat berlindungnya berbagai organisme;
5. Tempat pertumbuhan bagi beberapa spesies yang menghabiskan masa dewasanya di lingkungan ini, misalnya udang dan ikan baronang;
6. Sebagai peredam arus, sehingga perairan sekitarnya tenang;
7. Sebagai pelindung dari panas matahari yang kuat bagi penghuninya.

Padang lamun merupakan ekosistem yang sangat mandiri dalam siklus nutriennya. Di perairan laut Flores, ditemukan bahwa hanyutan lamun sangat kecil dan tidak pernah dijumpai tumpukan serasah dipantai, sehingga disimpulkan bahwa padang lamun merupakan sistem yang mandiri, dimana materi yang terbawa keluar dari padang lamun tidak lebih dari 10% (Nienhuis *et al.*, 1989 dalam Dahuri, 2003).

Tingkat produksi primer yang tinggi dari padang lamun berhubungan erat dengan potensi perikanan yang tinggi. Padang lamun mendukung berbagai rantai makanan, baik yang didasari oleh rantai herbivore maupun detritivora (Mc. Roy dan Helferich, 1980 dalam Dahuri, 2003).

Penelitian di perairan Sulawesi Selatan menemukan bahwa lebih dari 27 spesies ikan hidup di padang lamun. Sebagian besar spesies ikan tersebut merupakan spesies estuaria dan terumbu karang, dan hanya sebagian kecil merupakan spesies yang mendiami padang lamun. Hal ini menunjukkan bahwa padang lamun merupakan daerah yang penting bagi pertumbuhan.

Lamun juga dapat digunakan sebagai indikator biologis di perairan yang tercemar logam berat. Penelitian di Teluk Jakarta menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cd, Cu, Pb dan Zn pada lamun yang hidup di lingkungan tercemar cenderung lebih tinggi daripada yang tumbuh di lingkungan tidak tercemar.

4.3.2. Pengatur Iklim Global

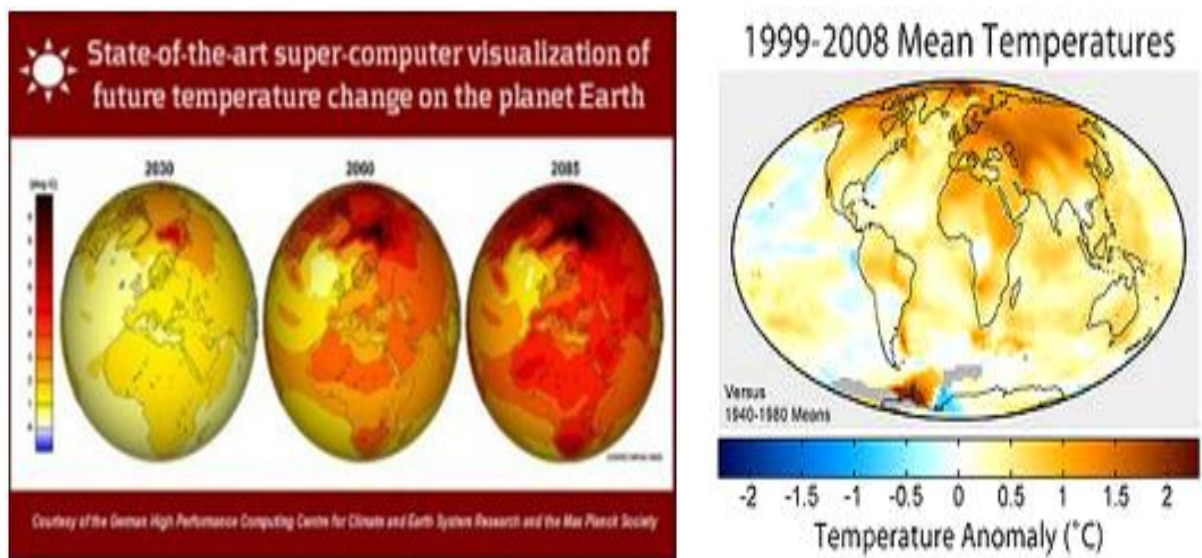
Pemanasan global atau *Global Warming* adalah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan Bumi. Suhu rata-rata global pada permukaan Bumi telah meningkat 0.74 ± 0.18 °C (1.33 ± 0.32 °F) selama seratus tahun terakhir.

Suhu rata-rata udara di permukaan bumi meningkat $0,75^{\circ}\text{C}$ pada abad lalu, tetapi naiknya berlipat ganda dalam 50 tahun terakhir. Badan PBB, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), memproyeksikan bahwa pada tahun 2100 suhu rata-rata dunia cenderung akan meningkat dari $1,8^{\circ}\text{C}$ menjadi 4°C dan skenario terburuk bisa mencapai $6,4^{\circ}\text{C}$ kecuali dunia mengambil tindakan untuk membatasi emisi gas rumah kaca. Sepertinya, angka tersebut memang tidak begitu besar. Akan tetapi, perlu diketahui selama zaman es terakhir sekitar 11.500 tahun yang lalu, suhu rata-rata dunia hanya 5°C lebih rendah daripada suhu udara sekarang, dan saat itu hampir seluruh benua Eropa tertutup lapisan es tebal. Jika tren pemanasan ini terus berlanjut maka 11 tahun terpanas dalam sejarah semuanya terjadi hanya dalam 12 tahun terakhir (Gambar 4.3).

Segala sumber energi yang terdapat di bumi berasal dari matahari. Sebagian besar energi tersebut berbentuk radiasi gelombang pendek, termasuk cahaya tampak. Ketika energi ini tiba permukaan Bumi, ia berubah dari cahaya menjadi panas yang menghangatkan Bumi.

Permukaan bumi, akan menyerap sebagian panas dan memantulkan kembali sisanya. Sebagian dari panas ini berwujud radiasi infra merah gelombang panjang ke angkasa luar. Namun sebagian panas tetap terperangkap di atmosfer bumi akibat menumpuknya jumlah gas rumah kaca, yang antara lain adalah uap air (H₂O), karbon dioksida (CO₂), dan metana (CH₄).

Gas rumah kaca inilah yang menjadi perangkap gelombang radiasi ini. Gas-gas ini menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan bumi dan akibatnya panas tersebut akan tersimpan di permukaan bumi. Akibatnya, suhu di permukaan bumi akan menjadi hangat.



Gambar 4.3. Peningkatan suhu rata-rata di bumi

Efek rumah kaca ini sangat dibutuhkan oleh segala makhluk hidup yang ada di bumi, karena tanpanya, planet ini akan menjadi sangat dingin. Dengan temperatur rata-rata sebesar 15 °C (59 °F), bumi sebenarnya telah lebih panas 33 °C (59 °F) dari temperatur semula, jika tidak ada efek rumah kaca suhu bumi hanya -18 °C sehingga es akan menutupi seluruh permukaan Bumi.

Efek rumah kaca ini akan menyebabkan pemanasan global apabila gas-gas rumah kaca tersebut telah berlebihan di atmosfer dan akan mengakibatkan

pemanasan global. Dengan semakin meningkatnya konsentrasi gas-gas ini di atmosfer, semakin banyak panas yang terperangkap di bawahnya.

Setiap gas rumah kaca memiliki efek pemanasan global yang berbeda-beda. Beberapa gas menghasilkan efek pemanasan lebih parah dari CO₂. Sebagai contoh sebuah molekul metana menghasilkan efek pemanasan 23 kali dari molekul CO₂. Molekul NO bahkan menghasilkan efek pemanasan sampai 300 kali dari molekul CO₂.

Gas-gas lain seperti chlorofluorocarbons (CFC) ada yang menghasilkan efek pemanasan hingga ribuan kali dari CO₂. Tetapi untungnya pemakaian CFC telah dilarang di banyak negara karena CFC telah lama dituding sebagai penyebab rusaknya lapisan ozon.

Laporan terbaru dari *Fourth Assessment Report*, yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), suatu badan PBB yang terdiri dari 1.300 ilmuwan dari seluruh dunia, terungkap bahwa 90% aktivitas manusia selama 250 tahun terakhir inilah yang membuat planet kita semakin panas.

Sejak Revolusi Industri, tingkat karbon dioksida beranjak naik mulai dari 280 bpj menjadi 379 bpj (bagian per juta) dalam 150 tahun terakhir. Tidak main-main, peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer Bumi itu tertinggi sejak 650.000 tahun terakhir.

IPCC juga menyimpulkan bahwa 90% gas rumah kaca yang dihasilkan manusia, seperti karbon dioksida, metana, dan nitro oksida, khususnya selama 50 tahun ini, telah secara drastis menaikkan suhu Bumi. Sebelum masa industri, aktivitas manusia tidak banyak mengeluarkan gas rumah kaca, tetapi penambahan penduduk, pembabatan hutan, industri peternakan, dan penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan gas rumah kaca di atmosfer bertambah banyak dan menyumbang pada pemanasan global.

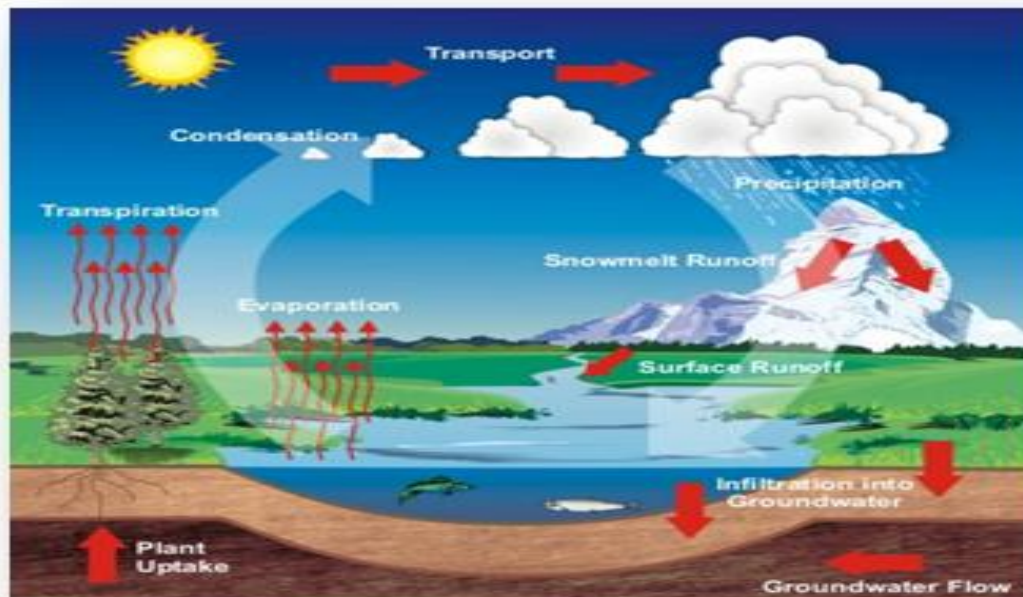
Selain kenaikan permukaan air laut, peningkatan suhu air laut juga akan berdampak pada keanekaragaman hayati di wilayah pesisir dan laut. Secara umum dengan meningkatnya suhu sebesar 1.5-2.5 °C, maka 20-30% species tumbuhan dan hewan terancam.

Ekosistem pesisir dan laut, terumbu karang dan mangrove kini mulai terancam. Akibat El-Nino tahun 1998 saja sekitar 16% karang dunia rusak, antara lain berupa pemutihan (*bleaching*). Kini, Indonesia memiliki 50 ribu km² terumbu karang atau sekitar 18% dari luasan terumbu karang dunia. Namun demikian kerusakan terumbu karang di Indonesia tidak hanya karena faktor iklim, tetapi juga karena pengaruh ulah manusia (antropogenik) baik melalui praktek pengeboman maupun sedimentasi, dan seterusnya.

Berdasarkan Status Lingkungan Hidup Indonesia (2005), dalam Dahuri, 2003 kita memiliki 590 spesies terumbu karang. Dengan terumbu karang seluas 50 ribu km², sekitar 5.83% sangat baik, 25% baik, 36.59% sedang, dan 31.29% rusak.

Tingkat keasaman laut akan meningkat dengan bertambahnya kadar CO₂ di atmosfer. Hal ini akan berdampak negatif pada organisme laut seperti terumbu karang dan organisme-organisme yang hidupnya bergantung kepada terumbu karang. Naiknya suhu perairan menyebabkan terjadinya pemutihan karang seluas 30 persen atau sebanyak 90 sampai 95 persen karang mati di Kepulauan Seribu.

Indonesia berada di sekitar khatulistiwa yang notabene merupakan daerah tropis yang memiliki keanekaragaman flora yang tinggi. Jika terjadi peningkatan suhu maka flora yang tadinya dapat bertahan pada suhu awal akan mati karena suhu tidak optimal lagi untuk bertahan hidup. Selain itu, kekeringan dan kemarau panjang mengakibatkan flora tidak bisa hidup karena tidak dapat mencukupi kebutuhan air untuk pertumbuhannya. Gambar 4.4 memperlihatkan proses umpan balik akibat penguapan air.



Gambar 4.4. Proses umpan balik akibat penguapan air

Wilayah laut dan pesisir sangat berpengaruh terhadap sistem atmosfer dunia. Dalam skala global, jasa ekosistem laut yang sangat penting adalah menjadi pompa bioogis. Istilah tersebut digunakan karena kehidupan yang terdapat di laut dapat mengontrol konsentrasi karbondioksida di atmosfer. Gas tersebut di atmosfer yang kandungannya mencapai 700 miliar ton dipertahankan melalui pertukaran dengan cadangan yang sangat besar di laut, yakni sebesar 35.000 miliar ton.

Kandungan karbondioksida (CO_2) di permukaan lebih kecil dibandingkan di lapisan dasar laut. Gradien vertikal ini terjadi karena kehadiran populasi fitoplankton berupa diatom, *Coccolithophore* dan *Dinoflagellata*. Organisme fitoplankton tersebut mengambil karbondioksida yang terlarut dalam perairan laut untuk proses fotosintesis. Sebaliknya, proses tersebut tidak terjadi di lapisan dasar karena keterbatasan penetrasi cahaya matahari yang masuk ke dalamnya.

Organisme di lapisan permukaan apabila mengalami kematian, maka jaringan organiknya akan tenggelam ke dasar perairan dan mengalami proses dekomposisi. Dari proses tersebut akan dihasilkan karbondioksida yang sewaktu-waktu akan disirkulasi kembali ke lapisan permukaan. Jadi proses fotosintesis dan pembusukan memompa karbon dari permukaan ke laut dalam.

Peningkatan kandungan karbondioksida sebesar 2% akibat pembakaran bahan bakar fosil dan penebangan hutan sebenarnya tidak begitu berpengaruh terhadap komunitas fitoplankton, karena pertumbuhan organism tersebut lebih ditentukan oleh kelangkaan kandungan nutrient (Norse, 1993 *dalam* Dahuri, 2003). Namun yang sangat membahayakan kehidupan biota akuatik tersebut justru adalah radiasi UV-B di permukaan laut.

Fitoplankton apabila mengalami kematian akibat pengaruh radiasi tersebut maka penyerapan karbon secara biologis tidak berlangsung secara efisien. Akibatnya, dalam waktu relatif singkat tingkat kandungan karbondioksida di atmosfer akan meningkat drastis, yaitu 2 sampai 3 kali lipat dari kondisi sekarang. Hal ini disebabkan karena laut dalam akan melakukan resirkulasi karbondioksida ke permukaan yang kemudian lepas ke atmosfer.

Proses pemompaan karbon secara biologis secara tidak langsung dapat mencegah kejadian tersebut. Di daerah yang memiliki *upwelling*, proses pemompaan berlangsung cepat karena ledakan fitoplankton (*blooming*) dapat menyerap karbondioksida yang diresirkulasi dalam jumlah besar dari lapisan dasar perairan.

Komunitas fitoplankton berperan penting dalam menjaga keseimbangan panas bumi melalui pengontrolan perluasan dan ketebalan awan yang melewati lautan. Hal ini merupakan kunci utama dalam menentukan berapa besar radiasi sinar matahari yang dipantulkan kembali dari bumi.

Jenis fitoplankton tertentu, berdasarkan hasil hipotesis mengeluarkan zat yang cepat berubah menjadi gas yang reaktif terhadap sulfur (dimetilsulfida). Pada saat lepas ke atmosfer senyawa tersebut teroksidasi dengan cepat membentuk asam sulfat yang berperan sebagai inti dalam proses kondensasi pembentukan butiran uap air di permukaan laut.

Peran penting ekosistem pesisir dan laut tersebut, dapat bertindak sebagai umpan balik positif terhadap perubahan iklim global, sehingga dampak peningkatan karbondioksida dapat diperkecil. Diperkirakan bahwa kemampuan

biota perairan dalam mengatur iklim global lebih besar bila dibandingkan dengan hutan tropika basah.

4.3.3. Sumber Keindahan dan Pariwisata

Sumber daya hayati pesisir dan lautan seperti populasi ikan hias, terumbu karang, padang lamun, hutan mangrove dan berbagai bentang alam pesisir unik lainnya, membentuk suatu pemandangan alamiah yang begitu menakjubkan. Kondisi tersebut menjadi daya tarik yang sangat besar bagi wisatawan, sehingga pantas bila dijadikan objek wisata bahari.

Potensi utama untuk menunjang kegiatan pariwisata di wilayah pesisir dan laut adalah kawasan terumbu karang; pantai berpasir putih atau bersih; dan lokasi perairan pantai yang baik untuk berselancar (*surfing*), ski air, serta kegiatan rekreasi air lainnya. Objek wisata yang indah ditampilkan dalam Gambar 4.5.

Luas kawasan terumbu karang yang terdapat di Indonesia mencapai 85.000 km². Umumnya perairan kawasan timur Indonesia memiliki terumbu karang yang lebih beraneka ragam. Diperkirakan bahwa ekosistem terumbu karang memiliki keragaman spesies sebanyak 335-362 spesies karang *Scleractinian* dan 263 spesies ikan hias laut.



Gambar 4.5. Objek wisata bahari

Panorama alam bawah laut yang indah bagi para penyelam, atau para wisatawan yang melakukan *snorkeling*, atau melihatnya dari atas kapal yang dasarnya berkaca. Oleh sebab itu, marilah kita menjaga ekosistem pesisir dan laut,

terutama terumbu karang yang dapat dijadikan modal utama dalam pengembangan wisata bahari di Indonesia.

Takabonerate (Sulawesi Selatan) merupakan karang atol nomor tiga terbesar di dunia, yaitu setelah atol Kwajelein (Maldives). Berdasarkan bentuknya, atol Takabonerate memiliki tipe yang sama dengan atol Kwajelein, namun atol Takabonerate memiliki gosong terumbu yang banyak (Tomascik *et al.*, 1997 dalam Dahuri, 2003).

Sebagai atol terbesar di dunia, Takabonerate merupakan warisan nasional yang mempunyai nilai konservasi dan estetika tinggi, hal ini dikaitkan dengan tingginya potensikeragaman hayati yang terkandung di dalamnya; sedangkan nilai estetika yang tinggi berkaitan dengan potensi keindahan alam pesisir dan laut yang dapat dijadikan modal untuk pengembangan wisata bahari.

Kedua nilai tersebut mempunyai keterkaitan yang sangat kuat, sehingga dalam pengembangannya untuk menunjang kegiatan wisata bahari, atol Takabonerate harus dikelola melalui prinsip-prinsip konservasi.

Ekosistem mangrove Indonesia, diketahui ada 202 jenis vegetasi mangrove, 89 jenis pepohonan, 5 jenis tumbuhan paku-pakuan, 19 jenis tumbuhan memanjat (liana), 44 jenis tumbuhan herba dan 44 jenis tumbuhan epifit. Areal mangrove yang luas tidak hanya berperan dalam menyediakan habitat untuk berbagai macam biota, tetapi juga menciptakan keindahan, kenyamanan dan kesegaran lingkungan atmosfer di wilayah pesisir dan laut.

Hutan mangrove dapat dijadikan hutan wisata, yang dapat berfungsi sebagai tempat rekreasi memancing, lintas alam, koleksi flora dan fauna untuk ilmu pengetahuan.

Objek wisata bahari lain yang berpotensi besar adalah wilayah pantai. Umumnya Indonesia memiliki kondisi pantai yang indah dan alami. Di antaranya adalah pantai barat Sumatera, Pulau Simeuleu; Nusa Dua Bali; dan pantai terjal berbatu di selatan pulau Lombok. Wilayah pantai menawarkan jasa dalam bentuk

panorama pantai yang indah; tempat pemandian yang bersih; serta tempat melakukan kegiatan berselancar air (*surfing*) terutama pada pantai yang landai, memiliki ombak yang besar dan berkesinambungan. (Gambar 4.6).



Gambar 4.6. Objek wisata *diving* (menyelam)

Berbagai jenis pariwisata bahari yang tersedia, seperti di Pulau Bali, Kepulauan Seribu, dan Kepulauan Bunaken, akan bernilai tinggi apabila dalam proses pengembangannya memanfaatkan daya tarik dan keunikan dari sumber daya hayati laut setempat. Pada hakekatnya, pengembangan pariwisata bahari merupakan upaya untuk mengembangkan dan memanfaatkan objek dan daya tarik wisata bahari yang terdapat di seluruh wilayah laut nusantara. Beberapa jenis kegiatan wisata bahari yang pada saat ini sudah dikembangkan oleh pemerintah dan swasta di antaranya adalah wisata selam, pemancingan, berenang, selancar, ski air, rekreasi pantai, dan wisata pesiar.

4.3.4. Sumber Inspirasi dan Gagasan

Wilayah pesisir dan lautan merupakan sumber ilmu pengetahuan yang dapat menumbuhkan inspirasi dan gagasan, baik untuk penelitian, pendidikan, maupun pelatihan, dengan tujuan mencapai pemanfaatan yang optimal. Berkaitan dengan seni, laut sering dijadikan sumber inspirasi untuk mewujudkan karya lukisan, syair, puisi, lagu, dan benda-benda seni lainnya.

Melalui karya seni tersebut keindahan laut dan pantai dinyatakan baik secara langsung maupun tidak langsung, yakni melalui perumpamaan-perumpamaan. Sedangkan bagi pengunjung yang lain, laut dapat menambah inspirasi dan gagasan sehingga dapat menimbulkan gairah serta meningkatkan produktivitas kerja. Begitu pula dengan masyarakat pesisir setempat yang telah beradaptasi dengan kondisi lingkungan di pantai, mereka akan memberikan nuansa tersendiri pada nilai-nilai budaya setempat.

Pengembangan ilmu dan teknologi yang bersumber dari laut diarahkan untuk dapat menciptakan alat tangkap yang produktif, efisien, serta memiliki selektivitas yang tinggi dan ramah terhadap lingkungan. Ilmu pengetahuan dan teknologi penangkapan ikan berkembang pesat setelah ditemukannya serat sintesis, alat pendeteksi ikan, mekanisasi penangkapan, dan teknologi pengolahan hasil perikanan.

Teknologi yang dikembangkan dalam bidang budi daya berkaitan dengan budi daya tambak dan keramba apung di perairan pantai. Sedangkan untuk pengembangan industri pascapanen, teknologi yang harus dikembangkan berkaitan dengan industri pengolahan ikan; pengolahan rumput laut; dan pembekuan udang.

4.4. Bioteknologi Kelautan

Wilayah pesisir dan lautan Indonesia, dengan keragaman hayati yang sangat tinggi, berpotensi besar untuk pengembangan bioteknologi. Produk yang dihasilkan dari kegiatan tersebut tidak hanya bermanfaat bagi manusia sebagai makanan, obat-obatan dan kosmetika, tetapi juga aman terhadap lingkungan.

Bioteknologi didefinisikan sebagai pendayagunaan ilmu-ilmu dasar dan rekayasa dalam upaya pemanfaatan substansi biologis secara terkendali dan terarah untuk menghasilkan barang atau jasa yang berguna untuk kehidupan manusia dan lingkungan. Berdasarkan definisi tersebut, bioteknologi bersifat interdisipliner yang berarti menerapkan beberapa ilmu dasar seperti genetika, mikrobiologi, biokimia dan rekayasa dalam mengeksplorasi sumber daya hayati.

Aplikasi bioteknologi digunakan pada industri yang memanfaatkan mikroorganisme untuk menghasilkan produk seperti makanan, obat-obatan dan kosmetika.

Beberapa jenis organisme seperti bakteri, fungi, alga mikro, virus dan diatom dapat bertindak sebagai produser setelah diisolasi dan kemudian diekstrak untuk pengujian (skrining) terhadap manfaat bahan aktif yang dihasilkannya.

Jenis-jenis organism yang memiliki potensi besar untuk menghasilkan produk yang bermanfaat dapat ditingkatkan lagi kemampuannya melalui rekayasa genetic, seperti mutasi dan teknologi rekombinan. Organisme yang telah diseleksi kemudian dapat dipergunakan sebagai biokatalis dalam pengembangan bioproses.

Proses di bioreaktor, pertumbuhan biokatalis diupayakan seoptimal mungkin melalui pengaturan nutrisi, kondisi fisik dan kimia, serta desain bioreaktor. Dari pengembangan bioproses tersebut dihasilkan produk, baik berupa metabolit primer maupun metabolit sekunder. Dalam industri, produk tersebut perlu diisolasi dan dimurnikan serta ditranslasi menjadi bentuk yang lebih stabil.

Aplikasi bioteknologi di wilayah pesisir dan lautan dapat dikelompokkan menjadi 4 tujuan penggunaan, yaitu untuk (1) menghasilkan produk bahan alami dari laut; (2) pengendalian pencemaran; (3) pengendalian biota penempel dan (4) perbaikan system akuakultur.

4.4.1. Produk Bahan Alami dari Laut

Aplikasi bioteknologi dalam rangka menghasilkan produk bahan alami yang berasal dari laut semakin meningkat dengan adanya kecenderungan kehidupan umat manusia untuk kembali ke alam (*back to nature*). Kecenderungan tersebut berkembang setelah kita sadar bahwa bahan-bahan yang terdapat di alam bila dipergunakan relatif lebih aman bagi kesehatan dibandingkan bahan-bahan sintetis.

Pemikiran tersebut sangat beralasan karena produk yang dihasilkan oleh organism laut umumnya tidak menimbulkan efek samping dan bersifat terurai secara alamiah (*biodegradable*).

Kekayaan sumber daya hayati pesisir dan laut yang sangat melimpah merupakan sumber bahan baku untuk pengembangan industri pangan, farmasi dan obat-obatan. Beberapa produk seperti karagenan, yang merupakan produk utama jenis alga merah, secara luas digunakan untuk berbagai produk makanan, mulai dari susu, es krim sampai produk industri seperti pasta gigi, cat, kosmetika dan sebagainya (Gambar 4.7). Sedangkan *Agarose* secara luas dipakai dalam teknik elektroforesis dan analisis kromatografi di laboratorium.



Gambar 4.7. Makanan dan obat-obatan dari produk bahan alami laut

Pengembangan industri farmasi dapat dilakukan dengan menggunakan bahan baku yang berasal dari berbagai jenis bioaktif yang terkandung dalam biota perairan laut, seperti insulin yang diekstrak dari ikan paus dan tuna; obat cacing yang dihasilkan dari alga. (Gambar 4.8).



Gambar 4.8. Obat-obatan yang berasal dari bulu babi (landak laut)

Organisme laut juga menghasilkan toksin yang menyebabkan terjadinya keracunan makanan atau keracunan akibat gigitan atau sengatan. Toksin tersebut mempunyai potensi sebagai obat atau bahan bioaktif walaupun kadangkala tidak dapat digunakan secara langsung sebagai obat (Tabel 4.6). Dalam hal ini, toksin dapat digunakan sebagai model sintesis suatu obat atau untuk menyempurnakan kerja obat lainnya.

Obat-obatan asal laut telah banyak digunakan sebagai antibiotika, antikanker, analgetik, antihemolitik, antispasmodik, bahan antihipotensi dan hipertensi, obat perangsang atau penghambat pertumbuhan.

Tabel 4.6. Dosis letal (LD₅₀) Saxitoksin dalam berbagai hewan

Hewan	LD ₅₀ (mikrogram/kg)
Burung dara	91
Marmut	135
Kelinci	181
Anjing	181
Kucing	192
Tikus besar (<i>rat</i>)	254
Tikus kecil (<i>mouse</i>)	382
Kera	364 - 727

Sumber : Scheuer (1994)

Saxitoksin adalah racun yang dihasilkan dari jenis kerang *Saxidomus giganteus*, bersifat unik, karena ia hanya melakukan hambatan secara selektif pada pemasukan ion natrium melalui membrane yang dapat tereksitasi, secara efektif bersifat mengkonduksi system saraf pusat (SSP).

Dosis letal yang pasti pada manusia belum diketahui. Suatu laporan menyatakan bahwa pemasukan 1 mg saxitoksin akan cukup untuk membunuh seorang pria. (Tennant *et al.*, 1955 dalam Scheuer, 1994) yang tidak mempunyai kebiasaan mengkonsumsi kerang-kerangan.

Hewan coba yang disuntikkan beberapa dosis saxitoksin sangat bergantung pada bobot tubuhnya. Letalitas menunjukkan variasi yang luas. LD₅₀ dari saxitoksin yang diinjeksikan secara intraperitoneal kira-kira adalah 10 mikrogram/kg pada mencit yang beratnya 20 gram. Hewan-hewan lain yang lebih besar menunjukkan toleransi yang besar pula.

Saxitoksin juga toksik terhadap hewan berdarah dingin meskipun nampaknya mereka lebih resisten daripada hewan berdarah panas. Jenis kerang-kerangan nampaknya hanya sedikit yang terpengaruh oleh toksin tersebut.

Spesies yang kurang peka terhadap saxitoksin antara lain remis (*Mytilus californianus*), remis laut (*Placopecten magellanicus*), ketam mentega (*Saxidomus nuttalli*), dan ketam berkulit lunak (*Mya orenaria*).

Ikan tidak terpengaruh oleh toksin tersebut, tapi bila disuntikkan akan hilang keseimbangan, eksitasi, kemudian akan mati. Ikan kili (*Fondulus heteroklitus*) akan kehilangan kemampuannya untuk merubah warna tubuhnya sebagai adaptasi pada lingkungan melalui saraf simpatik pengumpul melanin. Ketidakmampuan ini bertempat pada bagian tubuh yang diinjeksi, hal ini ditunjukkan oleh susunan saraf pusat yang menjadi paralisis.

Perkembangan industr farmasi dan kosmetika di berbagai Negara yang menggunakan bahan bioaktif dari pesisir dan laut telah berhasil dengan baik, misalnya industry pembuatan tulang dan gigi palsu yang terbuat dari karang. Sementara itu, Madagaskar telah berhasil mengekstrak zat bioaktif dari salah satu spesies biota terumbu karang untuk industry obat antikanker.

Rumput laut yang mengandung karagenan, agar dan alginat bermanfaat untuk industry pangan, farmasi, dan kosmetika. Karagenan merupakan bahan kimia yang dapat diperoleh dari berbagai jenis alga merah seperti *Gelidium*, *Gracilaria*, dan *Hypnea*, sedangkan alginat banyak digunakan dalam industri kosmetika sebagai bahan pembuat sabun, krim, *lotion*, dan *shampoo*. Alginat juga dimanfaatkan dalam industri farmasi untuk membuat *emulsifier*, *stabilizer*, tablet, salep, kapsul dan filter (Artama, I.M, 2009).

Agar-agar digunakan dalam industri farmasi dan di bidang mikrobiologi untuk kultur bakteri, dan di bidang industry kosmetika dipergunakan untuk pembuatan bahan dasar salep, krim, sabun dan lotion (Tabel 4.7).

Tabel 4.7. Kandungan agar dan karagenan beberapa alga

Spesies	Karagenan (%)	Agar (%)
<i>Eucheuma spinosum (Bali)</i>	65,75	-
<i>Eucheuma spinosum (Sulawesi)</i>	67,51	-
<i>Eucheuma cottonii (Bali)</i>	61,25	-
<i>Gracillaria (Bali)</i>	-	47,34

Sumber : Angka dan Suhartono (2000) dalam Dahuri, 2003

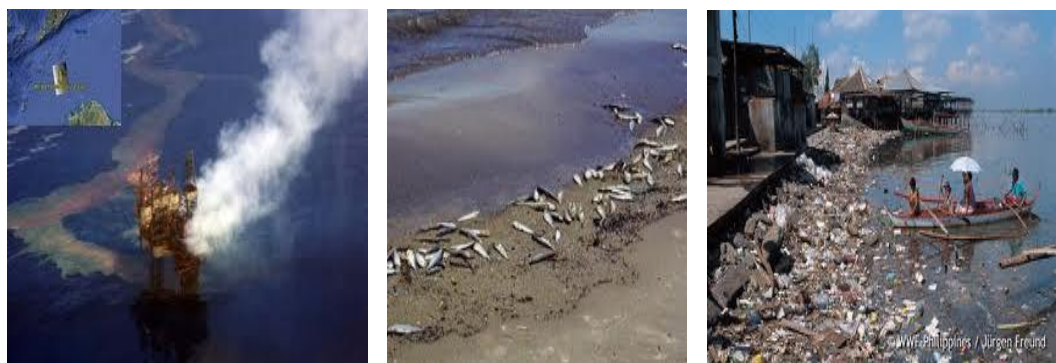
Beberapa jenis alga mikro memiliki potensi untuk menghasilkan bahan aktif tertentu untuk keperluan industri. Sebagai contoh, *Spirulina* yang

mengandung fikosianin di dalam selnya dapat menghasilkan zat pigmen berwarna biru, sedangkan *Porphyridium cruentum* yang memiliki fikoeritrin berpotensi menghasilkan pigmen warna merah (Ramadhani. R.P, 2013), jenis pigmen ini diperkirakan memiliki potensi pasar yang besar karena pewarna alami tersebut dapat dipergunakan dalam industri makanan dan kosmetika.

Porphyridium cruentum selain berpotensi sebagai antibakteri, juga dapat menghasilkan polisakarida dan asam lemak omega-3 (Ramadhani. R.P, 2013). Industri farmasi dan kosmetika akan terus berkembang seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga akan tercapai tingkat pemanfaatan sumber daya alam pesisir dan laut yang optimal.

4.4.2. Pengendalian Pencemaran

Keanekaragaman sumber daya alam pesisir dan laut juga berguna sebagai biokatalis yang dapat menetralsir limbah yang masuk ke perairan, seperti limbah minyak, limbah logam berat yang berasal industri dan pabrik, serta limbah rumah tangga (Gambar 4.9). Beberapa jenis biota perairan seperti rumput laut, lamun, moluska, dan berbagai mikroorganisme lainnya mempunyai kemampuan untuk menyerap logam berat dan jenis polutan lainnya di perairan.



Gambar 4.9. Pencemaran wilayah laut dan pesisir

Wardani, MD (2012) menyatakan dalam penelitiannya bahwa salah satu bahan alam yang dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat jenis Pb dan Cd pada udang putih (*Penaeus merguensis*) sehingga aman untuk

dikonsumsi adalah perendaman selama 60 menit dengan perasan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) (Gambar 4.10).



Gambar 4.10. Tanaman dan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.)

Pengembangan teknik bioremediasi melalui pemanfaatan organisme laut merupakan solusi yang aman. Tingkat keberhasilan penerapan teknologi tersebut sangat tergantung pada kemampuan memahami pengaruh perubahan kondisi lingkungan laut terhadap proses degradasi yang terjadi.

Media tumbuh untuk mikroorganisme pengurai komponen minyak bumi adalah salah satu contoh dari kasus di atas. Sebagaimana diketahui, kerja mikroorganisme pengurai minyak bumi tidak hanya memerlukan oksigen tapi juga nutrient seperti, nitrogen fosfat dan elemen lainnya. Karena senyawa-senyawa tersebut tidak cukup tersedia di dalam minyak mentah (*crude oil*) dan petroleum (Rosenberg *et al.*, 1993 dalam Dahuri, 2003), maka untuk menjaga kelangsungan hidup bakteri pengurai, minyak tersebut harus diberikan nutrient tertentu. Nutrien tersebut dikembangkan oleh perusahaan *Showa-shell-Petrol* melalui aktivitas bioteknologi yang kemudian mendapat hak paten di Jepang.

Biosurfaktan yang dihasilkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan polutan minyak di daerah pesisir dan untuk *recovery* minyak mentah. Mikroalga juga dapat digunakan dalam system pengolahan limbah. Selain dapat dipergunakan untuk menyerap nutrient (N dan P) di dalam air limbah, organisme tersebut dapat dipergunakan pada proses pembersihan terhadap limbah cair industri kimia petroleum dan pabrik serat kimia (Shang Hao Li, 1988 dalam Dahuri, 2003).

Halim (2001) dalam Dahuri, 2003 menyatakan bahwa *Porphyridium cruentum* dapat dipergunakan untuk menyerap senyawa polutan nitrogen (amoniak dan nitrat) yang terkandung dalam limbah cair industri pupuk urea. Alternatif ini berpeluang besar untuk diterapkan pada industri-industri pupuk yang berada di wilayah pesisir.

4.4.3. Pengendalian Biota Penempel

Penempelan jasad renik akuatik pada sarana transportasi (kapal, perahu) dan bangunan yang beroperasi di daerah pesisir dan lautan dapat menghambat kegiatan operasi. Pada akhirnya, hal ini akan menimbulkan kerusakan. Usaha-usaha untuk mencari solusi yang diakibatkan oleh biota penempel telah banyak dilakukan. Salah satu alternatifnya adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan bioaktif yang tersedia secara alami.

Di Indonesia, penelitian tentang penanggulangan masalah biota penempel masih sangat jarang, namun di beberapa negara maju, usaha ke arah sana telah banyak dilakukan. Sebagai contoh, dengan memanfaatkan bahan aktif jenis rumput laut *Ulva fasciata* kelas alga hijau (Gambar 4.11) dan lamun spesies *Zostera marina* (Gambar 4.12) untuk menghambat pertumbuhan atau membasmi bakteri, spora alga dan cacing laut yang akan menempel (Grog dalam Linawati, 1998). Usaha penanggulangan biota penempel dengan menggunakan bioaktif yang berasal dari alam mungkin lebih efisien dan ramah terhadap lingkungan.



Gambar 4.11. Spesies alga hijau *Ulva fasciata*



Gambar 4.12. Spesies alga hijau *Zostera marina*

4.4.4. Industri Akuakultur

Usaha akuakultur dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu budidaya perikanan berbasis daratan dan berbasis lautan. Berdasarkan system produksinya, budi daya dibedakan menjadi budi daya tradisional, budi daya semi intensif dan budi daya intensif.

Kegiatan akuakultur di darat yang telah lama dilakukan oleh masyarakat Indonesia adalah pertambakan untuk budi daya biota laut seperti ikan bandeng, ikan belanak, ikan kakap putih, udang, kepiting bakau, dan teripang (Gambar 4.13).



Gambar 4.13. Kegiatan akuakultur biota laut di darat

Potensi lahan untuk kegiatan budi daya di laut antara lain ikan kerapu, ikan baronang, kakap putih, teripang, kerang-kerangan dan rumput laut. Pengembangan marikultur sangat berpotensi untuk meningkatkan devisa negara dan kesejahteraan rakyat, apalagi bila dikaitkan dengan kecenderungan produksi perikanan tangkap dunia yang terus menurun dari tahun ke tahun, sementara permintaan akan produk perikanan cenderung meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dunia dan pergeseran pola konsumsi manusia dari “*red meat*” (daging sapi, daging kambing) ke “*white meat*” (ayam, ikan, *seafood*).

Peningkatan tersebut erat kaitannya dengan terjadinya peningkatan jumlah penduduk dan kualitas hidup rakyat Indonesia dan dunia. Untuk keperluan domestic, tingkat konsumsi ikan penduduk Indonesia pada tahun 1996 telah mencapai 20,18 kg per kapita per tahun, yaitu mengalami peningkatan sebesar 4,5% per tahun.

Salah satu untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan perbaikan terhadap sistem budi daya perikanan yang diterapkan selama ini, yaitu

melalui penerapan rekayasa genetika. Melalui aplikasi bioteknologi, diharapkan produktivitas tambak atau lahan dapat ditingkatkan, sehingga kebutuhan domestik maupun dunia terhadap komoditi ikan dapat terpenuhi dengan baik.

Aplikasi rekayasa genetika dalam produksi pangan maupun pakan memiliki prospek masa depan yang menggembirakan, walaupun di Indonesia upaya ini masih tergolong dini. Keberhasilan dalam budi daya berbagai jenis invertebrata dengan manipulasi genetik berguna untuk mendapatkan populasi invertebrata secara cepat dan efisien.

Penggunaan teknologi industri pangan perikanan yang telah memenuhi standar mutu internasional, menjadikan produk perikanan akan memiliki kualitas yang lebih baik dan tahan lama, dan bila dikemas dengan teknik yang menarik akan menjadi produk ekspor andalan.

Kegiatan industri akuakultur (Gambar 4.14), memiliki prospek ekonomi yang sangat baik, namun kendala yang dihadapi juga cukup kompleks dan menantang, terutama menyangkut faktor pengadaan benih yang hingga saat ini masih bergantung pada ketersediaan di alam. Apabila tidak diatasi dengan baik, hal tersebut akan mengancam keragaman dan kelestarian organisme laut.



Gambar 4.14. Kegiatan akuakultur

Keberlanjutan industri akuakultur juga seringkali terancam oleh pencemaran dan berbagai sektor kegiatan ekonomi (industri, pertanian, rumah tangga, dan lain-lain), maupun dari sisa pakan dan obat-obatan yang berasal dari kegiatan akuakultur itu sendiri. Dalam kondisi lingkungan yang tercemar semacam itu, dan akibat praktek budi daya perikanan yang kurang atau tidak

mengindahkan prinsip-prinsip ekologis, seperti tata ruang yang seimbang antara kawasan budi daya dan kawasan lindung (jalur hijau, sempadan pantai, inlet, dan outlet pengairan tambak yang terpisah), padat penebaran, dan lain-lain, sering kali timbul ledakan wabah penyakit udang atau ikan yang dipelihara, dan akhirnya menggagalkan panen.

Oleh sebab itu, selain penerapan lima komponen teknologi dan manajemen akuakultur (perbenihan/akuakultur, nutrisi, hama dan penyakit, kualitas air, dan teknik perkolaman), secara prima kelestarian industri akuakultur juga mensyaratkan pengelolaan lingkungan secara tepat dan proporsional.

4.5. Rangkuman

1. Produk dari laut berguna sebagai sumber bahan baku pangan (ikan salmon, rumput laut, dan mikroalga), bahan baku industri farmasi dan kosmetika (mikroalga, ikan paus), dan sumber plasma nutfah.
2. Lingkungan laut berjasa dalam hal pengatur ekologis, pengatur iklim global, sumber keindahan dan pariwisata, sumber inspirasi dan gagasan.
3. Bioteknologi kelautan sangat bermanfaat bagi manusia sebagai sumber makanan, obat-obatan dan kosmetika. Aplikasinya memanfaatkan beberapa jenis mikroorganisme seperti bakteri, fungi, alga mikro, virus dan diatom yang bertindak sebagai produser setelah diisolasi, kemudian diekstrak untuk pengujian terhadap manfaat bahan aktif yang dihasilkannya.
4. Beberapa jenis biota laut seperti rumput laut, lamun, moluska dan beberapa mikroorganisme lainnya mempunyai kemampuan untuk menyerap logam berat dan jenis polutan lainnya di perairan.
5. Kegiatan akuakultur di darat antara lain membuat budidaya tambak ikan bandeng, ikan belanak, ikankakap putih, udang, kepiting bakau dan teripang, yang memiliki prospek ekonomi sangat baik.

4.6. Latihan Soal :

1. Jelaskan sumber keragaman hayati laut yang dapat dijadikan bahan baku industri farmasi dan kosmetika
2. Apa yang dimaksud dengan iklim global (*global warming*) ?
3. Bagaimana cara kita mengatasi pencemaran ekosistem pesisir dan laut ?
4. Apa yang dimaksud dengan plasma nutfah, berikan contohnya.
5. Sebutkan beberapa manfaat produk dari lautan.
6. Sebutkan jasa-jasa dari lingkungan laut.
7. Apa yang dimaksud dengan bioteknologi kelautan ? dan jelaskan aplikasinya.
8. Sebutkan beberapa jenis biota laut yang dapat digunakan indicator pencemaran laut/perairan, dan bagaimana cara kita mengendalikan pencemaran tersebut ?

BAB V

MENGAPA LAUT KITA RUSAK ?

5.1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan faktor-faktor yang dapat merusak keanekaragaman hayati laut.
2. Menyebutkan ancaman utama dari kerusakan keanekaragaman hayati laut
3. Mengklasifikasi sebab-sebab pencemaran di wilayah pesisir dan laut
4. Merangkum peran keanekaragaman hayati laut dalam kehidupan

Beberapa bentuk ancaman yang sangat serius terhadap sektor perikanan dan kelautan berkaitan erat dengan tangkap lebih, pencemaran, dan degradasi habitat utama di ekosistem wilayah pesisir dan lautan.

Tingkat kerusakan habitat utama ekosistem wilayah pesisir dan laut di beberapa tempat telah menunjukkan kondisi yang membahayakan, karena sudah melewati daya dukung lingkungan. Sementara itu, masyarakat nelayan yang tergolong miskin terpaksa mengeksploitasi sumber daya pesisir dan laut dengan cara yang kurang bijaksana, seperti menggunakan alat tangkap yang tidak selektif, dinamit (bahan peledak), dan racun.

Pencemaran yang terjadi di lingkungan pesisir dan laut bila ditinjau dari sumber penyebabnya berasal dari daratan dan atau dari aktivitas di laut (Gambar 5.1). Beberapa jenis kegiatan yang berpotensi menghasilkan bahan pencemar lingkungan pesisir dan laut di antaranya adalah pertambangan, perhotelan, pemukiman, pertanian, akuakultur, pelabuhan, dan industri.



Gambar 5.1. Pencemaran di wilayah laut dan pesisir

Jenis-jenis polutan yang dihasilkan dapat berupa limbah minyak, limbah panas, limbah organik, limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya), bahkan limbah nuklir. Sedangkan bahan sedimen terutama berasal dari daerah lahan atas. Peningkatan bahan sedimen yang masuk ke daerah pesisir berkaitan erat dengan kegiatan penebangan hutan dan praktek pertanian yang tidak mengindahkan asas konservasi di lahan atas. Akibatnya, pada musim hujan terjadi erosi sehingga bahan sedimen masuk ke perairan pesisir melalui aliran permukaan (*surface runoff*).

Perairan Indonesia dan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) memiliki nilai strategis, namun batas-batas nasional tersebut belum dijaga dengan baik karena keterbatasan sistem MCS (*Monitoring, Controlling, Surveillance*). Akibatnya, timbul ancaman yang tidak kalah merugikan, yakni pencurian sumber daya ikan di perairan laut lepas Indonesia oleh nelayan asing. Selain itu, banyak juga kegiatan tidak sah terjadi di perairan laut Indonesia, seperti pembuangan sampah yang membahayakan, pelanggaran daerah penangkapan ikan, dan penyelundupan berbagai produk dari luar negeri ke wilayah Indonesia atau sebaliknya.

5.2. Ancaman Utama

Beberapa faktor utama yang mengancam kelestarian sumber daya keanekaragaman hayati pesisir dan lautan adalah :

1. Pemanfaatan berlebih sumber daya hayati;
2. Penggunaan teknik dan peralatan penangkap ikan yang merusak lingkungan;

3. Perubahan dan degradasi fisik habitat;
4. Pencemaran;
5. Introduksi spesies asing;
6. Konversi kawasan lindung menjadi bangunan;
7. Perubahan iklim global dan bencana alam.

5.2.1. Overeksploitasi

Salah satu sumber daya laut yang telah dieksploitasi secara berlebihan adalah sumber daya perikanan. Meskipun secara agregat, sumber daya perikanan laut baru dimanfaatkan 63,49% dari total potensi lestarnya, namun di wilayah pesisir yang berpenduduk padat dan memiliki banyak industri, kondisi stok di perairannya telah mengalami penangkapan berlebih (*overfishing*).

Perairan Selat Malaka, pantai utara pulau Jawa, Selat Bali dan Sulawesi Selatan adalah contoh dari kejadian di atas. Di samping disebabkan oleh tingkat penangkapan yang melampaui batas, sumber daya perikanan juga mendapat tekanan yang bersumber dari pencemaran dan degradasi habitat fisik, seperti kerusakan hutan mangrove, padang lamun, estuaria, dan terumbu karang.

Habitat utama di perairan pesisir dan laut tersebut berfungsi sebagai tempat pemijahan, pertumbuhan dan mencari makan bagi sebagian besar biota laut yang hidup di perairan pantai.

Di masa yang akan datang, tingkat usaha pemanfaatan sumber daya ikan diperkirakan akan naik seiring meningkatnya permintaan akibat pertambahan jumlah penduduk, tingkat konsumsi ikan per kapita, dan keperluan ekspor.

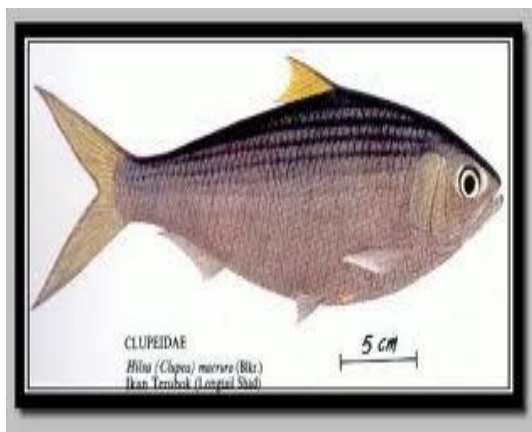
Pengelolaan sumber daya perikanan tangkap, permasalahan utama terletak pada tidak tersedianya mekanisme dan system pemantauan serta pendataan yang akurat. Hal ini menyebabkan penangkapan ikan di perairan Indonesia sulit dikelola secara tepat.

Di beberapa perairan pesisir dan laut, seperti Selat Malaka, Selat Bali, dan pantai Utara Jawa telah terjadi tangkap lebih sejak awal tahun 1980. Hal ini disebabkan oleh distribusi aktivitas penangkapan yang cenderung terkonsentrasi di

daerah pantai, terutama oleh nelayan tradisional. Di samping itu, harga udang yang sangat tinggi di pasaran Internasional menyebabkan nelayan terangsang untuk memenuhi permintaan pasar luar negeri, sehingga kecepatan eksploitasi udang paneid menjadi sangat tinggi, yaitu mencapai lebih 60% dari tingkat SMY (*Maximum Sustainable Yield*).

Lokasi penangkapan ikan tidak hanya terbatas pada beberapa lokasi yang disebutkan di atas, melainkan juga meliputi perairan Kalimantan Selatan, Barat, dan Timur, Pantai Timur Sumatera, Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Barat dan Laut Arafura.

Hal yang perlu disadari adalah bahwa sumber daya perikanan laut akan mengalami eksploitasi yang berlebihan apabila dimanfaatkan secara tidak efisien, dan akhirnya stok akan habis atau ada spesies yang hilang. Kejadian tersebut sudah dialami oleh ikan terubuk (*Clupea toli*) yang dulu terdapat di perairan pantai timur Sumatera dan ikan terbang (*Cypselurus spp*) di perairan pantai Selatan Sulawesi (Gambar 5.2).



Ikan terubuk (*Clupea toli*)



Ikan terbang (*Cypselurus spp*)

Gambar 5.2. Spesies ikan yang kini sudah punah

Begitu pula halnya dengan sumber daya ikan karang di perairan Indonesia, yang di sebagian besar lokasi, tingkat pemanfaatan lestarnya telah terlampaui (Muchsin *et al.*, 1995 dalam Dahuri, 2003). Tingkat pemanfaatan tertinggi terjadi

di perairan Sulawesi Selatan, diikuti pesisir Kalimantan Timur, pesisir Barat Sumatera, dan Selat Malaka.

Tingkat upaya pemanfaatan berlebih sumber daya pesisir dan lautan, bukan saja terjadi pada sumber daya ikan tetapi juga pada sumber daya hutan mangrove, terumbu karang, dan padang lamun. Kayu dan hutan mangrove dimanfaatkan oleh penduduk untuk berbagai keperluan, seperti kayu bakar, bahan bangunan, dan pembuatan arang. Selain itu banyak areal mangrove yang telah dikonversi menjadi lahan tambak, pemukiman, pelabuhan, dan industri.

5.2.2. teknik Penangkapan Ikan yang Merusak Lingkungan

A. Alat Pengumpul Ikan

Alat pengumpul ikan (*Fish Aggregating Devices* : FAD) digunakan untuk mengumpulkan ikan di daerah lepas pantai, sehingga usaha penangkapan akan menjadi lebih efektif (Gambar 5.3). Alat tersebut mampu mengumpulkan spesies ikan pelagis yang berenang secara bergerombol di perairan dalam dan tidak berhubungan dengan karang atau daerah dasar yang dangkal.

Alat pengumpul ikan tersebut bervariasi, dan pada umumnya material yang digunakan berasal dari bambu, daun palem, kayu, cabang pohon, dan sebagainya. Pada saat kelompok ikan pelagis target muncul (ikan tuna, cakalang dan tenggiri), alat tersebut diletakkan pada kedalaman 200 meter. Lokasi yang biasa digunakan untuk menempatkan alat tersebut adalah alur migrasi ikan. Jumlah dan spesies ikan yang tertarik tergantung struktur, jarak, dari lepas pantai., dan kedalaman air. Dalam hal ini, struktur tiga dimensi lebih efektif daripada struktur dua dimensi.

Struktur alat yang lebih besar biasanya akan menarik lebih banyak ikan ketimbang struktur yang kecil. Karena alat ini sangat efektif untuk mengumpulkan berbagai jenis ikan, jumlah yang ditempatkan di perairan harus dibatasi dan metode penangkapan harus bersifat selektif (misalnya, ukuran mata jaring tertentu) agar proses tangkap lebih dapat dihindari.

Penggunaan alat yang berlebihan akan berdampak pada daerah pemijahan, karena ikan-ikan yang sedang menyelesaikan siklus hidupnya turut tertangkap sebelum sampai ke tempat pemijahan.



Gambar 5.3. Alat pengumpul ikan FAD

B. Bahan Peledak, Bahan Beracun dan Pukat Harimau

Penggunaan bahan peledak, bahan beracun (sodium dan potassium sianida) dan pukat harimau dapat memusnahkan organisme dan merusak lingkungan. Penggunaan bahan peledak dalam penangkapan ikan karang menimbulkan efek samping yang sangat besar. Selain rusaknya terumbu karang yang ada di sekitar lokasi peledakan, hal itu juga dapat menyebabkan kematian organisme lain yang bukan merupakan target.

Penggunaan bahan peledak (bom) dan bahan beracun berpotensi menimbulkan kerusakan yang luas terhadap ekosistem terumbu karang. Menurut Ikawati *et al.* (2001) dalam Dahuri, 2003 pengeboman yang menggunakan bahan karbit seberat 0,5 kg biasanya dilakukan pada daerah terumbu karang yang memiliki kedalaman lebih dari 15 meter. Pengaruh ledakan bom pada radius 3 meter dapat menghancurkan terumbu karang, sedangkan pada radius yang lebih besar dapat menyebabkan patahnya cabang-cabang jenis karang *Acropora*. Selanjutnya, pecahan karang lambat laun akan ditutupi oleh algae (*Cladophora spp*), sehingga rekolonisasinya akan berjalan lambat, sebab kehadiran algae mengganggu proses penempelan *planula* (larva karang batu) pada pecahan karang.

Ekosistem terumbu karang yang rusak akibat bahan peledak biasanya didominasi oleh karang dari marga fungia dan bulu babi (*Diadema spp*).



Gambar 5.4. Pengeboman ikan dapat merusak biota laut lainnya

Bahan beracun yang sering digunakan, seperti sodium atau potassium sianida, dapat menyebabkan kepunahan jenis-jenis ikan karang yang diracun, seperti ikan hias, ikan kerapu (*Epinephelus spp*), ikan napoleon (*Chelinus spp*), dan ikan sunu (*Plectropoma spp*). Racun tersebut dapat menyebabkan ikan “mabuk” dan kemudian mati lemas. Sedangkan residunya dapat menimbulkan stress bagi kehidupan terumbu karang, yang ditandai dengan keluarnya lendir.



Ikan kerapu

Ikan napoleon

Ikan sunu

Gambar 5.5. Ikan-ikan yang hampir punah

Pukat harimau merupakan salah satu alat penangkap ikan yang sudah dilarang di wilayah perairan Indonesia. Kepunahan sumber daya perikanan di

Bagan Siapi-api merupakan satu contoh kasus akibat penggunaan alat tangkap yang tidak memperhatikan kelestarian sumber daya.

Walaupun pukat harimau telah dilarang penggunaannya karena dapat merusak ekosistem perairan, namun pada kenyataannya masih banyak nelayan yang menggunakan alat tersebut. Di samping tidak selektif, alat penangkap pukat harimau juga dapat merusak dasar laut. Apabila pengoperasiannya dilakukan secara intensif, maka tingkat kerusakan habitat dasar kadangkala melebihi tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh badai gelombang.



Gambar 5.6. Pukat harimau yang kini sudah dilarang penggunaannya

Masalah lain sehubungan dengan teknik penangkapan ikan yang menyebabkan terganggunya kelestarian sumber daya hayati pesisir dan laut adalah pelanggaran terhadap peraturan mengenai waktu, ukuran, dan jenis ikan yang ditangkap. Penangkapan ikan pada waktu dan ukuran yang tidak tepat akan menghambat proses regenerasi sumber daya ikan tersebut.

5.1.3. Pencemaran

Pencemaran laut didefinisikan sebagai dampak negatif bagi kehidupan biota, sumber daya, kenyamanan ekonomi laut, serta kesehatan manusia, dan nilai guna lainnya dari ekosistem laut, baik disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh pembuangan bahan-bahan atau limbah ke dalam laut yang berasal dari kegiatan manusia.

Sebagian besar bahan pencemar yang ditemukan di laut berasal dari kegiatan manusia di daratan. Pada umumnya bahan pencemar tersebut berasal dari berbagai kegiatan industri, pertanian, dan rumah tangga. Sumber pencemaran dapat dikelompokkan menjadi tujuh kelas, yaitu :

1. Industri;
2. Limbah cair pemukiman;
3. Limbah cair perkotaan
4. Pertambangan;
5. Pelayaran;
6. Pertanian;
7. Perikanan budi daya.

Jenis-jenis bahan pencemar utamanya terdiri dari sedimen, unsure hara, logam beracun, pestisida, organism eksotik, organisme pathogen, dan bahan-bahan yang menyebabkan oksigen terlarut dalam air berkurang.

Secara fisik wilayah pesisir dan laut saling berhubungan dengan ekosistem lainnya (sungai, estuaria, dan daratan), bahan pencemar cenderung terakumulasi di wilayah pesisir dan lautan. Misalnya, kegiatan pengolahan lahan pertanian dan kehutanan yang buruk, tidak saja merusak ekosistem sungai tetapi juga akan menimbulkan dampak yang negative pada perairan pesisir dan lautan.

Kasus penurunan produktivitas perikanan dan penyempitan laguna di Segara Anak yang diakibatkan oleh kerusakan lahan atas oleh aktivitas manusia di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS).

Pencemaran di daerah pesisir dan laut juga dapat terjadi akibat frekuensi lalu lintas transportasi yang sangat tinggi. Sebagai contoh, perairan Selat Malaka merupakan alur penting untuk transportasi minyak dari Timur Tengah ke Jepang dan Asia Timur. Hal ini dapat menjadi ancaman serius bagi ekosistem utama (mangrove, lamun, terumbu karang) jika terjadi tabrakan tanker yang menyebabkan tumpahan minyak.

Pencemaran logam berat merupakan salah satu masalah yang sering terjadi di perairan pesisir Indonesia. Bahan pencemar logam berat di daerah pesisir terutama berkaitan dengan kegiatan industry, transportasi, pertambangan, dan pertanian yang berlangsung di daerah hulu. Konsentrasi logam berat pada sedimen perairan pantai di kota-kota besar di Indonesia telah jauh melampaui kondisi alaminya (Arifin, 2001 *dalam* Dahuri, 2003).

Konsentrasi timah hitam (Pb) dan cadmium (Cd) menunjukkan kecenderungan yang tinggi pada sedimen perairan di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Semarang, dan Pekanbaru, sedangkan di kawasan timur Indonesia (Ambon dan Manado) relatif rendah.

Selain pencemaran logam berat, pencemaran akibat limbah organik juga sering terjadi. Penelitian Thayyib dan Razak (1988) *dalam* Dahuri, 2003 di Teluk Jakarta menunjukkan bahwa kandungan bakteri *Escherichia coli* dan *Streptococcus sp*, sudah sangat tinggi, yaitu mencapai kepadatan masing-masing sebesar 122.000 koloni per 100 ml dan 15.000 koloni per 100 ml.

Propinsi Jawa Barat memiliki areal persawahan paling luas, tingkat pemakaian pupuk tergolong paling tinggi. Beberapa provinsi yang memiliki muatan limbah tinggi dari kegiatan pertanian adalah Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Sumatera Barat, Lampung dan NTB.

Berbagai jenis limbah yang tersebut di atas, bila masuk dalam jumlah yang berlebihan ke perairan pesisir dan laut dapat menimbulkan pencemaran. Dampak negative pencemaran laut tidak hanya mengganggu atau membahayakan kehidupan biota dan lingkungan laut, tetapi juga dapat membahayakan kesehatan manusia, bahkan dapat menyebabkan kematian, mengurangi atau merusak nilai estetika, dan menimbulkan kerugian ekonomi dan social di lingkungan pesisir dan lautan

Akibat pencemaran kadang kala tidak segera dirasakan oleh manusia yang berdomisili di sekitar lingkungan pesisir dan lautan. Pengaruh bahan pencemar tersebut baru dapat dirasakan beberapa waktu kemudian. Contoh klasik adalah

peristiwa pencemaran logam berat (Hg dan Cd) di Teluk Minamata, Jepang. Limbah logam tersebut telah dibuang ke Teluk Minamata sejak tahun 1940-an, tetapi dampaknya baru terdeteksi pada tahun 1960-an.

Contoh kasus yang lain juga pernah terjadi di Indonesia, yaitu berkaitan dengan pembuangan air tambak udang yang dikelola secara intensif dan semi-intensif ke perairan pantai Utara Jawa yang berlangsung sejak tahun 1981. Namun, akibatnya terhadap penurunan kualitas perairan baru dapat dirasakan pada tahun 1990-an yang menyebabkan produktivitas tambak mengalami penurunan.

A. Sedimentasi

Berbagai kegiatan yang menyebabkan erosi tanah, seperti penebangan hutan, pembukaan jalan, dan pembukaan lahan pertanian yang tidak disertai terasering dapat menyebabkan kandungan sedimen pada aliran permukaan meningkat. Sedimen tersebut akan masuk ke badan-badan sungai dan akhirnya bermuara ke wilayah pesisir dan laut.

Ekosistem pesisir dan laut akan mengalami kerusakan sebagai akibat dari aktivitas manusia yang tidak mengindahkan lingkungan. Sedimen yang tersuspensi, terutama dalam bentuk partikel halus dan kasar, akan menimbulkan dampak negative terhadap biota wilayah pesisir dan laut.

Pelumpuran juga menimbulkan efek yang sangat serius dan merupakan salah satu penyebab utama kerusakan pada terumbu karang, khususnya yang berada di perairan dangkal dan dekat dengan pantai. Antara hewan terumbu dengan algae mikroskopis *dinoflagellata* (*zooxanthellae*) terdapat hubungan simbiosis yang saling menguntungkan. Jika terjadi pelumpuran, kekeruhan akan meningkat dan menyebabkan proses fotosintesis yang dilakukan oleh *zooxanthellae* menurun, akibatnya terumbu karang tidak dapat membangun rangka (*skeleton*) dengan cepat.

Organisme tersebut terpaksa mengubah energy pertumbuhan dan reproduksinya untuk menghasilkan material sejenis lendir (*mucus*), yang berfungsi untuk melindungi system pernafasannya dari pengaruh partikel sedimen.

Hal ini akan menyebabkan kemampuannya untuk berkompetisi dengan organism laut berkurang dan penyakit mudah menyerangnya. Akibatnya, kematian koloni terumbu karang meningkat, dan pada akhirnya keragaman, persentase penutupan, dan ukuran rata-rata koloni jadi menurun.

B. Eutrofikasi

Fitoplankton dalam masa pertumbuhannya dipengaruhi oleh beberapa factor seperti ketersediaan vitamin dan nutrient, terutama nitrogen dan fosfor. Jika kadar nitrogen dan fosfor berlebih, maka dapat menyebabkan pertumbuhan fitoplankton menjadi luar biasa, hal ini disebut dengan *eutrofikasi* (UNEP, 1982 *dalam* Dahuri, 2003).

Ledakan populasi fitoplankton (*blooming*), akan menyebabkan sebagian besar komunitas tersebut musnah dan kemudian diganti oleh jenis yang tidak diinginkan serta memiliki jumlah individu yang sangat besar. Berbagai faktor pemicu terjadinya ledakan populasi (Wiadnyana, 1996 *dalam* Dahuri, 2003) tersebut antara lain :

1. Pengayaan unsur-unsur hara atau eutrofikasi;
2. Perubahan hidrometeorologi dalam skala besar;
3. Pengangkatan massa air yang kaya akan unsur hara ke permukaan;
4. Hujan dan masuknya air tawar ke laut dalam jumlah besar

Spesies fitoplankton yang hadir dalam jumlah sangat besar dapat membahayakan dan merusak ekosistem perairan. Hellegraef *dalam* Wiadnyana (1996) *dalam* Dahuri, 2003 menguraikan jenis-jenis mikroalga berbahaya menjadi tiga kelompok yaitu penyebab penurunan kadar oksigen, beracun, dan merusak system pernafasan.

Dengan demikian, eutrofikasi menyebabkan terjadinya penurunan keragaman komunitas mikroalga, dan kemudian komunitas tersebut didominasi oleh satu atau beberapa spesies tertentu. Ketidakseimbangan komunitas ini dapat menimbulkan bahay bagi lingkungan, yaitu berupa racun yang dihasilkan atau

menciptakan kondisi tanpa oksigen pada malam hari, hal ini akan mengancam kehidupan biota lain.

C. Masalah Kesehatan Umum

Limbah rumah tangga banyak mengandung mikroorganisme, di antaranya bakteri, virus, fungi, dan protozoa yang dapat bertahan hidup sampai ke lingkungan laut. Meskipun limbah rumah tangga telah mengalami pengurangan kandungan mikroorganisme hingga mencapai jumlah 10.000 koloni per ml, mikroorganisme yang bersifat patogen dapat tetap bertahan dan berpotensi menimbulkan masalah pada kesehatan manusia.

Mikroorganisme dalam limbah rumah tangga dapat bertahan pada berbagai kondisi lingkungan laut, tergantung pada suhu dan intensitas sinar matahari. Virus pada umumnya lebih tahan daripada bakteri, tetapi sejauh mana tingkat perbedaan ketahanan hidup kedua mikroorganisme tersebut masih dipertanyakan.

Mikroorganisme ini umumnya terkonsentrasi pada biota perairan penyaring makanan seperti kerang-kerangan. Keberadaan bahan pencemar biologi ini merupakan penyebab utama terjadinya kontak antara mikroorganisme dan manusia. Sementara itu, kontak langsung dengan bahan pencemar pada waktu berenang dapat menimbulkan penyakit infeksi pada kulit, mata dan telinga.

Mikroorganisme yang masuk ke perut melalui kerang atau air minum, bahan pencemar itu akan menimbulkan sakit perut, hepatitis, kolera dan tifoid. Kasus ini pernah terjadi di Teluk Thailand, Hongkong dan Jakarta. Epidemik tifoid dan hepatitis yang bersumber dari kerang-kerangan pernah terjadi di perairan pantai Indonesia dan Vietnam.

D. Pengaruh terhadap Perikanan

Secara langsung maupun tidak, pencemaran perairan akan mempengaruhi kegiatan perikanan karena akan mengurangi produktivitas perairan, menimbulkan kerusakan habitat, dan menurunkan kualitas lingkungan perairan sebagai media hidup ikan.

Salah satu factor yang berpengaruh pada kegiatan perikanan adalah menurunnya kandungan oksigen dalam perairan. Hal ini akan menyebabkan pembatasan habitat ikan, khususnya ikan dasar yang berada dekat pantai. Eutrofikasi perairan yang menyebabkan pertumbuhan alga tidak terkendali, menimbulkan keracunan pada ikan.

Begitu pula halnya dengan akumulasi limbah logam berat dan beracun (Hg) yang dapat menimbulkan kematian terhadap ikan. Bila kondisi ini tidak terkendali, niscaya keragaman biota akuatik akan terancam, sekaligus potensi sumber daya perikanan akan mengalami penurunan.

Pencemaran limbah rumah tangga dapat mengurangi rasa aman masyarakat yang mengkonsumsi ikan dan kerang-kerangan. Masalah ini terjadi akibat terkontaminasinya biota perairan tersebut oleh organism pathogen seperti tifoid dan hepatitis yang berasal dari limbah rumah tangga. Jenis ikan dan kerang-kerangan merupakan biota perairan yang dapat bertindak sebagai inang dalam proses penyampaiannya kepada manusia sebagai konsumen.

Bahan pencemar (DDT, Dioxin dan Hg) yang terakumulasi oleh biota perairan sangat berbahaya pengaruhnya bagi masyarakat konsumen, karena melalui proses pemangsaan, bahan pencemar tersebut mengalami magnifikasi biologis. Melalui sistem rantai makanan semakin tinggi tingkatan tropik si pemangsa, semakin besar pula tingkat akumulasi bahan pencemar dalam tubuh organisme tersebut, terutama pada tubuh ikan karnivora berukuran besar.

Manusia yang mengkonsumsi ikan yang telah tercemar, maka bahan berbahaya tersebut akan pindah dan terakumulasi di dalam tubuh manusia. Dalam jangka waktu lama, proses ini akan menyebabkan penurunan fungsi fisiologis tubuh dan berakibat pada penurunan produktivitas kerja.

5.2.4. Introduksi Spesies Asing

Spesies asing yang hadir dalam suatu ekosistem dapat menjadi pemangsa atau competitor bagi spesies alami yang hidup pada habitat yang sama. Akibatnya

tidak saja keragaman hayati spesies alami mengalami penurunan, tetapi spesies baru tersebut juga akan merusak struktur komunitas dalam ekosistem tersebut.

Salah satu sumber utama terjadinya introduksi spesies asing ke dalam kawasan pesisir dan lautan adalah air *ballast* kapal. Selain bahan-bahan abiotik, air limbah kapal juga mengandung bahan biotik. Bila air *ballast* dibuang, bahan pencemar biotik tersebut akan memasuki perairan, sehingga mengakibatkan struktur komunitas, baik fitoplankton maupun zooplankton berubah.

Air *ballast* banyak mengandung bakteri, virus, alga, cacing polychaeta, larva ikan dan moluska. Begitu pula halnya dengan masuknya kepiting biru (*Callinectes sapidus*) ke perairan dekat pangkalan laut Nikohama yang diperkirakan berasal dari pantai Utara Amerika (sakai dalam Norse, 1993 dalam Dahuri, 2003).

Kasus pembuangan air *ballast* kapal telah menimbulkan masalah ekologi dan ekonomi yang serius. Sebagai contoh adalah kerang zebra di **Great Lakes** Amerika Utara, ctenophore (*Mnemiopsis leidyi*) di Laut Hitam (Norse, 1993, dalam Dahuri, 2003) dinoflagellata yang mengeluarkan racun (*Gymnodium* sp dan *Alexandrium* sp) di Australia dan Selandia Baru, serta bintang laut (*Steriasaurensis*) di Pasifik Utara, Tasmania, dan Australia. Timbulnya **red tides** di sepanjang Indo – Pasifik kemungkinan besar juga disebabkan oleh cemaran air *ballast*. Dalam banyak kasus, keberadaan spesies asing di suatu tempat dapat berkembang tidak terkontrol dan jumlah individunya bisa menjadi sangat besar.

Selain bahwa spesies asing secara tidak sengaja terintroduksi ke dalam perairan, juga terjadi invasi secara sengaja melalui kegiatan pengembangan akuakultur yang menggunakan spesies asing, misalnya penggunaan bakteri tertentu untuk mengatasi masalah bahan organik di dasar tambak. Jika bakteri ini lepas, ia akan bertindak sebagai kompetitor bahkan predator bagi spesies asli. Hal ini akan mengganggu keseimbangan ekosistem di lokasi tersebut.

5.2.5. Konversi Kawasan Perlindungan Laut

Pembangunan wilayah pesisir dan laut mempunyai ruang lingkup yang luas, meliputi banyak aspek dan factor. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan adalah aspek ekologis, social budaya, ekonomi, politik, serta pertahanan dan keamanan. Beberapa sector pembangunan yang terkait, baik secara langsung maupun tidak langsung, dengan kawasan konservasi pesisir adalah pengembangan kawasan pemukiman, industri, rekreasi dan pariwisata, transportasi, budi daya tambak, serta kehutanan dan pertanian.

Di samping menimbulkan dampak positif bagi kesejahteraan rakyat, kegiatan pengembangan di wilayah pesisir dan laut juga dapat menimbulkan dampak negative bagi ekosistem yang ada di sekitarnya. Sering kali kegiatan pembangunan tidak memperhatikan aspek ekologis (kelestarian lingkungan), melainkan hanya memperhatikan aspek ekonomis. Akibatnya kawasan yang telah ditetapkan sebagai kawasan lindung (konservasi) sering dikonversi menjadi tempat kegiatan industri dan kegiatan ekonomi lainnya.

Beberapa contoh pembangunan yang banyak dilakukan di wilayah pesisir dan laut adalah sebagai berikut :

- (1.) Pembanguna kawasan pemukiman yang semakin meningkat. Saying sekali bahwa pengembangan kawasan pemukiman hanya mempertimbangkan keuntungan jangka pendek, tanpa memperhatikan kelestarian lingkungan untuk masa mendatang. Limbah rumah tangga yang dihasilkan oleh kegiatan pemukiman sering menimbulkan pencemaran terhadap perairan atau menghilangkan fungsi satu atau lebih ekosistem pesisir. Hal ini terjadi terutama jika kegiatan pembangunan kawasan pemukiman tidak disertai upaya mengantisipasi dampak negatifnya, yaitu melalui pengembangan penanganan limbah secara terpadu.
- (2.) Kegiatan rekreasi dan pariwisata bahari yang banyak dikembangkan di wilayah pesisir dan laut. Kegiatan ini dapat menghasilkan limbah, yaitu berupa sisa-sisa makanan dan minuman, selain itu juga dapat

menimbulkan kerusakan terhadap ekosistem, seperti rusaknya terumbu karang akibat terinjak oleh para pengunjung saat menikmati keindahan taman bawah laut melalui kegiatan selam dan *snorkeling*.

- (3.) Konversi hutan mangrove untuk berbagai peruntukan lain. Bila dilakukan tanpa memperhatikan fungsi-fungsi ekologisnya, konversi hutan mangrove dapat menimbulkan gangguan terhadap lingkungan fisik dan biologis.
- (4.) Kegiatan pembangunan berbagai jenis industri di wilayah pesisir. Kegiatan tersebut sering memanfaatkan daerah pesisir dengan pertimbangan kemudahan jalur transportasi dan pengadaan air untuk industri. Oleh sebab itu, kegiatan pembangunan industri ini sering mengkonversi hutan mangrove dan ekosistem pantai lainnya menjadi daerah kawasan pabrik.

5.2.6. Perubahan Iklim Global dan Bencana Alam

Kerusakan fisik pada habitat sumber daya hayati di wilayah pesisir dan lautan dapat disebabkan oleh bencana alam perubahan iklim global atau gejala-gejala alam lainnya, seperti radiasi ultraviolet dan El Nino. Perubahan iklim global terutama disebabkan oleh meningkatnya produksi gas CO₂ dan gas lainnya yang dikenal dengan istilah gas rumah kaca. Gas ini disebut demikian karena molekulnya menyerap radiasi inframerah dan menghambat pemantulannya keluar system planet bumi sehingga radiasi tersebut kembali ke planet bumi. Peningkatan konsentrasi inframerah di system planet bumi akan menyebabkan peningkatan suhu global.

Dampak lanjutan dari pemanasan global adalah mencairnya es yang ada di kutub, sehingga permukaan laut naik, curah hujan berubah, salinitas menurun, dan sedimentasi meningkat di wilayah ekosistem pesisir dan lautan. Dengan kata lain, gejala alam ini akan mempengaruhi system hidrologis, oseanografis, dan selanjutnya akan mempengaruhi (merusak) ekosistem pesisir dan lautan. Perubahan yang relative mendadak bagi spesies yang rentan terhadap fluktuasi suhu, salinitas, dan kedalaman perairan akan mengancam keberadaan spesies

tersebut. Keanekaragaman hayati akan mengalami penurunan, baik secara kuantitas maupun kualitasnya.

Lapisan ozon pada lapisan stratosfer berfungsi untuk mencegah terjadinya kerusakan di bumi akibat pancaran ultraviolet yang berlebihan dari matahari. Penurunan konsentrasi ozon di lapisan stratosfer akan menyebabkan peningkatan transmisi radiasi ultraviolet-B yang mencapai ke permukaan bumi. Penurunan ini disebabkan antar lain oleh kegiatan industri yang menghasilkan senyawa tertentu seperti, chlorofluorocarbon (CFC) dan bromide yang bergerak menuju stratosfer dan menimbulkan kerusakan pada lapisan ozon stratosfer. Selanjutnya, berbagai bahan yang banyak dipergunakan pada alat pendingin, produk busa, penendang aerosol, dan pelarut juga dapat merusak lapisan ozon.

UV-B dapat menembus kolam air laut hingga mencapai kedalaman 10 meter (Smith *et al.* dalam Norse, 1993 dalam Dahuri, 2003). Para ahli ilmu pengetahuan telah melakukan pengamatan bahwa telah terjadi peningkatan radiasi UV-B yang berarti di Antartika sebagai akibat terjadinya penipisan lapisan ozon. Beberapa potensi yang dapat menimbulkan efek serius akan dialami oleh manusia dan lingkungan, termasuk organisme laut.

Radiasi UV-B pada tingkat tertentu dapat menimbulkan perubahan pada protein dan asam nukleat organisme. Penurunan 10% ozon akan menyebabkan peningkatan kerusakan DNA sebesar 28% (Warrest dalam Norse, 1993 dalam Dahuri, 2003). UV-B dapat menimbulkan efek pada kebanyakan organisme laut, seperti fitoplankton, zooplankton, dan juvenile ikan, seperti *anchovy (Engraulis mordax)*. Dengan demikian, peningkatan radiasi UV-B akan menyebabkan penurunan produktivitas perairan pesisir dan lautan, akibat pengaruh yang ditimbulkan terhadap kelimpahan spesies secara keseluruhan pada jaringan makanan. Hal ini diperkirakan akan menyebabkan produksi pakan dunia menurun.

Fenomena kematian terumbu karang yang ditandai dengan adanya pemutihan atau “*bleaching*” ditemukan pada awal abad ini. Hasil pengamatan yang dilakukan oleh ahli biologi di perairan Laut Pasifik dan Laut Karibia menunjukkan bahwa proses pemutihan pada terumbu karang terjadi bila hubungan

simbiosis yang bersifat mutualistik dengan *zooxanthellae* yang hidup dalam tubuh karang terganggu.

Kandungan pigmen terumbu karang menurun drastis sebagai akibat peningkatan temperatur 1-2 derajat celcius di atas normal pada musim panas. Meskipun karang dapat memulihkan konsentrasinya pada bulan-bulan yang temperaturnya lebih dingin, namun apabila peningkatan temperaturnya mencapai 5 derajat Celcius atau lebih dari kondisi normalnya, organisme tersebut akan mati setelah beberapa hari, sebelum kondisi koloninya mengalami pemutihan sebesar 90 – 95% .

Sementara itu, koloni yang memutih tetapi tidak mati dapat mengalami perhentian pertumbuhan maupun reproduksi. Kejadian El Nino pada tahun 1982 – 1983 telah menyebabkan hampir musnahnya hydrozoa atau terumbu karang di perairan Laut Pasifik Timur.

Di Indonesia, pemutihan terumbu karang diakibatkan oleh arus hangat dari Laut Cina Selatan yang mengalir melewati Kep. Riau, Laut Jawa, hingga ke perairan Lombok. Sedangkan di Kep. Spermonde bagian utara, Sulawesi Tenggara (dekat Ujung Pandang), Manado, Bunaken, atau disekitar Bangka dan Sulawesi Utara tidak terjadi pemutihan.

Pemutihan terumbu karang hampir mencapai 75 – 100% dari 25% penutupan karang yang terlihat di sekitar Taman Nasional Bali Barat dan di Tulamben (Bali Timur), di mana karang lunak (*soft coral*) mengalami kehancuran. Sedangkan di Penida dan Nusa Lembongan, pemutihan karang relatif kurang. Di Tulamben, kebanyakan anemone laut yang hidup pada kedalaman hingga 36 meter terkena dampak pemutihan, sedangkan yang berada pada kedalaman 44 meter relatif normal.

Selanjutnya, di P. Seribu Jakarta dan Taman Nasional Laut Karimun Jawa (Utara Jawa), proses pemutihan terumbu karang dimulai pada bulan Januari dan Februari, kemudian berlanjut pada bulan Mei hingga Agustus. Dalam hal ini, ada 2 kemungkinan yang akan terjadi : terumbu karang akan mengalami pemulihan di luar periode tersebut di atas, atau mengalami kematian.

Pemutihan terumbu karang berkisar antara 0% hingga 46% pada kedalaman 3 meter (terutama dialami oleh *Acropora* spp. dan *Galaxea* spp.) dan 1 – 25% pada kedalaman 10 meter (*Pachyseries* spp, *Hydnophora* spp, dan *Galaxea* spp.), dengan tingkat kematian terumbu karang yang mengalami pemutihan berkisar antara 50 – 60%. Sedangkan di Kep. Gili (Air, Meno, Trawangan), terutama di Selat Lombok, hampir 90% terumbu karang batu (*hard coral*) mengalami proses pemutihan (khususnya *Acropora*) sampai kedalaman 20 meter pada bulan Maret 1998. Puncak kematian terjadi di bulan Agustus, namun beberapa jenis *massive coral* seperti *Porites* mengalami proses pertumbuhan kembali (Wilkinson, 1998 dalam Dahuri, 2003).

Bencana alam merupakan fenomena alami yang secara langsung maupun tidak langsung berdampak negatif bagi lingkungan hayati pesisir dan lautan. Beberapa bencana alam yang sering terjadi di wilayah pesisir dan lautan adalah kenaikan paras air laut dan gelombang pasang Tsunami. Bencana Tsunami sering melanda daerah pesisir Jepang dan Indonesia.

5.3. Apa Harapan di Masa Depan?

5.3.1. Kependudukan dan Kemiskinan

Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2020 diperkirakan mencapai 257 juta jiwa, dan sebagian besar penduduk tersebut menggantungkan hidupnya secara langsung pada sumber daya alam. Semakin bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya kualitas hidup akan semakin mendorong peningkatan kebutuhan manusia, baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Hal itu akan berakibat buruk bagi sector-sector seperti perikanan, pertambangan dan kehutanan, yang khususnya terdapat di kawasan pesisir dan lautan.

Ancaman terhadap kawasan pesisir dan lautan selain akan mempengaruhi keberadaan lahan juga akan mengancam kelestarian sumber daya dan keanekaragaman hayati, berikut jenis kehidupan yang ada di dalamnya. Kebutuhan manusia semakin meningkat, sementara daya dukung lingkungan alam bersifat terbatas. Karena itu, potensi kerusakan sumber daya alam yang berkaitan dengan sector di atas menjadi semakin besar.

Kegiatan manusia yang semakin meluas dan beragam juga akan menyebabkan tingkat pemanfaatan sumber daya alam meningkat. Hal ini akan menyebabkan menurunnya kuantitas dan kualitas potensi sumber daya alam untuk masa mendatang. Kondisi ini semakin diperburuk oleh krisis ekonomi yang melanda Indonesia selama 40 tahun terakhir, sehingga terjadi peningkatan jumlah masyarakat miskin. Selain itu, era globalisasi yang akan dihadapi Indonesia akan semakin menguras sumber daya hayatinya karena sebagiannya besar masyarakat yang terpinggirkan akan semakin merusak sumber daya hayati untuk memenuhi kebutuhan hidupnya.

Sekitar 60% penduduk Indonesia tinggal di wilayah pesisir. Pada umumnya mereka bergantung pada laut dan sumber daya yang ada di dalamnya. Dengan semakin meningkatnya pemanfaatan sumber daya alam pesisir dan laut tanpa memperhatikan kelestariannya, potensi sumber daya itu dari tahun ke tahun terus menurun. Apalagi keadaan nelayan yang sebagian besar masuk dalam kategori masyarakat miskin: untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, mereka terpaksa melakukan cara pemanfaatan yang tidak bijaksana. Misal, mereka menggunakan bahan peledak dan racun potassium sianida.

5.3.2. Tingkat Konsumsi Berlebihan dan Kesenjangan Sumber Daya Alam

Peningkatan jumlah penduduk dan teknologi baru yang dikembangkan sampai saat ini cenderung mendorong manusia bersikap boros terhadap sumber daya alam. Keadaan ini akan berakibat langsung pada tingkat pengurusan sumber daya hayati dan tingkat pencemaran di wilayah pesisir dan laut. Semakin bertambah jumlah penduduk, semakin meningkat pula kebutuhan untuk pemenuhan konsumsi. Akibatnya, tingkat eksploitasi terhadap sumber daya alam akan terus meningkat.

Apalagi setelah diketahui bahwa daerah pesisir dan lautan kaya akan sumber daya hayati berupa ikan dan biota lainnya yang dapat dijadikan sumber protein, bahan pangan, farmasi, dan kosmetik. Hal itu dapat menyebabkan potensi sumber daya alam mengalami penurunan. Di satu sisi, penyebaran sumber daya hayati relative tidak merata, cenderung terlokasi, dan terbatas sifatnya.

Di sisi lain, pertumbuhan jumlah penduduk relative cepat dan cenderung terakumulasi pada tempat-tempat tertentu seperti daerah perkotaan. Di daerah perkotaan tersebut, tingkat konsumsi sumber daya akan lebih tinggi, sehingga kerusakan sumber daya alam yang akan terjadi juga lebih parah.

5.3.3. Kelembagaan dan Penegakan Hukum

Perlu disadari bahwa potensi sumber daya alam pesisir dan lautan yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia memiliki keterbatasan. Meskipun memiliki prospek-prospek yang cerah dan dapat diandalkan dalam proses pengembangannya, di beberapa lokasi yang memiliki penduduk dan industri yang padat, sumber daya alam tersebut telah mengalami tekanan yang berat.

Kondisi yang demikian dapat membahayakan kelestarian sumber daya alam di wilayah pesisir dan lautan. Banyak faktor yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas ekosistem pesisir dan lautan di Indonesia. Salah satu di antaranya adalah pihak perencana pembangunan, pembuat keputusan, serta pihak pengembangan sector umum dan swasta tidak pernah atau sangat kurang memperhatikan nilai strategis dan nilai ekonomis ekosistem utama pesisir dan lautan.

Hal ini dapat dipahami karena pada masa pembangunan jangka panjang tahap pertama [PJP I], program pembangunan di Indonesia hanya terfokus pada pemanfaatan sumber daya daratan. Oleh sebab itu, adalah wajar jika berkembang anggapan bahwa hutan mangrove dan ekosistem lahan basah yang terdapat di wilayah pesisir merupakan “*lahan yang tak berguna*“, yang dapat dengan mudah dikonversi menjadi lokasi industri, perumahan, tambak, dan sebagainya.

Orang hanya dapat melihat manfaat kecil yang bersifat langsung (*direct use value*) pada suatu ekosistem di wilayah pesisir dan laut, sedangkan nilai penggunaan yang tidak langsung (*indirect use value*), yang jauh lebih besar perannya dalam menentukan kesinambungan pembangunan, justru terabaikan.

Situasi tersebut menjadi semakin parah ketika aspek hukum lingkungan belum dapat di tegakkan sebagaimana mestinya. Padahal, aspek penegakan hukum sangatlah diperlukan guna melindungi habitat-habitat utama di wilayah

pesisir beserta spesies-spesies langka yang hidup di dalamnya. Dan, salah satu faktor yang menyebabkan lemahnya penegakan hukum di bidang kelautan pada masa lalu adalah karena belum adanya lembaga yang secara khusus menangani bidang kelautan.

5.3.4. Rendahnya Pemahaman Tentang Ekosistem

Pemanfaatan sumber daya alam yang terus meningkat, dengan tujuan mengejar target pemenuhan kebutuhan secara menyeluruh tanpa memperhatikan aspek kelestarian, akan sangat mengancam keberadaan sumber daya alam tersebut. Hal ini terjadi karena kurangnya pemahaman masyarakat tentang pentingnya ekosistem alam yang dapat menjaga keseimbangan siklus hidup, sekaligus menjadi sumber kehidupan bagi umat manusia.

Ekosistem alam menyediakan sumber daya hayati yang pemanfaatannya dapat dilakukan secara terus-menerus jika dikelola menurut kaidah-kaidah kelestarian lingkungan. Pemahaman terhadap ekosistem alam harus dilakukan secara komprehensif, sehingga pemanfaatannya dapat dilakukan searif mungkin, dengan mempertimbangkan aspek kelestariannya.

Pemahaman tersebut penting artinya guna mewujudkan konsep pembangunan yang berkelanjutan, sehingga keberadaan suatu sumber daya alam di ekosistem pesisir dan lautan tidak hanya bermanfaat bagi generasi sekarang, tetapi juga dapat dinikmati oleh generasi yang akan datang. Pemahaman yang penting mengenai ekosistem terutama berkaitan dengan aspek daya dukung lingkungan. Sebab, apabila daya dukung lingkungan terlewati, keberadaan suatu sumber daya alam akan terancam kelestariannya. Hal ini akan berpengaruh pada upaya pemanfaatannya di masa mendatang.

5.3.5. Kegagalan Sistem Ekonomi

Suatu kebijakan ekonomi hanya berorientasi mengejar target produksi melalui pemanfaatan sumber daya alam secara terus menerus akan menimbulkan kehancuran. Sebab, sebagai penyedia sumber daya alam, ekosistem pesisir dan lautan memiliki keterbatasan.

Apabila sistem ekologi terganggu, proses produksi bahan baku tidak berjalan sebagaimana mestinya, sehingga dapat menghancurkan proses produksi barang-barang ekonomi. Keadaan ini muncul sebagai akibat kegagalan kebijakan ekonomi pemerintah dalam memberikan penilaian terhadap pentingnya upaya konservasi sumber daya hayati pesisir dan laut.

Sadar akan nilai hakiki sumber daya alam, yaitu sebagai kekayaan (*asset*) ekonomi bagi generasi sekarang maupun generasi yang akan datang, permasalahan tentang polusi sumber daya (*resource pollution*) dan penghabisan sumber daya alam (*resource depletion*) benar-benar harus dipahami dengan baik. Jangan sampai kebijakan yang ditempuh berakar pada kekelituan kita dalam menilai sumber daya alam secara ekonomi. Pokok-pokok pikiran tentang penilaian (evaluasi) terhadap sumber daya alam telah banyak disampaikan. Disadari bahwa kekelituan dapat terjadi karena “ *kegagalan pasar* “ yang disebabkan oleh :

- (1.) Sifat sumber daya alam yang erat kaitannya dengan konsep ‘ hak kepemilikan’. Sumber daya alam tertentu tanpa kepemilikan yang jelas bisa menyebabkan terjadinya kegagalan pasar dalam mengendalikan perilaku banyak orang, sehingga pemanfaatan sumber daya alam mudah menjurus kepada eksploitasi yang berlebihan. Dalam hal ini, produk alam sering dinilai terlalu rendah secara ekonomi, sehingga mendorong pemanfaatan yang bersifat mubazir.
- (2.) Eksternalitas suatu produksi sering kali tidak disadari masyarakat, dan tidak ada upaya untuk melakukan internalisasi terhadap biaya eksternal tersebut ke dalam pembiayaan suatu kegiatan.
- (3.) Adanya biaya ikutan (*user cost*) akibat dimensi ruang dan waktu sumber daya alam yang sedang dimanfaatkan seringkali menihilkan dimensi kuantitas dan kualitas sumber daya alam lainnya.

Sumber daya hayati pesisir dan lautan memiliki peluang yang sangat besar untuk mengalami kepunahan spesies. Hal ini terutama disebabkan karena sumber daya hayati laut biasanya bersifat milik bersama (*common property*) dan open access (siapa saja dan kapan saja boleh dimanfaatkan). Kondisi ini akan mendorong orang memanfaatkan sumber daya alam tersebut semaksimal mungkin,

tanpa batas tanggung jawab yang semestinya. Factor ini merupakan salah satu penyebab terjadinya kepunahan spesies, factor-faktor penyebab lainnya adalah :

- (1.) Banyak spesies yang dapat dipanen dengan biaya sangat murah.
- (2.) “ *Discount rate* ” yang sangat tinggi. Hal ini mendorong eksploitasi sumber daya alam sesegera mungkin.

Kondisi lain yang dapat mempercepat kepunahan spesies di antaranya adalah :

- (1.) Pemanen suatu spesies dapat menjurus pada kepunahan spesies lain, seperti penangkapan ikan dengan bahan peledak yang dapat mematikan mikroorganisme perairan, habitat, serta biota perairan lainnya yang bukan target.
- (2.) Spesies ikut punah karena habitatnya bernilai ekonomi tinggi, sehingga walaupun tidak dipanen, spesies tersebut akan terkena dampaknya. Sebagai contoh : pengambilan karang untuk bahan bangunan dan pemanfaatan lain akan ikut memusnahkan berbagai biota perairan yang hidup dalam ekosistem terumbu karang (ikan dan moluska).
- (3.) Hilangnya spesies tertentu akan mengakibatkan spesies lain yang menjadi predatornya ikut mengalami kepunahan. Hal ini terkait dengan sistem rantai makanan di perairan laut.

Untuk menjaga kelestarian sumber daya perairan yang bersifat *common property* dan *open access*, perlu dibuat kebijakan ekonomi yang tidak hanya berorientasi pada tingkat pertumbuhan semata, melainkan juga tetap berpihak pada lingkungan. Misal, dengan penetapan pajak untuk menjaga kelestarian sumber daya perairan dan dengan pengontrolan yang ketat, para pelaku ekonomi dipaksa untuk melakukan eksploitasi di bawah potensi lestari yang telah ditetapkan.

Pengolahan sumber daya hayati di wilayah pesisir dan lautan, pemerintah dihadapkan pada dua kondisi wilayah berbeda. Di kawasan barat Indonesia, tingkat pemanfaatan sumber daya hayati sebagian besar sudah melampaui daya dukung keberlanjutannya. Misal, di kawasan perairan laut dan pesisir timur

Sumatera, utara Jawa, Bali, dan Selat Malaka, sumber daya hayati perikanan telah dimanfaatkan secara maksimum.

Tingkat pemanfaatan sumber daya hayati di wilayah timur Indonesia belum dilakukan secara optimal. Pemanfaatan yang belum optimal terjadi pada sumber daya ikan-ikan karang sekitar Tarakan, perairan laut di Kalimantan Timur dan Irian Jaya. Itu berbeda dengan sumber daya udang di Laut Arafuru dan ZEE Indonesia yang penangkapannya banyak dilakukan secara illegal oleh nelayan asing. Berdasarkan kondisi geografis dan kondisi biologisnya, pengelolaan sumber daya hayati laut (keanekaragaman hayati laut) di wilayah perairan Indonesia harus dilakukan dengan pendekatan yang memperhatikan ciri-ciri sumber daya dan kondisi masyarakat lokal.

5.4. Rangkuman

1. Penyebab pencemaran di lingkungan pesisir dan laut antara lain adanya pertambangan, perhotelan, pemukiman, pertanian, akuakultur, pelabuhan dan industri.
2. Polutan yang menjadi penyebab laut kita rusak antara lain limbah minyak, limbah panas, limbah organik, limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya), dan limbah nuklir.
3. Beberapa faktor yang dapat mengancam kelestarian sumber daya keanekaragaman hayati pesisir dan lautan di antaranya overeksploitasi, teknik penangkapan ikan yang merusak lingkungan (alat pengumpul ikan/FAD, bahan peledak, bahan beracun dan pukat harimau).
4. Sumber pencemaran di laut antara lain adanya industri, limbah cair pemukiman dan perkotaan, pertambangan, pelayaran, pertanian dan perikanan budi daya yang sebagian besar berasal dari kegiatan manusia di daratan.
5. Introduksi spesies asing dalam suatu ekosistem dapat menjadi pemangsa bagi spesies alami yang hidup pada habitat yang sama, sehingga keanekaragaman hayati spesies alami akan menurun, juga akan merusak struktur komunitas dalam ekosistem tersebut.

6. Perubahan iklim global disebabkan oleh meningkatnya produksi gas karbondioksida dan gas lainnya, dimana gas ini dapat menyerap radiasi infra merah dan menghambat pemantulannya keluar sistem planet bumi, sehingga radiasi tersebut akan kembali ke planet bumi.

7. Masalah-masalah yang menjadi isu untuk harapan ke depan antara lain kependudukan dan kemiskinan, tingkat konsumsi berlebihan dan kesenjangan sumber daya alam, kelembagaan dan penegakan hukum, rendahnya pemahaman tentang ekosistem, dan kegagalan sistem ekonomi.

5.5. Latihan Soal :

1. Sebutkan ancaman utama yang dapat merusak keragaman hayati laut
2. Jelaskan mengapa kita tidak boleh menggunakan bahan peledak, bahan beracun, dan pukat harimau dalam menangkap ikan ?
3. Apa yang dimaksud sedimen dan eutrofikasi ?
4. Jelaskan tentang introduksi spesies asing.

BAB VI

BEBERAPA PENELITIAN UP TO DATE TERKAIT

KEANEKARAAMAN HAYATI LAUT

PENUTUP

Indonesia sebagai negara kepulauan dan maritim terbesar di dunia, yang terletak di kawasan tropis, memiliki tingkat keanekaragaman hayati laut tertinggi di dunia dan kondisi alam pantai serta laut yang indah. Kekayaan keanekaragaman hayati laut yang luar biasa ini seyogyanya dapat membantu Indonesia bukan sekedar untuk keluar dari krisis ekonomi, yang sudah berlangsung hampir 5 tahun, melainkan seharusnya dapat menghantarkan Indonesia menjadi Negara yang maju, makmur, mandiri, dan berkeadilan serta diridhoi oleh Allah SWT.

Optimisme ini berdasarkan pada enam alasan utama. Pertama, kekayaan keanekaragaman hayati laut, baik pada tingkatan genetic, spesies, maupun ekosistem memiliki potensi penyediaan yang sangat besar dalam membangkitkan berbagai kegiatan [pembangunan] ekonomi termasuk perikanan tangkap, perikanan budi daya, industri pengolahan hasil perikanan, industri bioteknologi, industri pariwisata, kegiatan penelitian dan pendidikan, serta pengaturan iklim global.

Industri bioteknologi secara garis besar dapat berupa 3 kelompok kegiatan ekonomi : (1.) ekstraksi bahan-bahan alamiah atau senyawa bioaktif, seperti omega-3, squalence, polisakarida, dan biopigmen dari biota / organisme pesisir dan lautan untuk industri makanan dan minuman, industri farmasi, serta industr kosmetika ; (2.) rekayasa genetika untuk mendapatkan induk dan benih biota pesisir dan lautan yang unggul guna menunjang industry perikanan budi daya secara efisien dan lestari ; (3.) industri bioremediasi untuk penanggulangan pencemaran lingkungan. Diperkirakan bahwa potensi nilai ekonomi total keanekaragaman hayati laut melalui kegiatan perikanan tangkap, perikanan budi daya, dan industry bioteknologi dalah sebesar US\$ 76 miliar per tahun.

Kedua, siring dengan pertambahan jumlah penduduk dunia dan meningkatnya kesadaran umat manusia akan nilai gizi ikan dan makanan organik laut (seperti omega-3, sunchlorela, squalence, dll) bagi kesehatan, kecerdasan, dan kekuatan manusia, permintaan atas produk-produk kelautan ini diyakini akan terus meningkat.

Keindahan pantai, pulau-pulau, dan panorama bawah laut Indonesia juga semakin digandrungi sebagai tujuan wisata yang paling diminati, baik oleh wisatawan domestik maupun mancanegara.

Ketiga, kegiatan-kegiatan ekonomi (industri) yang berbasiskan keanekaragaman hayati laut, seperti perikanan tangkap, perikanan budi daya, industri bioteknologi, dan pariwisata, dapat menyerap banyak tenaga kerja (padat karya) dan dapat menciptakan efek pengganda yang besar.

Dengan demikian, salah satu permasalahan bangsa yang utama, yakni berupa pengangguran yang kini mencapai lebih dari 40 juta jiwa, dapat mulai diatasi. Lagi pula, bukankah indicator ekonomi yang paling penting dari kemajuan suatu bangsa adalah penciptaan lapangan kerja? Sebab, hanya orang yang bekerjalah yang mempunyai kehormatan (*dignity*) dan mampu meningkatkan kesejahteraannya.

Keempat, sebagian besar masukan kegiatan-kegiatan ekonomi berbasis keanekaragaman hayati laut tersebut di atas berasal dari sumber daya local.

Sementara itu, produk keluarannya, seperti ikan kerapu, ikan tuna, ikan cakalang, ikan hisa, udang, kepiting, rajungan, mutiara, rumput laut, omega-3, squalence, dan jasa pariwisata, kebanyakan dapat diekspor.

Neraca perdagangan sektor perikanan pada tahun 2001, misalnya, sangat positif, yaitu dengan nilai ekspor sebesar US\$ 2 milyar (Rp. 20 triliun), sedangkan impornya hanya US\$ 150 juta (Rp. 1,5 triliun). Inipun sebagian besar (70%) impor berupa minyak ikan (*fish oil*) dan pellet untuk pakan ternak. Apabila target ekspor perikanan yang telah dicanangkan oleh Dep. Kelautan dan Perikanan sejak Agustus 2001, tercapai, yaitu US\$ 5 miliar per tahun pada tahun 2005, tentunya ini sangat membantu neraca perdagangan kita.

Kelima, pada umumnya kegiatan-kegiatan ekonomi berbasis keanekaragaman hayati laut, sebagaimana diuraikan di atas, berlangsung di daerah pedesaan, pesisir, dan laut. Oleh sebab itu, probem nasional utama lainnya, yakni ketimpangan pembangunan antara kota dan desa, urbanisasi, dan keamanan Negara terbantu pula pemecahannya.

Terakhir, keragaman hayati laut merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Artinya, jika kita memanfaatkannya melalui cara-cara yang ramah lingkungan, pembangunan ekonomi berbasis keanekaragaman hayati laut dapat berlangsung secara berkesinambungan. Di sinilah keyakinan kita mendapatkan jastifikasinya, bahwa pembangunan ekonomi berbasis sumber daya alam dapat pulih, termasuk keanekaragaman hayati laut, jika dikelola secara tepat dan benar, tidak hanya sekedar dapat membantu Indonesia keluar dari krisis ekonomi yang berkepanjangan, melainkan dapat menghantarkan Indonesia mewujudkan cita-cita luhurnya, yakni bangsa yang adil dan makmur serta diridhoi Allah SWT.

Sayangnya, sampai saat ini kita belum mampu memanfaatkan potensi ekonomi keanekaragaman hayati laut secara efisien dan berkelanjutan bagi kesejahteraan rakyat. Cara-cara kita mendayagunakan potensi keanekaragaman hayati laut selama ini sungguh menempatkan kita pada posisi dilematis (di persimpangan jalan). Di satu pihak, ada beberapa kawasan pesisir dan lauta,

seperti di sekitar Batam dan Karimun, sebagian Selat Malaka, Pantai utara Jawa, dan Pantai selatan Sulawesi, yang telah mengalami tingkat pemanfaatan begitu intensif dan tingkat kerusakan lingkungan yang cukup besar, terutama berupa tangkapan berlebih, pencemaran, degradasi ekosistem mangrove dan terumbu karang, abrasi pantai, dan sedimentasi muara sungai.

Pada tahun 2001, dari total produksi perikanan sebesar 5,13 juta ton, sekitar 4,1 juta ton (80%) berasal dari penangkapan ikan di laut, dan hanya 1,03 juta ton (20%) dari hasil perikanan budi daya. Padahal, total potensi produksi lestari perikanan budi daya laut sekitar 46,7 juta ton / tahun, sedangkan potensi lestrai ikan tangkap di laut hanya sekitar 6,4 juta ton / tahun.

Kegiatan industri pascapanen (penanganan dan pengolahan) produk perikanan yang menghasilkan nilai tambah dan efek penggandaan masih jauh dari optimal. Sehingga, wajar bila kurang lebih 25% dari ikan hasil tangkap para nelayan kita terbuang sebagai ikan busuk. Apalagi berbicara soal industri bioteknologi kelautan, hal itu praktis hampir belum terjamah.

Ironisnya, negara dengan sumber bahan baku industri bioteknologi kelautan terbesar di dunia, kita justru mengimpor sedemikian besar produk-produk bioteknologi kelautan, seperti omega-3, squalence, Viagra, sunchlorella.

Di tengah-tengah kekayaan sumber daya ikan laut dan potensi budi daya perikanan yang sangat besar, 75% nelayan kita masih terliit derita kemiskinan. Ibarat tikus mati di lumbung padi. Apabila kondisi kemiskinan ini tidak segera ditanggulangi, kemiskinan absolut dapat mengakibatkan terancamnya kelestarian lingkungan laut kita.

Banyak sekali saudara-saudara kita nelayan yang menggunakan bahan peledak dan racun, atau teknik-teknik penangkapan ikan lain yang destruktif, hanya karena terpaksa akibat ketiadaan alternatif mata pencaharian atau alternatif teknologi penangkapan ikan yang ramah lingkungan.

Untuk keluar dari sejumlah paradox (ironi) tersebut, kita harus segera menerapkan beberapa kebijakan dan program aksi berikut secara simultan atau terintegrasi.

Pertama, melakukan gerakan penyadaran nasional melalui sosialisasi, kampanye, dan advokasi bahwa keanekaragaman hayati laut memang merupakan asset yang dapat menjadi salah satu pilar utama ekonomi nasional.

Kedua, merehabilitasi ekosistem pesisir dan lautan yang telah mengalami degradasi, melakukan pengayaan stok kawasan-kawasan konservasi laut.

Ketiga, mengembangkan dan menerapkan teknologi pemanfaatan (penangkapan, pemanenan, budi daya, dan ekstraksi) keanekaragaman hayati laut yang efisien dan ramah lingkungan, serta mengembangkan industry hilir yang dapat menciptakan nilai tambah dan meningkatkan daya saing produk-produk keanekaragaman hayati laut.

Keempat, memperkuat dan mengembangkan pemasaran produk-produk keanekaragaman hayati laut, baik dalam negeri maupun di pasar global.

Kelima, mengurangi atau kalau dapat, menghilangkan factor-faktor yang dapat mengancam kelestarian keanekaragaman hayati laut, melalui penegakan hukum tata ruang pesisir-laut, pengendalian pencemaran, pencegahan praktek-praktek overeksploitasi, dan pencegahan degradasi fisik habitat pesisir.

Keenam, mendorong pengelolaan sumber daya berbasis masyarakat. Dengan memberikan wewenang pengelolaan sumber daya hayati laut serta mengintegrasikan kearifan lokal dengan ilmu pengetahuan tentang sumber daya, diharapkan rasa tanggung jawab masyarakat lokal akan menjadi lebih kuat, sehingga program-program pemanfaatan keanekaragaman hayati laut bersifat berkelanjutan.

Ketujuh, perlu lembaga pengelolaan kawasan pesisir dan lautan pada tingkat kabupaten / kota serta provinsi yang dapat bersinergi dengan Departemen Kelautan dan Perikanan serta instansi lain yang terkait.

Kedelapan, perlu kebijakan ekonomi-politik pada tingkat pusat, provinsi, dan kabupaten / kota yang kondusif bagi terselenggaranya pola-pola pemanfaatan keanekaragaman hayati laut secara optimal dan lestari bagi sebesar-besarnya kesejahteraan rakyat. Untuk itu, keberhasilan lembaga eksekutif, termasuk kabinet (presiden), gubernur, dan bupati / walikota, bukan hanya ditentukan oleh kemampuannya mendongkrak pertumbuhan ekonomi, seperti PAD (Pendapatan Asli Daerah), tapi juga oleh kemampuannya melakukan program pemerataan kesejahteraan bagi segenap rakyatnya dan memelihara kelestarian sumber daya keanekaragaman hayati beserta ekosistemnya. Saya yakin, apabila kita dapat melaksanakan kedelapan kebijakan dan program aksi tersebut di atas, sumber daya keanekaragaman hayati laut dapat menjadi salah satu pilar utama bagi kita untuk keluar dari krisis ekonomi yang berlarut-larut, menuju Indonesia yang maju, makmur, mandiri, dan berkeadilan.

DAFTAR PUSTAKA

Anderson, R.N. 1998. *Marine Geologi : A Planet Earth Perspective*. John Wiley & Sons, New York.

Anwar, A. 1999. "Mobilisasi Sumberdaya Ekonomi dalam Mengatasi Masalah Pengangguran ke arah Pemerataan yang Menyumbang kepada Pertumbuhan Ekonomi". Makalah Seminar Nasional : Pembangunan Wilayah dan Pedesaan, pada tanggal 5 Desember 1999 di Bogor.

Arifin, Z. 2001. "Heavy metal Pollution in Sediments of Coastal Waters of Indonesia." In *Proceedings Fifth IOC/WESTPAC. Internasional Scientific Symposium : 27 – 31 Agustus 2001, Soul, Korea*.

Arifin, Z. P. Pradina, A.H. Purnomo. 1998. "A Case Study of the Traditional trochus (*Trochus niloticus*) Fishery in Maluku region, Indonesia." In *Proceeding of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management (G.S. Jamieson and A. Campbell, Eds.) Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125 pp. 401 – 406*.

Arifin, Z. and Pradina P. 1993. "Conservation and sustainable use of lola gastropod (*Trochus niloticus*) in Banda island, Indonesia." A report submitted to *Man and the Biosphere (MAB) – UNESCO, Paris 43 p*.

Aziz, A. 1999. "Fauna Echinodermata Laut Banda." Dalam Yarso (ed). *Atlas Oseanologi Laut Banda. P2O-LIPI, Jakarta*.

Aziz, A. dan H. Soegiarto. 1994. "Fauna Echinodermata Padang Lamun di Pantai Lombok Selatan." Dalam *Struktur Komunitas Biologi Padang Lamun di Pantai Selatan Lombok dan Kondisi Lingkungannya. (W. Kiswara, M.K. Moosa, dan M. Hutomo, Eds.). P3O LIPI, Jakarta*.

Azkab, M.H. dan W. Kiswara. 1994. "Pertumbuhan dan produksi lamun di Teluk Kuta, Lombok Selatan." Dalam *Struktur Komunitas Biologi Padang Lamun di Pantai Selatan Lombok dan Kondisi Lingkungannya. (W. Kiswara, M.K. Moosa, dan M. Hutomo, Eds.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI. P: 34-41*.

Artama, I.M. 2009. *Pengaruh Iradiasi Gamma terhadap Kualitas Algae Merah (Rhodophyceae) Kering dari Nusa Dua Bali. Skripsi Farmasi-ISTN Jakarta*.

Adiwatama, B.Y. 2012. Ekstraksi dan Identifikasi Senyawa Asam Lemak dengan KGSM dari Mikro Alga *Chlorella pyrenoidosa* (INK) dan Potensinya sebagai Antibakteri. Skripsi Farmasi FMIPA-ISTN. Jakarta.

Barton, D.N. 1994. Economic Factors and Valuation of Tropical Coastal Resources. Universitas 1 Bergen Senter for Miljo-IG Ressursstudier. Bergen, Norway.

Briggs, J.C. 1974. Marine Zoogeography. Mc Graw-Hill Book Co.

Brookfield, H.C. 1990. "An Approach to small island." In Sustainable development and Enviromental Management of Small Island (W. Beller, P d'Ayala and P. Hein). Man and the Biosphere Series – UNESCO. The Parthenon Publishing Group Ltd, Casterton Hall, Camforth.

Dahuri, R. 1993. "Trend Kerusakan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan." Makalah Diskusi Pembangunan Lingkungan pada Pelita VI. Kerja sama BAPPENAS RI, Kantor Meneg LH RI dan Lembaga Penelitian IPB Bogor.

Dahuri, R. 2002. Membangun kembali Perekonomian Indonesia Melalui Sektor Perikanan dan Kelautan. Lembaga Informasi dan Studi Pembangunan Indonesia (LISPI), Jakarta.

Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting, dan M.J. Sitepu. 1996. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT Pradnya Paramitha. Jakarta.

Dahuri, R., V.P.H. Nikijuluw, dan L. Andrianto. 1995. Studi Pengembangan Kebijakan Ekonomi Lingkungan. Kerjasama Kantor Meneg. LH dan PPLH IPB, Bogor.

Dahuri, R. 2003. Keanekaragaman Hayati Laut : Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Den Hartog, C. 1970. The Seagrasses of The World. North Holland Publishing Co, Amsterdams.

Dermawan, A. 2002. "Marine Turtle Conservation and Management in Indonesia." Paper presented at Marine Turtle Symposium, Hawaii.

DGF. 1995. Fisheries Statistic of Indonesia Year 1993. Directorate General of Fisheries, Jakarta.

Dwiponggo, A. 1991. "Masalah Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Laut Bagi Pemanfaatan Berkelanjutan." Pidato Pengukihan Ahli Peneliti Utama Balitbang, Departemen Pertanian, Bogor. Mimeograph.

Ekman, S. 1953. Zoogeography of The Sea. Sidgwick & Jackson, London.

Halim, A. 2001. “ Pengelolaan Limbah Cair Industri Pupuk Urea dengan *Porphyridium cruentum* dalam Upaya Pengelolaan Pencemaran Wilayah Pesisir.” Thesis Pasca Sarjana Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut. Program Pasca Sarjana IPB, Bogor.

Hutomo, M. 1978. “ Ikan-Ikan di Muara Sungai Karang : Suatu Analisa Pendahuluan tentang Kepadatan dan Struktur Komunitas.” *Oseanologi di Indonesia*, 9: 13-28.

Hutomo, M. 1985. “Telaah Ekologik Komunitas Ikan pada Padang Lamun (Seagrass, Anthophyta) di Perairan Teluk Banten.” Disertasi Doktor Fakultas Pasca Sarjana IPB, Bogor.

Juliani, C.I. 2012. Identifikasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Aktif dari Mikro Alga *Chlorella pyrenoidosa* (INK) dengan KGSM. Skripsi Farmasi, FMIPA-ISTN. Jakarta

Kiswara, W., M.H. Azkab, L.H. Purnomo. 1997. “Komposisi Jenis dan Sebaran Lamun di Kawasan Laut Cina Selatan.” Dalam Atlas Oseanologi Laut Cina Selatan. LIPI-P3O, Jakarta, pp. 123-134.

Latole, M. 2012. Uji Aktivitas Ekstrak Diklorometana dari Mikro Alga *Tetraselmis chuii* terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* serta Uji Identifikasi Kandungan Kimia secara KGSM. Skripsi Farmasi, FMIPA-ISTN. Jakarta

Linawati, 1998. “Marine Biotechnology : Opportunities and Challenges for Sustainable Development of Coastal and Marine Resources.” Paper in Workshop on Marine Biotechnology : 16 – 20 February 1998. Center for Coastal and Marine Resources Studies, Bogor.

Meadows, P.S. and J.I. Campbell. 1998. An Introduction to Marine Science. 2nd edition. Blackie Academic & Professional, London.

Moosa, M.K. dan I. Aswandy. 1994. “Krustasea dari Padang Lamun di Perairan Lombok Selatan.” Dalam Struktur Komunitas Biologi Padang Lamun di Pantai Selatan Lombok dan Kondisi Lingkungannya (W. Kiswara, M.K. Moosa, dan L.M. Hutomo, Eds.). P3O LIPI, Jakarta.

Nontji, A. 1987. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan, Jakarta.

Norse, A. 1993. Marine Biological Diversity Strategy and Action Plan. Center For Marine Conservation, Wahington DC.

Nybakken, J.W. 1986. Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologi. (Penerjemah : M. Eidman ; Koesobiono ; Dietrich ; Hutomo ; dan Sukardjo). PT. Gramedia, Jakarta.

Prager, E.J. and S.A. Earle. 2000. The Ocean. Mc Graw – Hill. Montreal.

Pratiwi, D.N. 2012. Pengaruh Perendaman Asam Cuka Terhadap Penurunan Kadar Pb dan Cu dalam Kerang Hijau (*Perna viridis*) dari Muara Angke Jakarta Utara. Skripsi Farmasi, FMIPA-ISTN. Jakarta.

Rachmansyah, M.A. 2012. Identifikasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Aktif dari Mikro Alga *Dunaliella salina* dengan KGSM. Skripsi Farmasi, FMIPA-ISTN. Jakarta.

Setiawan, B. 1994. “Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati sebagai Sumber Genetik bagi Bioindustri.” Dalam Lokakarya Nasional Keanekaragaman Hayati Tropik Indonesia: 3 – 5 November 1994. Dewan Riset Nasional, Jakarta.

Shang hao Li. 1988. “Cultivation and Application of Micro Algae in People’s Republic of China.” In Algal Biotechnology (Stadler, Eds). Elsevier Applied Science, London.

Scheuer, P.J. 1994. Produk Alami Lautan : Dari Segi Kimiawi dan Biologi. Penerjemah : Koensoemardiyah. Academic Press Inc. New York.

Soerawidjaja, T.H. 202. Produk-produk kimia potensial dari laut. Catatan Seminar, Departemen Teknik Kimia dan Pusat Penelitian Material dan Energi, ITB. 6p.

Thayib, S.S. dan HRazak. 1988. “Pengamatan Kandungan Bakteri Indikator, Logam Berat dan Pestisida di Perairan Ambon, Teluk Banten dan Teluk Jakarta.” Dalam Perairan Indonesia: Biologi, Budidaya, Kualitas Perairan dan Oseanografi. (M.K. Moosa, D.P. Praseno dan Sukarno, Eds.). Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI, p: 124 – 131.

Wiadnyana, N.N. 1996. “Microalgae Bahayanya di Perairan Indonesia.” Dalam Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, No 29: 1 – 13. P3O dan P3LIPI, Jakarta.

Wardani, M.D. 2012. Pengaruh Perendaman Perasan Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) terhadap Penurunan Kadar Logam Pb dan Cd dalam Udang Putih (*Penaeus merguensis*) dari Muara Angke Jakarta Utara. Skripsi Farmasi, FMIPA-ISTN. Jakarta.

DAFTAR ISTILAH

Air ballast (ballast water): air penyeimbang berat yang ada di bagian bawah palka kapal besar.

Anemon (anemone): Anemon laut adalah hewan dari kelas Anthozoa yang hidup sebagai polip soliter. Lihat polip. Anemon laut hidup menempel di substrat batuan, cangkang kerang, juga di pasir dan lumpur. Anemone hidup bersimbiosis dengan ikan anemone yang dikenal dengan clown fish (Amphiprion) dan kepiting hermit (Pagurus). Anemone berbiak dengan cara seksual, melepaskan telur dan sperma ke kolom air; ia juga dapat berbiak dengan cara aseksual, dengan cara membelah diri.

Biomass (biomass) : massa total (pada waktu tertentu) dari satu atau lebih jenis organisme persatuan luas. Biomass komunitas adalah massa total semua jenis organisme hidup persatuan luas.

Bloom: suatu proses peningkatan jumlah fitoplankton atau plankton benthik secara cepat dalam suatu daerah tertentu.

Demersal (demersal): ikan-ikan (termasuk krustasea atau cephalopoda) yang dapat berenang, tetapi banyak hidup di dekat atau sekitar dasar.

Detritus: salah satu sumber makanan utama di dalam ekosistem pesisir dan lautan, yang terdiri dari sisa-sisa bahan organik tumbuhan dan hewan yang berukuran mikroskopik dan berasosiasi dengan bakteri.

El Nino: gangguan regional atau global laut – atmosfer yang dimanifestasikan dalam iklim lingkungan, kenaikan permukaan suhu air laut di perairan tropis Pasifik Timur, sampai pola gangguan hujan yang tak teratur.

Endemik (endemic): asli atau terbatas hanya ada di lokasi geografis tertentu atau spesifik. Contoh, babi rusa hanya ada di Sulawesi.

Genera (bentuk tunggal – genus ; padanan bahasa Indonesia - marga) : suatu tingkat kelompok taksonomi yang ada di bawah kelompok family yang memiliki satu atau lebih jenis (spesies). Contoh, ikan mas (Cyprinus) adalah satu marga dari family ikan. Lihat juga Klasifikasi Linnean.

Hermatipik (hermatypic): lihat karang.

Juvenil (juveniles): hewan (ikan, udang, kerang, dsb.) yang belum mencapai tingkat kematangan seksual (sexual maturity). Lawan dari stadia juvenile adalah stadia dewasa.

Karang (coral): karang memiliki beberapa arti, namun biasanya digunakan untuk klasifikasi hewan dalam Order Scleractinia, yaitu hewan yang memiliki kerangka kapur yang keras. Order Scleractinia dibagi ke dalam karang pembentuk terumbu (reef) dan karang bukan pembentuk terumbu. Sebagian besar karang pembentuk terumbu adalah hermatipik yang bersimbiosis dengan alga mikro, zooxanthellae, yang hidup di jaringan polip karang sehingga membutuhkan cahaya matahari untuk hidup. Sedangkan karang bukan pembentuk karang (ahermatipik) tidak bersimbiosis dengan microalgae dan biasanya hidup di laut yang dalam.

Logam berat (heavy metal): unsur logam yang memiliki densitas relative terhadap air tawar lebih besar dari 5, seperti raksa (Hg), timah hitam (Pb), cadmium (Cd), chromium (Cr), tembaga (Cu), nikel (Ni), dan seng (Zn). Istilah logam berat banyak digunakan untuk menunjukkan unsure logam pencemar lingkungan. Namun istilah logam berat yang selama ini di dasarkan pada sifat fisiknya saja, dalam beberapa tahun terakhir telah diganti berdasarkan klasifikasi sifat kimia, yaitu (kelas A- unsure pencari oksigen dalam proses reaksi kimianya seperti Ca, Mg, Mn, dan K; kelas B- unsure pencari belerang seperti Cd, Cu, Hg, dan Ag; kelas peralihan seperti Zn, Pb, Fe, Cr, Ni, As). Pendekatan ini lebih logis, karena ada beberapa logam yang tidak termasuk 'logam berat' namun dapat menjadi pencemar lingkungan yang berbahaya. Sebagai contoh logam aluminium (Al) memiliki densitas hanya 1,5, namun unsure ini merupakan pencemar yang berbahaya di perairan danau yang kondisinya asam; di mana Al akan terlarut dan menjadi racun bagi hewan.

Makrofauna (macrofauna): hewan yang berukuran lebih besar dari 0,5 milimeter, seperti kerang, siput, dan barnakel.

Mieofauna (mieofauna): hewan berukuran antara kira-kira 0,1 sampai 0,5 milimeter yang hidup di permukaan atau dalam sedimen. Mieofauna merupakan kelas ukuran transisi dari mikrofauna ke makrofauna. Termasuk dalam kelompok mieofauna adalah invertebrate kecil seperti copepoda, ostracoda, tubelaria.

Mikrofauna (microfauna): hewan yang berukuran lebih kecil dari 0,05 milimeter, seperti bakteri dan protista.

Pelagic, pelagis (pelagic): organisme yang berenang bebas (nekton) atau melayang (planktonik) yang hidup secara luas di kolom air laut terbuka (oceanic pelagic) atau paparan continental (neritic pelagic), dan tidak pernah hidup di dasar. Seperti, ikan tuna.

Polip (polyp): satu rancang tubuh seperti anemone laut berbentuk silinder dengan bagian pangkal menempel ke substrat dan ujungnya yang berupa mulut dan tentakel tegak ke atas.

Ruaya (migration): pergerakan secara teratur suatu populasi hewan dari satu lokasi ke lokasi lain, terutama berkaitan dengan daerah pemijahan hewan tersebut. Contoh, ruaya populasi ikan sidat muda menuju perairan tawar, dan ruaya kembali ikan sidat dewasa ke laut lepas untuk memijah.

Spesies asing (alien species, disebut juga introduced species, exotic species, dan nonindigenous species): suatu spesies yang secara sengaja atau tidak sengaja dibawa oleh manusia ke suatu lokasi baru tersebut. Contoh, ikan Lo Han dari Malaysia.

Surfaktan (surfactant): kependekan dari surface-active agent; adalah bahan kimia yang memodifikasi hubungan antara dua permukaan zat cair atau antara zat cair dan zat padat, sehingga memfasilitasi dan mempercepat proses penyebaran dan penetrasi. Contoh, sabun dan deterjen merupakan jenis surfaktan yang mengurangi tegangan permukaan.

Termoklin (thermocline): suatu lapisan masa air yang bersifat permanen yang terdapat di laut dan danau yang menunjukkan penurunan suhu secara drastis dan memisahkan lapisan massa air yang lebih hangat (epilimnion) di bagian atas dan lapisan massa air yang lebih dingin (hypolimnion) di bagian bawah.

Upwelling : proses penaikan massa air yang kaya dengan unsure hara (nutrien) yang ada di lapisan dasar laut ke lapisan permukaan.

Waktu paro (half - life): waktu yang diperlukan separo dari atom-atom dalam bahan radioaktif untuk mengalami peluruhan atau pengurangan. Waktu paro biologis adalah waktu yang diperlukan bahan radioaktif yang diserap oleh organisme untuk menjadi separo (0,5) dari jumlah awalnya melalui proses eliminasi secara alami.

Zooxanthellae: kelompok algae coklat bersel tunggal yang di kenal sebagai dinoflagelata yang bersimbiosis dengan polip karang.

INDEKS

<p>A Abisal 22,88,91,93 Afotik 20,22,88,89 Ahermatipik 29 Alel 4, 11 Artisanal fishery 83 Atol</p>	<p>I Ikan terbang Aikan terubuk Indo – Malaysia Indo – Polinesia Insulin Integrasi spasial IUCN J Jasa lingkungan Juvenile K Kapasitas asimilasi Karotenoid Kawasan konservasi Keanekaragaman ekosistem Keanekaragaman genetic Keanekaragaman spesies Kegagalan pasar Kepemilikan Keragenan Khlorofil Konfersi hukum laut Konvensional</p>	<p>U UNCLOS Upwelling V Vent W Wawasan nusantara Wilayah Asia Timur Willingness to pay, WTP Z Zona Celah Galapagos Zona Ekonomi Eksklusif Zooxanthellae</p>
<p>B Background value Barrier reef Batch culture Batial Batipelagik Bequest value Bioaktif Biofouling Biokatalis Biological oxygen demand Bioluminesens Biopigmen Biopolisakarida Bioproses Bioreactor Bioturbasi Black smoke Bleaching</p>	<p>L Laguna Segara Anakan Land based pollution Land based aquaculture Laut dalam Laut terbuka Limbah domestic Limbah industry Limbah industry Limbah pertanian Lina Blue Logam berat Long shore current</p>	

Blooming		
C Cadmium Chemical oxygen demand Chemoautotrof Chlorofluorocarbon (CFC) Ciguatera fish poisoning Cites Community based management Continuous culture Cyclone	M Magnifikasi biologis Mangrove Marine based aquaculture Maximum sustainable yield Mega biodiversity Mesopelagik Metabolit primer Metabolit sekunder Mikroalga Mutasi	
D Daerah resapan Data base Daya dukung Degenerative Degradasi lingkungan Deklarasi Djuanda Desentralisasi Detrital food chain Detritus Diarhetic shellfish poisoning Diatom Diamethyl sulfide Dinoflagellata Diseconomies of scale Dugong	N Net present value Nursery ground Nutrient O Ocean based pollution Omega-3 Open access Aption value Overfishing Ozon	
E Ecoton Ecotone El Nino Endapan massif Endemic Epipelagik Estuaria Eufotik Eurihalin Eutrofikasi Existence value	P Panglima Laot Paralitic shellfish poisoning Patch reef Payaos Pelecypoda Perairan lepas pantai Perairan pantai Perairan terbuka Perikanan demersal Persentase penutupan Phycocyanin Plasma nutfah Pole and line Pompa biologis Potensi lestari Pranata social Produktivitas	

	Produksi primer	
F Feedbatch culture Fiksasi Fish aggregating device Fishing ground Fringing reef	R Rantai makanan Recharge area Red tide Rekayasa genetik Resource depletion Resource pollution Restorasi habitata Rhizoma Rumput laut Rumput laut	
G Gastropoda Gaya coriolis GBHN Gen Genetic drift GIS Global climate change Gosong Grazing Guanine	S Sargassum Seagrass Seaweeds Sentralisasi Sertifikat lingkungan Showa Maru Showa-Shell Petrol Silvofisheries Sirkulasi air Sitosin Small island Sonneratia Spirulina Stakeholder Stenohalin Stratosfer Streptococcus Surfing Suatainable development	
H Hadal Harmful algae bloom Hermatipik Hipotesis luas Hipotesis permanen Hipotesis stabilitas waktu Hukum adat Sasi Hydrothermal vents	T Takabonerate Taman nasional laut Tambak Tambak Tangkap lebih Tekanan hidrostatik Tekanan osmotic Teknologi rekombinan Teori permanen Termoklin Terrestrial Thalassia Timah hitam Tsunami	