

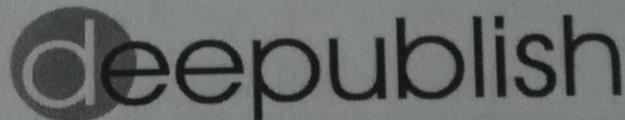


LINGKUNGAN PERAIRAN DAN PRODUKTIVITASNYA

- *Femy M. Sahami*
- *Citra Panigoro*
- *Sri Nuryatin Hamzah*
- *Hasim*

Lingkungan Perairan dan Produktivitasnya

Femy M. Sahami
Sri Nuryatin Hamzah
Citra Panigoro
Hasim

The logo for 'deepublish' features a lowercase 'd' inside a dark circle, followed by the word 'eepublish' in a lowercase, sans-serif font.

glorify and develop the intellectual of human's life



deepublish | publisher

Jl. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl. Kaliurang Km. 9,3 - Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Hotline: 0838-2316-8088

Website: www.deepublish.co.id

e-mail: deepublish@ymail.com

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

SAHAMI, Femy M., dkk

Lingkungan Perairan dan Produktivitasnya/Femy M. Sahami,
dkk.--Ed.1, Cet. 1--Yogyakarta: Deepublish, Agustus, 2014.

xvi, 177 hlm.; 23 cm

ISBN 978-602-280-331-7

1. Ekologi Perairan

I. Judul

577.6

Desain cover : Herlambang Rahmadhani

Penata letak : Frida Zuhara Y.F.

PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Isi diluar tanggungjawab percetakan

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN REKTOR UNIVERSITAS GORONTALO	v
PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I GAMBARAN UMUM PERAIRAN	1
A. PERAIRAN PESISIR DAN LAUT.....	1
1. Definisi Wilayah Pesisir	1
2. Zonasi Wilayah Pesisir dan Laut.....	2
3. Ekosistem di Wilayah Pesisir dan Laut	6
B. PERAIRAN ESTUARIA	32
C. PERAIRAN TAWAR	40
1. Perairan menggenang (<i>lentic/standing</i> <i>water</i>).....	41
2. Perairan mengalir (<i>lotic/running water</i>)	45
3. Parameter yang Mempengaruhi Perairan Tawar	48
BAB II KONSEP PRODUKTIVITAS	53
A. PENGERTIAN	53
B. PRODUKTIVITAS PRIMER	56

	1. Definisi.....	56
	2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Primer	58
	C. PRODUKTIVITAS SEKUNDER.....	71
BAB III	PRODUKTIVITAS LAUT DAN PESISIR.....	77
	A. PRODUKTIVITAS DI LAUT	77
	1. Produktivitas Primer di Laut.....	77
	2. Produktivitas Sekunder di Laut.....	83
	B. PRODUKTIVITAS WILAYAH PESISIR.....	91
	1. Produktivitas Terumbu Karang.....	95
	2. Produktivitas Mangrove	99
	3. Produktivitas Lamun.....	101
	4. Produktivitas Kebun Kelp	103
BAB IV	PRODUKTIVITAS ESTUARIA.....	105
BAB V	PRODUKTIVITAS DANAU DAN SUNGAI.....	109
	A. SIRKULASI BAHAN MAKANAN DI DANAU	109
	B. Klasifikasi Danau Berdasarkan Produktivitas	113
	C. Beberapa hasil Pengukuran Produktivitas Danau/Waduk	117
BAB VI	PENGUKURAN PRODUKTIVITAS	127
	A. PENGUKURAN PRODUKTIVITAS PRIMER	127

1.	Metode Carbon (C ¹⁴).....	127
2.	Metode Botol Terang-Gelap	130
3.	Metode Chlorophyll-a.....	134
B.	PENGUKURAN PRODUKTIVITAS SEKUNDER	136
BAB VII	EFEK PRODUKTIVITAS PERAIRAN DAN SOLUSINYA	141
A.	EUTROFIKASI.....	141
1.	Definisi	141
2.	Tanda- tanda Eutrofikasi	144
3.	Pengaruh Eutrofikasi terhadap Organisme Perairan.....	147
4.	Danau dan Waduk di Indonesia yang Mengalami Eutrofikasi.....	149
5.	Penanggulangan Eutrofikasi	154
B.	RED TIDE	159
1.	Definisi	159
2.	Proses Terjadinya <i>Red tide</i>	161
3.	Dampak Red tide	162
4.	Pencegahan dan Penanggulangan <i>Red Tide</i>	165
	DAFTAR PUSTAKA	167

stasiun pengamatan di Waduk Cengklik Boyolali Jawa Tengah	123
Tabel 10. Produksi Perikanan Tangkap (Ton) di Perairan Umum Menurut Jenis Perairan dan Provinsi Tahun 2011	124
Tabel 11. Kategori Status Trofik Wetzel's	143
Tabel 12. Kategori Status Trofik Danau menurut Metode UNEP-ILEC	144
Tabel 13. Waktu Dan Lokasi Peristiwa Kematian Massal Ikan Di Teluk Jakarta	163

BAB I : GAMBARAN UMUM PERAIRAN

A. PERAIRAN PESISIR DAN LAUT

1. Definisi Wilayah Pesisir

Wilayah pesisir pada dasarnya tersusun dari berbagai macam ekosistem (mangrove, lamun, terumbu karang, estuaria, pantai berpasir, dan lainnya) yang saling terkait satu sama lain, sehingga perubahan atau kerusakan yang menimpa satu ekosistem akan berdampak pula pada ekosistem lainnya. Selain itu, wilayah pesisir juga dipengaruhi oleh berbagai macam kegiatan manusia dan proses-proses alamiah. Kondisi ini mensyaratkan pentingnya pengelolaan wilayah pesisir dan laut secara terpadu dengan memperhatikan seluruh keterkaitan ekologis yang dapat mempengaruhi suatu wilayah pesisir dan laut (Dahuri dkk., 2001).

Menurut Soegiarto (1976), definisi wilayah pesisir yang digunakan di Indonesia adalah daerah pertemuan antara darat dan laut; ke arah darat wilayah pesisir meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang-surut, angin laut dan perembesan air asin; sedangkan ke arah laut wilayah pesisir mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami yang terjadi di darat, seperti sedimentasi dan aliran air tawar, ataupun yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran.

Menurut Ketchum (1972) dalam Dahuri dkk. (2001), wilayah pesisir secara ekologis adalah sebuah wilayah yang dinamik dengan pengaruh daratan terhadap lautan atau sebaliknya. Proses

keterkaitan antara wilayah daratan dan lautan ini merupakan sumber dinamika yang penuh tantangan dalam kerangka pengelolaan wilayah pesisir dan laut secara terpadu. Apabila ditinjau dari garis pantai (*coastline*), maka wilayah pesisir memiliki dua macam batas (*boundaries*), yaitu: batas yang sejajar garis pantai (*longshore*) dan batas yang tegak lurus terhadap garis pantai (*cross-shore*).

Wilayah pesisir pada dasarnya merupakan suatu kawasan yang terdiri dari sebagian yang merupakan wilayah perairan dan sebagiannya merupakan wilayah daratan. Keberadaan posisinya ini yang menyebabkan daerah pesisir merupakan daerah yang subur tetapi disisi lainnya juga rentan terhadap kerusakan karena wilayah ini dipengaruhi oleh dua sistem yaitu sistem daratan dan sistem lautan. Dalam pengelolaannyapun sering terjadi benturan kepentingan dalam kebijakan pengelolaan daratan dan dan pengelolaan lautan.

2. Zonasi Wilayah Pesisir dan Lautan

Ekosistem lautan merupakan sistem akuatik yang terbesar di bumi. Ukuran dan kerumitannya menyulitkan kita untuk dapat membicarakan secara utuh sebagai suatu kesatuan. Ciri-ciri umum ekosistem air laut yaitu: 1) memiliki salinitas tinggi, semakin mendekati khatulistiwa semakin tinggi; 2) senyawa NaCl mendominasi mineral hingga mencapai 75%; 3) tidak terlalu dipengaruhi oleh iklim dan cuaca; dan 4) memiliki variasi perbedaan suhu di bagian permukaan dengan di kedalaman (Anshori, 2009).

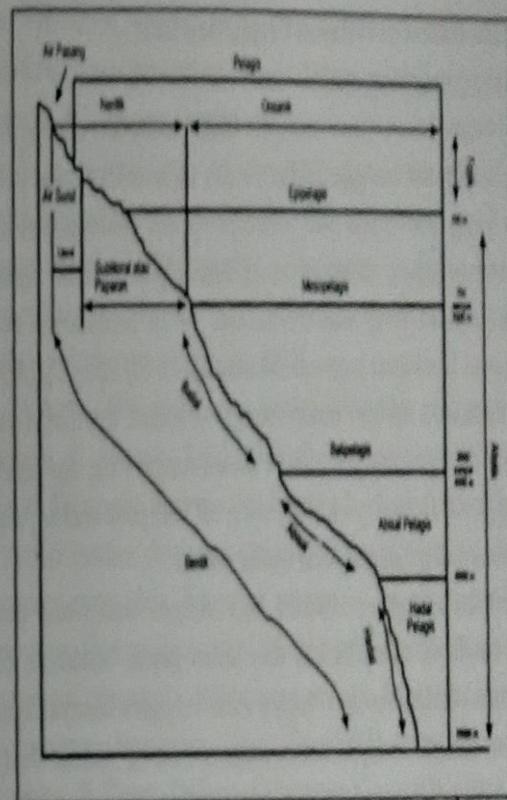
Wilayah lautan dapat dibagi menjadi beberapa zonasi yang dapat dilihat secara horizontal dan secara vertikal (Gambar 1). Secara horizontal, laut dapat dibagi menjadi dua yaitu: 1) Zona

neritik (bagian pesisir) yang meliputi daerah paparan benua; dan 2) Zona oseanik yang meliputi laut lepas. Secara vertikal pembagian wilayah laut didasarkan atas intensitas atau daya tembus cahaya matahari ke dalam kolom perairan, yaitu: 1) Zona Fotik atau zona epipelagis; dan 2) Zona afotik.

Zona fotik atau zona epipelagis yaitu kolom perairan yang masih mendapatkan cahaya matahari. Zona ini merupakan daerah tempat terjadinya proses fotosintesa serta berbagai macam proses fisika, kimia dan biologi berlangsung yang antara lain dapat mempengaruhi distribusi unsur hara dalam perairan laut, penyerapan gas-gas dari atmosfer, dan pertukaran gas yang dapat menyediakan oksigen bagi organisme nabati laut. Batas zona ini tergantung pada batas kedalaman tembus cahaya, dan biasanya bervariasi berdasarkan tingkat kejernihan air. Umumnya batas zona fotik terletak pada kedalaman perairan 50-150 meter. Sementara, zona afotik adalah zona yang tidak dapat ditembusi oleh cahaya matahari dimana zona ini selalu dalam keadaan gelap. Posisi zona afotik ini terdapat di bawah zona fotik.

Secara vertikal zona afotik pada kawasan pelagis dapat juga dibagi lagi dalam beberapa zona yaitu: 1) zona mesopelagis yang merupakan bagian teratas zona afotik hingga kedalaman isoterm 100C yang terletak pada kedalaman 700 - 1000 meter; 2) zona batipelagis yang merupakan daerah yang terletak pada kedalaman antara 700 - 1.000 meter dan 2000 - 4000 meter atau kedalaman dimana suhu perairan berkisar antara 100C dan 40C; 3) zona abisal pelagis yang merupakan daerah di atas daratan pasang surut laut yang mencapai kedalaman 6000 meter; dan 4) zona hadal pelagis, zona yang merupakan perairan terbuka dari palung laut dengan kedalaman 6.000 - 10.000 meter.

Wilayah dasar laut atau bentik dapat dibagi menjadi beberapa zonasi, yaitu: 1) Zona Lithoral, yaitu wilayah pantai atau pesisir atau "shore". Pada saat air pasang wilayah ini tergenang air dan pada saat air laut surut berubah menjadi daratan. Oleh karenanya wilayah ini sering disebut juga wilayah pasang surut; 2) Zona Supralitoral atau zona laut dangkal atau zona paparan benua yaitu wilayah bentik yang posisinya berada di bawah zona neritik pelagik pada paparan benua yang dapat diukur dari batas wilayah pasang surut hingga kedalaman 150 m. Karena zona ini masih mendapat cahaya, maka di dalam zona ini umumnya dihuni oleh organisme dari berbagai komunitas seperti rumput laut, padang lamun, terumbu karang dan sebagainya; 3) Zona Batial atau wilayah dasar laut dalam, yaitu wilayah dasar laut yang terdapat pada kedalaman antara 150 hingga 1800 meter, atau daerah dasar yang mencakup lereng benua hingga mencapai kedalaman 4.000 meter. Zona ini tidak dapat ditembusi oleh sinar matahari, sehingga organisme yang hidup di dalam kolom air pada zona ini tidak sebanyak yang terdapat di zona neritik; 4) Zona Abisal atau wilayah dasar laut sangat dalam, yaitu wilayah dasar laut yang berada pada kedalaman lebih dari 1800 meter hingga kedalaman 4000-6000 meter. Di wilayah ini suhunya sangat dingin dan tidak ada tumbuh-tumbuhan, jenis hewan yang hidup di wilayah ini sangat terbatas; 5) Zona Hadal adalah wilayah bentik berupa palung laut yang berada pada kedalaman antara 6.000-10.000 meter, seperti Laut Banda yang memiliki kedalaman hingga mencapai 10.000 meter (Nybakken, 1992).



Gambar 1. Zonasi wilayah pesisir dan lautan secara horizontal dan vertikal (Nybakken, 1992)

Zonasi perairan laut dapat pula dilakukan atas dasar faktor-faktor fisik dan penyebaran komunitas biotanya. Seluruh perairan laut terbuka di sebut sebagai daerah pelagis. Organisme pelagis adalah organisme yang hidup di laut terbuka dan lepas dari dasar laut. Dalam pada itu, zona dasar laut beserta organismenya disebut daerah dan organisme bentik.

3. Ekosistem di Wilayah Pesisir dan Laut

a. Ekosistem Mangrove

Hutan bakau atau mangal adalah sebutan umum yang digunakan untuk menggambarkan suatu varietas komunitas pantai tropik yang didominasi oleh beberapa spesies pohon-pohon khas atau semak-semak yang memiliki kemampuan untuk tumbuh dalam perairan yang asin (Nybakken, 1992). Berdasarkan Surat Keputusan Direktorat Jenderal Kehutanan No. 60/Kpts/Dj/1/1978, yang dimaksud dengan hutan mangrove adalah tipe hutan yang terdapat di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut, yaitu tergenang air laut pada waktu pasang dan bebas dari genangan pada waktu surut.

Hutan mangrove dikenal juga dengan istilah *tidal forest*, *coastal woodland*, *vloedbosschen*, dan hutan payau. Selain itu, oleh masyarakat Indonesia dan Negara Asia Tenggara lainnya dengan rumpun Bahasa Melayu, hutan mangrove sering disebut dengan hutan bakau. Namun demikian, penggunaan istilah hutan bakau untuk sebutan hutan mangrove sebenarnya kurang tepat dan rancu, karena bakau hanyalah sebutan dari marga *Rhizophora*, sementara hutan mangrove disusun dan ditumbuhi oleh banyak marga dan jenis tumbuhan lainnya. Dengan demikian, penggunaan istilah hutan mangrove hanya tepat manakala hutan tersebut hanya disusun oleh jenis-jenis dari marga *Rhizophora*, sedangkan apabila hutan tersebut juga disusun bersamaan dengan jenis dari marga yang lain, maka istilah tersebut tidak tepat lagi digunakan (Onrizal, 2008).

Hutan mangrove meliputi pohon-pohonan dan semai yang tergolong ke dalam 8 famili dan terdiri atas 12 genera tumbuhan berbunga yaitu *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Lumnitzera*, *Laguncularia*, *Aegiceras*, *Snaeda*,

dan *Conocarpus*. Vegetasi hutan mangrove di Indonesia memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi, dengan jumlah jenis tercatat sebanyak 202 jenis yang terdiri atas 89 jenis pohon, 5 jenis palem, 19 jenis liana, 44 jenis herba, 44 jenis epifit, dan 1 jenis sikas. Secara umum, formasi hutan mangrove terdiri atas empat famili yaitu *Rhizophoraceae* (*Rhizophora*, *Bruguiera*, dan *Ceriops*), *Sonneratiaceae* (*Sonneratia*), *Avicenniaceae* (*Avicennia*), dan *Meliaceae* (*Xylocarpus*) (Bengen, 2002).

Sahami (2008) melaporkan bahwa komunitas mangrove yang dijumpai di perairan Teluk Tomini Provinsi Gorontalo untuk wilayah Kabupaten Boalemo dan Pohuwato adalah *Avicennia alba*, *Avicennia marina*, *Aegiceras comiculatum*, *Amiyema anisomeres*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera sexangula*, *Bruguiera parviflora*, *Ceriops sp.*, *Ceriops decandra*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia alba*, dan *Xylocarpus sp.* Sementara Usman dkk. (2013) menemukan 5 jenis mangrove di Pulau Dudepo Kabupaten Gorontalo Utara yaitu *Avicennia alba*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Bruguiera parviflora*, *Rhizophora apiculata*, dan *Rhizophora mucronata*.

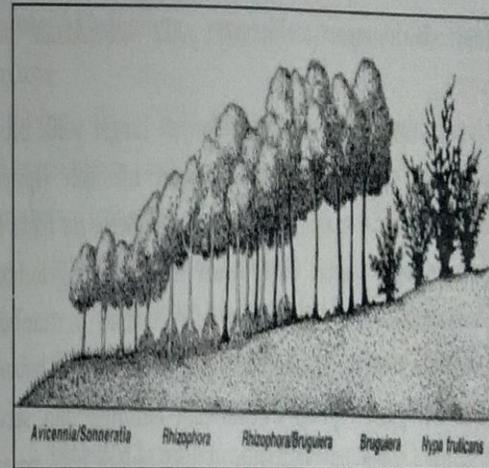
Jenis mangrove tertentu, seperti Bakau (*Rhizophora sp.*) dan Tanjung (*Bruguiera sp.*) memiliki daur hidup yang khusus. Diawali dari benih yang ketika masih pada tumbuhan induk berkecambah dan mulai tumbuh di dalam semaian tanpa istirahat. Selama waktu ini, semaian memanjang dan distribusi beratnya berubah, sehingga menjadi lebih berat pada bagian terluar dan akhirnya lepas. Selanjutnya semaian ini jatuh dari pohon induk, masuk ke perairan dan mengapung di permukaan air. Semaian ini kemudian terbawa oleh aliran air ke perairan pantai yang cukup dangkal, dimana ujung akarnya dapat mencapai dasar perairan, untuk selanjutnya

akarnya dipancarkan dan secara bertahap tumbuh menjadi pohon.

Zonasi Mangrove

Secara umum, mangrove tumbuh dengan membentuk zonasi berdasarkan genera. Zonasi ini terbentuk karena adanya variasi faktor lingkungan sebagai tempat tumbuhnya mangrove. Kemampuan adaptasi masing-masing jenis mangrove menyebabkan terbentuknya zona pertumbuhan mangrove. Zonasi mangrove yang secara umum dijumpai di Indonesia menurut Bengen (2002) sebagai berikut:

1. Daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat agak berpasir, sering ditumbuhi oleh *Avicennia* spp. Pada zona ini biasa berasosiasi *Sonneratia* spp. yang dominan tumbuh pada lumpur dalam yang kaya bahan organik.
2. Lebih ke arah darat, hutan mangrove umumnya didominasi oleh *Rhizophora* spp. Pada zona ini juga dijumpai *Bruguiera* spp dan *Xilocarpus* spp
3. Zona berikutnya didominasi oleh *Bruguiera* spp.
4. Zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan daratan rendah biasa ditumbuhi oleh *Nypa fruticans*, dan beberapa spesies palem lainnya (Gambar 2).



Gambar 2. Zonasi hutan mangrove di Indonesia (Bengen, 2002)

Secara alamiah mangrove akan hidup seperti zonasi mangrove pada umumnya seperti yang diilustrasikan dalam gambar di atas dari arah laut ke darat yaitu zona *Avicennia*, zona *Rhizophora*, zona *Bruguiera*, dan zona *Nypa*, tetapi pada dewasa ini sudah sangat sukar untuk menemukan ekosistem mangrove yang masih memiliki zonasi yang lengkap seperti itu. Kondisi lingkungan sebagai habitatnya yang sangat fluktuatif dan rentan terhadap perubahan lingkungan telah menghilangkan beberapa zona. Perubahan ini bisa saja disebabkan oleh gejala yang terjadi secara alami tetapi dapat juga disebabkan oleh adanya tekanan lingkungan akibat adanya pembangunan.

Peranan Mangrove

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pantai dengan berbagai fungsi terhadap lingkungan. Fungsi ini bukan hanya bagi ekosistem laut, tetapi juga pada ekosistem darat. Nontji (1987), menjelaskan bahwa berbagai jenis hewan laut hidup di kawasan

mangrove dan sangat tergantung pada keberadaan hutan mangrove.

Hutan mangrove mempunyai banyak fungsi yaitu sebagai tempat asuhan (*nursery grounds*), tempat memijah (*spawning grounds*) dan mencari makan (*feeding grounds*) berbagai biota laut, sebagai pelindung pantai dari abrasi akibat aksi gelombang, sebagai filter sedimen yang dapat menghambat pertumbuhan karang, sebagai tempat berlindung dan mencari makan beberapa fauna darat (seperti reptile, insekta dan burung), dan sebagai sumber nutrisi yang menyediakan plasma nutfah bagi perairan (Bengen, 2002).

Fungsi lain hutan mangrove dipaparkan oleh Noor dkk., (1999) yaitu berperan menyelamatkan pantai dan pemukiman masyarakat seperti halnya yang dilakukan di Tongke-Tongke Kabupaten Sinjai dalam melindungi pemukimannya terhadap aksi gelombang dari Laut Flores. Keberadaan mangrove sebagai penyangga pada areal pertambakan sangat perlu untuk melindungi pematang dari hempasan ombak.

Bengen (2002) menjelaskan bahwa selain mempunyai fungsi ekologis, hutan mangrove juga mempunyai fungsi ekonomi yang cukup tinggi. Fungsi ekonomi hutan mangrove sampai saat ini dimanfaatkan oleh masyarakat pada beberapa daerah di Indonesia adalah sebagai sumber kayu untuk bahan bangunan dan kayu bakar, sebagai bahan baku kertas (*pulp*) dan sebagai kawasan pengembangan budidaya beberapa biota laut (seperti kepiting bakau).

Parameter Lingkungan yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mangrove

Dahuri dkk., (2001) menyatakan bahwa ada 3 parameter lingkungan utama yang menentukan keberlangsungan hidup dan pertumbuhan mangrove, yaitu:

1. Suplai air tawar dan salinitas

Ketersediaan air tawar dan konsentrasi kadar garam (salinitas) mengendalikan efisiensi metabolik (*metabolic efficiency*) dari ekosistem hutan mangrove. Ketersediaan air tawar bergantung pada frekuensi dan volume air dari sistem sungai dan irigasi dari darat, frekuensi dan volume air pertukaran pasang surut dan tingkat evaporasi ke atmosfer. Walaupun spesies hutan mangrove memiliki mekanisme adaptasi terhadap salinitas yang tinggi (ekstrem), namun tidak adanya suplai air tawar yang mengatur kadar garam tanah dan isi air bergantung pada tipe tanah dan sistem pembuatan irigasi. Perubahan penggunaan lahan darat mengakibatkan terjadinya modifikasi masukan air tawar, tidak hanya mengubah kadar garam yang ada, tetapi dapat mengubah aliran nutrisi dan sedimen.

2. Pasokan nutrisi

Pasokan nutrisi bagi ekosistem mangrove ditentukan oleh berbagai proses yang saling terkait, meliputi input dari ion-ion mineral anorganik dan bahan organik serta pendaurulangan nutrisi secara internal melalui jaring-jaring makanan berbasis detritus (*detrital food web*). Konsentrasi relatif dan nisbah (*rasio*) optimal dari nutrisi yang diperlukan untuk pemeliharaan produktivitas ekosistem mangrove ditentukan oleh

frekuensi, jumlah dan lamanya penggenangan oleh air asin atau air tawar, dinamika sirkulasi internal dari kompleks detritus (Odum, 1998).

3. Stabilitas substrat

Kestabilan substrat, rasio antara erosi dan perubahan letak sedimen diatur oleh velositas air tawar, muatan sedimen, semburan air pasang surut, dan gerakan angin. Arti penting dari perubahan sedimentasi terhadap ekosistem mangrove tergambar dari kemampuan mangrove untuk menahan akibat yang menimpa ekosistemnya. Pokok-pokok perubahan sedimentasi dalam ambang batas kritis meliputi penggumpalan sedimen yang diikuti dengan kolonisasi oleh hutan mangrove dan nutrien, bahan pencemar dan endapan lumpur yang dapat menyimpan nutrien dan menyaring bahan racun (*waste toxic*).

b. Ekosistem Lamun

Berbagai wilayah pesisir Indonesia memiliki tiga ekosistem yang khas yang saling terkait, yaitu padang lamun, mangrove, dan terumbu karang. Secara alamiah ketiga ekosistem ini berada di suatu wilayah. Biasanya ekosistem lamun berada di tengah-tengah di antara ekosistem mangrove yang berhubungan dengan daratan dan ekosistem terumbu karang yang berhubungan dengan laut dalam. Sebagaimana mangrove dan terumbu karang, padang lamun juga merupakan ekosistem penting bagi kehidupan di laut.

Lamun membentuk suatu ekosistem yang mempunyai peranan penting untuk kehidupan organisme di laut. Ekosistem ini juga mempunyai peranan yang besar dalam menstabilkan dan melindungi daerah pantai, yakni mencegah terjadinya erosi melalui sistem perakarannya yang menancap dan membungkus sedimen.

Lamun (*seagrass*) adalah sejenis tumbuhan yang hidup di perairan pantai (daerah pasang surut) yang dapat berbunga dan seluruh proses kehidupannya berada dalam air laut. Menurut Tuwo (2011) lamun merupakan satu satunya tumbuhan *angiospermae* atau tumbuhan berbunga yang memiliki daun, batang, dan akar sejati yang telah beradaptasi untuk hidup sepenuhnya di dalam air laut.

Lamun sering membentuk pola hidup berupa suatu hamparan yang luas, sehingga disebut sebagai padang lamun (*Seagrass bed*). Istilah padang lamun (*Seagrass bed*) yaitu hamparan vegetasi lamun yang menutupi suatu wilayah pesisir/laut dangkal yang terdiri dari satu jenis atau beberapa jenis lamun dengan tingkat kerapatan padat atau jarang. Hamparan vegetasi lamun yang terdiri dari beberapa jenis lamun disebut sebagai padang lamun campuran.

Lamun umumnya membentuk padang lamun yang luas di dasar laut yang masih dapat dijangkau oleh cahaya matahari yang memadai bagi pertumbuhannya. Karena lamun adalah tumbuhan, maka faktor utama untuk pertumbuhannya adalah cahaya matahari sebagai sumber energi utamanya. Oleh karenanya lamun harus hidup di perairan yang dangkal dan jernih, dengan sirkulasi air yang baik. Berbeda dengan alga, lamun dapat menyerap unsur-unsur hara dari dasar perairan melalui perakarannya. Air yang bersirkulasi diperlukan untuk menghantarkan zat-zat hara dan oksigen, serta mengangkut hasil metabolisme lamun ke luar daerah padang lamun.

Menurut Azkab (2006) di perairan Indonesia tercatat 12 jenis lamun yang tumbuh yaitu: *Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog, *Halodule uninervis* (Forsskal) Asherson, *Cymodoceae rotundata* Ehrenberg & Hemprich ex Ascherson, *Cymodoceae serrulata* (R.

Brown) Ascherson & Magnus, *Syringodium isoetifolium* (Ascherson) Dandy, *Thalassodendron ciliatum* (Forsskal), *Enhalus acoroides* (Linnaeus f.) Royle, *Thalassia hemprichii* (Ehrenberg) Ascherson, *Halodule decipiens* Ostenfeld, *Halodule minor* (Zollinger) dan Hartog dan *Halodule spinulosa* (R. Brown) Ascherson. Lebih lanjut dilaporkan bahwa di dunia tercatat sekitar 58 jenis lamun yang dapat dijumpai dalam skala besar dan menutupi dasar perairan yang luas untuk membentuk suatu padang lamun (*Seagrass bed*).

Keanekaragaman hayati lamun di Indonesia yang paling tinggi dapat dijumpai di perairan Teluk Flores dan Lombok, yaitu sebanyak 11 spesies. Keanekaragaman spesies lamun di perairan Indonesia bagian Barat lebih kecil dibandingkan dengan di perairan Indonesia bagian Timur. Tingginya keanekaragaman spesies lamun di Indonesia bagian Timur diduga disebabkan oleh posisi daerah ini yang lebih dekat dengan daerah pusat penyebaran lamun di perairan Indo-Pasifik, yaitu Filipina yang memiliki 16 spesies dan Australia Barat yang memiliki 17 spesies (Fortes, 1990 dalam Kordi, 2011).

Berdasarkan hasil survey dalam Ekpedisi Wallacea Teluk Tomini Gorontalo Tahun 2005 dilaporkan bahwa di Perairan Gorontalo bagian Selatan yang masuk dalam kawasan perairan Teluk Tomini telah ditemukan 7 jenis lamun yang berasal dari 2 famili dan 6 genus. Famili Cymodoceaceae terdiri dari 3 genus dan 4 jenis, dan famili Hydrocharitaceae terdiri dari 3 genus dan 3 jenis. Yang termasuk dalam family Cymodoceaceae adalah *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Halodule uninervis*, dan *Syringodium isoetifolium*, sedangkan yang termasuk family Hydrocharitaceae adalah *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis* dan *Thalassia hemprichii*. Sementara informasi keberadaan lamun di wilayah perairan Gorontalo bagian Utara berdasarkan hasil penelitian yang telah

dilakukan oleh Eki dkk (2013) tepatnya di perairan Desa Ponele Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo yaitu teridentifikasi adanya 8 jenis lamun di perairan tersebut. Jenis-jenis lamun tersebut termasuk dalam famili Potamogetonaceae dan Hydrocharitaceae yaitu *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Halophila ovalis*, *Halophila minor*, *Halodule uninervis*, dan *Syringodium isoetifolium*.

Bioekologi Lamun

Lamun memiliki bunga, berpolinasi, menghasilkan buah dan menyebarkan bibit seperti halnya tumbuhan darat. Klasifikasi lamun adalah berdasarkan karakter tumbuh-tumbuhan. Selain itu, genera di daerah tropis memiliki morfologi yang berbeda, sehingga pembedaan spesies dapat dilakukan dengan dasar gambaran morfologi dan anatomi. Lamun pada umumnya dianggap sebagai kelompok tumbuhan yang homogeny (Tangke, 2010). Habitat lamun dapat berupa substrat dasar dengan pasir kasar, substrat dasar berpasir halus, substrat pasir sedikit berlumpur, dan substrat dasar yang terdiri atas campuran pasir dan pecahan karang yang telah mati.

Bentuk pertumbuhan lamun menunjukkan adanya bentuk keseragaman yang tinggi pada reproduksi vegetatifnya. Hampir semua marga lamun memperlihatkan perkembangan yang baik dari rimpang (*rhizome*) dan bentuk daun yang pipih dan memanjang, kecuali pada marga *Halophila*. Jadi umumnya lamun akan menjadi kelompok homogen dengan tipe pertumbuhan "enhalid" (Azkab, 2000).

Menurut den Hartog (1967) dalam Azkab (2000) bahwa pertumbuhan lamun mempunyai beberapa karakteristik yang dapat dibagi enam kategori, sebagai berikut:

1. *Parvozosterids*, dengan daun memanjang dan sempit seperti *Halodule*, *Zostera* sub-marga *Zosterella*.
2. *Magnozosterids*, dengan daun memanjang dan agak lebar seperti *Zostera* sub-marga *Zostera*, *Cymodocea* dan *Thalassia*.
3. *Syringodiids*, dengan daun bulat seperti lidi dengan ujung runcing seperti *Syringodium*
4. *Enhalids*, dengan daun panjang dan kaku seperti kulit atau berbentuk ikat pinggang yang kasar seperti *Enhalus*, *Posidonia*, *Phyllospadix*.
5. *Halophiliids*; dengan daun bulat telur, elips, berbentuk tombak atau panjang, rapuh dan tanpa saluran udara seperti *Halophila*
6. *Amphiboliids*, daun tumbuh teratur pada kiri dan kanan seperti *Amphibolis*, *Thalassodendron* dan *Heterozostera*.

Umumnya lamun hidup pada daerah mid-intertidal sampai kedalaman 0,5-10 m, dan sangat melimpah di daerah sublitoral. Jumlah spesies lebih banyak terdapat di daerah tropik dari pada di daerah ugahari (Barber, 1985 dalam Tangke, 2010). Menurut den Hartog (1970) dalam Kordi (2011), tumbuhan lamun dapat hidup di lingkungan perairan laut karena mempunyai beberapa sifat, yaitu : 1) mampu hidup di media air asin; 2) mampu berfungsi normal dalam kondisi terbenam; 3) mempunyai sistem perakaran jangkar yang berkembang baik; 4) mampu melakukan penyerbukan dan daun generatif dalam keadaan terbenam.

Habitat lamun dapat dilihat sebagai suatu komunitas, dalam hal ini suatu padang lamun dapat merupakan kerangka struktur dengan tumbuhan dan hewan yang saling berhubungan. Habitat lamun dapat juga dilihat sebagai suatu ekosistem, dalam hal ini hubungan hewan dan tumbuhan yang ada di dalamnya dapat dilihat

sebagai suatu proses yang dikendalikan oleh pengaruh-pengaruh interaktif dari faktor-faktor biologis, fisika, kimiawi. Ekosistem padang lamun di daerah tropik dapat menempati berbagai habitat, dalam hal ini status nutrien yang diperlukan sangat berpengaruh. Lamun dapat hidup mulai dari lingkungan yang rendah nutrien sampai pada lingkungan yang melimpah/tinggi nutrien.

Peranan Lamun

Ekosistem lamun merupakan habitat bagi beberapa organisme laut. Hewan yang hidup pada padang lamun ada yang merupakan penghuni tetap ada pula yang bersifat sebagai pengunjung. Hewan yang datang sebagai pengunjung biasanya untuk memijah atau mengasuh anaknya seperti ikan. Selain itu, ada pula hewan yang datang mencari makan seperti sapi laut (*Dugong dugon*) dan penyu (*turtle*) yang makan lamun *Syringodium isoetifolium* dan *Thalassia hemprichii*. Di daerah padang lamun, organisme melimpah karena lamun dapat digunakan sebagai perlindungan dan persembunyian dari predator dan tempat berlindung dari pengaruh dari kecepatan arus yang tinggi dan juga sebagai sumber bahan makanan baik daunnya bagi epifit ataupun sebagai sumber makanan dalam bentuk detritus. Jenis-jenis cacing *polychaeta* dan beberapa jenis nekton juga banyak berasosiasi dengan padang lamun. Lamun merupakan komunitas yang sangat produktif sehingga jenis-jenis ikan dan fauna invertebrata dapat melimpah di dalam ekosistem ini. Lamun juga memproduksi sejumlah besar bahan organik sebagai sumber nutrien untuk algae, epifit, mikroflora dan fauna laut lainnya (Soedharma, 2007).

Susetiono (2004) melaporkan bahwa di perairan Pabama terdapat 96 spesies hewan yang berasosiasi dengan beberapa jenis ikan dalam ekosistem lamun. Di Teluk Ambon ditemukan 48 famili

dan 108 jenis ikan merupakan penghuni padang lamun, sedangkan di Kepulauan Seribu sebelah Utara Jakarta di temukan 78 jenis ikan yang berasosiasi dengan padang lamun. Di Florida Selatan, selain ikan, sapi laut dan penyu terdapat pula banyak hewan invertebrata yang berasosiasi dengan padang lamun, seperti: *Pinna* sp, beberapa Gastropoda, *Lambis lambis*, *Strombus*, teripang, bintang laut, beberapa jenis cacing laut dan udang (*Penaeus doratum*).

Di padang lamun di pantai Tanjung Merah wilayah perairan Bitung pada Tahun 2005 ditemukan 60 jenis ikan yang berasal dari 26 famili (Heriman, 2006 dalam Dosono, 2013). Di Pulau Barrang Lompo dilaporkan oleh Rappe (2010) ditemukan 28 jenis ikan lamun yang berasal dari 14 famili. Hasil penelitian Dosono (2013) di Pulau Ponelo (Desa Ponelo), Kecamatan Ponelo Kepulauan, Kabupaten Gorontalo Utara ditemukan sebanyak 21 jenis ikan yang terdiri dari 12 famili. Data tersebut menunjukkan adanya perbedaan dalam jumlah jenis maupun jumlah famili pada setiap wilayah perairan. Data tersebut menunjukkan pula bahwa banyaknya jenis ikan yang berasosiasi dengan lamun dapat memberikan gambaran tentang betapa pentingnya lamun bagi keberlanjutan produktivitas suatu perairan. Selain berperan sebagai tempat biota air seperti halnya ikan, ekosistem lamun juga menjadi tempat burung mencari makan. Apabila air sedang surut rendah sekali atau surut purnama, sebagian padang lamun akan tersembul keluar dari air terutama bila komponen utamanya adalah *Enhalus acoroides*, sehingga burung-burung berdatangan mencari makan di padang lamun ini (Nontji, 1987).

Menurut Azkab (2000), peranan lamun di lingkungan perairan laut dangkal, yaitu: 1) sebagai produsen primer, lamun mempunyai tingkat produktivitas primer tertinggi bila dibandingkan dengan ekosistem lainnya yang ada di laut dangkal

seperti ekosistem terumbu karang; 2) sebagai habitat biota, lamun dapat memberikan tempat perlindungan dan tempat menempel berbagai hewan dan tumbuh-tumbuhan (alga) serta dapat juga sebagai daerah asuhan, padang penggembalaan dan makan dari berbagai jenis ikan herbivora dan ikan-ikan karang (*coral fishes*); 3) sebagai penangkap sedimen, daun lamun yang lebat akan memperlambat air yang disebabkan oleh arus dan ombak, sehingga perairan di sekitarnya menjadi tenang, serta rimpang, dan akar lamun dapat menahan dan mengikat sedimen, sehingga dapat menguatkan dan menstabilkan dasar permukaan. Jadi padang lamun dapat berfungsi sebagai penangkap sedimen dan dapat mencegah erosi; 4) sebagai pendaur zat hara, lamun memegang peranan penting dalam pendauran berbagai zat hara dan elemen-elemen yang langka di lingkungan laut. Khususnya zat-zat hara yang dibutuhkan oleh algae dan epifit.

Lamun merupakan juga komoditi yang sudah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat baik secara tradisional maupun secara modern (Philips & Menez, 1988). Secara tradisional lamun telah dimanfaatkan untuk: 1) kompos dan pupuk; 2) cerutu dan mainan anak-anak; 3) dianyam menjadi keranjang; 4) tumpukan untuk pematang; 5) mengisi kasur; 6) ada yang dimakan; dan 7) dibuat jaring ikan. Pada zaman modern ini, lamun telah dimanfaatkan untuk: 1) penyaring limbah; 2) stabilizator pantai; 3) bahan untuk pabrik kertas; 4) makanan; 5) obat-obatan; dan 6) sumber bahan kimia.

Salah satu spesies yang terkenal adalah *Enhalus acoroides* yang dikenal sebagai samo-samo atau lamun tropis (*tropical ellgrass*). Spesies ini dimanfaatkan bijinya oleh penduduk Kepulauan Seribu sebagai bahan makanan. Bijinya dikumpulkan dan dimasak seperti halnya menanak nasi. Lamun tropis ini mempunyai bunga jantan

yang putih dengan tangkai yang pendek, bunga betinya bertangkai panjang dengan kelopak kemerah-merahan dan mahkota yang putih, sedangkan buah berambut (Nontji, 1987). Lamun memiliki banyak manfaat baik secara ekologis maupun secara ekonomi, namun kajian-kajian tentang lamun selama ini masih kurang, padahal peranannya di perairan tidak kalah pentingnya dengan ekosistem perairan lainnya.

Parameter Kualitas Lingkungan untuk Pertumbuhan Lamun (*Seagrass*)

Seperti halnya organisme tumbuhan pada umumnya, lamun juga untuk dapat hidup dan berkembang dengan baik dapat oleh banyak faktor. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat pertumbuhan lamun adalah parameter kualitas air antara lain sebagai berikut:

1. Suhu

Beberapa peneliti melaporkan adanya pengaruh nyata perubahan suhu terhadap kehidupan lamun, antara lain dapat mempengaruhi metabolisme, penyerapan unsur hara dan kelangsungan hidup lamun (Brouns & Heijs, 1986). Walaupun padang lamun secara geografis tersebar luas yang diindikasikan oleh adanya kisaran toleransi yang luas terhadap temperatur, tapi pada kenyataannya spesies lamun di daerah tropik mempunyai toleransi yang rendah terhadap perubahan temperatur. Kisaran suhu optimal bagi spesies lamun adalah 28-30 °C (Dahuri, 2003). Suhu mempengaruhi proses-proses fisiologi yaitu proses fotosintesis, laju respirasi, pertumbuhan dan reproduksi. Proses fisiologis tersebut akan menurun tajam apabila temperatur perairan berada diluar kisaran optimal tersebut

(Nybakken, 1992). Namun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Barber (1985), dilaporkan bahwa produktivitas lamun yang tinggi dapat terjadi pada suhu tinggi, bahkan diantara faktor lingkungan yang diamati hanya suhu yang mempunyai pengaruh nyata terhadap produktivitas tersebut. Pada kisaran suhu 10-35 °C produktivitas lamun meningkat dengan meningkatnya suhu (Azkab, 1999).

2. Salinitas

Lamun mempunyai toleransi yang bervariasi terhadap salinitas antar jenis dan umur. Lamun yang tua dapat mentoleransi fluktuasi salinitas yang besar, misalnya *Thalassia* dapat ditemukan hidup pada kisaran salinitas 3,5-600/00, namun dengan waktu toleransi yang singkat (Zieman, 1993). Kisaran optimum untuk pertumbuhan *Thalassia* dilaporkan dari salinitas 24-350/00 (Azkab, 1999).

Salinitas juga dapat berpengaruh terhadap biomassa, produktivitas, kerapatan, lebar daun dan kecepatan pulih lamun. Pada jenis *Amphibolis antartica* biomassa, produktivitas dan kecepatan pulih tertinggi ditemukan pada salinitas 42,50/00, sedangkan kerapatan semakin meningkat dengan meningkatnya salinitas, namun jumlah cabang dan lebar daun semakin menurun (Azkab, 1999).

3. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman adalah suatu ukuran tentang besarnya konsentrasi ion hidrogen dan menunjukkan apakah suatu perairan itu bersifat asam atau basa, dimana keasaman merupakan suatu parameter yang

dapat menentukan produktivitas suatu perairan. Nontji (1987) menyatakan bahwa pada umumnya pH air laut tidak banyak bervariasi karena adanya sistem karbondioksida dalam laut yang berfungsi sebagai penyangga yang cukup kuat. Suatu perairan dengan pH 5,5 - 6,5 dan pH yang lebih dari 8,5 merupakan perairan yang tidak produktif, perairan dengan pH 6,5-7,5 termasuk dalam perairan yang masih produktif dan perairan dengan pH antara 7,5 - 8,5 mempunyai tingkat produktivitas yang tinggi (Kaswadji, 1997 dalam Nur, 2004).

4. Kecerahan

Lamun membutuhkan intensitas cahaya yang tinggi untuk melaksanakan proses fotosintesis. Distribusi padang lamun hanya terbatas pada daerah yang tidak terlalu dalam dimana cahaya matahari masih bisa tembus. Perairan dengan tingkat kecerahan yang rendah akan mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang masuk. Namun demikian, Dahuri (2003) menyatakan bahwa hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa sebaran komunitas lamun di dunia masih ditemukan hingga kedalaman 90 meter, asalkan pada kedalaman tersebut masih dapat ditembusi oleh cahaya matahari.

5. Kedalaman

Kedalaman perairan juga berpengaruh terhadap kerapatan dan pertumbuhan lamun karena kedalaman perairan berhubungan dengan kemampuan kolom air dalam menyerap cahaya. Oleh karena itu, kedalaman perairan dapat membatasi distribusi lamun secara

vertikal. Lamun tumbuh di zona intertidal bawah dan subtidal atas hingga mencapai kedalaman 30 m (Hutomo & Azkab, 1987).

6. Substrat

Ekosistem padang lamun yang luas umumnya dijumpai pada substrat lumpur berpasir tebal, tetapi hampir semua tipe substrat atau dasar perairan dapat ditumbuhi oleh tumbuhan lamun yaitu dari substrat berlumpur sampai substrat berbatu. Substrat berpasir umumnya berada di antara ekosistem Mangrove dan ekosistem Terumbu Karang. Tumbuhan lamun dapat hidup pada berbagai macam tipe sedimen, mulai dari lumpur sampai karang. Menurut Tuwo, (2011) bahwa syarat utama dari substrat yang dikehendaki oleh lamun adalah kedalaman sedimen atau substrat yang cukup dalam. Sedimen yang dalam mempunyai manfaat yaitu supaya dasar perairan lebih stabil, dan dapat menjamin pasokan nutrisi ke tumbuhan lamun.

c. Ekosistem Terumbu Karang

Definisi

Terumbu karang merupakan suatu istilah yang terdiri dari kata terumbu dan karang, yang apabila dipisahkan akan memiliki makna yang berbeda bila dibandingkan apabila kedua kata tersebut digabungkan. Untuk itu perlu pemahaman tentang definisi dari kata terumbu, karang, karang terumbu, dan terumbu karang.

Karang (*coral*) disebut juga karang batu (*stony coral*), yaitu hewan dari Ordo Scleractinia yang mampu mensekresi CaCO_3 . Terumbu (*reef*) adalah endapan masif batu kapur (*limestone*), terutama kalsium karbonat (CaCO_3), yang dihasilkan terutama oleh

hewan karang dan biota-biota lain yang mensekresi kapur seperti alga berkapur dan Mollusca. Karang terumbu adalah pembangun utama struktur terumbu, biasanya disebut juga karang hermatipik (*hermatypic coral*). Sementara terumbu karang sendiri adalah ekosistem di dasar laut tropis yang dibangun terutama oleh biota laut penghasil kapur (CaCO_3) khususnya jenis-jenis karang batu dan alga berkapur, bersama-sama dengan biota lainnya yang hidup di dasar seperti Mollusca, Crustacea, Echinodermata, Polychaeta, Porifera, dan Tunicata serta biota-biota lain yang hidup bebas di perairan sekitarnya termasuk jenis-jenis plankton dan jenis-jenis nehton.

Terumbu karang adalah suatu ekosistem di laut tropis yang memiliki produktifitas tinggi (Sukarno dkk., 1993). Menurut terumbu karang merupakan ekosistem khas yang terdapat di daerah tropis dan sering digunakan untuk menentukan batas lingkungan perairan di laut tropis dengan laut sub tropis maupun kutub. Ekosistem ini mempunyai sifat yang menonjol karena produktivitas dan keanekaragaman jenis biota yang tinggi. Besarnya produktifitas yang dimiliki terumbu karang disebabkan oleh adanya pendaurulangan zat-zat hara melalui proses hayati.

Ekosistem terumbu karang terdapat di lingkungan perairan yang agak dangkal, seperti paparan benua dan gugusan pulau-pulau di perairan tropis. Untuk mencapai pertumbuhan maksimum, terumbu karang memerlukan perairan yang jernih, dengan suhu perairan yang hangat, gerakan gelombang yang besar, dan sirkulasi air yang lancar serta terhindar dari proses sedimentasi (Dahuri, 2003).

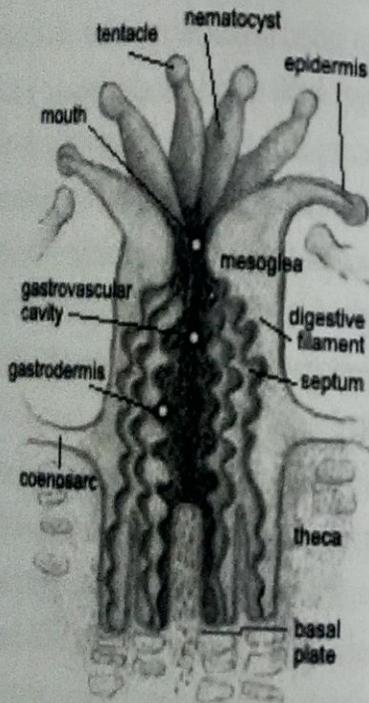
Proses Pembentukan Terumbu

Terumbu karang terbentuk dari suatu proses yang lama dan kompleks. Proses terbentuknya terumbu karang dimulai dengan penempelan berbagai biota penghasil kapur. Sebagai pembentuk utama dari terumbu karang ini adalah *scleratinia* atau karang batu yang menghasilkan endapan-endapan massif dari kalsium karbonat (CaCO_3) dan sedikit tambahan dari alga berkapur dan organisme-organisme lain yang juga mengeluarkan kalsium karbonat (Nybakken, 1992).

Ekosistem terumbu ditandai dengan perairan yang selalu jernih, produktif dan kaya CaCO_3 (kapur) (Randall dan Eldredge, 1983 dalam Sukarno, 2001). Terumbu karang mempunyai dasar yang keras, tahan terhadap gempuran ombak, terdiri dari kerangka dasar yang sangat keras dari kerangka karang keras dan alga berkapur dan kumpulan endapan kapur yang terperangkap di antara kerangka dasar tadi. Endapan kapur tadi berasal dari hasil erosi baik secara fisik maupun secara biologis kerangka dasar dan sisa-sisa kerangka biota dasar lainnya yang hidup di sekitar terumbu karang yang volumenya dapat mencapai 10 kali atau lebih volume kerangka dasarnya.

Karang tersusun dari jaringan yang lunak dan bagian yang keras yang berbentuk kerangka kapur (Veron, 1986; Mapstone, 1990; Suharsono, 1996). Bagian lunak hewan karang terdiri dari tiga bagian yaitu ektoderm, mesoglea dan gastroderm. Ektoderm merupakan jaringan terluar yang banyak mengandung silia, kantung mukus dan sejumlah nematosit. Mesoglea adalah jaringan homogen menyerupai jeli, terletak antara ektoderm dan gastroderm. Gastroderm merupakan jaringan paling dalam, sebagian besar terisi oleh *zooxanthellae* yang merupakan alga uniseluler yang hidup bersimbiosis dengan hewan karang.

Bagian yang keras berupa kerangka kapur terdiri dari lempeng dasar yang tipis, dan disebut sebagai *basal plate*. Dari lempeng dasar muncul lempeng-lempeng yang berdiri tegak secara radial dan disebut *septa*. Masing-masing *septa* dihubungkan oleh lempengan yang melingkar disebut *theca* atau dinding (Gambar 3). Penyusun kerangka ini terdiri dari serat kristal atau butir-butir organik CaCO_3 yang mempunyai diameter 2 mikron. Perbedaan pengendapan CaCO_3 dan adanya faktor genetik memberikan bentuk-bentuk tertentu yang menjadi karakter tiap jenis karang (Suharsono, 1996; Barnes, 1987).



Gambar 3. Struktur melintang polip karang (Barnes, 1987)

Polip karang pada dasarnya adalah hewan karnivora (Nybakken, 1992). Mereka mempunyai tentakel-tentakel yang

dipenuhi kapsul-kapsul berduri (*nematokis*) yang digunakan untuk menyengat dan menangkap mangsanya. Selanjutnya zooplankton yang tertangkap oleh tentakel kemudian dipindahkan ke bagian mulut, yang terletak pada bagian atas dan sekaligus berfungsi sebagai anus. Makanan yang masuk akan dicerna oleh filamen mesenteris dan sisa makanan dikeluarkan melalui mulut. Selain mengambil makanan dari luar, binatang karang juga mendapat suplai makanan dari alga yang hidup bersimbiosis dengannya yang dikenal dengan *zooxanthellae* (Nybakken, 1992).

Zooxanthella merupakan alga simbiotik yang terdapat di dalam sel gastrodermal. Karang menyediakan algae kondisi lingkungan yang terlindungi dan komponen yang dibutuhkan untuk fotosintesis; termasuk karbondioksida yang dihasilkan dari respirasi karang dan anorganik nutrien seperti nitrat dan fosfat yang berasal dari buangan metabolisme karang. Sebaliknya *zooxanthella* menghasilkan oksigen dan membantu karang menghilangkan sisa metabolisme; dan yang paling penting *zooxanthella* memberikan karang produk bahan organik hasil fotosintesis. Komponen-komponen ini meliputi glukosa, gliserol dan asam amino, yang digunakan karang sebagai bahan dalam pembentukan protein, lemak dan karbohidrat, serta pembentukan kalsium karbonat (CaCO_3). Simbiosis mutualisme yang terjadi antara algae fotosintesis dan Cnidaria merupakan kunci dari produktivitas biologi yang luar biasa dan kemampuan menghasilkan kerangka kapur dari karang pembentuk terumbu (Barnes, 1987; Sumich, 1992).

Berdasarkan kemampuan karang untuk membentuk terumbu dan simbiosisnya dengan alga simbiotik, menurut Sorokin (1993) bahwa keseluruhan karang dapat dibagi menjadi beberapa kelompok, yaitu :

1. Hermatipik-simbiotik. Kelompok ini termasuk sebagian besar karang-karang Scleractinia pembentuk bangunan terumbu, Octocoral dan Hydrocoral.
2. Hermatipik-asimbiotik. Kelompok ini memiliki pertumbuhan yang lambat dapat membentuk kerangka kapur masif tanpa pertolongan algae simbiotik, yang mana mereka mampu untuk hidup di lingkungan yang gelap di dalam gua, terowongan dan bagian terdalam dalam *continental slope*. Di antara karang-karang tersebut terdapat Scleractinia-Scleractinia asimbiotik *Tubastrea* dan *Dendrophyllia*, dan Hydrocoral *Stylaster rosacea*.
3. Ahermatipik-simbiotik. Di antara Scleractinia didapatkan bagian yang dapat masuk ke dalam grup ini, sebagian kecil Fungiidae, seperti *Heteropsammia* dan *Diaseris*, dan juga karang *Leptoseris* (Famili Agaricidea), yang tetap sebagai satu polip-polip yang kecil atau koloni-koloni kecil, dan tidak dapat dimasukkan sebagai pembentuk bangunan karang. Kelompok ini juga termasuk sebagian besar Octocoral-Alcyonacea dan Gorgonacea, yang memiliki algae simbiosis akan tetapi tidak membentuk bangunan kapur masif.
4. Ahermatipik-asimbiotik. Untuk kelompok ini termasuk beberapa Scleractinia, beberapa spesies dari genera *Dendrophyllia* dan *Tubastrea*, yang mempunyai polip yang kecil. Ahermatipik-asimbiotik juga termasuk Hexacoral dari ordo Antiphataria dan Corallimorpharia, dan simbiotik Octocoral.

English (1994) dalam Sukmara dkk (2001) menyatakan bahwa jenis karang dibagi atas dua yaitu :

1. Karang keras, merupakan istilah untuk kelompok karang yang memiliki kerangka luar (eksoskeleton). Kelompok karang keras diantaranya adalah:
 - Kelas Hydrozoa terdiri dari Millepora (karang api) dan Stylasterina. Stylasterina biasanya kecil dan hidup di tempat yang tersembunyi di dinding gua dan bukan merupakan karang pembentuk terumbu.
 - Kelas Anthozoa, yang umum dikenal adalah: Stolonifera, contohnya Tubipora musica (karang suling); Coenothecalia, contohnya Heliopora coerulea (karang biru); Scleractinia atau lebih dikenal sebagai karang keras yang meliputi jenis-jenis karang pembentuk terumbu karang utama (Suharsono,1996).
2. Karang lunak, merupakan karang lunak dengan bentuk seperti bunga yang disebut polip. Karang lunak yang umum dikenal adalah sub-kelas Octocorallia (Alcyonaria), contohnya Lobophytum sp., Sarcophyton sp., dan lain-lain.

Distribusi karang di perairan sangat bervariasi tergantung dari kondisi perairan masing-masing wilayah. Kehidupan karang sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dimana dia hidup.

Parameter Lingkungan yang Mempengaruhi Pertumbuhan Karang

Ekosistem terumbu karang merupakan ekosistem yang dinamis, mengalami perubahan terus menerus dan tidak tahan terhadap gangguan-gangguan alam yang berasal dari luar terumbu. Menurut Anonim (2008), parameter lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan terumbu karang sebagai berikut:

1. Suhu

Secara global, sebaran terumbu karang di dunia dibatasi oleh permukaan laut yang isotherm pada suhu 20°C , dan tidak ada terumbu karang yang berkembang di bawah suhu 18°C . Terumbu karang tumbuh dan berkembang optimal pada perairan bersuhu rata-rata tahunan $23-25^{\circ}\text{C}$, dan dapat mentolerir suhu sampai dengan $36-40^{\circ}\text{C}$.

2. Salinitas

Terumbu karang hanya dapat hidup di perairan laut dengan salinitas normal 32-35 ‰. Umumnya terumbu karang tidak berkembang di perairan laut yang mendapat limpasan air tawar teratur dari sungai besar, karena hal itu berarti penurunan salinitas. Contohnya di Delta Sungai Brantas (Jawa Timur). Di sisi lain, terumbu karang dapat berkembang di wilayah bersalinitas tinggi seperti Teluk Persia yang salinitasnya 42 ‰.

3. Cahaya dan Kedalaman

Kedua faktor tersebut berperan penting untuk kelangsungan proses fotosintesis oleh zooxantellae yang terdapat di jaringan karang. Terumbu yang dibangun karang hermatipik dapat hidup di perairan dengan kedalaman maksimal 50-70 meter, dan umumnya berkembang di kedalaman 25 meter atau kurang. Titik kompensasi untuk karang hermatipik berkembang menjadi terumbu adalah pada kedalaman dengan intensitas cahaya 15-20% dari intensitas di permukaan.

4. Kecerahan

Faktor kecerahan berhubungan dengan penetrasi cahaya ataupun intensitas cahaya yang bisa menembusi

kolom air. Kecerahan perairan yang tinggi berarti penetrasi cahaya yang tinggi dan ideal untuk memicu produktivitas perairan yang tinggi pula. Cahaya dibutuhkan oleh alga simbiotik untuk melakukan fotosintesis.

5. Paparan udara (*aerial exposure*)

Paparan udara terbuka merupakan faktor pembatas karena dapat mematikan jaringan hidup dan alga yang bersimbiosis di dalamnya.

6. Gelombang

Gelombang merupakan faktor pembatas karena gelombang yang terlalu besar dapat merusak struktur terumbu karang, contohnya gelombang tsunami. Namun demikian, umumnya terumbu karang lebih berkembang di daerah yang memiliki gelombang besar. Aksi gelombang juga dapat memberikan pasokan air segar, oksigen, plankton, dan membantu menghalangi terjadinya pengendapan pada koloni atau polip karang.

7. Arus

Faktor arus dapat berdampak baik atau buruk. Bersifat positif apabila membawa nutrisi dan bahan-bahan organik yang diperlukan oleh karang dan zooxanthellae, sedangkan bersifat negatif apabila menyebabkan sedimentasi di perairan terumbu karang dan menutupi permukaan karang sehingga berakibat pada kematian karang.

8. Kekeruhan dan Sedimentasi

Kekeruhan dan sedimentasi yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan karang. Respon bentuk pertumbuhan karang terhadap tingkat kekeruhan

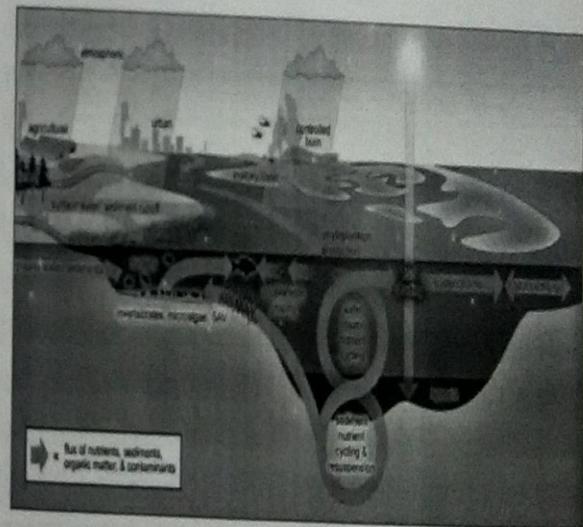
berbeda-beda, sebagaimana pernyataan yang dikemukakan Done (1982) dalam Babcock and Smith (2000), yang menyatakan pada terumbu yang keruh sering didominasi oleh bentuk pertumbuhan massif, yang mana untuk perairan jernih dicirikan oleh bentuk pertumbuhan bercabang, yang umumnya dari Famili Acroporiidae. Selanjutnya dikatakan peningkatan tingkat sedimentasi dapat menurunkan tingkat ketahanan pada *Acropora millepora*, yang akan berimplikasi terhadap tingkat rekrutmen pada populasi karang (Babcock & Smith, 2000).

B. PERAIRAN ESTUARIA

Estuaria adalah suatu ekosistem tempat air laut dan air tawar bertemu dan bercampur (Knox, 1986; Sumich, 1992; Nybakken, 1992; Dahuri dkk, 2001). Berbeda dengan daerah intertidal yang merupakan tempat pertemuan antara darat dan laut, maka estuaria merupakan pertemuan antara air tawar dan air asin. Tempat ini berperan sebagai daerah peralihan antara kedua ekosistem akuatik di planet bumi ini. Ekosistem ini dapat dianggap sebagai suatu zona transisi atau ekoton antara habitat air tawar dan lautan, serta memperlihatkan fenomena alam yang khas (Odum, 1998). Estuaria berbeda dalam ukuran, bentuk, dan volume air yang mengalir, semuanya dipengaruhi oleh geologi dari wilayah tempat estuaria terjadi.

Air di daerah estuaria merupakan campuran antara air sungai dan air laut, sehingga mengakibatkan daerah ini mempunyai air yang bersalinitas lebih rendah daripada lautan terbuka. Meskipun demikian proses pencampuran ini adalah suatu proses yang kompleks. Air tawar yang berasal dari sungai yang mempunyai

densitas yang lebih rendah dari air laut cenderung untuk mengambang di atasnya. Di daerah ini juga terdapat fluktuasi salinitas yang berlangsung secara tetap yang berhubungan dengan gerakan air pasang. Massa air yang masuk ke dalam daerah estuaria pada waktu terjadi air surut hanya bersumber dari air tawar, akibatnya salinitas air di daerah estuaria pada saat itu umumnya rendah. Pada waktu pasang, massa air masuk ke dalam estuaria dari air laut bercampur air estuaria, sehingga salinitasnya naik. Organisme laut kebanyakan hanya dapat mentoleransi perubahan salinitas yang kecil dan akibatnya mereka tidak dijumpai di daerah estuaria. Fauna dan flora yang ada di estuaria terdiri atas organisme-organisme yang telah beradaptasi dengan kondisi yang terbatas ini.



Gambar 4. Aliran nutrien, sedimen, bahan organik dan kontaminan pada daerah estuaria (<http://bp3ambon-kkp.org>, 2014)

Caspers (1954) dalam Kramer et al., (1994), mengklasifikasikan sistem estuaria ke dalam zona-zona salinitas, yaitu dengan *Venice classification*, sebagai berikut:

Tabel 1. Zonasi Salinitas Air Estuaria Berdasarkan Sistem Klasifikasi Venice

Zonasi Venice	Kisaran Salinitas (10^{-3})	Zonasi Sederhana
Hyperhalin	>40	Euhalin
Euhalin	40-30	
(Mixo)euhalin	>30< dekat laut euhalin	
(Mixo)polyhalin	30-18	Polyhalin
(Mixo)mesohalin	18-5	Mesohalin
α -Mesohalin	18-10	
β -Mesohalin	10-5	
(Mixo)oligohalin	5-0,5	Oligohalin
α -Oligohalin	5-3	
β -Oligohalin	3-0,5	
Air tawar	<0,5	Air tawar

Sumber: (Kramer et al., 1994)

Organisme yang mendiami estuaria menghadapi dua masalah, yaitu mempertahankan posisi dan menyesuaikan diri terhadap perubahan salinitas (Vernberg, 1983 dalam Smith, 1990). Seperti pula yang dinyatakan oleh Whitten et al., (1987) bahwa organisme estuaria harus dapat beradaptasi terhadap fluktuasi salinitas yang besar. Hal ini berhubungan dengan kemampuan organisme tersebut dalam mempertahankan suatu konsentrasi tekanan tertentu. Tanggapan dan adaptasi terhadap salinitas yang berubah-ubah dapat menentukan pola kekayaan akan jenis.

Menurut Nybakken (1992), ada 3 komponen fauna di estuaria yaitu lautan, air tawar, dan air payau atau estuaria. Komponen fauna lautan merupakan yang terbesar dalam jumlah spesies dan terdiri atas dua sub kelompok yaitu binatang laut stenohalin dan

eurihalin. Binatang laut stenohalin merupakan tipe yang tidak mampu atau mempunyai kemampuan yang terbatas dalam penyesuaian terhadap perubahan salinitas. Kelompok ini biasanya terbatas pada mulut estuaria yang pada umumnya mempunyai salinitas 30‰, sedangkan kelompok eurihalin mempunyai kemampuan mentoleransi berbagai penurunan salinitas di bawah 30‰. Untuk komponen air payau atau estuaria sebenarnya terdiri atas spesies yang terdapat di pertengahan daerah estuaria pada salinitas antara 5‰ dan 30‰ tetapi tidak terdapat baik di air tawar maupun di daerah yang sepenuhnya air laut, sedangkan komponen air tawar biasanya tidak dapat mentoleransi salinitas di atas 5‰ dan terbatas pada bagian hulu sungai.

Meskipun estuaria merupakan suatu tempat yang sulit untuk ditempati oleh organism, daerah ini bersifat sangat produktif, yang dapat mendukung sejumlah besar biomasa (Hutabarat & Evans, 1996). Selanjutnya dinyatakan bahwa umumnya estuaria relatif hanya dapat dihuni oleh beberapa spesies saja, namun dalam kenyataannya yang terjadi malah sebaliknya. Di estuaria terdapat bermacam-macam spesies yang jumlahnya amat banyak. Paling tidak ada empat faktor yang menyebabkan daerah ini mempunyai produktivitas tinggi yaitu: 1) di daerah ini terdapat suatu penambahan bahan-bahan organik secara terus menerus yang berasal dari daerah aliran sungai, 2) perairan estuaria umumnya dangkal, sehingga cukup menerima sinar matahari untuk menyokong kehidupan tumbuh-tumbuhan yang sangat banyak, 3) daerah ini merupakan tempat yang relative kecil menerima aksi gelombang, akibatnya detritus dapat menumpuk di dalamnya, dan 4) aksi pasang selalu mengaduk bahan-bahan organik yang berada di sekitar tumbuh-tumbuhan.

Estuaria merupakan daerah yang subur (Nybakken, 1992). Hal ini disebabkan daerah tersebut merupakan daerah jebakan material organik, baik yang berasal dari lautan yang terbawa oleh arus pasang naik maupun material dari daratan yang terbawa oleh aliran sungai. Menurut Knox (1986), faktor-faktor yang menyebabkan estuaria sebagai daerah perangkap nutrien sebagai berikut:

1. Sifat sedimen estuaria yang mengandung liat dengan daya absorbtifnya yang tinggi mengakibatkan sedimennya kaya akan nutrien, *trace element* dan material-material lainnya.
2. Adanya proses *biodeposition*, memungkinkan hewan-hewan *filter feeder* mengambil makanannya dari material-material tersuspensi dalam kolom air dan kemudian mengeluarkannya kembali melalui feses yang akan terdeposit dalam sedimen.
3. Adanya kombinasi pasang surut dan aliran massa air yang berbeda salinitasnya, sehingga nutrien akan selalu terperangkap dalam estuaria.

Sebagai salah satu ekosistem yang sangat produktif, maka ekosistem ini sangat penting bagi perkembangan dan pertumbuhan organisme yang ada di dalamnya. Dalam estuaria, jaringan makanan umumnya didominasi oleh detritus. Bahan organik yang terbentuk dijadikan sebagai sumber makanan utama bagi konsumen tingkat I, seperti kepiting, udang, cacing laut, kerang, dan berbagai jenis ikan.

Faktor-faktor fisik dan kimia yang sangat penting dalam ekosistem estuaria sebagai berikut:

1. Salinitas

Biota perairan mempunyai rentangan yang berbeda terhadap salinitas, baik antar spesies maupun dalam spesies. Salinitas adalah kadar garam di dalam air, setelah semua

Karbonat diubah menjadi oksida-oksidanya, semua Bromida dan Iodida digantikan oleh Klorida dan dinyatakan dalam satuan perseribu (dengan total ppt atau permil) (Goldman & Horne, 1983).

Gambaran dominan lingkungan estuaria ialah berfluktuasinya salinitas. Secara definitive, suatu gradient salinitas akan tampak pada saat tertentu, tetapi pola gradient dapat bervariasi tergantung pada musim, topografi estuaria, pasang surut, dan banyaknya air tawar (Nybakken, 1992).

Perubahan salinitas menentukan distribusi kehidupan dalam estuaria. Salinitas merupakan faktor yang sangat menentukan distribusi dan kelimpahan Mollusca (Peterson & Wells, 1998). Pada dasarnya organisme estuaria adalah organisme laut yang dapat bertahan di air laut (Smith, 1990), kecuali untuk ikan-ikan anadromus bukan ikan-ikan air tawar yang hidup disini. Beberapa organisme yang mendiami estuaria tidak dapat mentoleransi salinitas yang rendah, dan spesies ini menurun selama suatu gradient salinitas.

2. Suhu

Suhu air estuaria lebih bervariasi daripada di perairan pantai di dekatnya. Hal ini sebagian karena biasanya di estuaria volume air lebih kecil, sedangkan luas permukaan lebih besar. dengan demikian, pada kondisi atmosfer yang ada, air estuaria ini lebih cepat panas dan lebih cepat dingin. Alasan lain terjadinya variasi ini ialah masukan air tawar.

Suhu suatu perairan dipengaruhi oleh radiasi matahari, posisi matahari, letak geografis, musim, kondisi awan, serta proses interaksi antara air dan udara seperti alih panas, penguapan, dan hembusan angin (Dahuri, et al., 2001). Suhu

air mempengaruhi laju oksidasi dan kelarutan oksigen dalam air. Kenaikan suhu perairan dapat mempengaruhi hewan air. Pengaruh ini tergantung kisaran toleransi organisme tersebut terhadap suhu, khususnya jika melebihi batas kemampuannya beradaptasi.

3. Substrat

Kebanyakan estuaria didominasi oleh substrat berlumpur, yang seringkali sangat lunak (Nybakken, 1992). Substrat dasar lunak biasanya tidak memiliki diversitas topografi dan menyebar luas secara menoton sampai jarak yang jauh. Karena kurangnya relief topografi, maka untuk membedakan antara satu tempat dengan tempat yang lain hanyalah berdasarkan butir-butir substrat.

Substrat lumpur ini berasal dari sedimen yang dibawa ke dalam estuaria, baik oleh air laut maupun air tawar. Di antara partikel yang mengendap di estuaria kebanyakan bersifat organik, sehingga substratnya sangat kaya akan bahan organik. Bahan inilah yang menjadi bahan cadangan makanan bagi organisme estuaria. Organisme yang menempati substrat berlumpur kebanyakan menunjukkan adaptasi dalam menggali dan melewati substrat yang lunak atau menempati saluran permanen dalam substrat, dan didominasi oleh organisme pemakan deposit dan pemakan bahan melayang (suspensi). Pemakan deposit terdapat dalam jumlah yang berlimpah karena banyaknya bahan organik dan populasi di sedimen. Kelompok makrofauna yang dominan di daerah ini yaitu berbagai cacing Polychaeta, Mollusca bivalvia serta Crustacea besar dan kecil. Menurut Thorson (1955) dalam Nybakken (1992) bahwa tipe sedimen yang mirip

pada kedalaman yang sama di seluruh dunia mengandung komunitas yang kurang lebih sama. Spesiesnya tidak sama, tapi mereka akan sangat mirip secara ekologis dan taksonomis. Tampaknya bahwa kelompok yang sama menempati tipe substrat yang sama pada daerah yang luas di samudera dunia.

4. Kekeruhan

Pengaruh ekologi utama dari kekeruhan adalah penurunan penetrasi cahaya secara mencolok. Kekeruhan dapat menggambarkan besarnya padatan-padatan tersuspensi dalam air seperti lempung, debu, koloid bahan-bahan organik, plankton, dan mikroorganisme. Semakin tinggi nilai kekeruhan/padatan tersuspensi akan semakin kurang penetrasi sinar matahari yang selanjutnya akan mengakibatkan berkurangnya produktivitas perairan tersebut.

5. Oksigen

Masuknya air tawar dan air laut secara teratur ke dalam estuaria, serta kedangkalannya dapat menyebabkan proses pencampuran dan pengadukan air oleh angin. Hal ini berarti cukupnya persediaan oksigen dalam kolom air. Kelarutan oksigen dalam air akan berkurang dengan naiknya suhu dan salinitas. Jumlah oksigen dalam air akan bervariasi sesuai dengan variasi parameter tersebut.

Oksigen dalam substrat sangat kurang. Tingginya kandungan bahan organik dan tingginya populasi bakteri dalam sedimen menyebabkan besarnya kebutuhan oksigen di perairan interstitial. Ukuran partikel sedimen yang halus

membatasi pertukaran antara air interstitial dan kolom air di atasnya, sehingga oksigen sangat cepat berkurang. Karena itu, sedimen estuaria di bawah kedalaman beberapa sentimeter yang pertama bersifat anoksik kecuali jika ukuran partikelnya besar dan atau terdapat banyak binatang penggali lubang (Nybakken, 1992).

C. PERAIRAN TAWAR

Air tawar berasal dari 2 sumber yaitu air permukaan (*surface water*) dan air tanah (*ground water*). Air permukaan adalah air yang berada di sungai, danau, waduk, rawa, dan badan air lainnya yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah. Dalam buku ini pembahasan perairan tawar hanya dibatasi pada air permukaan saja yang berhubungan dengan proses produktivitas.

Wilayah perairan tawar merupakan bagian yang paling kecil di permukaan bumi bila dibandingkan dengan lingkungan lautan dan daratan. Tetapi dalam Odum, (1998) disebutkan bahwa perairan tawar bagi manusia mempunyai kepentingan yang jauh lebih berarti dibandingkan dengan luas daerahnya. Adapun alasannya adalah: 1) air tawar merupakan sumber air yang paling praktis dan paling murah untuk kepentingan domestik maupun industri, 2) habitat air tawar merupakan tempat yang paling miskin di antara daur hidrologi lainnya, dan 3) habitat air tawar sebagai sistem pembuangan yang memadai dan paling murah. Habitat air tawar dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok yaitu: 1) habitat air yang tenang atau tergenang (*lentic/standing water*) seperti danau, waduk, kolam, dan rawa; 2) habitat air yang mengalir (*lotic/running water*) seperti mata air, sungai atau anak sungai.

1. Perairan menggenang (*lentic/standing water*)

Danau dan waduk merupakan sumber daya air tawar yang berada di daratan yang berpotensi sangat besar serta dapat dikembangkan dan didayagunakan bagi pemenuhan berbagai kepentingan. Secara prinsip, danau dan waduk adalah sebagai habitat air tergenang yang merupakan cekungan yang berfungsi menampung air dan menyimpan air yang berasal dari air hujan, air tanah, mata air ataupun air sungai. Perbedaan antara danau dan waduk adalah bentuk kejadiannya, yaitu danau karena peristiwa alam, sedangkan waduk merupakan buatan manusia. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28/2009 Pasal 1 menyatakan bahwa danau adalah wadah air dan ekosistemnya yang terbentuk secara alamiah termasuk situ dan wadah air yang sejenis dengan sebutan istilah lokal. Waduk adalah wadah air yang terbentuk akibat dibangunnya bendungan dan berbentuk pelebaran alur atau badan atau palung sungai. Adapun perbedaan selengkapnya antara waduk dan danau ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan proses pembentukan danau yang lebih lama daripada waduk, sehingga ekosistem danau terutama bagian dalam yang lebih stabil daripada ekosistem waduk. Hal tersebut disebabkan saluran outlet danau yang berada di permukaan, sedangkan outlet waduk berada di tempat dalam. Berdasarkan fluktuasi muka air, danau memiliki fluktuasi muka air yang lebih kecil daripada fluktuasi muka air waduk. Perubahan muka air danau terjadi secara alami, sedangkan muka air waduk dikendalikan oleh manusia, yang menyebabkan hidrodinamika waduk lebih bervariasi daripada danau.

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Antara Danau Dan Waduk

Karakteristik	Danau	Waduk atau Bendungan
Proses pembentukan	Alamiah	Oleh Manusia
Usia geologis	Tua	Pelatif muda (=40 tahun)
Terbentuk akibat pengisian	Cekungan	Lembah-lembah sungai
Posisi di Daerah Aliran Sungai	Sentral atau di tengah	Marjinal (di pinggiran)
Bentuk	Teratur	Dendritik
Kedalaman maksimum	Dekat bagian tengah	Di dekat bendungan
Waktu tinggal teoritis (R)	Lebih lama	Lebih singkat
Sedimen dasar	Otohtonus	Alohtonus
Gradien longitudinal	Dipicu oleh angin	Dipicu oleh aliran sungai
Saluran outlet	Permukaan	Di tempat dalam
Fluktuasi tinggi permukaan air	Lebih kecil	Lebih besar
Hidrodinamika	Lebih teratur	Sangat bervariasi
Penyebab perubahan muka air	Alamiah	Dikendalikan manusia

Sumber : Hartono (1991) dalam Irianto & Triweko (2011)

Danau dan waduk mempunyai potensi strategis dan manfaatnya bersifat serbaguna, baik secara ekologis maupun ekonomis (Lehmusloto, dkk, 1995 dalam Irianto & Triweko, 2011). Waduk memiliki fungsi utama untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA), irigasi dan pencegah banjir. Selain itu, perairan waduk dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah-tangga atau domestik, industri, transportasi, perikanan dan pariwisata (Machbub dkk, 2003 dalam Irianto & Triweko, 2011). Sebagai bagian dari lingkungan dan sebagai sumber air, waduk merupakan tempat berkumpulnya air secara alami melalui aliran permukaan maupun air tanah (Straskaba dan Tundisi, 1999 dalam Irianto & Triweko, 2011).

Fungsi danau secara ekosistem, menurut Cornel dan Miller (1995) dalam Irianto & Triweko, (2011) diantaranya adalah: (a) sebagai sumber plasma nutfah yang berpotensi sebagai penyumbang bahan genetik; (b) sebagai tempat berlangsungnya siklus hidup jenis flora dan fauna yang penting; (c) sebagai sumber air yang dapat digunakan oleh masyarakat sekitarnya (rumah tangga, industri dan pertanian); (d) sebagai tempat menampung kelebihan air yang berasal dari air hujan, aliran permukaan, sungai-sungai atau dari sumber-sumber air bawah tanah; (e) sebagai pemelihara iklim mikro, di mana keberadaan ekosistem danau dapat mempengaruhi kelembaban dan tingkat curah hujan setempat; (f) sebagai sarana transportasi dari tempat satu ke tempat lainnya; (g) sebagai penghasil energi melalui PLTA; dan (h) sebagai sarana rekreasi dan objek pariwisata.

Kondisi Fisik Danau dan Waduk di Indonesia

Danau dicirikan dengan arus yang sangat lambat sekitar 0,001-0,01 m/detik atau tidak ada arus sama sekali. Oleh karena itu waktu tinggal (*residence time*) air di danau bisa berlangsung lama. Perairan danau biasanya dapat bergerak ke berbagai arah. Ekosistem danau pada dasarnya dipengaruhi oleh faktor fisik, kimia, biologik, dan batas air (*watershed*) yang meliputi ukuran, bentuk lereng, dan komposisi geologi dan iklim. Keempat faktor tersebut saling mempengaruhi, sehingga membentuk ciri utama danau.

Lehmusloto, dkk, (1995) dalam Irianto & Triweko (2011) menggambarkan bahwa di Indonesia terdapat kurang lebih sebanyak 500 buah danau yang masuk dalam kategori besar dengan luas lebih dari 50 hektar. Danau tersebut tersebar pada beberapa pulau besar yaitu Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi,

Papua, serta Pulau Bali. Selain danau dengan kategori besar juga terdapat danau-danau kecil yang jumlahnya ribuan dan waduk kecil yang dikenal dengan sebutan embung. Danau kecil sering disebut sebagai situ yang berukuran besar. Di Provinsi Jawa Barat terdapat 354 buah situ, di Provinsi Jawa Timur 438 buah situ. Danau terbesar di Indonesia adalah Danau Toba yang terletak 905 meter di atas permukaan laut (dpl), panjang 275 kilometer, lebar 150 kilometer dengan luas 1.130 km², dengan kedalaman maksimum 529 meter di bagian Utara dan 429 meter di bagian Selatan. Danau Toba merupakan danau terdalam ke sembilan di dunia dan merupakan danau tipe vulkanik kaldera yang terbesar di dunia. Danau yang terdalam di Indonesia adalah Danau Montana di Sulawesi Tengah dengan kedalaman maksimum 590 meter dan merupakan danau terdalam ketujuh di dunia.

Kedalaman danau umumnya di Indonesia bervariasi dan rata-rata antara 50-200 meter, namun banyak juga yang berkedalaman kurang dari 50 meter. Sebagian besar danau-danau tersebut belum diketahui volumenya dengan pasti sampai saat ini. Demikian juga halnya presipitasi, evaporasinya serta debit aliran masuk dan aliran keluar. Sebab itu, waktu tinggal air danau secara pasti tidak diketahui, sehingga daya tampung beban pencemaran sebenarnya juga tidak diketahui. Hal tersebut berakibat pemanfaatan bagi danau untuk berbagai keperluan sulit untuk diprogramkan. Kurangnya data mengenai danau mungkin salah satunya disebabkan oleh kurangnya hasil-hasil kajian karena memang ilmunya (Limnologi) masih tergolong belum lama berkembang.

Danau merupakan ekosistem perairan terbuka, artinya pengaruh dari luar tidak bisa diatur karena siapa saja bisa memanfaatkan perairan tersebut dan pengaruh daerah sekitarnya

sangat besar. Ciri-ciri morfometrik dan sifat danau yaitu: a) Danau mempunyai slope (kemiringan tepian) yang curam; b) Kedalaman lebih dari 100 meter; c) *Draw-down (water level fluctuation)* 1-3 meter, jika terjadi penguapan, permukaan air tidak banyak turun, sehingga pasang surutnya kecil; dan d) Pergantian air (*water retention time*) terjadi sangat lama, sehingga airnya tetap banyak dan volume dibandingkan dengan permukaannya lebih besar. Jika sistem tata air waduk telah direncanakan sedemikian rupa sehingga volume, kedalaman, luas, presipitasi, debit inflow/outflow, serta waktu tinggal (*residence time*) air di waduk diketahui dengan pasti. Sedangkan pada danau masih diperlukan penelitian yang lebih mendalam tentang dimensi danau sebenarnya. Besar kecilnya produksi suatu danau tergantung dari jumlah garam mineral yang dapat dimanfaatkan oleh organisme (*available-mineral salt*) dan dari panjang pendeknya atau cepat tidaknya berbagai siklus makanan yang bersangkutan.

2. Perairan mengalir (*lotic/running water*)

Sungai adalah contoh perairan mengalir. Sungai dicirikan oleh arus yang searah dan relatif kencang. Kecepatan arus berkisar 0,1-1,0 m/detik dan sangat dipengaruhi oleh waktu, iklim, dan pola drainase. Di sungai biasanya terjadi pencampuran massa air secara menyeluruh, tidak terbentuk stratifikasi vertikal kolom air seperti pada perairan lentik.

Kecepatan arus, erosi dan sedimentasi merupakan fenomena yang umum terjadi di sungai sehingga kehidupan flora dan fauna pada sungai sangat dipengaruhi oleh ketiga variabel tersebut. Pada perairan lentik, intensitas cahaya dan perbedaan suhu air sangat berperan pada pengklasifikasiannya, sedangkan pada perairan lotik

justro kecepatan arus atau pergerakan air, sedimen dasar, erosi dan sedimentasi yang paling berperan.

Kecepatan arus dan pergerakan air sangat dipengaruhi oleh jenis bentang alam (*landscape*), jenis batuan dasar, dan curah hujan. Semakin rumit bentang alam, semakin besar ukuran batuan dasar, dan semakin banyak curah hujan maka pergerakan air semakin kuat dan kecepatan arus semakin cepat. Ukuran batuan dasar atau sedimen penyusun dasar sungai bervariasi ukurannya. Perbedaan jenis sedimen dasar ini mempengaruhi karakteristik kimia sungai, pergerakan air dan porositas dasar sungai. Pergerakan air pada perairan mengalir terjadi karena adanya perbedaan tinggi tempat yaitu dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Kita ketahui bahwa air bersifat selalu mengalir ke tempat yang rendah.

Sungai-sungai daerah tropis umumnya mempunyai sifat tergantung pada air hujan, misalnya pada musim kering (kemarau) tidak ada air dan pada musim hujan air banyak bahkan sampai berlimpah. Oleh karena itu sungai di daerah tropis mempunyai pasang surut yang besar. Jadi sungai tidak selalu ada air seperti di perairan tergenang seperti waduk dan danau.

Berbeda dengan perairan lentik, sungai kurang mantap, sehingga faktor fisika, kimia maupun biologisnya tidak stabil dan akan selalu menghadapi masalah seperti banjir, perubahan kualitas air akibat pencemaran dari limbah industri, pemukiman dan pertanian. Mengingat sungai merupakan tempat pembuangan yang mudah dicapai dari ketiga limbah tersebut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu adanya pendekatan seperti mengetahui bagaimana sistem kandungan air di situ, beberapa anak sungai di atasnya dan melalui daerah apa saja anak-anak sungai tersebut dan bagaimana jalur pemindahan unsur hara dari

daratan ke sungai, dengan mengetahui jalur pemasukan tersebut apakah mempercepat produksi dimasing-masing sektor perairan.

Sungai merupakan perairan yang mengalir, maka untuk menentukan produktivitas ditinjau dari faktor biologisnya, tidaklah bisa ditentukan dengan melihat atau mengukur kepadatan plankton. Karena jika ada plankton tersebut kemungkinan berasal dari daerah di atasnya atau daerah sekitarnya. Oleh karena itu yang dapat dijadikan sebagai parameter biologisnya adalah bentos dan phytoplankton.

Adapun yang menjadi faktor pembatas dalam mempelajari ekosistem sungai adalah arus, pertukaran tanah, dan air serta oksigen terlarut. Kecepatan arus disungai ditentukan oleh kecuraman gradien permukaan, halus kasarnya dasar sungai serta kedalaman dan lebar sungai.

Perairan lotik terdiri atas dua habitat yaitu, habitat riam adalah habitat yang aliran airnya deras dan habitat yang berair tenang. Menurut Keosobiono (1979) beberapa cara adaptasi organisme di habitat riam dan berair tenang adalah sebagai berikut:

- Bertaut secara permanen pada waktu suatu substrat yang kokoh, seperti pada batu-batu, batang pohon (tanaman) atau daun-daun yang menggumpal. Contohnya algae yang bersifat "epipelic" (hidup dalam lumpur), algae ini biasanya dari golongan diatom yang menutupi permukaan substrat yaitu dari jenis *Nitzschia*, *Navicula*, *Caloneis*, *Gyrosigma*, *Suriralla* dan *Cymtopeura*. Sedangkan dari Cyanophyta yaitu *Oscillatoria* dan *Promidium*. Algae yang bersifat "epilictic" (melekat pada batu atau obyek yang sejenis) yaitu algae hijau berfilamen dari jenis *Cladopora* juga dari genus *Fontinalis* (lumut-lumut air). Sedangkan yang bersifat "epiphytic" (menempel pada tanaman) misalnya *Cocconeis*, *Chamaesiphon*, *Cymbella*,

- Achnanthes*, *Gomphonema*. Adapun hewan-hewan yang melekatkan kelongsongannya pada batu-batu ialah Porifera dan larva Trichoptera.
- Melekat dengan alat pelekat atau kait, misalnya larva Simuliun (Trichoptera), jenis ini tahan terhadap pukulan air yang sangat deras bahkan air terjun sekalipun.
 - Bagian tubuh yang lekat. Contohnya siput, cacing pita.
 - Bentuk tubuh yang sesuai dengan habitatnya; hewan air yang hidup dalam habitat riang mempunyai bentuk tubuh yang sesuai dengan habitatnya yaitu bentuk seperti telor dengan lebar di bagian depan dan menyempit ke arah posterior. Bentuk tubuh yang demikian akan menimbulkan tahan terhadap air yang bergerak di permukaan tubuh.
 - Tubuh yang pipih. Bentuk yang pipih memungkinkan untuk terlindung di bawah batu atau dalam celah dasar perairan.
 - Rheotaxis positif : *rheo* berarti arus, *taxis* berarti pengaturan. Hampir semua hewan air yang hidup di habitat riang, sehingga tubuh sejajar arus dengan kepala menghadap ke arah datangnya arus.

3. Parameter yang Mempengaruhi Perairan Tawar

Beberapa parameter lingkungan yang berperan dalam perairan tawar antara lain sebagai berikut:

a. Suhu

Suhu merupakan faktor pembatas dalam perairan terutama berpengaruh terhadap produktivitas perairan, karena organisme akuatik seringkali mempunyai toleransi yang sempit terhadap temperatur. Perubahan suhu menyebabkan pola sirkulasi yang khas dan stratifikasi pada perairan tergenang yang mempengaruhi kehidupan akuatik

di dalamnya. Suhu air akan menurun secara teratur sesuai dengan pertambahan kedalaman. Menurut Odum (1998), laju pertumbuhan fitoplankton akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu.

b. Cahaya matahari

Besarnya cahaya yang dapat menembus ke dalam air tergantung dari kondisi air terutama kekeruhan air. Adanya mikroalga dan plankton yang melayang di dalam air akan menyebabkan tersebarnya cahaya matahari yang masuk ke dalam kolom air. Cahaya matahari mempunyai peranan penting bagi berlangsungnya kehidupan tumbuhan dan fitoplankton di ekosistem perairan terutama dalam proses fotosintesis (Wetzel, 1983).

c. Kecepatan arus

Kecepatan arus merupakan gerakan air yang disebabkan oleh tiupan angin. Gerakan air ini sangat penting dalam penentuan penyebaran organisme perairan dan gas-gas yang terlarut dalam air (Michael, 1993).

d. Kedalaman perairan

Kedalaman merupakan salah satu faktor yang membatasi penyebaran dan kelimpahan organisme perairan. Kedalaman berhubungan dengan faktor pencahayaan, semakin ke dalam maka semakin berkurang cahaya yang masuk ke dalam kolom perairan yang pada gilirannya akan mempengaruhi tingkat produktivitas perairan itu sendiri.

e. Transparansi

Transparansi sering digunakan untuk mengestimasi batas tembus cahaya yang dapat masuk ke dalam perairan. Transparansi sebagian besar dipengaruhi oleh adanya partikel-partikel dalam air. Tingkat transparansi seringkali

dihalangi oleh zat yang terlarut dalam air yang menyebabkan terjadinya kekeruhan air dan dapat membatasi zona fotosintesis. Kekeruhan yang disebabkan oleh lumpur dan partikel biasanya dapat mengendap. Bila kekeruhan disebabkan oleh organisme, maka ukuran kekeruhan merupakan indikasi produktivitas (Odum, 1998).

f. Oksigen terlarut

Oksigen merupakan salah satu faktor terpenting dalam setiap sistem perairan. Jumlah oksigen yang terkandung dalam air bergantung pada daerah permukaan yang terkena suhu dan konsentrasi garam. Sumber utama oksigen terlarut dalam air berasal dari atmosfer dan proses fotosintesis tumbuhan hijau. Banyaknya oksigen yang berasal dari tumbuhan hijau bergantung pada kerapatan tumbuhan, jangka waktu, dan intensitas cahaya efektif. Oksigen dapat hilang dari perairan melalui respirasi biota, penguraian bahan organik, aliran masuk air bawah tanah yang miskin oksigen, dan kenaikan suhu (Michael, 1993).

g. Karbondioksida bebas

Karbondioksida bebas sangat penting di perairan karena merupakan bahan oksidasi dalam proses fotosintesis tumbuhan perairan termasuk fitoplankton. Karbondioksida bergabung secara kimiawi dengan air membentuk asam karbonat yang mempengaruhi pH air. Dalam air dengan pH yang rendah, gabungan karbondioksida diubah menjadi bentuk bebas. Dalam kondisi pH netral, hampir semua karbondioksida berada sebagai karbonat. Karbondioksida dan pH air saling berhubungan langsung karena tinggi rendahnya pH bergantung pada karbondioksida bebas dan tingkatan bikarbonat. Hilangnya karbondioksida dalam

ekosistem disebabkan oleh adanya fotosintesis tumbuhan air, agitasi air dan penguapan (Michael, 1993).

h. Alkalinitas dan pH

Alkalinitas dan pH saling berkaitan. pH ditentukan oleh kadar karbondioksida bebas dalam perairan. Perubahan ion-ion hidroksil akan membawa perubahan dalam konsentrasi ion lainnya. Nilai pH di perairan dapat membatasi komposisi jenis organisme dan mempengaruhi ketersediaan nutrisi di perairan. Perairan yang bersifat asam, produktivitasnya akan rendah karena keasaman dapat menghambat fiksasi nitrogen dan menghambat resirkulasi bahan makanan dengan mengurangi kecepatan penguraian, sedangkan perairan yang bersifat basa, produktivitasnya tinggi karena adanya kalsium karbonat yang akan mempercepat penguraian (Michael, 1993).

i. Unsur-unsur hara

Unsur-unsur hara utama di perairan adalah Nitrogen dan Fosfat (N dan P), tidak dapat bertahan lama. Menurut Harris (1986), unsur-unsur tersebut secara bergantian akan melimpah di permukaan perairan dalam beberapa waktu. Unsur N dan P dapat membatasi pertumbuhan fitoplankton, karena unsur ini merupakan komponen seluler utama organisme. Unsur N merupakan unsur yang selalu ada dalam lingkungan perairan dalam bentuk Nitrat, Nitrit, Amonia dan bahan organik terlarut. Sumber N berada di permukaan perairan berasal dari fiksasi Nitrogen dalam air dan sedimen (Wetzel, 1983). Nitrat merupakan bentuk N yang dominan dalam perairan dan stabil keberadaannya sebagai hasil oksidasi N dalam air atau hasil perubahan nitrit oleh bakteri aerob (Goldman & Horne, 1983). Unsur P di perairan

terutama dalam bentuk fosfat. Kemampuan fitoplankton sangat bervariasi dalam menggunakan fosfat. Pertumbuhan algae yang intensif akan menyerap P yang sangat besar sehingga konsentrasi fosfor di perairan menjadi sangat rendah. Wetzel (1983), pengurangan P terjadi sangat penggunaan P yang efektif, sehingga akan mengakibatkan penurunan produktivitas perairan danau.

BAB II : KONSEP PRODUKTIVITAS

A. PENGERTIAN

Di dalam ekosistem dikenal adanya produsen dan konsumen, sehingga dikenal juga adanya produktivitas oleh produsen dan produktivitas oleh konsumen. Produsen melakukan pembentukan bahan organik dari senyawa anorganik yang larut dalam air, dibantu oleh fiksasi energi matahari secara biokimia (fotosintesa). Foto-autotrof ini hanya dilakukan oleh organisme yang mempunyai tugas utama menghasilkan bahan organik baru (produser primer dan produksi primer) dan biasanya organisme kemo-aototrof juga dimasukkan ke dalam kelompok ini walaupun mereka menggunakan energi kimia dari nutrien anorganik untuk biosintesisnya. Konsumer mendapat energinya melalui perubahan partikel bahan organik hidup melalui makanannya. Sementara dekomposer memperoleh energi dari penguraian bahan organik mati menjadi unsur-unsur anorganik dan hanya mengambil bahan-bahan yang terlarut atau melalui perubahan bahan organik yang ada (dekomposisi, demineralisasi) berupa detritus organik.

Detritus organik adalah berupa partikulat-partikulat substansi organik yang tidak memasuki jaring-jaring makanan dengan melalui predasi dan pemangsaan. Detritus organik dapat berasal dari perombakan tumbuhan darat, alga dan rumput laut, bentik, fitoplankton, dan zooplankton. Detritus organik terdapat dalam berbagai ukuran atau berupa materi organik terlarut dalam bentuk seluruh konstituen yang berasal dari organik tetapi larut dalam air. Kisaran ukuran materi organik di air sangat rumit dan sukar digolongkan. Materi organik terlarut dapat berupa: urea,

protein terlarut, asam amino, asam lemak, karbohidrat, dan gula sederhana.

Seluruh organisme yang tidak memerlukan material sebagai satu sumber energi disebut autotrofik dan organisasinya disebut autotrof. Selanjutnya seluruh zooplankton dalam kondisi tertentu memakan materi organik sebagai sumber energi disebut heterotrofik, serta organisasinya disebut heterotrof. Adanya proses perpindahan energi pada sebuah rantai makanan selalu menyebabkan terjadinya pengurangan jumlah energi setiap tingkat trofik melalui makan-memakan. Energi dapat berubah menjadi bentuk lain, seperti energi kimia, energi mekanik dan energi panas. Perubahan bentuk energi ini dinamakan transformasi energi. Energi cahaya matahari yang masuk ke dalam komponen biotik melalui produsen (organisme fotoautotropik) diubah menjadi energi kimia yang tersimpan di dalam senyawa organik. Energi kimia mengalir dari produsen ke konsumen dari berbagai tingkat trofik melalui jalur rantai makanan. Energi kimia tersebut digunakan organisme untuk pertumbuhan dan perkembangan. Kemampuan organisme-organisme dalam ekosistem untuk menerima dan menyimpan energi dinamakan produktivitas ekosistem.

Konsep produktivitas menurut Dirdjosoemarto (2001) ada 3 yaitu: 1) hasil bawaan, 2) pemindahan materi bahan yang diubah, 3) kecepatan produksi.

1. Hasil Bawaan

Hasil bawaan adalah jumlah organism yang ada persatuan luas pada waktu tertentu. Hasil bawaan dinyatakan dalam jumlah individu atau biomassa, atau kandungan energi. Pengukuran hasil bawaan menyatakan banyaknya individu pada berbagai populasi dari ekosistem. Suatu populasi dengan hasil bawaan yang besar

menunjukkan hasil natalitas dan mortalitas yang rendah. Hasil bawaan maksimum yang dapat memelihara kehidupannya sendiri pada daerah itu untuk waktu yang tidak terbatas disebut "daya dukung lingkungan" (*carrying capacity*).

2. Perpindahan Materi

Konsep produktivitas kedua ialah perpindahan materi dari suatu daerah dengan cara emigrasi aktif atau pasif, atau dengan cara pengambilan kembali bahan organik dari peredarannya melalui pembentukan deposit. Konsep produktivitas meliputi perpindahan materi dari satu daerah persatuan waktu termasuk yang dihasilkan untuk manusia, organisme yang pindah dari satu ekosistem dengan cara migrasi dan pengambilan kembali deposit bahan organik. Hasil potensial maksimum adalah hasil panen terbesar yang dapat dipindahkan dari satu area dengan kondisi lingkungan dan populasi yang paling menguntungkan.

3. Kecepatan Produksi

Jumlah materi yang dibentuk oleh setiap tingkat pada rantai makanan persatuan waktu per satuan luas atau volume disebut kecepatan produksi (*production rate*). Kecepatan produksi merupakan kecepatan proses pertumbuhan yang berlangsung di suatu daerah.

Produktivitas pada aras produsen disebut produktivitas primer (dasar), sedangkan pada arah konsumen disebut produktivitas sekunder. Produksi primer dan sekunder selalu merupakan suatu ukuran hasil bentuk kehidupan individu. Produksi bersih individu tergantung pada pemanfaatan dan penggunaan material (untuk proses pencernaan dan asimilasi

BAB III : PRODUKTIVITAS LAUT DAN PESISIR

A. PRODUKTIVITAS DI LAUT

1. Produktivitas Primer di Laut

Lautan bukan merupakan suatu lingkungan yang seragam dan karena ukuran lautan terbuka maha besar, maka diperkirakan fotosintesis ditonjolkan oleh fitoplankton yang mengambang di laut. Dengan perkecualian di daerah *upwelling* maka perairan pantai lebih produktif per satu unit daerah daripada lautan terbuka. Berbagai tumbuhan yang merupakan vegetasi di daerah pantai (mangrove, sea grass, dan alga bentik) yang terdapat di antara pasang tertinggi sampai kedalaman 10 m, sehingga merupakan satu sistem tumbuhan yang paling produktif di dunia.

Dalam Brahmana (2001) disebutkan hasil pengukuran produksi primer gross di lautan terbuka sebesar 1.000 kcal/m²/tahun. Bila dibandingkan dengan daerah perairan pantai dan *upwelling* produktivitas primer lautan terbuka ini relatif sangat rendah. Disebutkan bahwa untuk wilayah terumbu karang produktivitasnya primernya mencapai 20.000 kcal/m²/tahun, wilayah *upwelling* sebesar 6.000 kcal/m²/tahun dan perairan pantai sebesar 2.000 kcal/m²/tahun.

Kemili & Putri (2012) telah melakukan kajian di 6 (enam) wilayah perairan di Indonesia untuk mengestimasi pengaruh durasi dan intensitas *upwelling* terhadap nilai *Net Primary Productivity* (NPP) dengan menggunakan metode CbPM (*Carbon-based Production Model*) berdasarkan persamaan Behrenfeld, *et al.*, (2005). Keenam lokasi yang dikaji tersebut adalah perairan Barat

Tumbuhan raksasa ini tumbuh dari dasar dan merentangkan daunnya di permukaan air dimana mereka mendapatkan cahaya yang maksimum. Perluasan kebun kelp di berbagai pesisir bergantung pada beberapa faktor. Pertama, diperlukan substrat keras untuk menempel. Kedua, kelp harus mendapat cahaya dan hanya dapat hidup pada kedalaman dimana tumbuhan mudanya yang kecil mendapatkan cukup cahaya untuk tumbuh.

Jumlah cahaya yang diterima pada tiap kedalaman merupakan fungsi dari kecerahan air. Di tempat yang airnya jernih, kebun kelp meluas dari pantai sampai kedalaman 20-30 meter. Pada perairan bergelombang dan keruh, kebun ini tidak terlalu dalam. Kelp dipengaruhi oleh suhu, sehingga terdapat di seluruh dunia yang perairannya sejuk, tetapi tidak terdapat di daerah sedang hangat dan tropik.

Penyebarannya yang luas di sepanjang pesisir Pasifik Amerika Utara disebabkan oleh *upwelling* dingin, sedangkan di Amerika Selatan disebabkan karena air dingin dari arus Humboldt di sepanjang pesisirnya. Kelp mempunyai pertumbuhan yang luar biasa. Kebun kelp sangat produktif. Produktivitas tahunan berkisar 800 grC/m² di California, 2000 grC/m² di Lautan Hindia (Man, 1973 dalam Nybakken, 1992).

BAB IV : PRODUKTIVITAS ESTUARIA

Produktivitas primer estuaria terletak pada fitoplankton, diatom bentik, rumput-rumputan laut, dan berbagai kelekap dan dari semua faktor tersebut seperti diatom dan kelekap yang memegang peranan penting serta dengan beberapa pertimbangan bahwa produktivitas primer alga biasanya dianggap sangatlah rendah (Nybakken, 1992). Pada kenyataannya estuaria merupakan daerah yang mempunyai kandungan bahan organik yang tinggi, jumlah organisme yang banyak dan produktivitas sekunder yang tinggi. Jika produktivitas primer asal alga dikatakan rendah, maka perlu dipertanyakan sebenarnya dari mana sumber bahan organik yang tinggi dalam ekosistem estuaria.

Sumber pokok produktivitas primer di dalam estuaria berada pada tumbuhan emergen dan rawa asin di sekeliling estuaria (Nybakken, 1992). Rawa asin adalah suatu ekoton antara organisme estuaria dan organisme daratan. Dalam kenyataannya, bahan organik bukan sumber satu-satunya bagi produktivitas primer di dalam dan di sekitar estuaria. Estuaria bertindak sebagai tempat penimbunan bahan-bahan organik yang di bawa oleh sungai atau di bawa masuk dari laut. Menurut Nybakken (1992), ada beberapa alasan sulitnya dalam memperkirakan peranan produktivitas primer dalam sumbangannya terhadap produksi organik total dalam ekosistem estuaria. Di dalam estuaria hanya sedikit herbivora yang langsung makan tumbuhan. Oleh karena itu, sebelum memasuki berbagai jaringan makanan maka bahan tumbuhan harus dihancurkan dulu menjadi detritus. Proses penguraian ataupun penghancuran bahan tumbuhan menjadi

BAB V : PRODUKTIVITAS DANAU DAN SUNGAI

A. SIRKULASI BAHAN MAKANAN DI DANAU

Komunitas organisme di suatu perairan danau atau waduk dapat menggambarkan tingkat produktivitas dari perairan tersebut. Suatu jenis organisme tertentu tidak dapat dipisahkan dari adanya organisme jenis lain yang lebih tinggi tingkatannya, dimana mereka saling tergantung dari pengaruh mempengaruhi antara satu sama lainnya di dalam menyusun rantai makanan.

Bentuk komunitas organisme juga sangat tergantung pada hubungan antara faktor-faktor lingkungan, sifat-sifat spesies, dan fungsi dari spesies tersebut. Semakin beranekaragam organisme dalam suatu komunitas, maka semakin tinggi pula organisasi yang ada di dalamnya. Agar dalam menentukan pendugaan tingkat produktivitas suatu perairan berhasil baik dan optimal, maka diperlukan pendekatan yang menyeluruh baik terhadap aspek maupun komponen yang mempengaruhi kondisi perairan tersebut yaitu melalui pendekatan analisis system pola aliran bahan dan energi yang ada.

Pola aliran bahan dan energi dapat membantu dalam pengukuran system terutama dalam hal penyebaran informasi laju minimum keluaran energi dan bahan dari suatu jenjang makanan, dan membantu untuk menentukan fungsi alami dari hubungan makan-memakan yang mungkin merupakan sumber kestabilan atau ketidakstabilan ekosistem. Pola aliran energi dan bahan dapat juga digunakan untuk melihat tingkat gangguan ekosistem dan biomassa organisme yang menempati tingkat tropik tertentu.

BAB VI : PENGUKURAN PRODUKTIVITAS

Odum (1998), mengukur produktivitas adalah mengukur arus energi yang melalui suatu sistem. Beberapa cara pengukuran produktivitas telah didasarkan pada beberapa kuantitas tidak langsung, seperti jumlah senyawa yang dihasilkan, banyaknya bahan mentah yang digunakan, atau jumlah hasil sampingan yang dilepaskan. Di dalam Ilmu Perikanan khususnya ada berbagai cara untuk mengukur produktivitas suatu perairan. Pengukuran produktivitas dapat dilakukan secara langsung dengan menghitung populasi jenis-jenis ikan tertentu atau secara tidak langsung melalui tingkat-tingkat hidup (*Trophic Level*) yang lain dengan memperhatikan faktor-faktor yang ada dan *efficiency* perubahan dari tingkat yang satu ke tingkat yang lain. Salah satu cara yang banyak digunakan untuk mengukur produktivitas secara tidak langsung adalah dengan mengukur produktivitas primer, yang menetapkan kecepatan perubahan benda-benda anorganis menjadi benda-benda organis.

A. PENGUKURAN PRODUKTIVITAS PRIMER

Produktivitas primer dapat diestimasi dari perubahan biomassa dari waktu ke waktu (Wetzel, 1983), karena kandungan energi bahan organik memiliki suatu hubungan yang tetap dengan bobotnya (Michael, 1993). Beberapa metode pengukuran produktivitas primer :

1. Metode Carbon (C^{14})

Cara baru yang digunakan untuk pengukuran produktivitas primer adalah "*Carbon Fourteen Technique*", yaitu cara mengukur

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Q. (1985). *Red Tide*. Oseana, volume X, 48-55.
- Aldrian, E., & R. Susanto. (2003). *Identification of Three Dominant Rainfall Regions within Indonesia and Their Relationship to Sea Surface Temperature*. *Climatology*, 1435-1452.
- Anonim. (2008). *Ekologi Laut Tropis*. Dipetik November 13, 2008, dari www.ipb.ac.id/indeks/php.com.
- Anonim. (2010). *Fenomena Red Tide yang Merugikan*. Retrieved April 07, 2014, from <http://evasweety98.blogspot.com/2010/11/fenomena-red-tide-yang-merugikan.html>:
<http://evasweety98.blogspot.com/>
- Anshori, D. M. (2009). *Biologi 1 : Untuk Sekolah Menengah Atas (SMA)-Madrasah Aliyah (MA) Kelas X*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- Asriyana, & Yuliana. (2012). *Produktivitas Perairan*. Bogor: Bumi Aksara.
- As-syakur, A. (2010). *Pola Spasial Pengaruh Kejadian La Nina Terhadap Curah Hujan di Indonesia Tahun 1998/1999; Observasi Menggunakan Data TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) 3B43*. Bogor: Makalah dipresentasikan pada Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XVII dan Kongres Masyarakat Penginderaan Jauh Indonesia (MAPIN) V di Institut Pertanian Bogor.
- As-syakur, A., & R. Prasetia. (2010). *Pola Spasial Anomali Curah Hujan Selama Maret Sampai Juni 2010 Di Indonesia; Komparasi*

Data TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) 3B43 dengan Stasiun Pengamat Hujan. Denpasar-Indonesia: Makalah dipresentasikan pada Seminar Ilmiah Nasional Ikatan Ahli Teknik Penyehatan dan Teknik Lingkungan Indonesia (IATPI) di Universitas Udayana pada tanggal 29 Juli 2010.

Azkab, M. (1999). *Pedoman Inventarisasi Lamun.* Oseana, Volume XXIV, Nomor 1, 1-16.

_____. (2000). *Struktur dan Fungsi Komunitas Lamun.* Oseana Volume XXV Nomor 3, 9-17.

_____. (2006). *Ada Apa Dengan Lamun.* Oseana Volume XXXI, Nomor 3, 45-55.

Babcock, R., & L. Smith. (2000). *Effects Of Sedimentation On Coral Settlement And Survivorship.* Vol. I. 9th International Coral Reef Symposium (hal. 245-248). Bali, Indonesia: Ministry of Environment Indonesian, Institute of Science, International Society for Reef Studies.

Barber, B. (1985). *Effects Of Elevated Temperature On Seasonal In Situ Leaf Productivity Of Thalassia Testudinum Banks Ex Konig And Syringodium Fliforme Kutzing.* *Aquatic Botany*, 22:61-69.

Barnes, R. (1987). *Invertebrate Zoology, Fifth Edition.* Fort Worth, TX: Harcourt Brace Jovanovich College Publishers.

Barus, T. A. (2004). *Pengantar Limnologi : Studi Tentang Ekosistem Air Daratan.* Medan: USU Press.

Barus, T.A, S.S Sinaga, & R. Tarigan, (2008). *Produktivitas Primer Fitoplankton dan Hubungannya dengan Faktor Fisik-Kimia*

- Air di Perairan Parapat Danau Toba. *Biologi Sumatera Vol 3 (1)*, 11-16.
- Bell, G., M. Halpert, R. Schnell, R. Higgins, J. Lawrimore, V. Kousky, et al. (2000). *Climate Assessment for 1999. Bulletin of the American Meteorological Society*, 81(6), S1-S50.
- Bengen, D. (2002). *Ekosistem Dan Sumberdaya Alam Pesisir Dan Laut Serta Prinsip Pengeloannya*. Bogor: PKSPL-IPB.
- Boehme, M. (2000, Maret 13). *Primary Production in Stream and River*. Diambil kembali dari www.germany.edu/boehme
- Boyd, C. (1979). *Water Quality in Warm water Fish Ponds*. Auburn, USA: University Alabama.
- bp3ambon-kkp.org. (2014, Maret 16). *Identifikasi Kekayaan Sumberdaya Ekosistem Estuaria*. Diambil kembali dari bp3ambon-kkp web site: <http://bp3ambon-kkp.org/identifikasi-kekayaan-sumberdaya-ekosistem-estuari/>
- Brahmana, M. Moelyo, & S. Rahayu. (1993). *Eutrofikasi Waduk Saguling*. *Jurnal Litbang Pengairan*. 8(28).
- Brahmana, P. (2001). *Ekologi Laut*. Jakarta: Penerbit Universitas Terbuka.
- Brouns, J., & Heijs, H. (1986). Production and biomass of the seagrass, *Enhalus acoroides* (L.f.) Royle, and its epiphytes.. *Aquatic Botany*, 25: 21-45.
- Connel, D., & Miller, G. (1995). *Kimia dan Otoksikologi Pencemaran*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Dahuri, R., J. Rais, S. Ginting, & M.J. Sitepu, M.J. (2001). *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Dahuri, R. (2003). *Keanekaragaman Hayati Laut Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Dirdjosoemarto, S. (2001). *Ekologi*. Jakarta: Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.
- Dosono, S. (2013). *Komunitas Ikan Pada Padang Lamun di Perairan Pantai Desa Ponelo, Kec. Ponelo Kepulauan Kabupaten Gorontalo Utara*. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.
- Effendi, H. (2000). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Eki, N. Y., S. Femy, & Sri Nuryatin H. (2013). *Kerapatan dan Keanekaragaman Jenis Lamun di Desa Ponelo, Kecamatan Ponelo Kepulauan, Kabupaten Gorontalo Utara*. Jurnal Nike. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan. Volume 1 Nomor 2, 065-070.
- Goldman, C.R. , & A.J. Horne. (1983). *Limnology*. New York: McGraw Hill Company Ltd.
- Hamada, J., M. Yamanaka, J. Matsumoto, S. Fukao, P. Winarso, & T. Sribimawati. (2002). *Spatial and Temporal Variations Of The Rainy Season Over Indonesia and Their Link To ENSO*. J. Meteor. Soc. Japan, 285-310.
- Harris, G. (1986). *Phytoplankton Ecology : Structure, Function and Fluctuation*. London: Champman and Hall.
- Hutabarat, S., & S. Evans. (1996). *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: UI Press.
- Hutomo, M., & M. Azkab. (1987). *Peranan Lamun Di Perairan Laut Dangkal*. Oseana, Volume XII, Nomor 1, 13-23.
- Irawan, B. (2006). *Fenomena Anomali Iklim El Nino dan La Nina - Kecenderungan Jangka Panjang dan Pengaruhnya terhadap Produksi Pangan*. Forum Penelitian Agro Ekonomi, 24(1) , 28-45.
- Irianto, E., & R.W.Triweko. (2011). *Eutrofikasi Waduk dan Danau: Permasalahan, Pemodelan dan Upaya Pengendalian*. Jakarta: Pusat Penelitian Dan Pengembangan Sumber Daya Air Badan Penelitian Dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2012). *Statistik Perikanan Tangkap Indonesia 2011 Vo. 12 (1)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap.
- Kemili, P., & M.R. Putri. (2012). *Pengaruh Durasi dan Intensitas Upwelling Berdasarkan Anomali Suhu Permukaan Laut Terhadap Variabilitas Produktivitas Primer Di Perairan Indonesia*. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis Vo. 4. No.1, 66-79.
- Keosoebiono. (1979). *Dasar-dasar Ekologi Umum. Bagian IV*. Bogor: PSL Sekolah Pascasarjana IPB.
- Knox, G. (1986). *Estuarine Ecosystem: A System Approach. Volume I*. Boca Roton Florida: CRC Press Inc .
- Kordi, K. M. (2011). *Ekosistem Lamun (seagrass)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kramer, K.J.M, U.H. Brockman, & R.M. Warwick. (1994). *Tidal Estuaries: Manual of Sampling and Analitical Procedures. . A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield*.

- Kumurur, V. (2009). PENGARUH PERUBAHAN PEMANFAATAN RUANG DARATAN SEKITAR DANAU TERHADAP EUTROFIKASI PERAIRAN DANAU (Suatu Studi Pada Pemanfaatan Ruang Daratan Di Kawasan Sekitar Danau Moat, Sulawesi Utara Periode 1988-1998). *Jurnal Sabua*. Vol.1, No.1, 9-20.
- Lalli, C., & T. Parsons. (1995). *Biological Oceanography : An Introduction*. United Kingdom: Oxford, UK: Butterworth-Heinemann Ltd.
- Levinton, J. (1995). *Marine Biology: Function, Biodiversity, Ecology*. New York: Oxford University Press, Inc.
- Mapstone, G. (1990). *Reef Corals and Sponges of Indonesia*. Netherlands: National Museum of Natural History.
- Michael, P. (1993). *Metode Ekologi Untuk Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium*. Jakarta: UI.
- Mulyana, E. (2002). *Analisis Angin Zonal di Indonesia Selama Periode ENSO*. Jakarta: BPP Teknologi LAPAN.
- Nontji, A. (1987). *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Noor, R, M. Khazali, & I.N.N. Suryadiputra. (1999). *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Bogor: PKA/WI-IP.
- Nur, M. (2004). *Distribusi Spasial Lamun Dan Kaitannya Dengan Faktor Oseanografi Serta Preferensi Lamun Terhadap Substrat Di Perairan Pulau Kodingareng Kota Makassar*. Makassar: Jurusan Ilmu Kelautan. UNHAS.
- Nybakken, J. (1992). *Biologi Laut, Suatu Pendekatan Ekologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

- Odum, E. (1998). *Dasar-dasar Ekologi*. Terjemahan. Edisi Ketiga. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Onrizal. (2008). *Teknik Survey dan Analisa Data Sumberdaya Mangrove*. Dipetik Januari 2012, 15, dari <http://onrizal.files.wordpress.com/2008/11/onrizal-teknik-survey-dan-analisa-data-sumberdaya-mangrove.pdf>
- Pasingi, N. (2012). *Produktivitas Sekunder Hewan Bentik Ekosistem Pantai, Studi Kasus : Produksi Sekunder Nebalia Daytoni Di Pantai San Diego, California Selatan, USA*. Bogor: PROGRAM STUDI PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERAIRAN SEKOLAH PASCASARJANA INSTITUT PERTANIAN BOGOR.
- Patria, M. (2003). *Terumbu Karang dan Karang*. Retrieved 2013, from www.terangi.or.id/publications/pdf/terumbukarang.pdf:
- Peterson, C., & F. Wells. (1998). *Molluscs in Marine and Estuarine Sediments* in Beesley, P.L., G.J.B. Ross & A. Wells (eds). *Mollusca: The Southern Synthesis, Fauna of Australia*. Vol. 5. Melbourne: CSIRO Publishing.
- Philips, C., & E. Menez. (1988). *Seagrass*. Washington DC: Smithsonian Institutions Press. .
- Pitoyo, W. (2002). *Produktivitas Primer Perairan Waduk Cengklik Boyolali*. Biodiversitas, 189-195.
- Prayitno, H. (2011). *Kondisi Trofik Peniran Teluk Jakarta dan Potensi terjadinya Ledakan Populasi Alga Berbahaya (HABs)*. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 37 (2), 247-262.

- Rappe, R. (2010). *Struktur Komunitas Ikan pada Padang Lamun yang Berbeda di Pulau Barrang Lompo*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. Vol 2 (2), 62-73.
- Ruslan, H. (2013). *Segara Anakan Hadapi Pendangkalan dan Pembalakan Liar*. Dipetik April 07, 2014, dari <http://www.republika.co.id/berita/nasional/umum/13/04/18/mlfxjw-segara-anakan-hadapi-pendangkalan-dan-pembalakan-liar>: <http://www.republika.co.id/>
- Sahami, F. (2008). *Assesment Mangrove di Kabupaten Boalemo dan Kabupaten Pohuwato Provinsi Gorontalo*. Gorontalo: SUSCLAM.
- . (2006). *Struktur Komunitas Gastropoda sebagai Bioindikator Pencemaran Organik di Danau Limboto*. Gorontalo: Lemlit UNG.
- Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science. (2014). *Taxonomy Phytoplankton*. Retrieved April 07, 2014, from <http://www.sahfos.ac.uk/taxonomy/phytoplankton/dinoflagellates.aspx>: <http://www.sahfos.ac.uk>
- Smith, R. (1990). *Ecology and Field Biology*. Fourth Edition. New York: Harper Collins.
- Soedharma, D. (2007). *Pertumbuhan, Produktivitas dan Biomassa, Fungsi dan Peranan Lamun*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Soegiarto, A. (1976). *Pedoman Umum Pengelolaan Wilayah Pesisir*. Jakarta: Lembaga Oseanologi Nasional.
- Soegiarto, A., & A. Nontji. (1996). *BEBERAPA CATATAN MENGENAI PEMAKAIAN ISOTOP CARBON (C14) UNTUK MENGUKUR DAYA PRODUKTIVITAS PRIMER DI*
- PERAIRAN INDONESIA. Retrieved Februari 10, 2014, from http://digilib.batan.go.id/e-prosiding/File%20Prosiding/Energi/SimposiumI_Radioisotop_1-2_08_1966/Data_artikel/Aprilani_Soegiarto-92.pdf: http://digilib.batan.go.id/e-prosiding/File%20Prosiding/Energi/SimposiumI_Radioisotop_1-2_08_1966/Data_artikel/Aprilani_Soegiarto-92.pdf
- Soeroyo. (1996). *Produktivitas Primer Netto Hutan Mangrove di Grijagan Banyuwangi Selatan*. Seminar Nasional Wilayah Pantai. Semarang.
- Sorokin, Y. (1993). *Coral Reef Ecology*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Subagja, Y, S.W. Utomo, & S.A. Khalif. (2001). *Ekologi*. Jakarta: Pusat Penerbitan Universitas Terbuka.
- Sudaryanti. (2004). *Produktivitas Perairan Sekunder*. Malang: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Brawijaya.
- Suharsono. (1996). *Jenis-jenis Karang yang Umum dijumpai di Perairan Indonesia*. Jakarta: P3O-LIPI, Proyek Penelitian dan Pengembangan Daerah Pantai.
- Suin, N. (2002). *Metoda Ekologi*. Padang: Universitas Andalas.
- Sujarta, P. (2003). *Biomassa Fitoplankton Dan Produktivitas Primer Di Perairan Waduk Sempor Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Sukarno, M. Hutomo, M.K. Moosa, & P. Darsono. (1993). *Terumbu Karang di Indonesia: Sumberdaya, Permasalahan dan*

- Pengelolaannya. Jakarta: Proyek Penelitian Potensi Sumberdaya Alam Indonesia. LON-LIPI.
- Sukarno, R. (2001). *Ekosistem Terumbu Karang dan Masalah Pengelolaannya dalam Pendidikan dan Latihan-Metode Penilaian Kondisi Terumbu Karang*. Makassar: P3O-LIPI, UNHAS, BAPPEDA, COREMAP, POSSI.
- Sukmara, A., J.S. Audrie, & S. Christovel. (2001). *Panduan Pemantauan Terumbu Karang Berbasis Masyarakat dengan Metode Manta Tow*. Jakarta: Proyek Pesisir-CRMP.
- Sumich, J. (1992). *An Introduction to The Biology of Marine Life. Fifth Edition*. Wm. C. Brown.
- Supriharyono. (2000). *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Jakarta: Djambatan.
- Suryono, T., S. Sunanisari, E. Mulyana, & Rosidah. (2010). *Tingkat Kesuburan dan Pencemaran Danau Limboto, Gorontalo. Oseanologi Dan Limnologi di Indonesia*, 49-61.
- Susetiono. (2004). *Fauna Padang Lamun Tanjung Merah Selat Lembeh*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI.
- Tangke, U. (2010). *Ekosistem Padang Lamun*. Ternate: Faperta UMM.
- Tuwo, A. (2011). *Pengelolaan Ekowisata Pesisir dan Laut; Pendekatan Ekologi, Sosial Ekonomi, Kelembagaan dan Sarana Wilayah*. Makassar: Brilian Internasional.
- Usman, L., Syamsuddin, & S.N. Hamzah. (2013). *Analisis Vegetasi Mangrove Di Pulau Dudepo, Kecamatan Anggrek, Kabupaten Gorontalo Utara*. Nike, 011-017.
- Veron, J. (1986). *Coral of Australian and The Indo-Pacific*. Australia: Angus Robertson Publish.
- Wetzel, R. G. (1983). *Limnology*. New York: Saunders College Publisher.
- Whitten, A., M. Mustafa, & G.S.Herderson. (1987). *The Ecology of Sulawesi*. Yogyakarta, Indonesia: Gadjah Mada University Press.
- Widyastuti, E., T.P. Sinaga, & A.S. Siregar. (2001). *Hidrobiologi*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Zieman, J. C. (1993). *A Review of Certain Aspects of the Life, Death, and Distribution of the Seagrasses of the Southeastern United States 1960-1985. Seagrass Resources in Southeast Asean. Study No.6 (Rostsea)*. Jakarta: Unesco.

LINGKUNGAN PERAIRAN DAN PRODUKTIVITASNYA

Perairan menempati ruang \pm 75 persen dari luasan total permukaan bumi, sedangkan sisanya adalah daratan. Luasan tersebut menggambarkan bahwa perairan memiliki peran penting dalam kelangsungan hidup seluruh makhluk hidup di muka bumi. Di samping itu perairan juga menopang kelangsungan hidup yang terdapat di wilayah daratan. Misalnya sebagai sumberdaya yang langsung dimanfaatkan seperti air bersih yang fungsinya tidak bisa disubstitusikan.

Tujuan penulisan buku ini adalah menjadi bagian dari buku-buku tentang ekosistem perairan yaitu untuk memberi informasi mengenai produktivitas perairan beserta faktor-faktor yang terkait di dalamnya. Tulisan ini juga dapat dijadikan sebagai rujukan dalam mengembangkan pengelolaan ekosistem perairan yang lebih optimal serta terintegrasi dengan bentang alamnya. Secara khusus buku ini bertujuan mengisi "kekurangan" buku bacaan berbahasa Indonesia yang khusus membahas produktivitas perairan. Oleh karena itu bisa menjadi rujukan bagi mahasiswa atau pendidik yang memiliki minat terhadap produktivitas perairan. Tulisan ini juga diharapkan memberi manfaat; (1) dalam menyediakan bahan informasi terkait produktivitas perairan secara khusus; (2) membantu pembaca dalam memahami konsep, ruang lingkup produktivitas di perairan; (3) memberikan landasan ilmiah dalam melakukan pengelolaan ekosistem perairan yang lebih optimal.

Ruang lingkup pembahasan dalam buku ini mencakup gambaran umum perairan, konsep produktivitas, produktivitas laut dan pesisir, produktivitas perairan darat, pengukuran produktivitas dan efek produktivitas dan solusinya.



Penerbit Deepublish (CV BUDI UTAMA)
Jl. Elang 6 No.3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl. Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta 55581
Telp/Fax : (0274) 4533427
Email : deepublish@ymail.com

 Penerbit Deepublish  www.deepublish.co.id  @deepublisher

Kategori : Ekologi Perairan

ISBN 602280331-7



9 781022 803312