

EKOLOGI PERAIRAN

by Rosmawati T

Submission date: 27-Mar-2020 06:02PM (UTC+0700)

Submission ID: 1283175748

File name: R_2_BUKU_EKOLOGI_PERAIRAN_2011.doc (61.09M)

Word count: 33450

Character count: 215501

**BAB I.
PENDAHULUAN (KONSEP DASAR EKOLOGI)**

Kompetensi Dasar :

Mendeskripsikan pengertian ekologi sebagai suatu hubungan interaksi dan interdependensi antara komponen biotik dan abiotik.

Indikator :

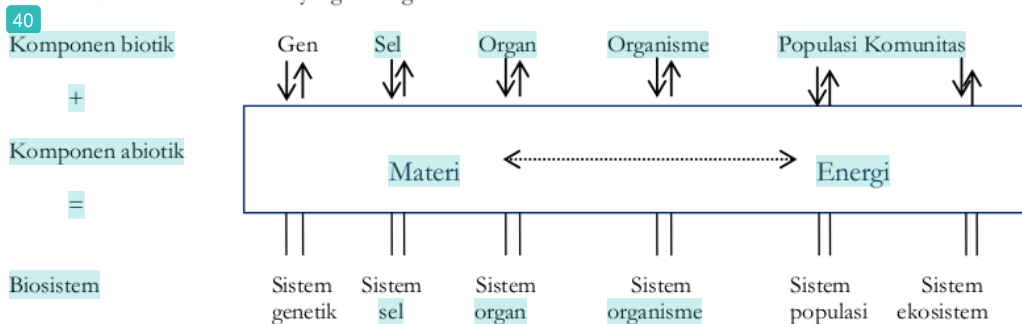
1. Menguraikan pengertian spektrum biologis;
2. Mengaitkan hubungan antara tingkat organisme biologis (spectrum biologis) dengan lingkungan fisik sehingga menciptakan sistem biologi (biosistem);
3. Menguraikan sejarah munculnya ilmu ekologi;
4. Mendeskripsikan definisi/konsep ekologi, baik secara estomologi maupun secara harfiah;
5. Mengklasifikasikan ekologi menurut habitat, makhluk hidup dan kajian tingkatan organisme;
6. Menghubungkan penekanan pada apek pendalaman materi yang ada dalam ilmu morfologi, fisiologi dan ekologi dalam kedudukannya dengan ilmu biologi;
7. Mengklasifikasikan penerapan ilmu ekologi dalam berbagai bidang kehidupan manusia.

BAB I. PENDAHULUAN (KONSEP DASAR EKOLOGI)

A. Sejarah Singkat dan Definisi Ekologi

Spektrum Biologis

Spektrum biologis adalah suatu spektrum tingkatan organisasi biologis yang tersusun secara hierarkis, yaitu dalam bentuk deretan yang bertingkat.



Gambar 1. Spektrum Biologis

Setiap komponen biotik berinteraksi dengan lingkungan fisik (materi dan energi) menghasilkan suatu sistem fungsional yang unik, yang di sebut *biosistem* atau *system biologis*. Setiap biosistem merupakan suatu kesatuan yang terpadu, hasil interaksi dan interdependensi (saling ketergantungan) antara komponen biotik dan lingkungan fisiknya. Ekologi terutama membahas tentang tingkatan system sesudah organisme, yaitu populasi, komunitas dan ekosistem.

Sejarah Singkat dan Definisi Ekologi

- Ekologi mula-mula berkembang dari “*natural history*”, yaitu studi tentang alam, benda-benda dan fenomena-fenomena alam. Oleh karena itu, ekologi tidak dianggap sebagai ilmu pengetahuan.
- Dalam tahun 1960-an, setelah kira-kira satu abad berusaha untuk menegakkan kerangka kerja konseptual, metodologi dan teoritis untuk menerangkan fenomena-fenomena alam yang sangat kompleks, akhirnya otonomi dan kematangan ekologi sebagai ilmu pengetahuan diterima hingga kini.
- Sebelum tahun 1970, ekologi dipandang sebagai cabang dari ilmu biologi. Sekarang, ekologi telah muncul sebagai suatu disiplin ilmu baru yang menghubungkan proses-proses fisik dan biologis.

51

- Istilah ekologi berasal dari bahasa Yunani, yaitu “*Oikos*” (=rumah tangga) dan “*logos*” (= studi). Istilah ini diciptakan oleh pakar zoology Jerman, Ernest Haeckel dalam tahun 1866. Haeckel menyebutnya dengan istilah “*oekologie*”. Dalam Madison Botanical Congress pada tahun 1893, para pakar botani Amerika memutuskan untuk mengubah istilah “*oekologi*” menjadi “*ecology*”.

40

- Secara etimologis, ekologi adalah studi tentang rumah tangga, yaitu rumah tangga lingkungan, meliputi semua organisme yang terdapat di dalamnya dan semua proses fungsional yang membuat rumah tangga lingkungan itu dapat didiami.
- Jadi, secara arifiah, ekologi adalah studi tentang kehidupan dalam lingkungan, dengan penekanan pada totalitas atau pola-pola hubungan antara organisme dengan lingkungannya

- Pada dasarnya ekologi adalah ilmu dasar yang tidak mempraktekkan sesuatu. Ekologi adalah ilmu tempat mempertanyakan dan menyelidik. Seorang yang belajar ekologi sebenarnya bertanya tentang berbagai hal sebagai berikut:

- Bagaimana alam bekerja.
- Bagaimana suatu spesies beradaptasi dengan lingkungannya.
- Apa yang mereka perlukan dari habitatnya itu untuk dapat dimanfaatkan guna melangsungkan kehidupan.
- Bagaimana mereka mencukupi kebutuhannya akan unsure hara (materi) dan energi.
- Bagaimana mereka berinteraksi dengan spesies lainnya.
- Bagaimana individu-individu dalam spesies itu diatur dan berfungsi sebagai populasi.
- Bagaimana keindahan ekosistem tercipta.

- Perkembangan kronologis tentang Definisi Ekologi dapat dilihat sebagai berikut:

1. Studi tentang hubungan timbal-balik antar tumbuhan dan hewan dengan lingkungannya (Haeckel, 1866). Kata-kata ‘studi ilmiah’ atau ‘di bawah kondisi alami’ kadang-kadang ditambahkan dalam beberapa referensi ekologi.
2. “Scientific natural history” (Elton, 1927).
3. Studi tentang distribusi dan kelimpahan hewan (Andrewartha & Birch, 1954).
4. Studi ilmiah tentang distribusi dan kelimpahan organisme (Andrewartha, 1961).
5. Studi tentang struktur dan fungsi alam (Odum, 1963).
6. 154 : tentang struktur dan fungsi ekosistem (Odum, 1971).
7. Studi ilmiah tentang interaksi yang menentukan distribusi dan kelimpahan organisme (Krebs, 1978). Definisi ini adalah hasil modifikasi dari definisi yang dikemukakan oleh Andrewartha pada tahun 1961.

Sebenarnya hingga kini definisi ekologi yang tepat belum ditemukan. Perkembangan disiplin ilmu ini berjalan sangat pesat. Ilmu lingkungan (“Environmental Science”) yang sangat populer akhir-akhir ini juga berintikan ekologi. Begitu banyak masalah ekologis yang muncul dalam ekologi, sehingga ia sering diuraikan sebagai “polymorphic science”. Hal ini juga menimbulkan masalah, yaitu sulit untuk melihat sumber-sumber dan batas-batas yang jelas memisahkan ekologi dari disiplin-disiplin ilmu lainnya.

B. Pembagian Ekologi

Pembagian ekologi dapat dibagi atas :

1. Menurut Mahkluk Hidupnya :

- Ekologi Tumbuhan : membahas pengkajian tentang habitat, adaptasi, kerapatan, keanekaragaman jenis, distribusi tumbuhan dalam hubungannya dengan interaksi dan interdependensi dengan lingkungannya.
- Ekologi Hewan : membahas tentang habitat, adaptasi, kelimpahan, keragaman dan kekayaan jenis, distribusi hewan dalam hubungannya dengan interaksi dan interdependensi dengan lingkungannya.
- Ekologi Manusia : membahas tentang perilaku interaksi dan interdependensi manusia dalam mengelola dan memanfaatkan lingkungannya demi peningkatan kualitas dan kesejahteraan hidup

2. Menurut Habitat / Kawasan :

- Ekologi Perairan : membahas tentang organisme hidup yang berada di perairan beserta faktor fisik lingkungan yang mempengaruhinya.
- Ekologi Hutan; Ekologi Perkotaan; Ekologi Pedesaan dan lain-lain.

3. Menurut Tingkatan Organisme :

- Ekologi Komunitas : Kajian tentang kelimpahan dan distribusi organisme di berbagai habitat.
- Ekologi Populasi : Kajian tentang cara pertumbuhan populasi, struktur populasi dan regulasi populasi.

4. Menurut Distribusi Spesies :

- Ekologi Evolusioner : Kajian tentang masalah pemisahan relung (niche) dan terjadinya spesies.
- Ekologi Geografik : Kajian tentang distribusi makhluk hidup, paleo-ekologi dan bioma.

5. Menurut fungsi Fisiologis :

- Ekologi Fisiologik : Kajian tentang cara-cara organisme memberikan tanggapan dan menyesuaikan diri secara fisiologik terhadap berbagai faktor fisik lingkungan.

Selain itu dikenal juga istilah :

- Autekologi : Ekologi yang membahas tentang kajian spesies.
Contoh : Studi penelitian tentang spesies udang caridean *Nicoides maldivensis* yang dihubungkan dengan perubahan faktor fisik lingkungan perairan pantai.
- Sinekologi : Ekologi yang membahas tentang kajian komunitas.
Contoh : Jika dalam penelitian tersebut, tidak hanya melihat spesies *Nicoides maldivensis* dengan faktor fisik lingkungan perairan pantai saja, tetapi juga melihat interaksi yang terjadi antara *N. maldivensis* dengan biota lain, seperti tumbuhan lamun (*sea grass*).

B. Kedudukan Ekologi dalam Biologi dan Kegunaan Ekologi bagi Manusia

Kedudukan Ekologi dalam Biologi dan Kaitannya dengan Cabang Biologi Lain.

Ekologi adalah salah satu dari bagian utama dalam biologi, disamping morfologi dan fisiologi. Morfologi memberi tekanan pada bagaimanakah bentuk makhluk hidup; sedangkan fisiologi memberi tekanan pada bagaimanakah alat (organ) berfungsi dalam tubuh, sementara ekologi memberi tekanan pada bagaimanakah makhluk itu hidup. Untuk dapat memahami sepenuhnya struktur alat, harus diketahui cara berfungsi alat tersebut. Berfungsinya alat berhubungan dengan kondisi lingkungan.

Para morfologiwian berkepentingan dalam masalah anatomi, histology, ilmu sel dan evolusi. Sedangkan para fisiologiwian berkepentingan dengan interpretasi fungsi dalam arti kimia, fisika dan matematika; ekologiwan berkepentingan dengan agihan, tingkah laku, populasi dan komunitas dalam hubungannya dengan ekosistem.

Untuk hidup dan hidup berkelanjutan, manusia harus belajar memahami lingkungannya dan pandai mengatur pemakaian sumberdaya alam dengan cara-cara yang dapat dipertanggungjawabkan demi pengamanan dan kelestarian. Seorang ahli ekologi harus dapat melihat jauh ke depan, dalam jangka panjang yang lebih bersifat pengamanan dan pemeliharaan untuk dapat hidup lebih baik dengan tingkat kesejahteraan yang lebih tinggi.

Kegunaan Ekologi bagi Manusia

Konsep ekologi dapat diterapkan dalam berbagai bidang, dengan kegunaan yang paling nyata bagi manusia antara lain :

- Pertanian dan teknologi pertanian
- Pengelolaan satwa liar yang hidup dalam suaka margasatwa
- Pengelolaan peternakan
- Kehutanan
- Perlindungan dan pelestarian lingkungan, berupa upaya penghijauan, pencegahan bahaya erosi, banjir dan pencemaran
- Pengendalian hama dan epidemiologi
- Peternakan hewan
- *Aquaculture* (= budidaya perairan tawar) dan *mariculture* (=budidaya perairan laut)
- Kedokteran hewan, terutama dalam kesehatan masyarakat dalam hubungannya dengan penyakit menular antar hewan maupun penularan dari hewan kepada manusia.
- Kedokteran manusia, terutama dalam kesehatan masyarakat seperti masalah sanitasi lingkungan.

C. Konsep Faktor Ekologis

Faktor Ekologis adalah suatu karakteristik fisik-kimia atau biologi dari lingkungan yang bekerja secara langsung pada makhluk hidup.

Pada dasarnya faktor ekologis dibagi atas dua bagian, yaitu :

a. Faktor Abiotik :

- Faktor iklim, contohnya : suhu, intensitas cahaya, kelembaban dan curah hujan.
- Faktor fisik-kimia non-iklim :
- Lingkungan aquatic, contoh : Tekanan, kadar garam mineral dan kadar oksigen terlarut (DO = "*Dissolved Oxygen*").
- Lingkungan darat/tanah, contoh : diameter partikel dan komposisi kimia.
- Faktor trofik, contoh : kadar hara anorganik dan suplai makanan

b. Faktor Biotik :

- Interaksi intraspesifik : interaksi yang terjadi antar individu dalam satu spesies.
Contoh : kompetisi (intraspesifik).
- Interaksi interspesifik : interaksi yang terjadi antar individu dari spesies-spesies yang berbeda.
Contoh : kompetisi (interspesifik), predasi dan parasitisme.

Dalam hubungannya dengan kepadatan populasi, dikenal dua jenis faktor ekologis, yaitu :

- a. Faktor-faktor yang tidak bergantung pada kepadatan populasi (disebut "*density-independent factors*").
Faktor-faktor ini mempunyai pengaruh yang sama pada tiap individu tanpa dipengaruhi oleh kepadatan.
Contoh : Suhu.
- b. Faktor-faktor yang tergantung pada kepadatan populasi ("*Density-dependent factors*").
Contoh : jumlah makanan yang tersedia dan efek predator.

Faktor-faktor ekologis utama di daerah tropis adalah : suhu, curah hujan, kelembaban atmosfer dan angin. Suhu daerah tropis yang tinggi disebabkan oleh sudut datang cahaya matahari yang tinggi, perubahan tahunan yang kecil dalam panjang hari dan kapasitas panas laut yang tinggi.

Perbedaan suhu antara bulan terpanas dalam musim kemarau dan bulan terdingin dalam musim hujan kira-kira sebesar 1°C untuk pulau-pulau tropis dan 5°C untuk benua-benua tropis.

Semua faktor ekologis dapat dikelompokkan menjadi lima variabel dasar ekologis, yaitu materi, energi, ruang, waktu dan keragaman. Jadi pengertian variabel dalam ekologi berbeda dengan pengertian variabel yang anda pelajari dalam statistika.

D. Eksperimentasi Ekologis

Eksperimen adalah suatu studi di mana variable-variabel bebas tertentu dimanipulasi, efeknya terhadap satu atau lebih variable terikat ditentukan dan tingkat dari variable-variabel bebas tersebut ditentukan secara acak terhadap unit-unit eksperimen dalam studi tersebut.

Suatu eksperimen biasanya melibatkan suatu penyederhanaan. Dengan melakukan manipulasi terhadap satu atau beberapa variable statistic, sementara mempertahankan yang lainnya konstan, seorang peneliti dapat mengembangkan respons yang diamati dengan system yang dimanipulasi.

Eksperimen dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu :

a. Eksperimen Laboratorium

Jenis eksperimen ini dilakukan di laboratorium dan mencakup gangguan-gangguan (“disturbances”) yang dibuat oleh eksperimenter, yang mengontrol lingkungan biotik dan abiotik melalui pengaturan-pengaturan variable-variabel terikat dan bebas.

b. Eksperimen Lapangan

Jenis eksperimen ini dilakukan dalam kondisi alami dan mencakup manipulasi dari satu atau beberapa variable bebas di dalam komunitas alami.

Dibandingkan dengan eksperimen laboratorium, eksperimen lapangan lebih unggul dalam hal skala ruang dan lebih mendekati kondisi alam. Walaupun demikian, eksperimen lapangan harus dirancang dengan sangat hati-hati untuk menghindari *pseudoreplikasi* lokasi, yang terjadi bila unit-unit eksperimen saling tergantung (artinya data yang diambil dari satu unit mempunyai pengaruh pada pengambilan data dari unit lainnya).

Saling ketergantungan antara unit-unit eksperimen terjadi bila :

- Hanya ada satu replikasi per perlakuan;
- Replikasi-replikasi adalah subsampel dalam satu unit yang lebih besar;
- Data dari replikasi-replikasi tersebut digabungkan sebelum dianalisa;
- Sampel-sampel diambil secara periodic dari satu unit diperlakukan sebagai sample-sampel yang terpisah (bukan sebagai replikasi-replikasi dari unit yang sama).

E. Model dalam Ekologi

Model adalah suatu formulasi yang meniru suatu fenomena alam nyata dan melaluinya, peramalan dapat dibuat.

Jadi, suatu model adalah suatu abstraksi dan penyederhanaan dari suatu fenomena alam yang dikembangkan untuk meramal suatu fenomena baru atau untuk memberikan pemahaman yang detail tentang fenomena-fenomena yang diamati.

Model dapat diklasifikasikan menjadi :

A. Model yang bersifat informal (kualitatif) :

1. Model Verbal : suatu pernyataan tertulis tentang suatu fenomena. Contoh : Hipotesa
2. Model Grafik : suatu penyajian visual tentang suatu fenomena. Contoh : Kurva pertumbuhan atau diagram alir.

B. Model yang Bersifat Formal (kuantitatif) :

Model matematik (statistic) : suatu perumusan matematik tentang suatu fenomena. Contoh : Hubungan panjang (L) dan berat (W) dimana $W = a L^b$.

Modelling biasanya dimulai dengan penyusunan suatu diagram (model grafik) yang sering berupa diagram kotak/kompartemen yang dihubungkan dengan tanda-tanda panah.

Suatu model kerja dalam ekologi (model grafik) minimum mempunyai empat komponen, yaitu :

- a. Fungsi penggerak (“*forcing function*”) = (E) : suatu sumber energi
- b. Variabel sifat (“*state variable*”) = (P) : sifat
- c. Lintasan energi (“*flow pathways*”) = (F) : aliran energi atau perpindahan materi yang menghubungkan (P) satu dengan yang lainnya dan dengan (E).
- d. Fungsi interaksi (“*interaction function*”) = (I) : (E) dan (P) berinteraksi untuk mengubah, memperkuat atau mengontrol (F), atau menciptakan “*emergent property*” yang baru.

Sebuah model yang telah dikembangkan harus *diverifikasi* dan *divalidasi* melalui data lapangan dan eksperimen. Verifikasi adalah suatu proses pengujian apakah model tersebut bersifat representative yang baik dari system alam yang di teliti. Validasi mengukur secara kuantitatif sejauh mana hasil-hasil dari suatu model cocok dengan tingkah laku system kehidupan yang sebenarnya. Jadi, validasi adalah suatu langkah yang penting dalam modeling.

Di dalam ekologi terdapat banyak model, tetapi hanya sejumlah kecil yang benar-benar abash ("Valid"). Suatu model ekologis yang baik harus memiliki tiga dimensi berikut :

- a. Ruang dimana system dibatasi.
- b. Subsistem-subsistem (komponen-komponen) yang penting dalam fungsi keseluruhan.
- c. Selang waktu.

Bila suatu system dan batas-batasnya sudah didefinisikan secara jelas, hipotesa dapat disusun untuk diuji.

RINGKASAN

1. Spektrum biologis adalah suatu spectrum tingkatan organisasi biologis yang tersusun secara hierarkis, yaitu dalam bentuk deretan yang bertingkat.
2. Setiap komponen biotik berinteraksi dengan lingkungan fisik (materi dan energi) menghasilkan suatu system fungsional yang unik, yang di sebut *biosistem* atau *system biolog*.
3. Secara etimologis, ekologi adalah studi tentang rumah tangga, yaitu rumah tangga lingkungan, meliputi semua organisme yang terdapat di dalamnya dan semua proses fungsional yang membuat rumah tangga lingkungan itu dapat didiami.
4. Secara harfiah, ekologi adalah studi tentang kehidupan dalam lingkungan, dengan penekanan pada totalitas atau pola-pola hubungan antara organisme dengan lingkungannya.
5. Ekologi dapat dibagi menurut habitat (ekologi perairan, ekologi pedesaan ekologi hutan dll), berdasarkan makhluk hidup (ekologi tumbuhan, ekologi hewan, ekologi manusia dll), berdasarkan kajian tingkatan organisme (ekologi populasi, ekologi komunitas dll).
6. Ekologi adalah salah satu dari bagian utama dalam biologi, disamping morfologi dan fisiologi. Morfologi memberi tekanan pada bagaimanakah bentuk makhluk hidup; sedangkan fisiologi memberi tekanan pada bagaimanakah alat (organ) berfungsi dalam tubuh, sementara ekologi memberi tekanan pada bagaimanakah makhluk itu hidup.
7. Ilmu ekologi dapat diterapkan/diaplikasikan pada berbagai segi kehidupan manusia, seperti di bidang pertanian, perikanan budidaya, kedokteran, peternakan dan lain-lain.

SOAL LATIHAN

1. Uraikan secara ringkas apa yang dimaksud dengan spektrum biologis ?
2. Jelaskan hubungan antara tingkatan organisme biologis dengan lingkungan fisik sehingga menciptakan suatu system biologis !
3. Uraikan sejarah singkat munculnya “ilmu ekologi” ?
4. Jelaskan pengertian ekologi secara etimologi dan pengertian ekologi secara harfiah !
5. Jelaskan pengklasifikasian ekologi menurut :
 - a. habitat
 - b. makhluk hidup
 - c. kajian tingkatan organisme
 - d. ekologi geografik
 - e. ekologi fisiologik
 - f. ekologi evolusioner
6. Jelaskan kedudukan ilmu ekologi dalam ilmu-ilmu biologi di samping ilmu morfologi dan fisiologi ?
7. Jelaskan aplikasi/penerapan ilmu ekologi dalam berbagai segi kehidupan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- 67** Irwan, Z. D., 2003. Prinsip-Prinsip Ekologi dan Organisasi Ekosistem, Komunitas Dan Lingkungan (Cetakan Ketiga). Penerbit PT Bumi Aksara, Jakarta.
- 10** Michael, P., 1994. Metode Ekologi Untuk Penyelidikan Ladang Dan Laboratorium (Penerjemah Yanti R. Koestoer). Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- 68** Soetjipto., 1994. Dasar-dasar Ekologi Hewan. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pembinaan Dan Peningkatan Mutu Tenaga Kependidikan, Jakarta.

BAB II. SISTEM EKOLOGI

2 Kompetensi Dasar :

Menemukan ekosistem dan saling hubungan antara komponen ekosistem

Indikator :

1. Menguraikan definisi ekosistem secara estimologi;
2. Menguraikan definisi ekosistem sebagai suatu sistem dalam ilmu ekologi;
3. Menjelaskan fungsi sistem ekologi;
4. Menguraikan hubungan antara aliran energi dalam ekosistem yang dikaitkan dengan hukum termodinamika I dan II;
5. Menjelaskan variable-variabel yang dapat mempengaruhi luas lingkungan input-output dalam suatu ekosistem;
6. Mengklasifikasikan dua strata pembentuk ekosistem;
7. Menguraikan komponen-komponen abiotik dalam ekosistem;
8. Menguraikan komponen-komponen biotik yang terdapat dalam ekosistem

BAB II. SISTEM EKOLOGI

A. Konsep Ekosistem

4
Ekosistem berasal dari bahasa Yunani, yaitu "Oikos" yang berarti rumah atau tempat d⁴⁰na organisme hidup dan "System" yang berarti cara atau susunan. Istilah ekosistem diperkenalkan dalam tahun 1935 oleh pakar Ekologi Inggris A. G. Tansley.

20
Secara Estimologi / istilah, Ekosistem adalah suatu system yang mencakup semua makhluk hidup yang saling berinteraksi dan berinterdependensi dengan lingkungan hidupnya.

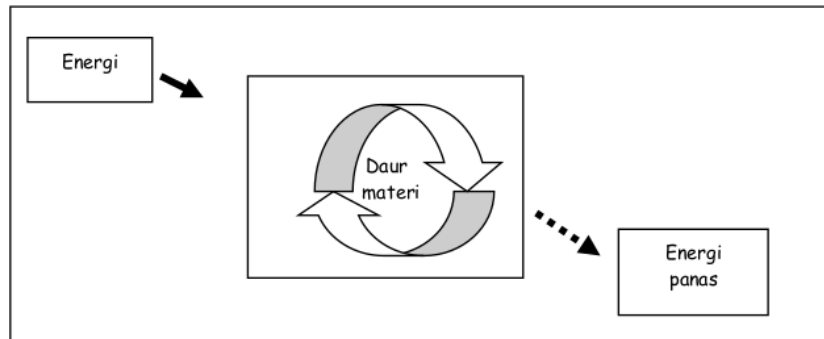
16
Secara Harfiah / konsep, Ekosistem dapat didefinisikan sebagai suatu sys¹⁶ yang mencakup semua jasad hidup dan jasad tidak hidup (lingkungan) yang berfungsi secara bersama, saling terkait tidak terpisahkan (interdependensi) dan saling berinteraksi satu dengan yang lain untuk menciptakan suatu keterpaduan (integritas), sehingga memungkinkan terjadinya aliran energi yang dapat mencipta¹⁶ struktur tropik (= tingkatan makanan) yang jelas; keanekaragaman biotik (biodiversity) dan daur materi antara bagian hayati dan nir-hayati dalam suatu system.

B. Struktur dan Fungsi Sistem Ekologis

4
Suatu sistem terdiri dari komponen-komponen yang saling bergantung dan berhubungan timbal-balik secara teratur untuk membentuk suatu kesatuan yang terpadu. Struktur Ekosistem dapat ditinjau dari berbagai aspek : yakni aspek biosistem, aspek struktur trofik dan aspek biologis.

1. Aspek Biosistem

Tiga komponen dasar yang membentuk ekosistem menjadi suatu biosistem yang fungsional adalah komunitas biotik, aliran energi dan daur materi. Struktur ekosistem yang dibentuk oleh ketiga komponen ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur ekosistem dengan penekanan pada fungsi internal

- Tingkatan organisme sesudah populasi disebut sebagai komunitas. Komunitas Biotik merupakan kumpulan dari berbagai kelompok tumbuhan dan hewan yang saling berinteraksi dan berinterdependensi dengan lingkungannya untuk menghasilkan suatu system fungsional yang khas yang merupakan cikal bakal bentuk ekosistem.
- Pada umumnya, suatu komunitas mempunyai struktur jenis yang khas, yaitu terdiri dari beberapa jenis yang melimpah jumlahnya dan sejumlah jenis yang hanya sedikit individunya. Spesies yang jumlah individunya banyak dikatakan sebagai spesies yang dominan dan biasanya jenis ini dipakai sebagai suatu indicator pada suatu komunitas.
 - Organisme pada suatu komunitas, cenderung mengikuti pola penyebaran seperti berikut :
 - Terdapat hanya sedikit jenis, tetapi sering ditemui
 - Terdapat banyak jenis, tetapi jarang terdapat
- Struktur jenis pada suatu komunitas ataupun ekosistem dapat diukur atau dilihat melalui beberapa cara, antara lain :
 1. Menghitung indeks kekayaan jenis (S) atau pengukuran lain yang lebih sederhana tentang banyaknya jenis pada suatu komunitas atau suatu tingkatan trofik.
 2. Menghitung indeks keragaman jenis = indeks Shannon (H') dengan cara menghitung atau mengukur jumlah jenis dan penyebaran individu di antara jenis.
- Sehingga dapat dikatakan bahwa : “Nilai keragaman jenis yang tinggi biasanya dipakai sebagai petunjuk lingkungan yang nyaman dan stabil”, sedangkan “Nilai keragaman jenis yang rendah mencirikan lingkungan yang terganggu atau lingkungan yang kondisi fisiknya berubah”.

Aliran energi

Energi tidak dapat kita lihat; yang terlihat adalah efek energi. Contoh : Pada saat mendorong suatu benda, energi yang terpakai tidak tampak, tapi efeknya adalah bahwa benda berpindah dari titik semula. Begitupun halnya dengan bensin yang mengandung energi, tetapi energinya sendiri tidak tampak. Adanya energi dalam bensin baru dapat terlihat pada saat bensin dihidupkan sehingga mengakibatkan kendaraan bergerak.

Ekosistem di alam memperoleh energi dari dua sumber, yaitu :

1. Dari matahari : berperan dalam proses fotosintesa
2. Dari bahan kimia : berperan dalam proses kemosintesa

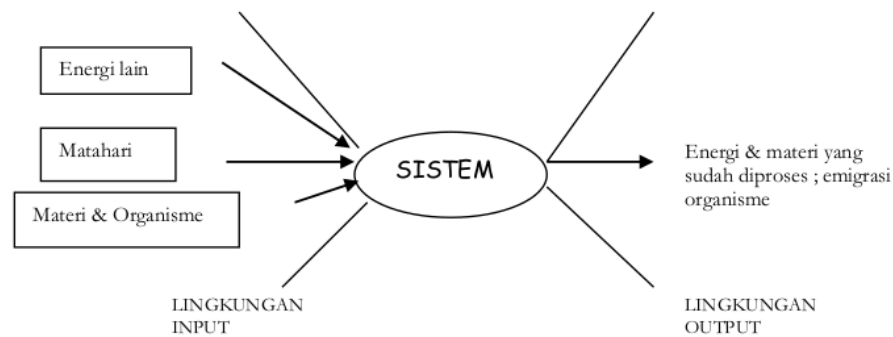
Tabel 1. Perbedaan antara Proses Fotosintesis dan Kemosintesis

Pembeda	Fotosintesis	Kemosintesis
Bahan Dasar	CO ₂ dan H ₂ O	C, H, O (glukosa hasil fotosintesis)
		N (NO ₃ ⁻ atau NH ₄ ⁺)
		S (misalnya : SO ₄)
		P (misalnya PO ₄ ⁻)
Tempat	Daun	Seluruh tubuh
Sumber energi	Sinar matahari	Zat-zat kimia
Pelaku	Tumbuhan berklorofil	Tumbuhan tidak berklorofil (bakteri)
Hasil	Karbohidrat	Protein

- Aliran energi bersifat satu arah (unidirectional); dapat disimpan dan dipakai lagi, tapi tidak dapat digunakan ulang (non-reusable = tidak berdaur). Perilaku energi ini mengikuti hukum termodinamika I dan hukum termodinamika II (hukum alam tentang energi).
- Hukum Termodinamika I berbunyi : “Jumlah energi dalam alam semesta ini adalah konstan”. Artinya energi tidak dapat ditambah atau berkurang. Jadi, semua organisme tidak dapat menciptakan atau memusnahkan energi, tetapi energi dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk lainnya (konversi energi).
- Dalam suatu ekosistem, hukum termodinamika I berlaku untuk semua komponen biotik maupun abiotik, terutama dalam level trofik (tingkatan makanan):
 - Tumbuhan hijau dan fitoplankton berklorofil membutuhkan cahaya matahari untuk melakukan proses fotosintesa agar dapat menghasilkan energi berupa makanan dalam bentuk karbohidrat, sedangkan hewan memperoleh energi dengan jalan mengonsumsi tumbuhan tersebut. Hal ini berarti tidak ada satu makhluk hiduppun yang mampu membuat makanannya sendiri.
 - Untuk memperoleh energi hidup, harus mengeluarkan energi. Contoh : Seekor kepiting harus keluar dari lubang tempat hidupnya untuk mencari mangsa. Hal ini berarti bahwa energi yang masuk harus selalu sama dengan keluaran energi.
- Hukum Termodinamika II menyatakan bahwa : “Energi yang ada, tidak seluruhnya dapat dipakai untuk melakukan kerja”. Contoh : Meskipun lingkungan laut luas dan bahwa di setiap kejelukan terdapat kehidupan, namun dihuni oleh spesies yang berbeda-beda pada setiap kolom air. Hal ini menandakan bahwa lingkungan laut tidak dimanfaatkan seluruhnya oleh spesies organisme laut yang sama. Bagian energi yang tidak dapat dipakai untuk melakukan kerja disebut ‘Entropi’.
- Antara tingkat entropi dan tingkat keteraturan terdapat hubungan yang erat : “Dalam keadaan teratur tingkat entropi rendah, sebaliknya dalam keadaan tidak teratur tingkat entropi tinggi”. Olehnya itu, dengan menaikkan tingkat keteraturan, pada hakikatnya adalah usaha untuk menurunkan tingkat entropi. Contoh : Sistem budidaya tambak dengan intensitas pengairan yang teratur memiliki tingkat entropi yang rendah dibandingkan dengan areal lahan yang dibiarkan kosong (tidak tergarap).

Daur Materi

- Setiap komponen, baik yang hidup maupun tidak hidup, seperti batu, tersusun oleh materi. Materi itu terdiri dari unsur-unsur kimia, seperti C (karbon), H (hydrogen), O (oksigen), N (nitrogen), P (fosfor) dan lain-lain.
- Berbeda dengan energi yang bersifat satu arah, materi dapat diunakan berulang-ulang karena membentuk siklus atau daur. Dalam suatu ekosistem selalu ada cukup suplai energi yang memungkinkan materi terus beredar. Energi dan materi inilah yang membuat ekosistem menjadi suatu system yang dinamis.
- Ekosistem merupakan suatu system yang terbuka terhadap aliran energi dan materi, baik aliran masuk (“inflow”) maupun aliran keluar (“outflow”). Jadi, terdapat lingkungan input dan lingkungan output yang dibutuhkan oleh suatu ekosistem untuk dapat berfungsi dan mempertahankan eksistensinya (Gambar 3)



Gambar 3. Struktur Ekosistem Dengan Penekanan Pada Lingkungan Eksternal.

Lingkungan eksternal merupakan bagian integral dari suatu ekosistem. Luas lingkungan input dan output sangat bervariasi tergantung pada beberapa variabel, misalnya :

- a. Ukuran system
Semakin besar ukuran system, semakin berkurang ketergantungannya pada lingkungan eksternal.
- b. Intensitas metabolisme
Semakin tinggi kecepatan metabolisme, semakin besar input dan output.
- c. Keseimbangan autotrofik-heterotrofik
Semakin besar ketidakseimbangannya, semakin besar input yang dibutuhkan untuk menyeimbangkannya.
- d. Tingkat dan perkembangan system
Sistem yang masih muda biasanya lebih banyak membutuhkan input untuk berkembang. Setelah mencapai kedewasaan, input hanya dibutuhkan untuk mempertahankan keseimbangannya.

2. Aspek Struktur Trofik

Ekosistem terbentuk dari dua strata, yaitu :

A. Stratum Autotrofik

Stratum ini disebut *stratum hijau* ("green belt"), karena terdiri dari tumbuhan berklorofil. Di dalam stratum ini terjadi pengikatan energi cahaya, penggunaan zat-zat anorganik sederhana dan pembentukan senyawa-senyawa organik yang kompleks oleh produser. Organisme autotrofik kemosintetik hanya mempunyai kontribusi yang sangat kecil pada stratum ini.

B. Stratum Heterotrofik

Stratum ini dikenal sebagai *stratum coklat* ("brown belt"), karena mengandung tanah dan sedimen, zat-zat yang sedang membusuk dan lain-lain. Di dalam stratum ini terjadi penggunaan senyawa-senyawa organik kompleks oleh consumer dan dekomposisinya oleh pengurai (dekomposer).

3. Aspek Biologis

Komponen-komponen pembentuk ekosistem adalah sebagai berikut :

a. Komponen Abiotik, yang terdiri dari :

- Zat-zat anorganik (C, N, CO₂, H₂O, dan lain-lain), yang terlibat dalam daur materi;
- Senyawa-senyawa organik (protein, karbohidrat, lemak, humus dan lain-lain), yang menghubungkan komponen biotik dan abiotik;
- Faktor-faktor fisik lingkungan perairan, berupa pancaran sinar matahari, suhu, salinitas, iklim, substrat dan lain-lain.

Pancaran Sinar Matahari

Semua makhluk hidup membutuhkan cahaya matahari, terutama tumbuhan hijau berklorofil untuk melakukan proses fotosintesa. Cahaya juga merupakan faktor penting dalam hubungannya dengan perpindahan (migrasi) populasi hewan laut.

Suhu

Suhu adalah derajat panas dinginnya suatu benda dan biasanya diukur dalam satuan derajat Celsius (°C). Pada permukaan laut, air murni berada dalam keadaan cair pada suhu tertinggi 100°C dan suhu terendah 0°C. Karena adanya pengaruh salinitas dan densitas, maka air laut dapat tetap cair pada suhu dibawah 0°C. Suhu alami air laut berkisar antara suhu dibawah 0°C – 33°C. Di permukaan, air laut membeku pada suhu -1,9°C. Perubahan suhu dapat memberi pengaruh besar kepada sifat-sifat air laut dan kepada biota laut.

Suhu merupakan faktor fisik yang sangat penting di laut. Suhu bersama-sama dengan salinitas, dapat digunakan untuk mengidentifikasi massa air tertentu dan bersama-sama dengan tekanan dapat digunakan untuk menentukan densitas air laut. Densitas air laut diukur dalam satuan gram/cm³ dan dapat digunakan untuk menentukan kejelukan, dimana suatu massa air akan menetap dalam keseimbangan. Air dengan densitas rendah akan berada di lapisan atas, sedangkan air dengan densitas yang tinggi berada di lapisan bawah.

Salinitas

Salinitas (kadar garam) adalah berat garam terlarut (dalam gram) per kilogram air laut, umumnya dinyatakan dengan satuan per mil (‰). Di perairan samudera, salinitas berkisar antara 34 – 35 ‰.

Di perairan pantai, karena terjadi proses pengenceran, misalnya karena pengaruh aliran sungai, salinitas bisa turun rendah.

Menurut VALIKANGAS, kisaran salinitas dapat dikategorikan sebagai berikut : Air tawar $0 - 0,5 ‰$, air payau $0,4 - 17 ‰$ dan air laut lebih dari $17 ‰$.

Faktor-faktor yang mempengaruhi salinitas di laut antara lain :

- Pola sirkulasi air : Apabila sirkulasi (pola pergerakan air) di laut besar, maka salinitas bisa turun.
- Penguapan : Jika proses penguapan tinggi, maka salinitas air laut meningkat.
- Curah hujan : Semakin tinggi curah hujan, maka salinitas air laut rendah.
- Aliran sungai : Aliran sungai yang membawa muatan air tawar dalam jumlah yang besar dapat menurunkan kadar salinitas perairan pantai dan laut.

Iklim

Iklim adalah pola perubahan cuaca yang erat hubungannya dengan suhu, kelembaban, angin dan lain-lain. Contoh : Fitoplankton sebagai tumbuhan laut berklorofil, tidak dapat melangsungkan proses fotosintesis jika curah hujan tinggi yang berarti proses penguapan rendah; sehingga dengan sendirinya kelembaban udara tinggi, suhu udara menurun, kecepatan angin kuat karena intensitas cahaya matahari berkurang (sedikit).

Substrat

Substrat merupakan media berupa tempat (habitat) bagi organisme untuk melakukan aktivitas kehidupan. Substrat suatu perairan berbeda-beda, yakni jenis substrat berbatu, substrat berpasir ataupun substrat berlumpur. Kondisi substrat yang demikian menyebabkan perbedaan komposisi fauna dan struktur komunitas pada perairan laut dan pantai.

b. Komponen Biotik

- Produser, yaitu organisme autotrofik (sebagian besar adalah tumbuhan hijau) yang mampu membuat makanan dari zat-zat anorganik sederhana;
- Konsumer, yaitu organisme heterotrofik, yang dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu :
 1. **Makrokonsumer atau Fagotrof** : terutama terdiri dari hewan yang memakan organisme lain atau zat organik partikulat (“particulate organik matter”, disingkat POM). Kelompok ini juga disebut biofaga (“biophages”) yang berarti organisme yang memakan organisme hidup lain.
 2. **Mikrokonsumer, Saprotrof, Dekomposer atau Osmotrof** : terutama terdiri dari bakteri dan fungi yang memperoleh energi melalui perombakan jaringan-jaringan mati tau melalui penyerapan zat organik terlarut (“dissolved organik matter” disingkat DOM) yang diekstraksi dari tumbuhan atau organisme lain. Kelompok ini disebut juga saprofaga (“saprofages”), artinya organisme yang memakan zat organik mati.

83 ngsi Sistem Ekologis

Ekosistem merupakan unit fungsional dasar dalam ekologi karena meliputi organisme hidup dan lingkungan abiotik yang saling berhubungan antara satu dengan yang lain, dimana kedua komponen ini diperlukan bagi pemeliharaan dan kelangsungan hidup di alam ini.

85

C. Macam-macam Ekosistem

Secara garis besar ekosistem dibedakan menjadi ekosistem darat dan ekosistem perairan. Ekosistem perairan dibedakan atas ekosistem air tawar dan ekosistem air laut.

1

A. Ekosistem Darat

Ekosistem darat ialah ekosistem yang lingkungan fisiknya berupa daratan.

Berdasarkan letak geografisnya (garis lintangnya), ekosistem darat dibedakan menjadi beberapa bioma, yaitu sebagai berikut :

1. Bioma Gurun

Beberapa Bioma gurun terdapat di daerah tropika (sepanjang garis balik) yang berbatasan dengan padang rumput.

Ciri-ciri bioma gurun adalah gersang dan curah hujan rendah (25 cm/tahun). Suhu siang hari tinggi (bisa mencapai 45°C) sehingga penguapan juga tinggi, sedangkan malam hari suhu sangat rendah (bisa mencapai 0°C). Perbedaan suhu antara siang dan malam sangat besar. Tumbuhan semusim yang terdapat di gurun berukuran kecil. Selain itu, di gurun dijumpai pula tumbuhan menahun berdaun

seperti duri contohnya kaktus, atau tak berdaun dan memiliki akar panjang serta mempunyai jaringan untuk menyimpan air. Hewan yang hidup di gurun antara lain rodentia, ular, kadal, katak, dan kalajengking.

2. Bioma Padang Rumput

Bioma ini terdapat di daerah yang terbentang dari daerah tropik ke subtropik. Ciri-cirinya adalah curah hujan kurang lebih 25-30 cm per tahun dan hujan turun tidak teratur. Porositas (peresapan air) tinggi dan drainase (aliran air) cepat. Tumbuhan yang ada terdiri atas tumbuhan terna (herbs) dan rumput yang keduanya tergantung pada kelembapan. Hewannya antara lain: bison, zebra, singa, anjing liar, serigala, gajah, jerapah, kangguru, serangga, tikus dan ular

3. Bioma Hutan Basah

Bioma Hutan Basah terdapat di daerah tropika dan subtropik. Ciri-cirinya adalah, curah hujan 200-225 cm per tahun. Species pepohonan relatif banyak, jenisnya berbeda antara satu dengan yang lainnya tergantung letak geografisnya. Tinggi pohon utama antara 20-40 m, cabang-cabang pohon tinggi dan berdaun lebat hingga membentuk tudung (kanopi). Dalam hutan basah terjadi perubahan iklim mikro (iklim yang langsung terdapat di sekitar organisme). Daerah tudung cukup mendapat sinar matahari. Variasi suhu dan kelembapan tinggi/besar; suhu sepanjang hari sekitar 25°C. Dalam hutan basah tropika sering terdapat tumbuhan khas, yaitu liana (rotan), kaktus, dan anggrek sebagai epifit. Hewannya antara lain, kera, burung, badak, babi hutan, harimau, dan burung hantu.

4. Bioma Hutan Gugur

Bioma hutan gugur terdapat di daerah beriklim sedang. Ciri-cirinya adalah curah hujan merata sepanjang tahun. Terdapat di daerah yang mengalami empat musim (dingin, semi, panas, dan gugur). Jenis pohon sedikit (10 s/d 20) dan tidak terlalu rapat. Hewannya antara lain rusa, beruang, rubah, bajing, burung pelatuk, dan rakoon (sebangsa luwak).

5. Bioma Taiga

Bioma taiga terdapat di belahan bumi sebelah utara dan di pegunungan daerah tropik. Ciri-cirinya adalah suhu di musim dingin rendah. Biasanya taiga merupakan hutan yang tersusun atas satu spesies seperti konifer, pinus, dan sejenisnya. Semak dan tumbuhan basah sedikit sekali. Hewannya antara lain moose, beruang hitam, ajag, dan burung-burung yang bermigrasi ke selatan pada musim gugur.

6. Bioma tundra

Bioma tundra terdapat di belahan bumi sebelah utara di dalam lingkaran kutub utara dan terdapat di puncak-puncak gunung tinggi. Pertumbuhan tanaman di daerah ini hanya 60 hari. Contoh tumbuhan yang dominan adalah *Sphagnum*, liken, tumbuhan biji semusim, tumbuhan kayu yang pendek, dan rumput. Pada umumnya, tumbuhannya mampu beradaptasi dengan keadaan yang dingin.

Hewan yang hidup di daerah ini ada yang menetap dan ada yang datang pada musim panas, semuanya berdarah panas. Hewan yang menetap memiliki rambut atau bulu yang tebal, contohnya muscox, rusa kutub, beruang kutub, dan insekta terutama nyamuk dan lalat hitam.

B. Ekosistem Perairan

c. Ekosistem Air Tawar

Ciri-ciri ekosistem air tawar antara lain : variasi suhu tidak menyolok, penetrasi cahaya kurang, dan terpengaruh oleh iklim dan cuaca. Macam tumbuhan yang terbanyak adalah jenis ganggang, sedangkan lainnya tumbuhan biji. Hampir semua filum hewan terdapat dalam air tawar. Organisme yang hidup di air tawar pada umumnya telah beradaptasi.

Adaptasi organisme air tawar adalah sebagai berikut :

a. Adaptasi tumbuhan

Tumbuhan yang hidup di air tawar biasanya bersel satu dan dinding selnya kuat seperti beberapa alga biru dan alga hijau. Air masuk ke dalam sel hingga maksimum dan akan berhenti sendiri.

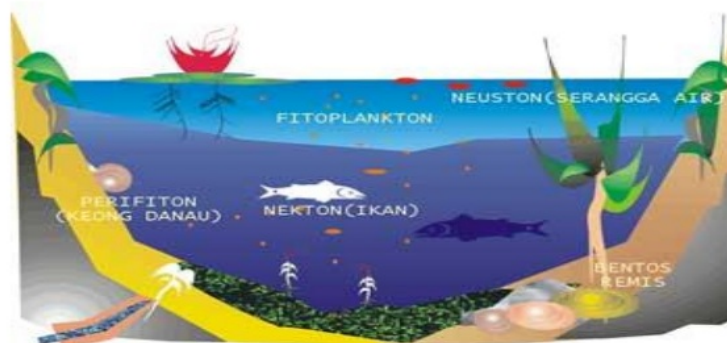
Tumbuhan tingkat tinggi, seperti teratai (*Nymphaea gigantea*), mempunyai akar jangkar (akar sulur). Hewan dan tumbuhan rendah yang hidup di habitat air, tekanan osmosisnya sama dengan tekanan osmosis lingkungan atau isotonis.

b. **Adaptasi hewan**

Ekosistem air tawar dihuni oleh nekton. Nekton merupakan hewan yang bergerak aktif dengan menggunakan otot yang kuat. Hewan tingkat tinggi yang hidup di ekosistem air tawar, misalnya ikan, dalam mengatasi perbedaan tekanan osmosis melakukan osmoregulasi untuk memelihara keseimbangan air dalam tubuhnya melalui sistem ekskresi, insang, dan pencernaan.

Habitat air tawar merupakan perantara habitat laut dan habitat darat. Penggolongan organisme dalam air dapat berdasarkan aliran energi dan kebiasaan hidup :

1. Berdasarkan aliran energi, organisme dibagi menjadi **autotrof (tumbuhan)**, dan **heterotrof (makrokonsumen)**, yaitu karnivora predator, parasit, dan saprotrof atau organisme yang hidup pada substrat sisa-sisa organisme.
2. Berdasarkan kebiasaan hidup, organisme dibedakan sebagai berikut:
 - a. **Plankton**; terdiri atas fitoplankton dan zooplankton; biasanya melayang-layang (bergerak pasif) mengikuti gerak aliran air
 - b. **Nekton**; hewan yang aktif berenang dalam air, misalnya ikan.
 - c. **Neuston**; organisme yang mengapung atau berenang di permukaan air atau bertempat pada permukaan air, misalnya serangga air.
 - d. **Perifiton**; merupakan tumbuhan atau hewan yang melekat/bergantung pada tumbuhan atau benda lain, misalnya keong.
 - e. **Bentos**; hewan dan tumbuhan yang hidup di dasar atau hidup pada endapan. Bentos dapat *sessil* (melekat) atau bergerak bebas, misalnya cacing dan remis. Lihat Gambar 4.



Gambar 4. Berbagai Ekosistem Air Tawar Berdasarkan Cara hidupnya

Ekosistem air tawar digolongkan menjadi air tenang dan air mengalir. Termasuk ekosistem air tenang adalah danau dan rawa, termasuk ekosistem air mengalir adalah sungai.

1. Danau

Danau merupakan suatu badan air yang menggenang dan luasnya mulai dari beberapa meter persegi hingga ratusan meter persegi.

Di danau terdapat pembagian daerah berdasarkan penetrasi cahaya matahari. Daerah yang dapat ditembus cahaya matahari sehingga terjadi fotosintesis disebut daerah *fitik*. Daerah yang tidak ditembus cahaya matahari disebut daerah *afotik*. Di danau juga terdapat daerah perubahan temperatur yang drastis atau *termoklin*. Termoklin memisahkan daerah yang hangat di atas dengan daerah dingin di dasar.

Komunitas tumbuhan dan hewan tersebar di danau sesuai dengan kedalaman dan jaraknya dari tepi. Berdasarkan hal tersebut danau dibagi menjadi 4 daerah sebagai berikut :

a. Daerah Litoral

- Daerah ini merupakan daerah dangkal. Cahaya matahari menembus dengan optimal. Air yang hangat berdekatan dengan tepi. Tumbuhannya merupakan tumbuhan air yang berakar dan daunnya ada yang mencuat ke atas permukaan air.
- Komunitas organisme sangat beragam termasuk jenis-jenis ganggang yang melekat (khususnya diatom), berbagai siput dan remis, serangga, krustacea, ikan, amfibi, reptilia air dan semi air seperti kura-kura dan ular, itik dan angsa, dan beberapa mamalia yang sering mencari makan di danau.

b. Daerah Limnetik

- Daerah ini merupakan daerah air bebas yang jauh dari tepi dan masih dapat ditembus sinar matahari. Daerah ini dihuni oleh berbagai fitoplankton, termasuk ganggang dan sianobakteri. Ganggang berfotosintesis dan bereproduksi dengan kecepatan tinggi selama musim panas dan musim semi.
- Zooplankton yang sebagian besar termasuk Rotifera dan udang-udangan kecil memangsa fitoplankton. Zooplankton dimakan oleh ikan-ikan kecil. Ikan kecil dimangsa oleh ikan yang lebih besar, kemudian ikan besar dimangsa ular, kura-kura, dan burung pemakan ikan.

c. Daerah Profunda

- Daerah ini merupakan daerah yang dalam, yaitu daerah afotik danau. Mikroba dan organisme lain menggunakan oksigen untuk respirasi seluler setelah mendekomposisi detritus yang jatuh dari daerah limnetik. Daerah ini dihuni oleh cacing dan mikroba.

d. Daerah bentik

Daerah ini merupakan daerah dasar danau tempat terdapatnya bentos dan sisa-sisa organisme mati.



Gambar 5. Empat Daerah Utama Pada Danau Air Tawar

Danau juga dapat dikelompokkan berdasarkan produksi materi organik-nya, yaitu sebagai berikut :

a. Danau Oligotropik

Oligotropik merupakan sebutan untuk danau yang dalam dan kekurangan makanan, karena fitoplankton di daerah limnetik tidak produktif. Cir-icirinya, airnya jernih sekali, dihuni oleh sedikit organisme, dan di dasar air banyak terdapat oksigen sepanjang tahun.

b. Danau Eutropik

Eutropik merupakan sebutan untuk danau yang dangkal dan kaya akan kandungan makanan, karena fitoplankton sangat produktif. Ciri-cirinya adalah airnya keruh, terdapat bermacam-macam organisme, dan oksigen terdapat di daerah profundal.

Danau oligotrofik dapat berkembang menjadi danau eutrofik akibat adanya materi-materi organik yang masuk dan endapan. Perubahan ini juga dapat dipercepat oleh aktivitas manusia, misalnya dari sisa-sisa pupuk buatan pertanian dan timbunan sampah kota yang memperkaya danau dengan buangan sejumlah nitrogen dan fosfor. Akibatnya terjadi peledakan populasi ganggang atau *blooming*, sehingga terjadi produksi detritus yang berlebihan yang akhirnya menghabiskan suplai oksigen di danau tersebut.

Pengkayaan danau seperti ini disebut "*eutrofikasi*". Eutrofikasi membuat air tidak dapat digunakan lagi dan mengurangi nilai keindahan danau.

2. Sungai

Sungai adalah suatu badan air yang mengalir ke satu arah. Air sungai dingin dan jernih serta mengandung sedikit sedimen dan makanan. Aliran air dan gelombang secara konstan memberikan oksigen pada air. Suhu air bervariasi sesuai dengan ketinggian dan garis lintang.

Komunitas yang berada di sungai berbeda dengan danau. Air sungai yang mengalir deras tidak mendukung keberadaan komunitas plankton untuk berdiam diri, karena akan terbawa arus. Sebagai gantinya terjadi fotosintesis dari ganggang yang melekat dan tanaman berakar, sehingga dapat mendukung rantai makanan.

Komposisi komunitas hewan juga berbeda antara sungai, anak sungai, dan hilir. Di anak sungai sering dijumpai Man air tawar. Di hilir sering dijumpai ikan kucing dan gurame. Beberapa sungai besar dihuni oleh berbagai kura-kura dan ular. Khusus sungai di daerah tropis, dihuni oleh buaya dan lumba-lumba.

Organisme sungai dapat bertahan tidak terbawa arus karena mengalami adaptasi evolusioner. Misalnya bertubuh tipis dorsoventral dan dapat melekat pada batu.

Beberapa jenis serangga yang hidup di sisi-sisi hilir menghuni habitat kecil yang bebas dari pusaran air.

c. Ekosistem air laut

Ekosistem air laut² dibedakan atas lautan, pantai, estuari, dan terumbu karang.

1. Laut

Habitat laut (oseanik) ditandai oleh salinitas (kadar garam) yang tinggi dengan ion Cl⁻ mencapai 55% terutama di daerah laut tropik, karena suhunya tinggi dan penguapan besar. Di daerah tropik, suhu laut sekitar 25°C. Perbedaan suhu bagian atas dan bawah tinggi. Batas antara lapisan air yang panas di bagian atas dengan air yang dingin di bagian bawah disebut daerah *termoklin*.

Di daerah dingin, suhu air laut merata sehingga air dapat bercampur, maka daerah permukaan laut tetap subur dan banyak plankton serta ikan. Gerakan air dari pantai ke tengah menyebabkan air bagian atas turun ke bawah dan sebaliknya, sehingga memungkinkan terbentuknya rantai makanan yang berlangsung baik. Habitat laut dapat dibedakan berdasarkan kedalamannya dan wilayah permukaannya secara horizontal.

1. Menurut kedalamannya, ekosistem air laut dibagi sebagai berikut:
 - a. Litoral merupakan daerah yang berbatasan dengan darat.
 - b. Neritik merupakan daerah yang masih dapat ditembus cahaya matahari sampai bagian dasar dalam ± 300 meter

- c. Batial merupakan daerah yang dalamnya berkisar antara 200-2500m
- d. Abisal merupakan daerah yang lebih jauh dan lebih dalam dari pantai (1.500-10.000 m).

2. Menurut wilayah permukaannya secara horizontal, berturut-turut dari tepi laut semakin ke tengah, laut dibedakan sebagai berikut :

a. Epipelagik

merupakan daerah antara permukaan dengan kedalaman air sekitar 200m.

b. Mesopelagik

merupakan daerah dibawah epipelagik dengan kedalaman 200-1000 m. Hewannya misalnya ikan hiu.

c. Batiipelagik

merupakan daerah lereng benua dengan kedalaman 200-2.500 m. Hewan yang hidup di daerah ini misalnya gurita.

d. Abisalpelagik

merupakan daerah dengan kedalaman mencapai 4.000m; tidak terdapat tumbuhan tetapi hewan masih ada. Sinar matahari tidak mampu menembus daerah ini.

e. Hadal pelagik

merupakan bagian laut terdalam (dasar). Kedalaman lebih dari 6.000 m. Di bagian ini biasanya terdapat lele laut dan ikan Taut yang dapat mengeluarkan cahaya. Sebagai produsen ditempat ini adalah bakteri yang bersimbiosis dengan karang tertentu.

Di laut, hewan dan tumbuhan tingkat rendah memiliki tekanan osmosis sel yang hampir sama dengan tekanan osmosis air laut. Hewan tingkat tinggi beradaptasi dengan cara banyak minum air, pengeluaran urin sedikit, dan pengeluaran air dengan cara osmosis melalui insang. Garam yang berlebihan diekskresikan melalui insang secara aktif.

2. Ekosistem Pantai

- Ekosistem pantai letaknya berbatasan dengan ekosistem darat, laut, dan daerah pasang surut.
- Ekosistem pantai dipengaruhi oleh siklus harian pasang surut laut. Organisme yang hidup di pantai memiliki adaptasi struktural sehingga dapat melekat erat di substrat keras.
- Daerah paling atas pantai hanya terendam saat pasang naik tinggi. Daerah ini dihuni oleh beberapa jenis ganggang, moluska, dan remis yang menjadi konsumsi bagi kepiting dan burung pantai. Daerah tengah pantai terendam saat pasang tinggi dan pasang rendah. Daerah ini dihuni oleh ganggang, porifera, anemon laut, remis dan kerang, siput herbivora dan karnivora, kepiting, landak laut, bintang laut, dan ikan-ikan kecil. Daerah pantai terdalam terendam saat air pasang maupun surut. Daerah ini dihuni oleh beragam invertebrata dan ikan serta rumput laut.

Komunitas tumbuhan berturut-turut dari daerah pasang surut ke arah darat dibedakan sebagai berikut:

1. Formasi *Pescaprae*

Dinamakan demikian karena yang paling banyak tumbuh di gundukan pasir adalah tumbuhan *Ipomoea pescaprae* yang tahan terhadap hempasan gelombang dan angin; tumbuhan ini menjalar dan berdaun tebal. Tumbuhan lainnya adalah *Spinifex littorius* (rumput angin), *Vigna*, *Euphorbia atoto*, dan *Canaualia martina*. Lebih ke arah darat lagi ditumbuhi *Crinum asiaticum* (bakung), *Pandanus tectorius* (pandan), dan *Scaevola Frutescens* (babakoan).

2. Formasi *barringtonia*

Daerah ini didominasi tumbuhan *barringtonia*, termasuk di dalamnya *Wedelia*, *Thespesia*, *Terminalia*, *Gnetarda*, dan *Erythrina*.

Bila tanah di daerah pasang surut berlumpur, maka kawasan ini berupa hutan bakau yang memiliki akar napas. Akar napas merupakan adaptasi tumbuhan di daerah berlumpur yang kurang oksigen. Selain berfungsi untuk mengambil oksigen, akar ini juga dapat digunakan sebagai penahan dari pasang surut gelombang. Yang termasuk tumbuhan di hutan bakau antara lain *Nyssa*, *Acanthus*, *Rhizophora*, dan *Cerbera*. Jika tanah pasang surut tidak terlalu basah, pohon yang sering tumbuh adalah: *Heritiera*, *Lumnitzera*, *Avicennia*, dan *Cylocarpus*.

3. Estuari

Estuari (muara) merupakan tempat bersatunya sungai dengan laut. Estuari sering dipagari oleh lempengan lumpur intertidal yang luas atau rawa garam.

Salinitas air berubah secara bertahap mulai dari daerah air tawar ke laut. Salinitas ini juga dipengaruhi oleh siklus harian dengan pasang surut airnya. Nutrien dari sungai memperkaya estuari.

Komunitas tumbuhan yang hidup di estuari antara lain rumput rawa garam, ganggang, dan fitoplankton. Komunitas hewannya antara lain berbagai cacing, kerang, kepiting, dan ikan. Bahkan ada beberapa invertebrata laut dan ikan laut yang menjadikan estuari sebagai tempat kawin atau bermigrasi untuk menuju habitat air tawar. Estuari juga merupakan tempat mencari makan bagi vertebrata semi air, yaitu unggas air.

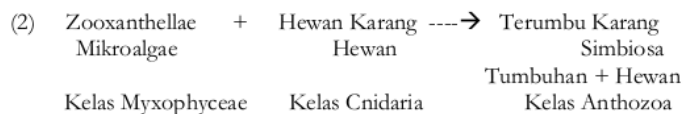
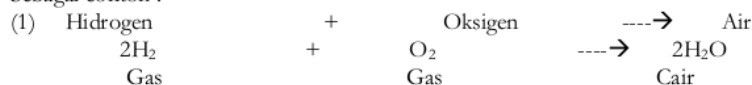
4. Daerah Terumbu Karang

- Di laut tropis, pada daerah neritik, terdapat suatu komunitas yang khusus yang terdiri dari karang batu dan organisme-organisme lainnya. Komunitas ini disebut terumbu karang. Daerah komunitas ini masih dapat ditembus cahaya matahari sehingga fotosintesis dapat berlangsung.
- Terumbu karang didominasi oleh karang (koral) yang merupakan kelompok Cnidaria yang mensekresikan kalsium karbonat. Rangka dari kalsium karbonat ini bermacam-macam bentuknya dan menyusun substrat tempat hidup karang lain dan ganggang.
- Hewan-hewan yang hidup di karang memakan organisme mikroskopis dan sisa organik lain. Berbagai invertebrata, mikro organisme, dan ikan, hidup di antara karang dan ganggang. Herbivora seperti siput, landak laut, ikan, menjadi mangsa bagi gurita, bintang laut, dan ikan karnivora.

D. Pendekatan dalam Studi Ekologi

Suatu konsekuensi penting dari organisasi hierarkis (spectrum biologis) adalah kenyataan bahwa bila unit-unit yang kecil bergabung membentuk satu unit yang lebih besar, maka sifat-sifat yang baru dapat muncul. Sifat-sifat ini disebut “*emergent property*” atau “*nonreducible property*”.

Sebagai contoh :



Sifat-sifat baru tersebut muncul karena interaksi komponen-komponennya, yaitu unit-unit kecil yang membentuknya. Dalam hal ini, sifat-sifat dasar komponen-komponen itu sendiri tidak berubah. Oleh karena itu, “*emergent property*” dari suatu unit ekologis atau biosistem tidak dapat diramalkan dengan mempelajari sifat-sifat komponen-komponen pembentuk unit tersebut.

Unit-unit yang lebih kecil dapat pula bergabung membentuk satu unit besar tanpa menghasilkan suatu sifat yang baru, tetapi sifat tersebut merupakan penjumlahan dari sifat-sifat komponen-komponennya. Sifat ini disebut “*collective property*”. Contohnya adalah laju kelahiran (“*birth rate*”) yang merupakan penjumlahan dari kelahiran individu dalam suatu selang waktu tertentu.

Berdasarkan kenyataan tersebut, maka terdapat dua jenis pendekatan dalam mempelajari suatu biosistem, yaitu :

1. Holisme
Pendekatan ini berpendapat bahwa sifat-sifat atau tingkah laku suatu biosistem dapat dipahami dengan mempelajarinya secara langsung. Pendekatan ini digunakan dalam cabang ekologi yang dikenal sebagai ekologi ekosistem.
2. Reduksionisme
Menurut paham ini, tingkah laku suatu biosistem dapat dipelajari hanya dengan cara mempelajari komponen-komponennya. Komponen-komponen tersebut adalah unit-unit yang lebih kecil, jadi lebih mudah dipelajari. Pendekatan ini digunakan dalam cabang-cabang ekologi seperti ekologi teoritis, ekologi populasi dan ekologi evolusioner.

E. Ekologi Populasi

Populasi adalah suatu kelompok kolektif organisme-organisme dari spesies yang sama yang menempati tempat tertentu serta memiliki ciri-ciri atau sifat yang unik dari kelompok dan tidak merupakan sifat-sifat milik individu dalam kelompok tersebut.

Ekologi populasi adalah ekologi yang mempelajari hubungan antara kepadatan dari suatu populasi dan lingkungannya, interkasi antara populasi yang sama atau berlainan dan pengaruh populasi terhadap lingkungan.

Parameter Populasi

Meskipun populasi itu konstituentnya adalah individu, akan tetapi populasi mempunyai kelompok parameter yang pengukurannya secara statistiknya tidak tepat diterapkan kepada individu. Perbandingan antara beberapa parameter individu dengan populasi dapat dilihat pada tabel 1,

Tabel 2. Perbandingan antara Beberapa Parameter Individu dengan Populasi

Parameter Individu	Parameter Populasi
Ukuran	Density, abundance (kepadatan, kerapatan)
Morfologi	Pola distribusi, struktur umur
Pertumbuhan dalam panjang atau berat	Pertumbuhan dalam jumlah atau biomassa
Natalitas	Kecepatan natalitas
Mortalitas	Kecepatan mortalitas

Kepadatan Populasi

Kepadatan populasi dapat didefinisikan sebagai jumlah individu per satuan ruang/tempat atau jumlah individu per satuan luas/volume.

Kepadatan populasi dapat dirumuskan sebagai :

$$D = \frac{N}{S}$$

Dimana D = density (kepadatan populasi)

N = number (jumlah organisme dalam habitat populasi)

S = space (ruang habitat dalam satuan luas atau volume)

Kepadatan populasi suatu habitat dipengaruhi oleh imigrasi dan natalitas yang memberi penambahan jumlah kepada populasi, sedangkan emigrasi atau mortalitas akan mengurangi jumlah dari populasi.

Istilah kepadatan populasi umumnya diberikan kepada organisme hewan, sedangkan kerapatan populasi biasanya digunakan untuk tumbuhan.

Natalitas

Natalitas adalah kemampuan yang merupakan sifat suatu populasi untuk bertambah.

Natalitas dalam ekologi memiliki pengertian yang lebih luas dari kelahiran, karena natalitas mencakup lahir, menetas, dan memperbanyak keturunan dengan cara pembelahan. Sehubungan dengan hal ini, harus dibedakan antara fertilitas dan fekunditas, yang merupakan aspek dari reproduksi.

Notasi dasar dari fertilitas adalah pertunjukkan sesungguhnya dari populasi tersebut berapa besar jumlah keturunan yang ditambahkan.. Sedangkan fekunditas adalah potensi yang dapat dipertunjukkan oleh populasi itu, berupa kapasitas fisik. Fekunditas diidentikkan sebagai jumlah telur yang dihasilkan oleh biota laut.

21

Parin (1970) melaporkan bahwa cakalang dan madidihang menghasilkan telur sebanyak 2,6 juta butir, namun tidak semua telur dapat bertahan untuk tumbuh menjadi individu muda akibat pemangsaan terutama pada fase larva plankton. Ada ikan yang memijah satu kali dalam setahun, ada pula yang beberapa kali dalam setahun. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun fekunditas tinggi, namun belum dapat menjamin sepenuhnya jumlah penambahan individu dalam suatu populasi.

Mortalitas

Mortalitas adalah kematian individu-individu dalam populasi, terbagi atas ;

1. Mortalitas ekologi, yakni hilangnya individu-individu dalam keadaan lingkungan tertentu (tidak tetap).
2. Mortalitas fisiologi, yakni hilangnya individu-individu yang disebabkan karena faktor fisiologis, misalnya akibat gangguan atau kerusakan fungsi-fungsi faal organ.
3. Mortalitas spesifik, yakni hilangnya individu-individu yang mati pada waktu tertentu.

Contoh : - Pada manusia, angka kematian rendah pada usia muda dan meningkat pada usia tua.

- Pada burung, angka kematian selalu konstan, baik pada usia muda maupun tua.
- Pada ikan, angka kematian terbanyak dialami pada usia muda dan mengalami pengurangan pada usia tua.

Struktur dan Distribusi Umur

Struktur umur adalah hubungan antara jumlah dan umur dari individu tertentu.

Dalam suatu populasi terdapat tiga umur ekologi, yakni :

1. Prereproduktif = usia muda
2. Reproduksi = usia dewasa
3. Postreproduktif = usia tua

Penyebaran umur populasi dapat mempengaruhi natalitas dan mortalitas dalam suatu populasi. Pertumbuhan populasi yang berlangsung cepat umumnya didominasi oleh individu-individu muda, kemudian stagnan pada usia dewasa dan menurun atau bergerak lambat jika didominasi oleh individu-individu tua.

Penyebaran Populasi

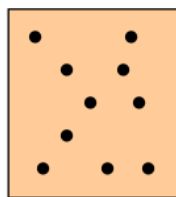
Penyebaran populasi adalah gerakan individu keturunannya (biji-biji, spora, larva dan sebagainya) kedalam atau keluar populasi atau keluar dari daerah populasi.

Terdapat tiga bentuk penyebaran populasi, yaitu :

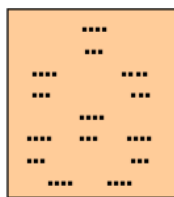
1. Emigrasi, yakni gerakan keluar satu arah sehingga menyebabkan jumlah populasi berkurang.
2. Imigrasi, yakni gerakan masuk (ke dalam) satu arah, sehingga menyebabkan jumlah populasi bertambah.
3. Migrasi, yakni gerakan masuk dan keluar (datang dan pergi) secara periodik. Dengan melakukan migrasi atau rayu, maka organisme populasi dapat memiliki daerah baru dan terbentuk keanekaragaman yang seimbang.

Individu-individu dalam suatu populasi dapat menyebar menurut tiga pola, yaitu :

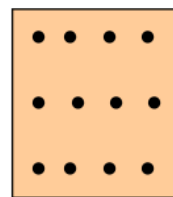
1. Pola Acak (random), yaitu penyebaran yang tidak dapat diprediksi atau tidak berpola, terjadi karena tidak adanya tarik-menarik atau tolak-menolak yang kuat di antara individu-individu dalam suatu populasi; posisi masing-masing individu tidak bergantung pada individu lain. Pola acak tidak umum ditemukan di alam.
2. Pola Seragam (uniform), yaitu suatu pola penyebaran yang cenderung berjarak sama, terjadi jika terdapat interaksi langsung antar individu dalam populasi.
3. Pola Bergerombol (clumped), terjadi jika organisme cenderung membentuk kelompok-kelompok tertentu dan merupakan pola penyebaran yang paling umum ditemui.



Acak (Random)



Mengelompok (Clumped)



Seragam (Uniform)

Gambar 6. Pola Penyebaran Di Dalam Kisaran Geografis Suatu Populasi.

79 e-tipe Interaksi Antar Dua Populasi

Meskipun persebaran geografis pada banyak spesies sebagian besar ditentukan oleh adaptasinya terhadap faktor-faktor lingkungan abiotik, organisme juga dipengaruhi oleh interaksi biotik dengan individu lain yang berada di sekelilingnya.

Interaksi antar spesies (“interspecific interaction”) yaitu interaksi yang terjadi antara populasi-populasi spesies yang berbeda yang hidup bersama-sama di dalam suatu komunitas.

Secara teori, populasi dari dua jenis dapat berinteraksi dalam suatu komunitas, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Interaksi Antar Spesies

Interaksi	Pengaruh pada Kepadatan Populasi
Predasi/pemangsaan (+/-) (termasuk parasitisme)	Interaksi itu menguntungkan bagi satu spesies dan merugikan bagi spesies yang lain.
Kompetisi (-/-)	Interaksi itu merugikan bagi kedua spesies.
Komensalisme (+/0)	Satu spesies diuntungkan dari interaksi tersebut akan tetapi spesies lainnya tidak terpengaruh.
Mutualisme (+/+)	Interaksi itu menguntungkan bagi kedua spesies.

Ket : (+) pengaruh positif (-) pengaruh sistem (0) tidak terpengaruh.

72. dasi

Sebagian besar spesies heterotrofik mendapatkan makanan dengan jalan memangsa organisme lain. Pada umumnya, sebagian besar pemangsa (predator) lebih besar dari mangsa (prey) yang dimakannya. Hubungan pemangsa dengan yang dimangsa biasanya bersifat sementara, yaitu hanya dalam jangka waktu yang diperlukan untuk memakannya atau sebagian diantaranya. Konsumen yang memangsa konsumen lain (karnivora), hampir selamanya membunuh mangsanya. Sebaliknya, pemangsa herbivora (misalnya ikan duyung, *Dugong dugon*) biasanya hanya makan sebagian dari tubuh mangsanya (tumbuhan lamun). Kemampuan regeneratif sebagian besar tumbuhan hijau akan menjamin bahwa akan tersedia makanan tambahan pada waktu kemudian.

82

Parasitisme

Parasit adalah organisme yang hidup di atas (disebut sebagai ‘ektoparasit’) atau di dalam tubuh (‘endoparasit’) organisme lain (inang) yang mendapatkan makanan dari inangnya.

Kompetisi

Persaingan atau kompetisi merupakan tipe interaksi interspesifik dimana dua individu atau spesies berebut sumberdaya yang terbatas, seperti pakan, unsur hara, ruang untuk melangsungkan kehidupan dan lain-lain. Pihak yang lebih efisien memanfaatkan sumberdayanya untuk bertahan, yang lainnya tersingkir.

Komensalisme

Komensalisme berarti “bersama-sama pada satu meja”. Istilah ini digunakan untuk menggambarkan hubungan simbiotik, yaitu satu organisme memakan makanan yang tidak dimanfaatkan oleh yang lain. Hubungan antara ikan remora dengan ikan hiu merupakan contoh yang khas. Sirip dorsal remora berubah menjadi alat pengisap yang dipakai untuk melekatkan diri pada ikan hiu. Ikan hiu tersebut tidak merasa terganggu oleh hal ini, dan tidak mencoba memangsa remora. Bila ikan hiu makan, ikan remora itu dapat menangkap sisa-sisa makanan ikan hiu tersebut.

Mutualisme

Hubungan simbiotik dimana masing-masing spesies memperoleh keuntungan disebut sebagai “mutualisme”. Algae zooxanthellae, yang hidup dalam polip karang saling berbagi keuntungan, dimana hasil fotosintesa berupa oksigen dan nutrisi berupa glycerol, glukosa dan asam amino akan dimanfaatkan oleh organisme hewan karang sebagai bahan makanan sekaligus membantu proses pembentukan terumbu. Sedangkan polip yang menyediakan tempat hidup serta unsure anorganik berupa karbondioksida bagi algae zooxanthellae untuk melakukan proses fotosintesis dengan bantuan cahaya matahari.

RINGKASAN

Secara estimologi, ekosistem adalah suatu system yang mencakup semua makhluk hidup yang saling berinteraksi dan berinterdependensi dengan lingkungan hidupnya.

Sistem ekologi menurut konsep ekosistem dapat didefinisikan sebagai suatu sy¹⁶n yang mencakup semua jasad hidup dan jasad tidak hidup (lingkungan) yang berfungsi secara bersama, saling terkait tidak terpisahkan (interdependensi) dan saling berinteraksi satu dengan yang lain untuk menciptakan suatu keterpaduan (integritas), sehingga memungkinkan terjadinya aliran energi yang dapat menciptakan struktur tropik (= tingkatan makanan) yang jelas; keanekaragaman biotik (biodiversity) dan daur materi antara bagian hayati dan ⁸³ hayati dalam suatu system.

Ekosistem merupakan ¹⁵¹nit fungsional dasar dalam ekologi karena meliputi organisme hidup dan lingkungan abiotik yang saling berhubungan antara satu dengan yang lain, dengan demikian sistem ekologi berfungsi sebagai pemeliharaan dan kelangsungan hidup di alam ini.

Variabel-variabel yang dapat mempengaruhi luas lingkungan input dan output dalam suatu ekosistem adalah : ukuran system, intensitas metabolisme, keseimbangan autotrofik-heterotrofik serta tingkat dan perkembangan system.

Berdasarkan aspek struktur trofik, ekosistem dibentuk oleh dua strata, yaitu stratum autotrofik dan stratum heterotrofik.

Komponen-komponen abiotik yang terdapat dalam ekosistem laut adalah : sinar matahari, suhu, salinitas, substrat, gerakan air, awan dan lain-lain, sedangkan komponen-komponen biotik pembentuk ekosistem terdiri dari produsen dan konsumen.

SOAL LATIHAN

1. Jelaskan definisi ekosistem secara estimologi !
2. Uraikan system ekologi menurut konsep ekosistem !
3. Jelaskan fungsi system ekologi !
4. Jelaskan hubungan antara aliran energi dalam ekosistem dalam kaitannya dengan hukum Thermodinamika I dan II !
5. Jelaskan variable-variabel yang dapat mempengaruhi luas lingkungan input dan output dalam suatu ekosistem!
6. Jelaskan dua strata pembentuk ekosistem berdasarkan aspek struktur trofik !
7. Uraikan komponen-komponen abiotik yang terdapat dalam ekosistem laut !
8. Uraikan komponen-komponen biotik pembentuk ekosistem !

DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, R and Mitchell., 2007. Biologi Edisi Kelima (Penerjemah : Wasmen Manalu). Penerbit Erlangga, ⁶⁷ Jakarta.
- Irwan, Z. D., 2003. Prinsip-Prinsip Ekologi dan Organisasi Ekosistem, Komunitas Dan Lingkungan (Cetakan Ketiga). Penerbit PT Bumi Aksara, Jakarta.
- ¹⁰ Michael, P., 1994. Metode Ekologi Untuk Penyelidikan Ladang Dan Laboratorium (Penerjemah Yanti R. Koestoer). Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- ⁹⁷ Nontji, A., 2005. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan, Jakarta.
- Romimohtarto, K dan Sri Juwana., 2005. Biologi Laut. Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut. Penerbit Djambatan, Jakarta.
- ⁴ Soemarwoto, O., 2004. Ekologi Lingkungan Hidup Dan Pembangunan. Penerbit Djambatan, Jakarta.
- ⁸⁸ Wirakusumah, S., 2003. Dasar-Dasar Ekologi Bagi Populasi Dan Komunitas. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

BAB III. ENERGI DAN MATERI DALAM EKOSISTEM LAUT

Kompetensi Dasar :

Mendeskripsikan proses aliran energi dan materi melalui daur biogeokimia, produktivitas primer dan pemanfaatannya oleh organisme dalam ekosistem laut.

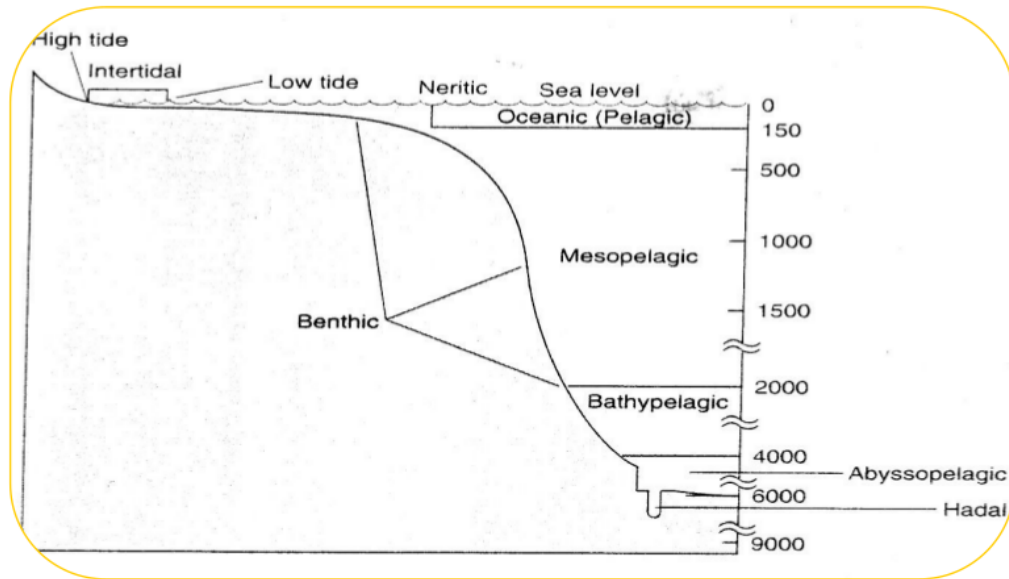
Indikator :

1. Menjelaskan pengertian daur biogeokimia;
2. Menguraikan unsure-unsur hara yang penting di laut;
3. Menguraikan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas primer di laut;
4. Mengelompokkan lingkungan laut berdasarkan unsure hara yang berperan dalam produktivitas primer di laut;
5. Mendeskripsikan grazing food chain dalam ekosistem laut;
6. Mendeskripsikan detritus food chain sebagai salah satu

BAB III ENERGI DAN MATERI DALAM EKOSISTEM LAUT

A. Klasifikasi Lingkungan Laut

Pengklasifikasian lingkungan laut umumnya didasarkan pada penetrasi cahaya, temperature, kedalaman dan lain-lain, sehingga wilayah lingkungan perairan laut dapat dibagi menjadi dua bagian, yakni secara horizontal dan secara vertikal (Hedgpeth, 1957). Di samping itu, pewayalahan laut dapat dibagi menjadi daerah permukaan (pelagik) dan daerah dasar (bentik) (Gambar 5).



Gambar 7. Pembagian zona laut (Hedgpeth, 1957).

63

Secara horizontal, kawasan pelagik dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Zona Neritik, mencakup massa air yang terletak di atas paparan benua dan banyak dipengaruhi oleh aliran sungai karena wilayahnya dekat dengan pantai, sehingga memiliki keanekaragaman yang berbeda dengan perairan oseanik.
2. Zona Oseanik, meliputi semua perairan terbuka lainnya.

Secara vertikal, kawasan pelagik dapat dibagi berdasarkan daya tembus cahaya matahari kedalam kolom perairan laut, yaitu :

1. Zona Fotik, yaitu suatu zona pada perairan pelagik yang masih mendapatkan cahaya matahari. Batas bawah zona ini tergantung pada batas kedalaman tembus cahaya, dan biasanya berdasarkan tingkat kejernihan air. Umumnya batas bawah zona fotik terletak pada kedalaman 100-150 meter. Istilah lain untuk zona fotik adalah zona epipelagik, merupakan daerah tempat proses produksi primer di lautan.
2. Zona Afotik, yaitu zona yang tidak dapat ditembus oleh cahaya matahari (selalu dalam kegelapan), yang posisinya terdapat di bawah zona fotik.

Secara vertikal, zona afotik dibagi menjadi empat, yaitu :

1. Zona mesopelagik, merupakan bagian teratas zona afotik hingga kedalaman isotherm 10°C yang terletak pada kedalaman 700-1000 meter.
2. Zona batipelagik, merupakan daerah yang terletak pada kedalaman dimana suhu perairan berkisar antara 10°C dan 4°C atau pada kedalaman antara 700-1000 meter dan 2000-4000 meter.
3. Zona abisal pelagik, merupakan zona yang kedalamannya dapat mencapai 6000 meter.
4. Zona hadal pelagik, yaitu perairan terbuka dari palung laut dalam (laut jeluk) dengan kedalaman 6000-10000 meter.

Selanjutnya, zona afotik (pelagic), zona vertikal dasar atau bentik dapat dibagi atas tiga bagian, yaitu :

1. Zona batial, yaitu daerah dasar yang mencakup lereng benua hingga mencapai kedalaman 12400 meter.
2. Zona abisal (termasuk dataran abisal), yaitu zona yang luasnya berada pada kedalaman 4000-6000 meter.
3. Zona hadal, yaitu zona bentik dan palung lautan dengan kedalaman antara 6000-10000 meter.

Selanjutnya, zona bentik yang terletak di bawah zona neritik pelagik secara berurutan dapat dibagi atas tiga bagian, yaitu :

1. Zona Supralitoral, merupakan zona yang terletak diatas zona intertidal. Area ini dapat tergenang air laut hanya pada saat pasang tertinggi (pasang bulan purnama). Jika tidak terjadi peristiwa pasang, daerahnya kering.
2. Zona Litoral (Intertidal), disebut juga sebagai daerah pasang surut yakni area yang tergenang oleh air pasang dan terbuka pada saat surut terendah; daerah ini mewakili daerah peralihan dari kondisi lautan ke kondisi daratan (*ecotone*) serta memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi.
3. Zona Sublitoral, merupakan zona yang selalu terendam di bawah permukaan laut. Area ini membentang bersamaan dengan bertambahnya kejelukan laut sampai ke pinggir paparan benua. Karena mendapat cahaya, zona ini umumnya dihuni oleh organisme dari berbagai komunitas, seperti rumput laut, padang lamun maupun terumbu karang.

B. Daur Biogeokimia

Suatu sistem dapat berfungsi dan "hidup" jika terjadi hubungan timbal balik dan saling ketergantungan antara komponen yang satu dengan komponen yang lainnya, yakni antara komponen biotik dan komponen abiotik.

Jika aliran energi merupakan arus satu arah yang diperbaharui terus dari pasokan sinar matahari, aliran materi yang diperlukan oleh dunia kehidupan pada dasarnya bersifat dua arah karena bahan-bahan kimia terbatas persediaannya, sehingga harus digunakan lagi melalui proses perputaran (siklus). Karena proses siklus materi tidak hanya terjadi dalam tubuh organisme (biota), tetapi berlangsung juga dalam lingkungan abiotik, proses ini disebut "siklus biogeokimia".

Menurut Hutchinson (1944, 1950) siklus biogeokimia merupakan suatu pertukaran atau perubahan yang terus-menerus dari bahan-bahan antara komponen biotik dan abiotik.

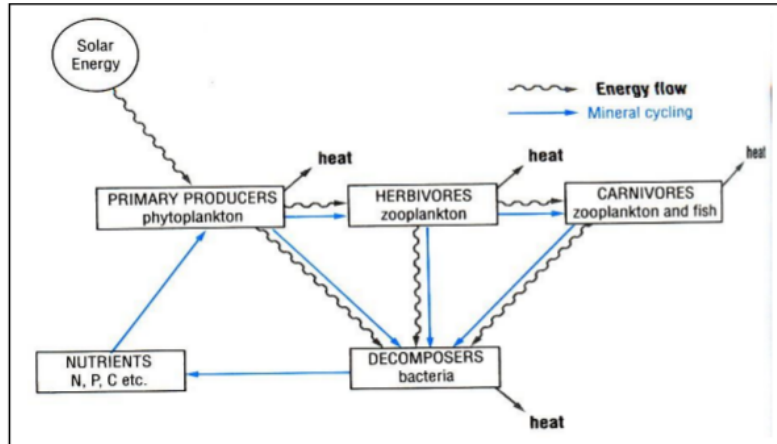
Berdasarkan sumber yang ada di alam, siklus biogeokimia dapat dibagi dalam dua tipe, yaitu :

1. Tipe Gas, sebagai sumbernya atmosfer dan lautan (hidrosfer). Misalnya : Siklus Nitrogen.
2. Tipe Sedimen, sumbernya berasal dari sedimen atau batuan bumi.

Misalnya : Fosfor.

Daur Bahan Organik

Daur bahan organik atau disingkat daur organik di laut sama dengan daur organik di lingkungan air tawar dan di darat. Karbon bersama-sama dengan zat hara, seperti fosfor dan nitrogen melalui proses fotosintesis menghasilkan jaringan tumbuh-tumbuhan yang menjadi makanan hewan. Keduanya akan menghasilkan zat organik jika mereka mati. Jika organisme tersebut membusuk, maka akan dihasilkan bahan mentah untuk memulai daur organik lagi.



Gambar 8. Siklus Mineral dan Aliran Energi pada Ekosistem Laut.

Daur Oksigen

Oksigen (O_2) terdapat bebas dalam udara atau terlarut dalam air. Oksigen dibebaskan dalam proses fotosintesa dan kemudian dipergunakan untuk pernafasan oleh organisme. Jika jasad hidup melakukan proses pernafasan (respirasi) yang merupakan kebalikan dari proses fotosintesa, maka CO_2 akan dibebaskan dan akan digunakan lagi oleh tumbuhan hijau berklorofil dalam pembentukan karbohidrat. Dengan cara ini, oksigen tetap dapat 4 pertahankan di alam.

Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer (sekitar 35 %) dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton (Novotny dan Olem, 1994). Difusi oksigen dari atmosfer ke dalam air dapat terjadi secara langsung pada kondisi air diam (stagnant). Difusi juga dapat terjadi karena agitasi atau pergolakan massa air akibat adanya gelombang atau ombak dan air terjun. Namun, pada hakikatnya difusi oksigen dari atmosfer ke perairan berlangsung relatif lambat, meskipun terjadi pergolakan massa air. Oleh karena itu, sumber utama oksigen di perairan adalah fotosintesis.

Atmosfer bumi mengandung oksigen sekitar 210 ml/liter. Di perairan tawar, kadar oksigen terlarut berkisar antara 15 mg/liter pada suhu $0^\circ C$ dan 8 mg/liter pada suhu $25^\circ C$, sedangkan di perairan laut berkisar antara 11 mg/liter pada suhu $0^\circ C$ dan 7 mg/liter pada suhu $25^\circ C$ (McNeely *et al.*, 1979). Kadar oksigen terlarut pada 48 airan alami biasanya kurang dari 10 mg/liter.

Kadar oksigen terlarut di perairan alami bervariasi tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian (altitude) serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil (Jeffries dan Mills, 1996).

Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian (diurnal) dan musiman, tergantung pada pencampuran (mixing) dan pergerakan (turbulence) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi dan limbah (effluent) yang masuk ke badan 96

Kadar oksigen dan gas-gas lain juga berkurang dengan meningkatnya salinitas (Cole, 1983), sehingga kadar oksigen di laut cenderung lebih rendah daripada kadar oksigen di perairan tawar.

Daur Karbon

Karbon merupakan salah 46 atau unsur yang terdapat pada bahan organik, seperti karbohidrat ($C_6H_{12}O_6$), ditemukan dalam bentuk gas karbondioksida (CO_2) maupun sebagai batuan karbonat, seperti batu kapur, koral ($CaCO_3$).

3 Atmosfer bumi mengandung karbondioksida dengan presentase yang relatif kecil, yakni sekitar 0,003% (Tabel 4). Akan tetapi, dari tahun ke tahun, kadar karbondioksida memperlihatkan kecenderungan peningkatan sebagai hasil dari penggundulan hutan dan pembakaran bahan bakar fosil, misalnya minyak bumi dan batubara. Sekitar setengah dari karbondioksida yang merupakan hasil pembakaran ini berada di atmosfer dan setengahnya lagi tersimpan di laut dan digunakan dalam proses fotosintesis oleh diatom dan algae laut lain. Small (1972) dalam Cole (1988) mengemukakan bahwa 88% hasil fotosintesa di bumi ini merupakan sumbangan dari algae di lautan.

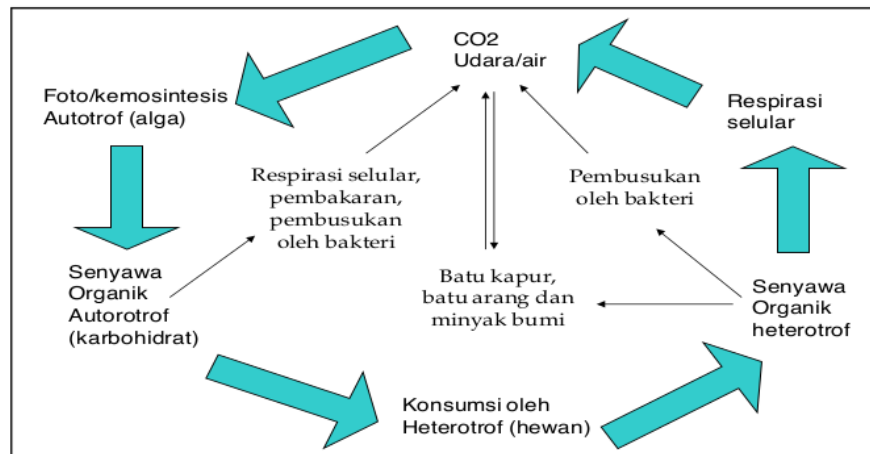
115
Tabel 4. Persentase Volume Gas Karbondioksida di Atmosfer

Gas	Persentase (%)
1. Nitrogen (N ₂)	78,084
2. Oksigen (O ₂)	20,946
3. Argon (Ar)	0,934
4. Karbondioksida (CO ₂)	0,033

Sumber : Cole (1988).

42 Organisme autotrof perairan, terutama tumbuhan hijau berklorofil, menangkap karbondioksida dan mereduksinya menjadi senyawa organik dalam bentuk karbohidrat, protein, lipid dan lain-lain. Produsen darat memperoleh karbondioksida dari atmosfer, sedangkan produsen air memanfaatkan karbondioksida yang terlarut (sebagai bikarbonat, HCO₃) dalam air.

100 Siklus karbon di bumi ditunjukkan dalam Gambar 7. Sumber karbon utama di bumi adalah atmosfer dan perairan, terutama lautan. Laut mengandung karbon lima puluh kali lebih banyak daripada karbon di atmosfer. Perpindahan karbon dari atmosfer ke laut terjadi melalui proses difusi. Karbon yang terdapat di laut cenderung mengatur karbondioksida di atmosfer. Karbon yang terdapat di atmosfer dan perairan diubah menjadi karbon organik melalui proses fotosintesis, kemudian masuk kembali ke atmosfer melalui proses respirasi dan dekomposisi yang merupakan proses biogeosiklik hidup. Melalui proses kimia yang berlangsung sangat lama, karbon yang terdapat di atmosfer dan laut dapat berubah menjadi bahan organik yang berupa bahan bakar fosil atau menjadi bahan anorganik, misalnya batuan karbonat. Pengembalian karbon ke atmosfer juga dilakukan oleh aktivitas lain yang bukan aktivitas biologis, misalnya pembakaran bahan bakar fosil (batubara dan minyak bumi). Selain dalam bentuk karbondioksida, lapisan bumi mengandung deposit karbon dalam bentuk karbon anorganik, misalnya batuan kapur (limestone) dan karbon organik berupa bahan bakar fosil. Pelapukan batuan, pelarutan batuan karbonat dan aktivitas vulkanik juga berperan untuk mengembalikan karbon dalam bentuk karbondioksida, asam karbonat karbondioksida dan asam karbonat ke atmosfer dan perairan.



Gambar 9. Siklus Karbon yang Terdapat di Bumi (Rao, 1992).

4

50

Pembakaran bahan bakar fosil (batubara dan minyak bumi) oleh kendaraan bermotor dan kegiatan industri yang sangat intensif akhir-akhir ini dipercaya telah meningkatkan kadar karbondioksida di atmosfer. Karbondioksida merupakan salah satu gas yang memiliki efek rumah kaca (green house effect) yaitu gas yang menyerap panas yang dilepaskan oleh cahaya matahari. Karbondioksida transparan terhadap cahaya, tetapi agak kabur terhadap sinar panas, sehingga karbondioksida di udara dapat menghalangi radiasi panas dari bumi untuk kembali ke ruang angkasa. Dengan demikian, keberadaan gas ini dapat meningkatkan "tebalnya" selimut termal (panas), sehingga bumi akan menjadi lebih hangat. Oleh karena itu, peningkatan kadar karbondioksida berkorelasi secara positif dengan peningkatan suhu bumi, yang dikenal dengan istilah "pemanasan global" (global warming). Kelarutan karbondioksida agak berbeda dengan oksigen, karena gas ini bereaksi secara kimia di dalam air. Karbondioksida melimpah di dalam air laut dan kapasitas air laut untuk menyerap gas ini cukup besar. Hal ini terjadi karena karbondioksida, ketika masuk ke air laut, bereaksi dengan air dan menghasilkan asam karbonat.



Asam karbonat selanjutnya terdisosiasi menjadi ion hidrogen dan ion bikarbonat :



Kemudian ion bikarbonat terdisosiasi lagi menjadi ion hydrogen dan ion karbonat :



5

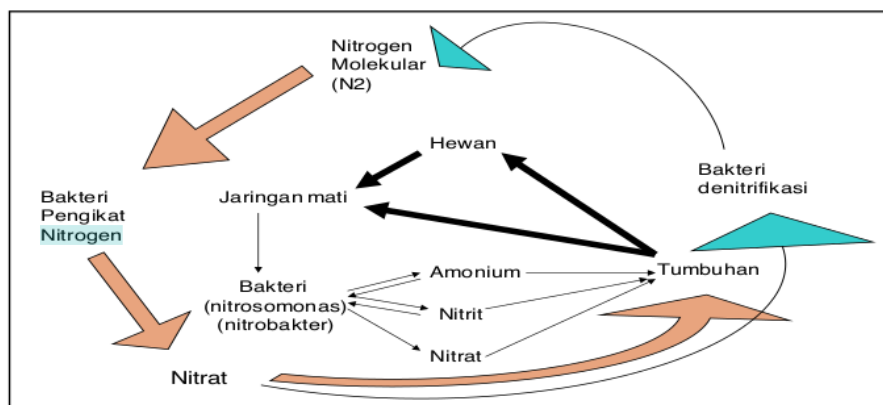
Jadi, pada dasarnya keberadaan karbondioksida di perairan terdapat dalam bentuk gas karbondioksida bebas (CO_2), ion bikarbonat (HCO_3^-), ion karbonat (CO_3^{2-}) dan asam karbonat (H_2CO_3) (Boney, 1989) dan Cole, 1988). Proses fotosintesis di perairan dapat memanfaatkan karbondioksida bebas maupun ion bikarbonat sebagai sumber karbon (Jeffries dan Mills, 1996).

Daur Nitrogen

Semua makhluk hidup memerlukan atom nitrogen untuk pembentukan protein dan berbagai molekul esensial lainnya. Pada tumbuhan dan hewan, senyawa nitrogen (N_2) ditemukan sebagai penyusun protein dan klorofil. Meskipun ditemukan dalam jumlah yang melimpah di lapisan atmosfer, akan tetapi nitrogen tidak dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup secara langsung (Dugan, 1972). Nitrogen harus mengalami fiksasi (penggabungan) terlebih dahulu menjadi NH_3 , NH_4 dan NO_3 . Meskipun demikian, bakteri *Azotobacter* dan *Clostridium* serta beberapa jenis algae hijau biru (blue-green algae / Cyanophyta), misalnya *Anabaena* dapat memanfaatkan gas N_2 secara langsung dari udara sebagai sumber nitrogen.

Di perairan, nitrogen ditemukan dalam dua bentuk, yaitu :

1. Nitrogen Anorganik, berupa ammonia (NH_3), ammonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas.
2. Nitrogen Organik, berupa protein, asam amino dan urea.



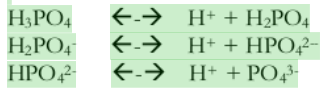
Gambar 10. Daur Nitrogen di Laut (Davis, 1986).

15ur Phosfor

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Dugan, 1972). Karakteristik fosfor sangat berbeda dengan unsure lain yang merupakan penyusun biosfer karena unsure ini tidak terdapat di atmosfer. Pada kerak bumi, keberadaan fosfor relatif sedikit dan mudah mengendap. Fosfor juga merupakan unsure yang esensial bagi tumbuhan dan algae aquatic serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan.

5

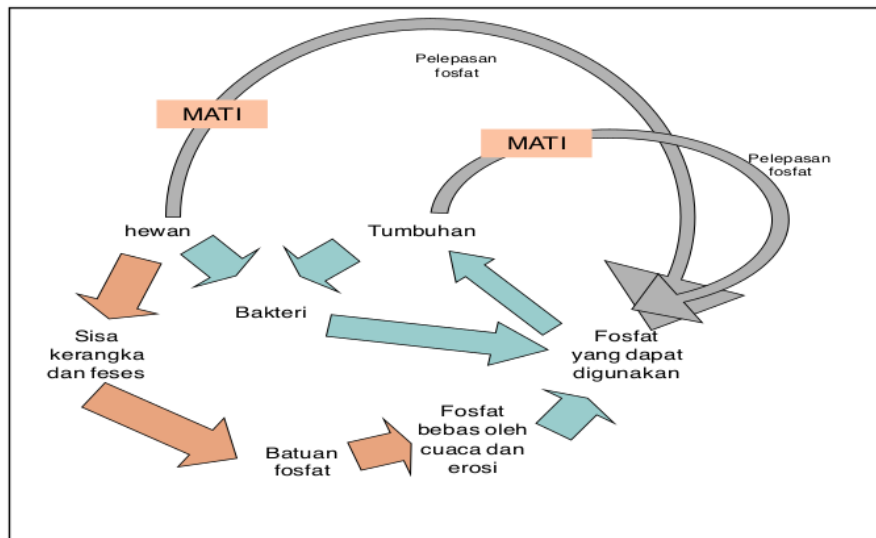
Fosfor berperan dalam transfer energi di dalam sel, misalnya yang terdapat pada ATP (Adenosine Triphosphate) dan ADP (Adenosine Diphosphate). Ortofosfat yang merupakan produk ionisasi dari asam ortofosfat adalah bentuk fosfor yang paling sederhana di perairan (Boyd, 1988). Reaksi ionisasi asam ortofosfat ditunjukkan dalam persamaan



Ortofosfat (orthophosphate) adalah bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan aquatic dan merupakan senyawa fosfat anorganik yang teramat berlimpah dalam daur fosfor, yang dihasilkan oleh proses pemecahan fosfat organik oleh bakteri dan jaringan yang sedang membusuk.

5

Dalam daur fosfor, banyak interaksi yang terjadi antara tumbuh-tumbuhan dan hewan, antara senyawa organik dan anorganik, dan antara kolom air dan permukaan serta substrat. Misalnya, beberapa jenis hewan membebaskan sejumlah besar fosfor terlarut dalam kotorannya. Fosfor ini kemudian terlarut dalam air sehingga tersedia bagi tumbuh-tumbuhan. Sebagian senyawa fosfat anorganik mengendap sebagai mineral ke dasar laut (Gambar 10).



Gambar 11. Daur Fosfor di Laut (Davis, 1986)

24

Kadar rata-rata fosfor dalam laut adalah 70 mikrogram/liter (0,07 ppm). Kadar fosfor dalam suatu lingkungan laut sangat bervariasi. Hal ini tergantung pada :

1. 24 elukan Laut

Jika ditinjau menurut kejelukan, sebaran menegak fosfor dapat dikelompokkan menjadi tiga lapisan, yakni :

- Lapisan permukaan, mengandung kadar fosfor yang minimal karena penyerapan yang tinggi akibat tingginya produksi organik.
- Lapisan kedua, yang mencapai beberapa ratus meter jeluknya, kadar fosfor menaik dengan cepat, karena penyerapan unsure kimia ini mengurang disebabkan oleh berkurangnya kegiatan pembentukan zat organik dan karena di lapisan 24 pelepasan fosfor melalui proses pembusukan dimulai.
- Lapisan ketiga, yang mencapai kejelukan antara 500 – 1000 meter, kadar fosfor maksimal, kemudian terjadi penurunan kadar fosfor pada lapisan dasar lau yang pekat.

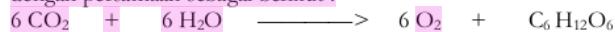
5. **Perubahan Temporal**
Pada siang hari, kadar fosfor minimum karena diserap oleh tumbuh-tumbuhan. Kadar fosfor mencapai maksimum saat menjelang fajar, setelah jangka waktu lama, yaitu pada malam hari, saat tidak terjadi proses fotosintesis.
5. **Perubahan Musiman**
Di daerah beriklim sedang, dimana terdapat empat musim, kadar fosfor maksimum terjadi pada musim dingin, di saat malam lebih panjang daripada siang hari. Hal sebaliknya terjadi pada musim panas.
- Gerakan Massa Air
Massa air lapisan jeluk yang dingin dan kaya akan zat hara naik ke permukaan menyebabkan pengayaan fosfor setempat dan biasanya mengakibatkan ledakan produktivitas plankton.

C. Produktivitas Primer di Laut

Pada dasarnya konsep aliran dan efisiensi energi yang digunakan dalam suatu ekosistem, termasuk laut melibatkan banyak cahaya secara alami, disamping adanya evolusi ekosistem suatu "niche" ekologi. Energi primer untuk hidup berasal dari matahari yang diubah menjadi energi kimiawi berupa senyawa organik melalui proses fotosintesis yang terjadi pada tumbuhan, kemudian ditransfer ke dalam ekosistem dengan bantuan aliran-aliran kandungan material maupun yang terjadi di antara organisme. Organisme yang dapat menggunakan cahaya secara langsung dan mengubahnya untuk disetor berupa energi disebut sebagai "produsen primer."

Produsen primer utama pada sebagian besar ekosistem terestrial adalah tumbuhan. Dalam zona limnetik danau dan dalam lautan terbuka, fitoplankton (alga dan bakteri) adalah autotrof yang paling penting, sementara alga multiseluler dan tumbuhan akuatik kadang-kadang merupakan produsen primer yang lebih penting di daerah litoral (daerah dangkal dekat pantai) dalam ekosistem air tawar maupun air laut. Akan tetapi, pada zona afotik laut dalam, sebagian besar kehidupan bergantung pada produksi fotosintetik di dalam zona fotik; energi dan nutrisi turun ke bawah dari atas dalam bentuk plankton mati dan detritus lainnya, disamping oleh bakteri moautotrof.

Cara yang mendasar untuk menangkap energi matahari adalah pembentukan gula oleh tumbuhan yang mengandung klorofil (Rabinowitch, 1945 dalam Kendeigh, 1980) yang disebut sebagai peristiwa fotosintesis dengan persamaan sebagai berikut :



Gula (karbohidrat) yang merupakan hasil fotosintesis, dapat diubah menjadi tepung, lemak, atau karbon, hydrogen, oksigen yang jika digabung dengan nitrogen, sulfur dan fosfor dapat terbentuk protein. Jumlah gula atau bahan organik baru yang terbentuk dari peristiwa fotosintesis menggambarkan produksi primer ekosistem. Istilah produktivitas primer seringkali ditafsirkan sebagai biomassa (standing crop), padahal keduanya memiliki esensi yang berbeda. Menurut Odum (1971) dan Odum (1983), yang dimaksud dengan produktivitas primer di dalam suatu komunitas atau ekosistem adalah laju penyimpanan energi sinar matahari oleh aktivitas fotosintetik dan kemosintetik yang dilakukan oleh produsen (terutama tumbuhan hijau berklorofil) ke bentuk bahan organik yang dapat dipergunakan sebagai bahan makanan. Dengan kata lain, produktivitas primer adalah laju produksi, yaitu jumlah bahan organik hasil fotosintesis per satuan waktu, sedangkan biomassa merupakan jumlah berat bahan organik per satuan area. Biomassa dapat dinyatakan sebagai biomassa volume, biomassa berat basah, biomassa berat kering, biomassa berat kering bebas debu. Dengan demikian, adakalanya produktivitas tinggi, tetapi karena terjadi konsumsi oleh herbivora, maka biomassa menjadi rendah.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Primer di Laut

Tinggi rendahnya produktivitas primer suatu lingkungan perairan laut, tergantung pada beberapa faktor antara lain :

4. **Cahaya Matahari**
Banyak radiasi matahari yang mencapai biosfer sampai di lahan gundul atau badan air yang dapat menyerap atau memantulkan energi yang datang. Hanya sebagian kecil yang mengenai algae, bakteri fotosintetik dan daun tumbuhan, dan hanya sebagian cahaya yang memiliki panjang gelombang yang sesuai untuk fotosintesis.
Produktivitas di laut umumnya terdapat paling besar di perairan dangkal dekat benua dan di sepanjang terumbu karang, dimana cahaya dan nutrisi berlimpah. Di lautan terbuka, intensitas cahaya mempengaruhi produktivitas komunitas fitoplankton. Produktivitas secara umum paling besar dekat

permukaan dan menurun secara tajam dengan bertambahnya kedalaman, karena cahaya secara cepat diserap oleh air dan plankton.

Produktivitas primer per satuan luas laut terbuka relatif rendah karena nutrient anorganik, khususnya nitrogen dan fosfor, tersedia dalam jumlah terbatas di dekat permukaan; di tempat yang sangat dalam, di mana nutrient berlimpah, cahaya yang masuk tidak mencukupi untuk mendukung fotosintesis. Komunitas fitoplankton berada pada kondisi paling produktif ketika arus yang naik ke atas membawa nitrogen dan fosfor ke permukaan.

Tumbuhan hijau di darat hanya menggunakan sekitar 1% saja sinar matahari yang sampai kepadanya, sedangkan tumbuhan laut, berupa fitoplankton, algae dan makrophyta dapat menggunakan sinar matahari tersebut sampai dengan 7%. Tumbuhan laut mensintesis sekitar 90% dari jumlah keseluruhan zat-zat organik yang disintesis oleh tumbuhan di atas dunia ini.

Intensitas cahaya yang masuk ke dalam kolom air sangat mempengaruhi produksi fitoplankton dan sangat bergantung pada beberapa faktor, antara lain absorpsi cahaya oleh air, panjang gelombang cahaya, kecerahan air, pemantulan cahaya oleh permukaan laut, lintang geografik dan musim.

2. Awan

Sumber energi utama untuk semua aras trofik adalah sinar matahari yang hanya efektif pada waktu siang hari. Oleh karena ada absorpsi pada waktu energi berwujud sinar tersebut melalui atmosfer dan terjadi pemencaran oleh asap dan partikel debu serta ada awan, maka hanya tertinggal kurang lebih 46% sinar matahari yang mencapai permukaan bumi (Fritz, 1957 dalam Kendeigh, 1980).

Adanya awan dan debu di udara dapat mengurangi jumlah dan intensitas cahaya yang sampai ke permukaan air setelah menjelajahi atmosfer. Keadaan seperti ini mengurangi penembusan cahaya ke permukaan laut dan mengurangi kecepatan proses produktivitas primer.

3. Angin

Angin dapat menciptakan gelombang yang dapat mengakibatkan permukaan laut tidak rata dan memantulkan sebagian sinar matahari jika dibandingkan dengan permukaan yang rata.

Gelombang, terutama di perairan dangkal dapat juga menyebabkan kekeruhan dan mengurangi penembusan cahaya matahari. Tetapi sebaliknya, angin juga dapat mendorong massa air sehingga memperkaya zat hara untuk fotosintesis.

4. Suhu

Suhu yang membantu melalui keragaman musiman mengakibatkan hilangnya termoklin dan mendorong permukaan massa air yang menyediakan zat hara untuk kegiatan fotosintesis. Suhu juga mempengaruhi daya larut gas-gas yang diperlukan untuk fotosintesis seperti CO_2 dan O_2 .

5. Zat-zat Hara (Nutrient)

Untuk proses fotosintesis, fitoplankton membutuhkan air, CO_2 dan cahaya. Namun untuk proses pertumbuhan dan produksi sel, fitoplankton sangat tergantung pada ketersediaan unsure hara. Tanpa ketersediaan ini, sel-sel fitoplankton tidak dapat membelah diri dan selanjutnya menjadi tua (senescent).

Tetapi jika ada unsure hara, populasi sel akan meningkat. Zat-zat hara anorganik utama yang diperlukan fitoplankton untuk tumbuh dan berkembang biak adalah nitrogen (sebagai nitrat, NO_3^-) dan fosfor (sebagai fosfat, PO_4^{2-}). Zat-zat hara lain, baik anorganik maupun organik, mungkin diperlukan dalam jumlah kecil atau sangat kecil, namun pengaruhnya terhadap produktivitas tidak sebesar nitrogen dan fosfor.

Rantai Makanan di Laut

Rantai makanan ("food chain") adalah hubungan makan-dimakan antara organisme autotrofik dengan organisme heterotrofik dan antara sesama heterotrofik, di mana terjadi perpindahan aliran energi dari produsen ke konsumen.

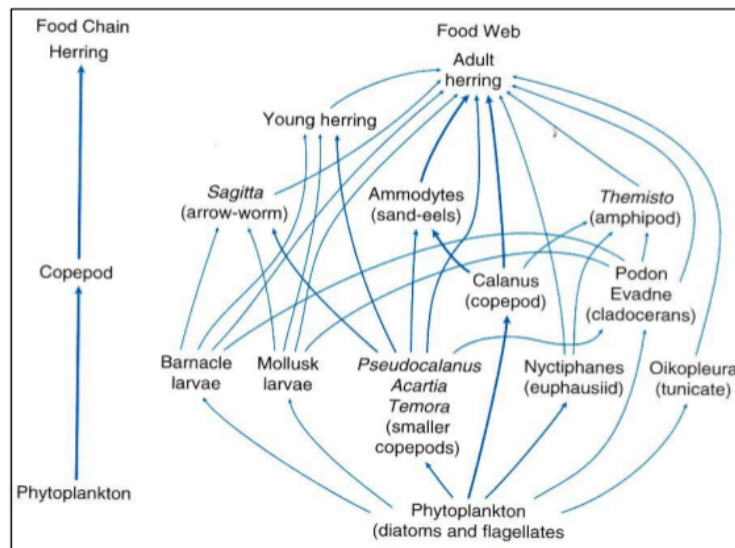
Organisme autotrofik disebut sebagai produsen meliputi semua organisme yang dapat mensintesa bahan organik dari bahan anorganik, sedangkan semua organisme yang langsung memanfaatkan organisme

autorofik maupun saling makan antara organisme heterotrof pada tingkatan herbivora, karnivora ataupun decomposer disebut sebagai konsumen.

2 Setiap tingkatan trofik konsumen dalam suatu rantai makanan disebut sebagai “tingkatan trofik (*level trophic*)”. Di darat, dimana banyak terdapat herbivora besar, rantai makanan biasanya pendek, hanya terdiri dari tiga atau empat mata rantai. Pada perairan aquatic (laut), rantai makanan yang terjadi panjang, bisa mencapai lima atau lebih mata rantai karena h4ivora yang hidup umumnya berukuran sangat kecil. Rantai-rantai makan yang saling berhubungan dalam suatu ekosistem akan membentuk jaring-jaring makanan (*“food web”*).

Agar rantai makan berkelanjutan dan selalu berada dalam keadaan yang seimbang, maka produsen harus lebih besar jumlahnya daripada konsumen tingkat satu. Begitu pula konsumen tingkat satu harus lebih banyak daripada konsumen tingkat dua dan seterusnya. Dengan demikian, makin tinggi tingkat konsumennya, jumlah populasi harus semakin kecil (semakin meruncing) sehingga tampak sebagai “piramida makanan”.

39 Piramida makanan adalah rantai makanan dalam bentuk piramida, dimana mata rantai dasar berupa biota berukuran kecil yang berada dalam jumlah individu yang besar dan puncaknya berisi biota berukuran besar dengan jumlah individu yang kecil.



Gambar 12. Rantai Makanan dan Jaringan Makanan di Laut

23 Dalam rantai pakan (food chain), fitoplankton akan dimakan oleh hewan herbivora yang merupakan produsen sekunder (secondary producer). Produsen sekunder ini umumnya berupa zooplankton yang kemudian dimangsa pula oleh hewan karnivora yang lebih besar sebagai produsen tersier (tertiary producer). Demikianlah seterusnya rentetan karnivora memangsa karnivora lain hingga merupakan produsen tingkat keempat, kelima dan seterusnya. Perpindahan senyawa organik dari satu tingkat ke tingkat lebih tinggi berlangsung tidak efisien. Diperkirakan efisiensi perpindahan ini hanya sekitar 10%. Ini berarti bahwa dari 1000 unit bahan organik yang diproduksi oleh produsen primer hanya 100 unit yang dapat membentuk produsen kedua, selanjutnya menjadi 10 unit produsen ketiga, satu unit produsen keempat dan seterusnya. Demikianlah, maka jenjang permakanan (trophic level) ini, dari produsen primer hingga karnivora puncak (top carnivore) akan membentuk limas pakan (food pyramid). Jelaslah bahwa fitoplankton, sebagai produsen primer, merupakan pangkal rantai pakan dan merupakan fondamen yang mendukung kehidupan seluruh biota laut lainnya. Atau dengan kata lain dapat disebutkan bahwa perairan yang produktivitas primer fitoplanktonnya tinggi akan mempunyai potensi sumberdaya hayati yang besar pula.

Menurut sifatnya, rantai makanan di laut terbagi atas dua bagian, yaitu :

1. Rantai Makanan Meramban / Merumput ("Grazing Food Chain")

Istilah merumput di sini dimaksudkan dalam hal konsumsi langsung tumbuhan hidup atau bagian-bagian tumbuhan yang berada dalam lingkungan perairan laut.

Seperti di daratan, produksi tumbuhan masuk ke dalam rantai makanan komunitas pelagic melalui organisme pemakan tumbuhan atau herbivora. Karena ukuran fitoplankton sangat kecil, organisme herbivora pun kecil.

Sejumlah besar spesies invetabrata planktonik adalah herbivora, tetapi herbivora yang dominan dalam semua lautan ini adalah berbagai spesies kopepoda (Gambar 13) yang terdiri dari 50% - 80% dari jumlah zooplankton, selain *Cladocera* dan *Euphausiid*.



Gambar 13. Copepoda

Rantai makanan merumput umumnya terjadi pada ekosistem terumbu karang atau pada komunitas lamun. Secara ringkas, rantai makanan meramban di laut dapat disederhanakan menjadi :

a. Produsen : Fitoplankton, Tumbuhan Thallus (Algae), Makrophyta (Lamun)

b. Konsumen :

- Zooplankton Herbivora : berupa Cladocera, Copepoda, Euphausiid.
- Zooplankton Karnivora : berupa larva ikan.
- Ikan Pemakan plankton, seperti ikan kembung, ikan tongkol, barakuda, ikan Paus
- Teritip
- Hewan-hewan karang

5

2. Rantai Makanan Detritus (*Detritus Food Chain*)

Detritus berasal dari bahasa Latin, "*deterere*" yang artinya busuk, menghilang atau lapu. Detritus merupakan salah satu sumber makanan utama dalam ekosistem pesisir atau lautan yang terdiri dari sisa-sisa bahan organik tumbuhan dan hewan yang berukuran mikroskopik dan berasosiasi dengan bakteri.

Rantai makanan detritus meliputi hasil penghancuran, pengumpulan, pembusukan atau penguraian (dekomposisi) bahan-bahan yang mati.

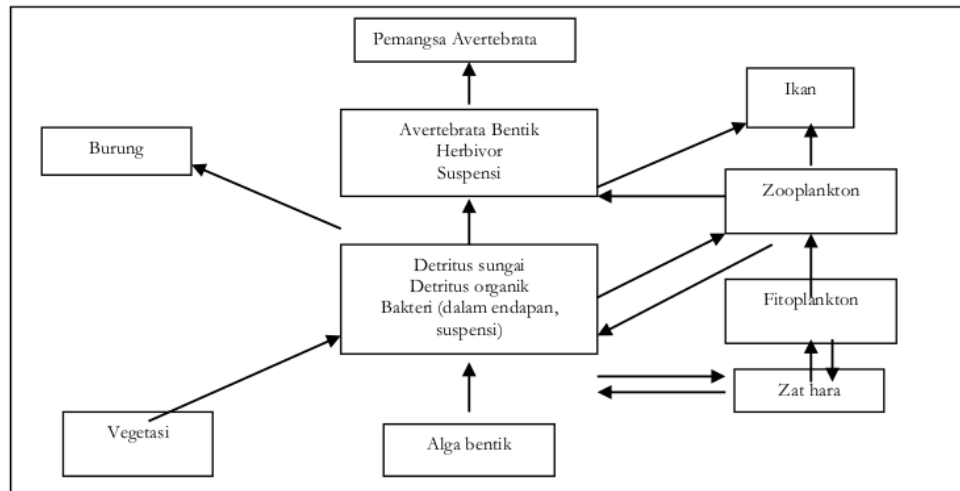
Dengan demikian, komponen rantai makanannya dapat disederhanakan mejadi :

a. Produsen : Detritus

b. Konsumen : - Bakteri dan fungi

- Protozoa dan avertebrata lain
- Karnivora sedang
- Karnivora tinggi

Tumpukan besar detritus, baik secara langsung maupun tidak langsung berasal dari biomassa tumbuh-tumbuhan. Biomassa hewan juga termasuk, tetapi besarnya biomassa tumbuh-tumbuhan melampaui biomassa hewan, karena kotoran hewan sebagian besar terdiri dari materi tumbuh-tumbuhan. Sumber detritus lainnya yang terbesar adalah kotoran hewan atau feces (*faeces*), terutama feces dari pemakan tumbuh-tumbuhan. Sebanyak 10 - 50% makanan hewan tidak dicernakan, melainkan dibuang sebagai feces. Bakteri dan fungi merupakan pengurai utama, dan protozoa merupakan konsumen bakteri dan detritivor yang lebih besar.



Gambar 14. Rantai Makanan Detritus (Odum, 1971).

Pola rantai makanan detritus sering dijumpai pada ekosistem estuari dan pada ekosistem mangrove. Pada ekosistem mangrove, sumber utama detritus berasal dari daun-daun dan ranting-ranting bakau yang telah membusuk. Daun-daun yang gugur dan sebagian algae yang gugur akan dimakan oleh jenis-jenis bakteri dan fungi. Bakteri dan fungi akan dimakan oleh sebagian protozoa dan avertebrata lainnya dan kemudian kedua organisme ini akan dimakan oleh karnivora sedang, kemudian karnivora sedang akan dimakan oleh karnivora yang lebih tinggi.

RINGKASAN

112

Siklus biogeokimia merupakan suatu pertukaran atau perubahan yang terus-menerus dari bahan-bahan antara komponen biotik dan abiotik.

Daur bahan organik atau disingkat daur organik di laut sama dengan daur organik di lingkungan air tawar dan di darat. Karbon bersama-sama dengan zat hara, seperti fosfor dan nitrogen melalui proses fotosintesis menghasilkan jaringan tumbuh-tumbuhan yang menjadi makanan hewan. Keduanya akan menghasilkan zat organik jika mereka mati. Jika organisme tersebut membusuk, maka akan dihasilkan bahan mentah untuk memulai daur organik lagi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas primer dalam suatu lingkungan perairan laut, tergantung pada beberapa faktor antara lain : sinar matahari, awan, angin, suhu dan unsure-unsur hara. Rantai makanan merumput (grazing food chain) umumnya terjadi pada ekosistem lamun dan ekosistem terumbu karang, sedangkan rantai makanan detritus, biasanya berlangsung pada ekosistem mangrove.

SOAL LATIHAN

1. Jelaskan pengertian daur biogeokimia !
2. Unsur-unsur hara yang terpenting dalam daur biogeokimia di laut meliputi daur C, P dan N. Jelaskan masing-masing daur tersebut !
3. Jelaskan factor-faktor yang mempengaruhi produktivitas primer di laut !
4. Berdasarkan ketersediaan unsure hara yang berperan dalam produktivitas primer, lingkungan laut terbagi atas dua bagian. Jelaskan !
5. Jelaskan melalui bagan sederhana, rantai makanan merumput (grazing food chain) dalam ekosistem laut !
6. Jelaskan melalui bagan sederhana, rantai makanan detritus (detritus food chain) dalam ekosistem laut !

DAFTAR PUSTAKA

Campbell, R and Mitchell., 2007. Biologi Edisi Kelima (Penerjemah : Wasmen Manalu). Penerbit Erlangga, Jakarta.

87

Dahuri, R., 2003. Keanekaragaman Hayati Laut. Asset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Effendi, H., 2007. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius, Jakarta.

Kimball, J. W., 2005. Biologi Jilid 3 (Penerjemah Siti Soetarmi, dkk). Penerbit Erlangga, Jakarta.

10

Michael, 60 1994. Metode Ekologi Untuk Penyelidikan Ladang Dan Laboratorium (Penerjemah Yanti R. Koestoer). Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Nontji, A., 2005. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan, Jakarta.

Nybakke 47 W., 1988. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis (Penerjemah M. Eidmen dan Koesoebiono). Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.

Romimohtarto, K dan Sri Juwana., 2005. Biologi Laut. Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut. Penerbit Djambatan, Jakarta.

BAB IV EKOSISTEM AQUATIK DAERAH TROPIK

Kompetensi Dasar :

Mendeskripsikan keragaman biota pada ekosistem laut dan pantai daerah tropik.

Indikator :

1. Menjelaskan sifat umum ekosistem laut dan pantai;
2. Membuat laporan tentang karakteristik, parameter lingkungan utama serta jenis-jenis terumbu karang di Indonesia;
3. Menguraikan parameter lingkungan utama yang menentukan keberlangsungan hidup dan pertumbuhan mangrove;
4. Menguraikan adaptasi mangrove secara morfologi maupun fisiologi;
5. Menjelaskan karakteristik ekosistem tumbuhan lamun;
6. Menguraikan parameter lingkungan utama yang mempengaruhi pertumbuhan lamun;

BAB IV EKOSISTEM AQUATIK DAERAH TROPIK

B. Perbandingan antara Ekosistem Daratan dan Lautan

Sifat Umum Ekosistem Lautan : 5

1. Laut itu luas, menutupi hampir 70% dari bagian permukaan bumi.
2. Laut itu jeluk (dalam) dan pada setiap kejelukan terdapat kehidupan.
3. Laut itu bersambung atau berhubungan antara satu dengan yang lain, tidak seperti di daratan dan air tawar (sungai) yang terpisah-pisahkan.
4. Laut selalu ber sirkulasi.
Keadaan ini disebabkan oleh adanya perbedaan suhu udara di daerah kutub dan khatulistiwa sehingga menciptakan angin keras yang bertiup sepanjang tahun yang disebut sebagai "angin pasat" (*trade wind*), yang bersama-sama dengan perputaran bumi (rotasi bumi) menciptakan arus-arus laut tertentu :
 - a. Adanya arus permukaan yang disebabkan oleh angin.
 - b. Adanya arus dalam yang disebabkan oleh adanya perbedaan suhu dan salinitas sehingga menimbulkan perbedaan massa jenis air laut.
Di samping itu, pergerakan air laut juga dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain :
 - a. Angin.
 - b. Pengadukan massa air oleh adanya perbedaan suhu dari dua lapisan.
 - c. Perbedaan tinggi permukaan laut.
 - d. Peristiwa pasang surut.Sirkulasi di perairan laut berperan dalam mengatasi kekurangan oksigen dalam perairan; tidak stagnan seperti pada perairan danau serta menciptakan/menimbulkan peristiwa upwelling, yaitu suatu proses pengangkatan massa air dari lapisan bawah yang kaya akan unsure hara, sehingga perairan menjadi subur.
5. Di laut terjadi bermacam-macam bentuk gelombang dan pasang surut.
Macam-macam gelombang yang terjadi di laut antara lain :
 1. Alun (swell), yaitu gelombang laut sederhana yang terjadi pada laut yang tenang.
 2. Gelombang pecah (surf), yaitu gelombang laut yang menuju dasar pantai dan kemudian pecah. Gelombang pecah terbagi atas empat bagian yakni :
 - a. Gelombang tumpah (spilling breaker), yaitu gelombang pecah yang terjadi pada dasar pantai yang landai.

- b. Gelombang terjun (plunging breaker), yaitu gelombang pecah yang terjadi pada dasar pantai yang terjal. 60
- c. Gelombang penerpa (surging breaker), yaitu gelombang pecah yang terjadi pada dasar pantai yang sangat terjal. 60
- d. Gelombang lain yang disebabkan oleh gerakan melaju dari benda-benda keras, seperti kapal. 39
3. Gelombang pasang (tsunami), merupakan istilah yang berasal dari Jepang yang telah menjadi istilah internasional untuk menyatakan gelombang laut luar biasa yang datang menyerang secara tiba-tiba, menghempas ke pantai dan menimbulkan malapetaka hebat. 39
Penyebab terjadinya gelombang tsunami, antara lain oleh adanya gempa bawah laut, adanya letusan gunung api dasar laut serta terjadinya longsor di dasar laut sehingga mengakibatkan massa air dalam jumlah yang besar naik dan tumpah ke permukaan.
4. Gelombang badai, yaitu gelombang yang disebabkan oleh adanya badai di laut. 39
5. Gelombang dalam, yaitu gelombang yang terjadi pada permukaan antara dua lapisan air laut yang berbeda densitasnya. 121
6. Pasang surut adalah suatu peristiwa yang menggambarkan gerakan naik turunnya air laut secara berirama (periodik) yang disebabkan oleh karena adanya pengaruh gaya gravitasi matahari dan bulan. 39
Umumnya peristiwa pasang surut lebih banyak dipengaruhi oleh adanya gaya gravitasi bulan karena jaraknya lebih dekat dengan bumi. Selain itu, bulan adalah merupakan satelit bumi.
7. Ciri khas yang membedakan air laut dengan perairan lainnya adalah karena rasanya yang asin karena adanya pengaruh salinitas.
8. Kerapatan air laut lebih besar daripada kerapatan udara sehingga memungkinkan organisme dan partikel yang relatif besar dapat terapung-apung di dalamnya.
9. Air lebih kuat menyerap cahaya dibandingkan dengan udara, dimana komponen cahaya ungu dan merah cepat sekali diabsorpsi oleh air hanya beberapa meter dari permukaan, sedangkan komponen cahaya biru dan hijau lebih lambat diabsorpsi sehingga dapat menembus air lebih dalam dan dapat mencapai kedalaman sampai 100 meter.
10. Senyawa biokimia yang dominan pada organisme daratan adalah karbohidrat, sehingga organismenya memiliki masa hidup (umur) yang panjang, tumbuh lambat dan kaya akan energi simpanan, sedangkan pada organisme laut senyawa biokimia yang dominan adalah protein, karena zat gula hasil fotosintesis dapat diubah menjadi tepung, lemak atau karbon, hidrogen, oksigen yang jika digabung dengan nitrogen, sulfur dan fosfor akan membentuk protein. Dengan demikian organisme laut cenderung tumbuh lebih cepat, tanpa energi simpanan yang berarti.
11. Di darat, banyak tumbuhan makroskopis, sebaliknya, di laut sangat jarang atau kurang. Oleh karenanya, organisme herbivor di darat juga berukuran relatif lebih besar dan hanya memanfaatkan tumbuhan dari beberapa bagiannya saja mengingat struktur tumbuhan darat yang kaku berupa kayu dan serat yang secara relatif sukar untuk di cerna oleh kebanyakan herbivor. Sedangkan organisme herbivora di laut mengkonsumsi semua bagian tumbuhan laut mengingat sebagian besar tumbuhan laut berukuran mikroskopis.
12. Rantai makanan di wilayah darat lebih pendek daripada rantai makanan di wilayah perairan laut. Hal ini diakibatkan karena pada umumnya organisme autotrof maupun organisme heterotrofnya berukuran mikroskopis.

B. Berbagai Ekosistem Aquatik Laut Tropis

1. Ekosistem Mangrove

1.1. Karakteristik Mangrove

- Ekosistem mangrove adalah ekosistem yang meliputi semua tumbuh-tumbuhan yang dapat hidup pada sisi air asin dan saling berinteraksi dengan lingkungan biotik dan abiotik. 98
- Mangrove tumbuh pada pantai yang terlindung atau pada pantai yang datar dimana terdapat muara sungai besar dan delta yang alirannya banyak mengandung pasir dan lumpur sebagai media (substrat) yang diperlukan untuk pertumbuhannya. 2
- Mangrove juga dapat dijumpai pada pantai yang terlindung di tempat yang tidak ada muara sungainya, namun vegetasi yang terbentuk agak tipis (sedikit). 25
- Mangrove tidak tumbuh pada pantai yang terjal dan berombak besar dengan arus yang kuat karena hal ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur dan pasir.

26

- Mangrove di Indonesia mempunyai keragaman jenis yang tinggi, seluruhnya tercatat 89 jenis tumbuhan, berupa :

1. Monokotil	:	35 jenis
2. Ternata	:	5 jenis
3. Perdu	:	9 jenis
4. Liana	:	9 jenis
5. Epifit	:	29 jenis
6. Parasit	:	2 jenis

4

Parameter Lingkungan Utama Yang Menentukan Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Mangrove :

a. Suplai air tawar dan salinitas

Dibutuhkan untuk mengendalikan efisiensi metabolic vegetasi mangrove.

Ketersediaan air tawar tergantung pada :

1. Frekuensi dan volume air dari darat (sungai, irigasi)
2. Frekuensi dan volume air dari laut (pertukaran pasang surut)
3. Tingkat evaporasi ke atmosfer.

92

- Walaupun mangrove memiliki mekanisme adaptasi yang tinggi terhadap salinitas, namun bila suplai air tawar tidak tersedia, maka akan menyebabkan kadar garam tanah dan air mencapai kondisi ekstrem yang dapat mengancam kelangsungan hidup mangrove.
- Adanya pembukaan lahan baru di darat dapat mengakibatkan terjadinya modifikasi/erosi yang membawa air dan sedimen ke dalam lingkungan ekosistem mangrove.

b. Pasokan Nutrient

Umumnya berasal dari rantai makanan detritus.

c. Stabilitas Substrat

Diatur oleh : - Pergerakan angin;
- sirkulasi pasang surut;
- partikel tersuspensi;
- kecepatan aliran air tawar.

- Gerakan air yang lambat menyebabkan partikel sedimen halus (*fine sand* yang berukuran $250\mu\text{m} = 0.25\text{mm}$) cenderung mengendap dan berkumpul di dasar.
- Keadaan ini ditunjang pula oleh sistem perakaran mangrove yang rapat untuk menangkap sedimen.

Zonasi Mangrove

19

- Pertumbuhan vegetasi mangrove mengikuti suatu pola zonasi yang berkaitan dengan faktor lingkungan, seperti :
 1. Tipe tanah : Lumpur, pasir atau gambut
 2. Keterbukaan terhadap hampasan gelombang
 3. Salinitas
 4. Pengaruh pasang surut
- Pembentukan zonasi dari arah darat ke laut dapat digambarkan sebagai berikut :
Nypa sp → *Bruguiera sp* → *Rhizophora sp* → *Sonneratia sp* → *Avicennia sp*

Adaptasi Mangrove

Untuk tetap tumbuh, vegetasi mangrove beradaptasi secara morfologi maupun fisiologi, antara lain :

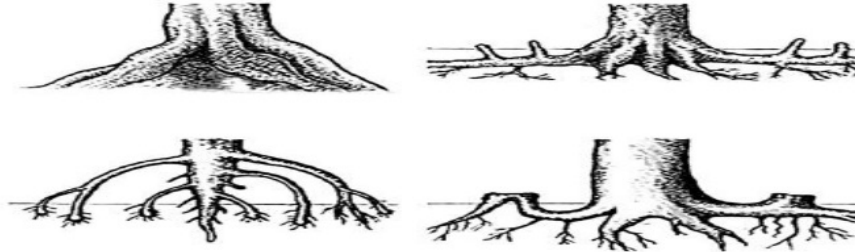
1. Memiliki kutikula (kulit) yang tebal untuk menyimpan air; berdaun kuat dan mengandung banyak air
2. Memiliki bentuk perakaran yang khas yang berfungsi untuk membantu mangrove bernafas (=pneumathophore) karena kurangnya zat asam (CO_2) untuk respirasi akar serta membantu mangrove untuk tetap tegak berdiri.

Contoh :

- *Avicennia sp* : Memiliki akar pasak dengan ujung meruncing seperti pensil, dimana akar horizontal dalam tanah dan mencuat tegak keluar bagaikan tonggak-tonggak tajam

53

- *Bruguiera sp* : Memiliki akar lutut, dimana akar tersembul ke permukaan dan melengkung seperti lutut
- *Rhizophora sp* : Akar tunjang, dimana akar mencuat dari batang, bercabang-cabang, mengarah ke bawah dan menggantung kemudian masuk ke dalam tanah
- *Sonneratia sp* : Akar pasak dengan ujung tumpul



Gambar 15. Adaptasi bentuk perakaran khas mangrove

- Adaptasi mangrove terhadap salinitas untuk menjaga keseimbangan osmotik.
Contoh :
 - *Excoecaria* dan *Lumnitzera* : Dapat menyimpan garam dalam jaringan yang relatif lengka (inert) seperti pada kulit pohon atau daun tua.
 - *Rhizophora* dan *Sonneratia* : Menolak garam dengan cara menahan masuknya air laut ke dalam akar.
 - *Avicennia*, *Acanthus* dan *Aegiceras* : Menyerap garam melalui akarnya kemudian mengeluarkannya melalui kelenjar yang terdapat pada daun, sehingga membentuk kerak kristal pada permukaan daun.
- 76 nya penyesuaian perkembangbiakan yang disebut "viviparitas", dimana biji tumbuhan mangrove tumbuh menjadi tumbuhan muda meskipun masih melekat pada induknya yang pada suatu waktu akan terlepas dari induknya dan kemudian menancap pada substrat. Contoh : *Avicennia sp*, *Bruguiera sp*, *Ceriops sp*

Organisme yang Berasosiasi dengan Mangrove :

- Burung-burung pantai : Memanfaatkan hutan mangrove sebagai tempat bersarang dan persinggahan
- Kelelawar : memanfaatkan hutan mangrove untuk tidur di siang hari
- Jenis-jenis primata, seperti bekantan, monyet, lutung
- Amphibi : Katak
- Reptilia : Biawak, ular, buaya
- Arthropoda : Udang, kepiting
- Molluska : Tiram, keong, kerang
- Cacing polychaeta
- Ikan : ikan belanak, ikan bandeng
 - ikan gelodok, merupakan ikan khas yang terdapat pada mangrove, dimana ikan ini mampu merangkak naik ke darat / ke luar dari air dengan menggunakan sirip dan gerakan tubuh dan ekornya. Matanya besar dan mencuat ke luar dari kepalanya. Kulitnya digunakan untuk pernafasan tambahan.



Gambar 16. Ikan Glodok Penghuni Tetap Sejati Hutan Mangrove

Fungsi Hutan Mangrove

Menurut Saenger *et al* (1981) dalam Irwan (2003), fungsi hutan mangrove dapat dikelompokkan menjadi fungsi fisik, fungsi biologi dan fungsi ekonomi.

a. Fungsi Fisik : -

- Menjaga garis pantai agar tetap stabil
- Mempercepat perluasan lahan
- Melindungi pantai dan tebing sungai

c. Fungsi Biologi :

- Tempat bertelur dan sebagai daerah asuhan bagi berbagai jenis ikan, udang, kerang dan lain-lain
- Tempat bersarang burung
- Sebagai habitat alami bagi berbagai jenis biota

d. Fungsi Ekonomi :

- Sebagai lahan untuk pembuatan tambak
- Sebagai lahan untuk pembuatan garam
- Sebagai lahan untuk rekreasi dan kegiatan penelitian
- Sebagai lahan untuk mendapatkan kayu bakar

2. Ekosistem Lamun

2.1. Karakteristik Lamun

- Lamun (seagrass) adalah tumbuhan berbunga (angiospermae) yang sudah sepenuhnya menyesuaikan diri untuk hidup terbenam di dalam laut.
- Beberapa sifat yang memungkinkan lamun hidup di lingkungan laut menurut Den Hartog (1970) dalam Irwan (2003), yaitu :
 1. Mampu hidup di media air asin
 2. Mampu berfungsi normal meskipun dalam keadaan terbenam dalam air laut
 3. Mempunyai sistem perakaran yang berkembang dengan baik
 4. Mampu melaksanakan penyerbukan dan daur generatif dalam keadaan terbenam (hydrophilous pollination).



Gambar 17. Ekosistem Lamun

- Tumbuhan lamun terdiri dari rhizome, yakni bagian batang yang terbenam dan merayap/menjalar secara mendatar di dalam substrat dan berbuku-buku.
- Pada buku-buku tersebut tumbuh batang pendek yang tegak ke atas, berdaun dan berbunga, sedangkan pada bagian bawah buku-buku tersebut tumbuh pula akar.

- Dengan rhizome dan akar inilah, tumbuhan lamun dapat menancapkan diri dengan kokoh di dasar laut sehingga tahan terhadap hempasan gelombang dan arus.
- Sebagian besar lamun berumah dua artinya dalam satu tumbuhan hanya terdapat bunga jantan saja atau bunga betina saja. ⁵
- Lamun memiliki sistem transportasi internal untuk gas dan nutrient serta stomata yang berfungsi dalam pertukaran gas.
- Akar lamun berfungsi untuk menyerap ²⁷ nutrient dan melakukan fiksasi nitrogen.
- Daun lamun sendiri dapat menyerap nutrient secara langsung dari dalam air laut karena daun lamun tidak ⁷⁰ memiliki kutikula berlilin yang oleh tumbuhan darat berfungsi untuk mengurangi penguapan.
- Untuk menjaga agar tubuhnya dapat tetap mengapung di dalam kolom air, lamun juga dilengkapi dengan ruang udara.

2.2. Parameter Lingkungan Utama yang Mempengaruhi Distribusi dan Pertumbuhan Ekosistem Lamun ⁷⁰

1. Kecerahan :

- Lamun membutuhkan intensitas cahaya matahari yang tinggi untuk melakukan proses fotosintesis. Oleh karena itu, distribusi lamun dapat dijumpai mulai dari batas surut terendah, terutama pada daerah sublitoral (mintakat bawah zona litoral) sampai dengan kedalaman 40 meter.
- Jika terlalu banyak muatan sedimen pada badan air, yang disebabkan oleh ¹⁰³berapa aktivitas, seperti oleh arus, masukan material dari darat berupa lumpur dan pasir halus akan mengakibatkan tingginya tingkat kekeruhan sehingga dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari yang masuk. Keadaan ini dapat menimbulkan gangguan terhadap jalannya proses fotosintesis yang secara ⁵¹ otomatis berdampak pula pada produktivitas primer ekosistem padang lamun.

2. Temperatur :

- Kisaran suhu optimal bagi tumbuhan lamun adalah 28–30°C
- Kemampuan proses fotosintesis akan menurun dengan tajam apabila perairan berada di luar kisaran optimal tersebut.

3. Salinitas :

- Spesies lamun memiliki adaptasi yang tinggi terhadap kisaran salinitas, yakni 10 – 40‰ dengan nilai salinitas optimum adalah 35‰.
- Untuk mempertahankan keseimbangan osmotiknya, lamun memerlukan ⁷⁷ salinitas yang sesuai. Salinitas yang terlalu tinggi dapat diencerkan/diturunkan melalui suplai air tawar yang masuk dari sungai dan curah hujan yang lebat.

4. Substrat : ⁸⁶

- Lamun tumbuh subur di daerah terbuka pasang surut dan perairan pantai atau goba/cekungan yang dasarnya berupa Lumpur, pasir, kerikil dan patahan karang mati ¹⁰³
- Kedalaman substrat berperan dalam menjaga stabilitas sedimen yang mencakup dua hal, yakni :
 1. Pelindung tanaman dari arus laut
 2. Tempat pengolahan dan ⁴¹ pasok nutrient :
 - Berbeda dengan algae yang bergantung pada konsentrasi nutrient dalam air, lamun merupakan tumbuhan berakar yang menyerap ¹¹ nutrient dari sedimen/substrat
 - Dengan demikian, tumbuhan lamun mampu mendaur ulang nutrient kembali ke dalam ekosistem agar tidak terperangkap di dasar laut.

5. Kecepatan Arus Perairan : Berperan sebagai perantara dalam proses penyerbukan.

Zonasi Lamun ¹⁸

Pertumbuhan dan distribusi lamun mengikuti suatu pola zonasi yang berkaitan dengan faktor lingkungan, antara

⁸ n :

1. Genangan air dan kedalaman
2. Kualitas air
3. Komposisi jenis
4. Tipe substrat

5. Asosiasi dengan sistem ekologi lain, seperti terumbu karang dan mangrove

Komposisi jenis lamun di Indonesia

- Di dunia tercatat 50 jenis lamun; di Asia Tenggara 16 jenis, dimana sebaran spesies lamun terbanyak ditemukan pada kawasan Indo Pasifik Barat dan Karibia.

50

- Di Indonesia, terdapat 12 jenis lamun yang terdiri dari 2 suku (family), yaitu :

1. Suku **Hydrocharitaceae**, yang terdiri dari :

- Genus *Enhalus* : *Enhalus accoroides*
- Genus *Thalassia* : *Thalassia hemprichii*
- Genus *Halophyla* : *H. ovalis*; *H. decipiens*; *H. minor* dan *H. spinulosa*

2. Suku **Potamogetonaceae**, yang terdiri dari :

- Genus *Syringodium* : *Syringodium isoetifolium*
- Genus *Thalassodendron*: *Thalassodendron ciliatum*
- Genus *Cymodoceae* : *C. rotundata* dan *C. serrulata*
- Genus *Halodule* : *H. pinifolia* dan *H. uninervis*

2.5. Ada 91 si Lamun

- Lamun yang hidup di perairan yang sering terkena pemanasan yang intensif sehingga suhu air meninggi lebih banyak berupa varietas yang berdaun kecil. Contoh : *Halophyla ovalis*
- Lamun yang berdaun sempit dan tipis hidup pada bagian antara di daerah pasang surut. Contoh : *Enhalus accoroides*
- Lamun berdaun tebal dan lebar hidup pada daerah surut terendah yang terlindung. Contoh : *Halophyla minor*

2.6. Organisme yang Berasosiasi dengan Tumbuhan Lamun

- a. Algae : Chlorophyceae, Rhodophyceae dan Phaeophyceae
- b. Mollusca : Kerang
- c. Echinodermata: Teripang (Holothuroidae), Bulu babi (Crinoidea)
- d. Crustacea : Amphipoda
- e. Ikan
- f. Burung-burung pantai
- g. Meiofauna : Cacing polychaeta, Turbellaria, Foraminifera
- h. Arthropoda: Kepiting

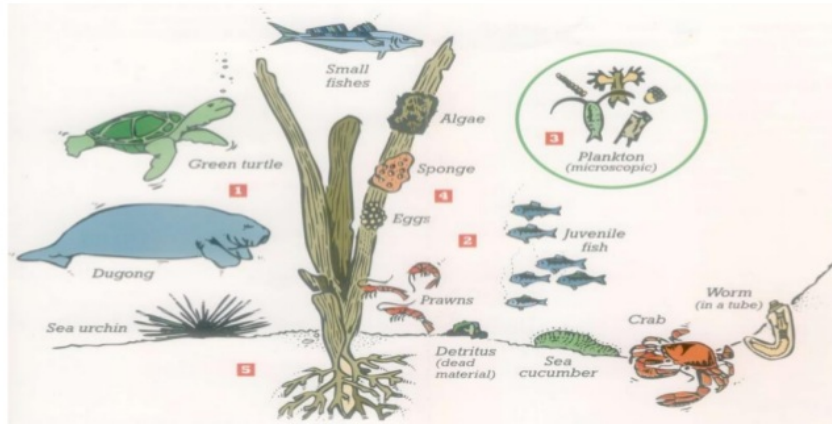
2.7. Fungsi Ekosistem Padang Lamun

18

1. Sebagai habitat bagi biota laut; Ada yang menetap dan ada pula sebagai pengunjung tetap.
2. Sebagai tempat untuk mencari makan :
 - Ikan duyung (*Dugong dugon*) mengkonsumsi jenis lamun *Halodule*, *Halophyla*, *Cymodoceae* dan *Syringodium* terutama pada bagian daun dan rhizome lamun karena memiliki kandungan nitrogen yang tinggi.
 - Penyu hijau (*Chelonia mydas*) mengkonsumsi jenis lamun *Cymodoceae*, *Halophyla*, *Thalassia*
 - Burung-burung laut : Memanfaatkan tumbuhan lamun untuk mencari makan terutama jika air surut, lamun tersembul ke luar, terutama yang berdaun panjang seperti pita. Contoh : *Enhalus accoroides*
3. Sebagai tempat memijah dan tempat asuhan (nursery ground). Contoh : Ikan beronang (*Siganus sp*)
4. Padang lamun dapat memperlambat gerakan air yang disebabkan oleh arus dan gelombang sehingga menyebabkan perairan menjadi lebih tenang. Dengan demikian padang lamun juga bertindak sebagai penangkap sedimen, pelindung pantai dan pencegah erosi.

25

5. Penduduk dapat memanfaatkan biji lamun sebagai bahan makanan. Contoh : Penduduk Kepulauan Seribu mengkonsumsi biji *Enhalus accoroides* sebagai makanan dengan cara memasaknya.



Gambar 18. Beberapa contoh organisme yang memanfaatkan padang lamun

3. Ekosistem Terumbu Karang

3.1. Karakteristik Terumbu Karang :

- Terumbu karang (coral reef) merupakan ekosistem yang khas yang terdapat di daerah tropis, terutama di wilayah pesisir.
- Terumbu karang terbentuk dari endapan-endapan massif terutama kalsium karbonat yang dihasilkan oleh hewan karang (Phylum Scnedaria, Kelas anthozoa, ordo madreporaria/sclerectinia), algae berkapur dan organisme-organisme lain yang mengeluarkan kalsium karbonat (Nybakken, 1988).
- Karang pembentuk terumbu (karang hermatifik) hidup berkoloni dan tiap individu karang yang berupa polip menempati mangkuk kecil yang disebut "koralit".
- Tiap mangkuk koralit mempunyai beberapa septa yang tajam berbentuk daun yang tumbuh keluar dari dasar koralit. Septa ini merupakan dasar penentuan spesies karang.
- Kerangka atau corallus dari karang terdiri dari CaCO_3 .
- Polip karang bertubuh lunak mempunyai mulut pada bagian atas yang dikelilingi oleh lengan-lengan yang disebut "tentakel".
- Sejenis algae yang disebut "zooxanthellae" hidup dalam jaringan polip karang (endozoi), sedangkan lainnya hidup di sekitar atau di bagian bawah dan di atas kerangka karang. Keduanya mempunyai hubungan simbiosis mutualistik.
- Zooxanthellae mendapat lindungan dari karang dan menggunakan beberapa hasil sampingan metabolisme karang, seperti karbondioksida, ammonia, nitrat dan fosfat sebagai bahan makanan. Sebaliknya, karang mendapat keuntungan dari pelepasan bahan-bahan organik termasuk glukosa, gliserol dan asam ammonia yang dikeluarkan oleh zooxanthellae. Di samping itu, pigmen yang dikandung oleh zooxanthellae memberikan warna pada polip-polip karang, sehingga menyebabkan terumbu karang tampak indah.

3.2. Parameter Lingkungan Utama yang Mempengaruhi Pertumbuhan Terumbu Karang :

Untuk dapat membentuk terumbu, karang batu memerlukan persyaratan faktor hidup tertentu, diantaranya adalah :

1. Cahaya :

Diperlukan untuk proses fotosintesis algae simbiotik (zooxanthellae) yang produknya kemudian disumbangkan kepada hewan karang yang menjadi inangnya.

2. Suhu :
 - Suhu yang dibutuhkan untuk pembentukan terumbu karang adalah sekitar 25 – 30°C.
 - Suhu mempunyai peranan penting dalam membatasi sebaran terumbu karang. Oleh karena itu, terumbu karang tidak ditemukan di daerah ugahari (temperate), apalagi di daerah dingin.
3. Salinitas :

Hewan karang mempunyai toleransi terhadap salinitas sekitar 27 – 40‰. Adanya aliran tawar akan menyebabkan kematian.
4. Jernihan Air :

Yang jernih diperlukan untuk pertumbuhan karang. Apabila air keruh dan mengandung banyak lumpur atau pasir, maka hewan karang akan mengalami kesulitan untuk membersihkan dirinya dari endapan-endapan lumpur atau pasir yang menutupinya.
5. Arus :
 - Arus diperlukan untuk mendatangkan makanan berupa plankton; untuk membersihkan diri dari endapan-endapan serta untuk mensuplai oksigen dari laut lepas.
 - Pertumbuhan karang di tempat yang airnya selalu teraduk oleh arus dan ombak, lebih baik daripada di perairan yang tenang dan terlindung.
6. Substrat :
 - Substrat yang bersih dan bebas dari lumpur diperlukan untuk pelekatan planula (larva karang).
 - Substrat yang keras ini bisa berupa berbagai benda padat yang ada di dasar laut, misalnya batu, cangkang-cangkang molluska, potongan-potongan kayu, bahkan juga besi yang terbenam.

3.3. Tipe-tipe Terumbu Karang :

1. Terumbu Karang Pantai (*Fringing Reef*)
 - Terdapat di sepanjang pantai dan mencapai kedalaman tidak lebih dari 40 meter.
 - Pertumbuhan yang terbaik terdapat pada daerah yang menerima pukulan ombak.
2. Terumbu Karang Penghalang (*Barrier Reef*)
 - Terdapat jauh dari pantai, bisa puluhan atau ratusan kilometer dan dipisahkan oleh goba (laguna) yang dalam sekitar 40 – 75 meter.
 - Meskipun terumbu karang penghalang terdapat di luar pantai benua, tetapi yang lebih umum adalah di sekitar pulau-pulau gunung api.
 - Contoh terumbu karang penghalang di Indonesia adalah terumbu karang penghalang Sunda Besar (*Great Sunda Barrier Reef*) yang terletak di Selat Makassar di sebelah tenggara Kalimantan, sepanjang tepian Paparan Sunda.
 - Terumbu karang penghalang yang terkenal di dunia adalah "*The Great Barrier Reef*" yang terdapat di sebelah timur Laut Australia yang panjangnya sekitar 2.500 km.
3. Terumbu Karang Cincin (*Atol*) :
 - Atol merupakan erumbu karang yang bentuknya melingkar seperti cincin, mengitari goba yang dalamnya 40 – 100 meter.
 - Seperti terumbu penghalang, atol inipun bertumpu pada dasar yang dalamnya di luar batas 107 m batu dapat tumbuh.
 - Atol yang terbesar di Indonesia adalah atol "T Bone Rate" yang terletak di Laut Flores sebelah tenggara dari Pulau Selayar dengan luas 2.220 km²; merupakan atol ketiga terbesar di dunia atau setelah atol "Kwajalein" di Kepulauan Marshall di Samudera Pasifik seluas 2.850 km² dan atol "Suvadiva" di Kepulauan Maldives di Samudera Hindia seluas 2.240 km².

3.4. Organisme yang Berasosiasi dengan Terumbu Karang :

- a. Mollusk ¹³²
 - Menyumbangkan cukup banyak kapur kepada ekosistem terumbu karang serta penyumbang penting terbentuknya pasir laut.
 - Molluska dari terumbu karang yang memiliki nilai niaga antara lain lola atau susu bundar (*Trochus sp*) dan kerang mutiara (*Pinctada sp*) serta kima (*Tridacna sp*).
- b. Echinodermata :
 - Kelas holothuroidea : Teripang
 - Bulu babi (*Diadema setosum*) besar mengkonsumsi algae pada daerah berpasir dan berbatu
- c. Reptilia : Ular laut dan Penyu
- d. Ikan : ¹⁴⁷
 - Terutama ikan ekor kuning dan pisang-pisang (*Caesio spp*), ikan samandar (*Siganus sp*) yang bernilai ekonomis tinggi.

3.5. Fungsi Terumbu Karang :

- a. Sebagai pelindung pantai dari hempasan ombak dan arus yang berasal dari laut, terutama dari tipe terumbu karang tepi dan penghalang.
- b. Sebagai habitat, tempat mencari makan (*feeding ground*), tempat asuhan dan pembesaran berbagai biota laut (*nursery ground*), tempat pemijahan (*spawning ground*) berbagai biota yang hidup di terumbu karang dan sekitarnya.
- c. Sebagai pengatur iklim/cuaca global
- d. Sebagai penghasil utama pasir pantai
- e. Sebagai penyedia berbagai bahan bangunan/konstruksi
- f. Sebagai daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) bagi kegiatan pemanfaatan sumberdaya perikanan oleh para nelayan
- g. Sebagai objek wisata bahari yang potensial
- h. Sebagai sumber bahan pangan bagi umat manusia.

RINGKASAN

¹³⁵

Terdapat tiga ekosistem aquatik daerah tropik, yakni : ekosistem terumbu karang, ekosistem lamun dan ekosistem mangrove. Keberlangsungan hidup ketiga ekosistem ini sangat dipengaruhi oleh parameter lingkungan fisik yang umumnya hampir sama, diantaranya adalah sinar matahari, suhu, salinitas, kecerahan, substrat dan lain-lain.

SOAL LATIHAN

1. Jelaskan sifat-sifat umum ekosistem laut dan pantai !
2. Jelaskan karakteristik ekosistem terumbu karang !
3. Uraikan parameter lingkungan utama yang mempengaruhi ekosistem terumbu karang !
4. Jelaskan jenis-jenis terumbu karang di Indonesia !
5. Jelaskan parameter lingkungan utama yang menentukan keberlangsungan hidup dan pertumbuhan mangrove !
6. Uraikan adaptasi mangrove secara morfologi maupun secara fisiologi !
7. Jelaskan karakteristik tumbuhan lamun !
8. Jelaskan parameter lingkungan utama yang mempengaruhi pertumbuhan lamun !

DAFTAR PUSTAKA

Campbell, R and Mitchell., 2007. Biologi Edisi Kelima (Penerjemah : Wasmen Manalu). Penerbit Erlangga, Jakarta.

45

Dahuri, R., 2003. Keanekaragaman Hayati Laut. Asset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Dahuri, R., Jacob Rais, Sapta Putra Ginting dan M.J. Sitepu., 2004. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu.. Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta.

2

Nontji, A., 2005. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan, Jakarta.

Nybakke 47 W., 1988. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis (Penerjemah M. Eidmen dan Koesoebiono). Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.

Romimohtarto, K dan Sri Juwana., 2005. Biologi Laut. Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut. Penerbit Djambatan, Jakarta.

68

Soetjipto., 1994. Dasar-dasar Ekologi Hewan. Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pembinaan Dan Peningkatan Mutu Tenaga Kependidikan, Jakarta.

BAB V.
BEBERAPA JENIS EKOLOGI PERAIRAN LAUT

Kompetensi Dasar :

Mendesripsikan interaksi dan dan interdependensi antara komponen biotik dan komponen abiotik dalam ekosistem biologi perairan laut.

Indikator :

Mencari informasi tentang ekosistem nekton, ekosistem organisme laut dalam, ekosistem benthic, ekosistem intertidal, ekosistem interstitial dan ekosistem estuaria.

BAB V.
BEBERAPA JENIS EKOLOGI PERAIRAN LAUT

1. Ekologi Nekton

- Ekologi nekton meliputi hubungan timbal balik antara semua organisme yang mampu bergerak melawan arus laut.
- Salah satu hal yang membedakan nekton dari plankton yaitu kemampuan mereka untuk bergerak secara horizontal di dalam massa air. Banyak spesies (hampir semua jenis komersial) menggunakan kemampuan ini untuk hadir pada tempat/ daerah yang kaya akan makanan dan mampu menyeleksi tipe-tipe habitat yang optimal sesuai dengan tahap hidupnya.
- Kelompok nekton kebanyakan merupakan hewan-hewan besar dan didalamnya termasuk organisme-organisme terbesar dan tercepat bergerak di laut.
- Berbeda dengan plankton yang didominasi oleh hewan-hewan invertebrata, nekton terutama merupakan hewan vertebrata, diantaranya ikan yang merupakan jumlah terbanyak, baik dalam spesies maupun individu.
- Wakil dari tiap kelas vertebrata dapat dijumpai pada komunitas nekton, kecuali kelas amfibi (Nybakken, 1988). Invertebrata yang dapat digolongkan nekton hanyalah jenis moluska kelas cephalophoda, yakni jenis cumi-cumi dan sotong.
- Karena tidak ada tumbuhan yang mampu berenang, dengan demikian tidak ada tumbuh-tumbuhan yang tergolong nekton.

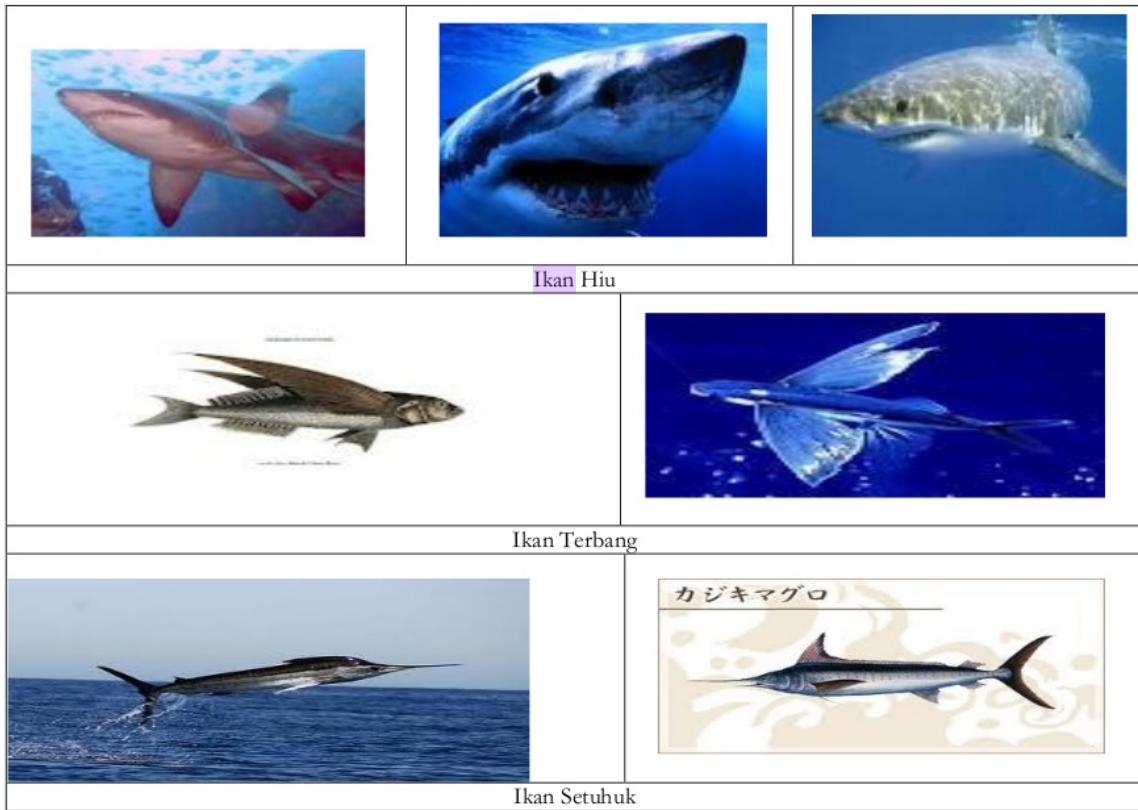
1.1. Komposisi Nekton Bahari

Komposisi nekton bahari, antara lain terdiri dari kelompok ikan, kelompok mamalia laut, kelompok reptil dan kelompok burung-burung laut.

1. Kelompok Ikan :

a. Kelompok ikan holopelagik :

- Kelompok ini merupakan kelompok ikan yang menghabiskan seluruh waktunya di daerah epipelagik.
- Kelompok ikan ini biasanya menghasilkan telur yang mengapung dan larva epipelagik. Jumlahnya sangat berlimpah di permukaan perairan tropic dan subtropik.
- Contoh kelompok ikan holopelagik mencakup jenis-jenis ikan hiu (cucut martil, hiu mackerel, cucut biru), kebanyakan ikan terbang, tuna, setuhuk, cucut gergaji, lemuru, ikan dayung dan lain-lain.



Gambar 19. Contoh Ikan Holoepipelagik

b. Kelompok ikan meropelagik :

- Ikan ini hanya menghabiskan sebagian dari hidupnya di daerah epipelagic.
- Kelompok ini lebih beragam dan mencakup ikan yang menghabiskan masa dewasanya di daerah pelagik, tetapi memijah di perairan pantai; seperti ikan haring, dolphin.
- Ada juga jenis lain yang memasuki daerah epipelagik hanya pada waktu-waktu tertentu, misalnya ikan lentera yang bermigrasi dari perairan dalam ke permukaan pada malam hari untuk mencari makanan.





Ikan Lumba-lumba (Dolphin)
Gambar 20. Contoh Ikan Meroepipelagik

2. Kelompok Mamalia Laut :

- Mencakup ikan paus (ordo Cetacea), anjing laut dan singa laut (ordo Pinnipedia).
- Mamalia bahari lainnya seperti ikan duyung (ordo Sirenia) serta berang-berang (ordo Carnivora) seringkali tidak dimasukkan sebagai hewan pelagis, karena keberadaan mereka yang menghuni perairan pantai sepanjang waktu (Nybakken, 1988).



Ikan Paus dan anjing laut
Gambar 21. Contoh Mamalia Laut



Gambar 22. Contoh Mamalia Laut (Singa Laut, Ikan Duyung, Berang-berang)

3. Kelompok Reptil

- Reptil nektonic hampir semuanya merupakan penyu dan ular laut. Selain itu terdapat juga iguana bahari yang dapat ditemukan di kepulauan Galapagos serta buaya air asin yang banyak mendiami daerah Kepulauan Indo-Pasifik.



Gambar 23. Contoh Reptil laut (Penyu, Ular Laut, Buaya Air Asin)

4. Kelompok Burung Laut :

- Semua burung laut menggunakan laut untuk makan dan menggunakan daratan untuk berkembangbiakan.
- Burung yang benar-benar dapat menyesuaikan cara hidup di laut adalah penguin yang menghuni perairan di Kutub Selatan. Mereka mampu menjalani kehidupan di laut, sehingga mereka kehilangan kemampuan untuk terbang dikarenakan sayapnya berubah seperti dayung untuk berenang.
- Di Indonesia, terdapat banyak jenis burung laut, beberapa diantaranya adalah : Frigate bird, cangkak abu (*Ardea cinerea*), kuntul kerbau (*Bubulcus ibis*), kuntul kecil (*Egretta garzetta*), kuntul jambul (*Egretta intermedia*), kuntul besar (*Egretta alba*), kuntul karang pasifik (*Egretta sacra*), sandang lawe (*Ciconia episcopus*), elang laut (*Haliaeetus leucogaster*), dara laut jambul besar (*Sterna bergii*) dan dara laut sayap putih (*Chlidonias leucopterus*).



Gambar 24. Contoh Burung Laut (Frigate Bird, Cangkak Abu, Kuntul Kerbau)



Gambar 25. Contoh Burung Laut (Elang Laut, Sandang Lawe, Dara Laut jambul Besar)

1.2. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang mempengaruhi kehidupan organisme nekton antara lain :

1. Cahaya
Cahaya dibutuhkan oleh fitoplankton untuk melakukan proses fotosintesis. Sebagai organisme heterotrof, organisme nekton membutuhkan ketersediaan plankton untuk memperoleh energi bagi aktivitas dalam mobilitas pergerakannya.
2. Suhu
Suhu merupakan faktor penting untuk kelangsungan kehidupan seluruh organisme laut, bukan hanya organisme nekton karena suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme maupun reproduksi organisme.
3. Kepadatan
Kepadatan menunjukkan jumlah individu (dalam populasi) dengan ruang yang ditempati pada waktu tertentu. Kepadatan seluruh populasi, termasuk organisme nekton sangat bergantung pada reproduksi dan migrasi.
4. Arus
Arus dapat menyebabkan terjadinya pergerakan massa air, sehingga mempengaruhi distribusi dan adaptasi organisme nekton dalam hal daya gerak dan daya apung.

5. Substrat

Tidak adanya/kurangnya substrat dalam lingkungan laut, menyebabkan organisme nekton selalu melayang dalam medium yang transparan tanpa perlindungan terhadap predator yang potensial.

1.3. Adaptasi Nekton

Adaptasi nekton antara lain meliputi daya apung, daya penggerak, hambatan permukaan dan bentuk tubuh, pertahanan diri dan penyamaran, indria dan ekolokasi, reproduksi dan daur hidup serta migrasi.

1. Daya Apung :

- Kebanyakan ikan mempunyai gas/gelembung renang sekitar 5-10% dari volume tubuhnya yang berfungsi untuk mengimbangi daging yang lebih padat, sehingga kerapatan cairan tubuh lebih rendah atau sama dengan kerapatan air laut.
- Beberapa mamalia air mempunyai kantung udara tambahan sehingga mereka dapat mengatur daya apungnya melalui sejumlah udara yang terdapat di dalam paru-parunya.
- Pada kebanyakan burung laut penyelam, kecuali penguin, udara yang terperangkap di bawah bulu memberikan daya apung terbesar. Mamalia bahar, berang-berang dan anjing laut juga menggunakan udara yang terperangkap pada lapisan bawah rambutnya yang lebat sebagai daya apung.
- Cumi-cumi mencapai daya apung netral dengan mengganti ion kimia berat (natrium) dalam cairan rongga tubuh dengan yang lebih ringan (amonium). Akibatnya kerapatan cairan tubuh akan lebih kecil daripada kerapatan air pada volume yang sama.
- Mekanisme lain untuk meningkatkan daya apung adalah dengan menyimpan lipida (lemak atau minyak) di dalam tubuh. Kerapatan lipida lebih kecil daripada kerapatan air laut sehingga dapat mengatur daya apung. Jumlah lipida yang besar banyak terdapat dalam ikan nektonik, terutama yang tidak mempunyai gelembung renang, seperti ikan hiu, makrel, ikan biru (*Pomatomus*) dan bonito (*Sarda*).
- Pada mamalia bahari, lipida biasanya terdapat sebagai lapisan lemak tepat di bawah kulitnya. Fungsinya bukan saja untuk menjaga daya apung, tetapi juga sebagai isolasi untuk mencegah kehilangan panas.

2. Daya Penggerak :

- Penyesuaian yang berhubungan dengan pergerakan di dalam air dibutuhkan oleh organisme nekton untuk :
 1. Menciptakan daya pendorong
 2. Mengurangi hambatan yang dialami oleh tubuh ketika bergerak dalam air.
- Daya pendorong organisme nekton untuk melakukan pergerakan maju, terbagi atas tiga jenis, yaitu :
 1. Dengan gerakan mengombak dari tubuh dan sirip
Pada mekanisme mengombak dengan menggunakan bagian tubuh, hewan bergerak maju dengan mengayunkan bagian posterior tubuh dan sirip dari sisi ke sisi. Cara ini akan melemparkan tubuh ke dalam suatu rangkaian belokan-belokan pendek berawal dari kepala bergerak turun ke ujung tubuh. Pergerakan dari sisi ke sisi ini diakibatkan oleh kontraksi otot-otot tubuh yang bergantian dari satu sisi ke sisi yang lain.
 2. Dengan gerakan mendayung
Gerakan mendayung biasanya melibatkan tungkai depan, belakang atau keduanya. Tungkai penyusut laut, anjing laut dan singa laut serta penguin semua termodifikasi menjadi anggota tubuh yang pipih berbentuk seperti dayung yang digunakan oleh hewan untuk bergerak dalam air, seperti jika kita menggunakan dayung.
 3. Dengan menggunakan air sebagai "daya dorong pancar"
Bentuk dorongan ini dikuasai oleh cumi-cumi bahari. Mereka mampu menghasilkan gerakan yang sangat cepat.

3. Hambatan Permukaan dan Bentuk Tubuh

- Agar organisme nekton memiliki pergerakan dengan kecepatan tinggi dalam air sebagai medium yang sangat rapat, maka dibutuhkan suatu adaptasi untuk mengurangi hambatan permukaan yang dapat ditempuh dengan cara :
 - a. memiliki bentuk tubuh yang relatif panjang dan tipis, seperti silinder atau kawat yang tipis.
 - b. Pelurusan permukaan luar tubuh sehingga tidak ada tonjolan yang dapat menyebabkan turbulensi dan mengurangi hambatan.
 - c. Pada ikan-ikan perenang cepat, seperti ikan tuna, mata tidak menonjol melampaui sisi tubuh.

- d. Sirip-sirip dada dan perut masuk ke dalam lekukan, kecuali bila dibutuhkan, serta sisik tubuh biasanya kurang atau tidak ada.
- e. Pada mamalia laut, rambut menjadi lebih pendek atau bahkan tidak ada. Kelenjar susu rata dan alat genital jantan tidak menonjol, kecuali jika sedang berfungsi.

4. Pertahanan Diri dan Penyamaran

- Lingkungan laut merupakan wilayah "tiga dimensi" yang sangat besar dan merupakan medium transparan, sehingga tidak terdapat tempat bagi organisme nekton untuk berlindung terhadap predator.
- Untuk mempertahankan diri, organisme laut beradaptasi melalui mekanisme penyamaran (kamufase) dalam tiga bentuk, yaitu :
 1. Tubuh yang transparan
Jika tubuh organisme transparan dan melayang di permukaan air laut yang transparan, hewan tersebut tidak akan terlihat di air. Adaptasi ini umumnya dipakai oleh plankton, tetapi tidak berlaku bagi nekton mengingat tubuhnya sebagian besar terdiri dari daging dengan ukuran tubuh yang besar dan tebal.
 2. Warna yang tidak jelas
Kebanyakan hewan nekton mempunyai dua warna, yakni :
 1. Warna hijau tua atau biru tua di bagian atas permukaan punggung, sehingga predator akan sulit melihatnya dari atas sesuai dengan warna bagian atas perairan yang terang yakni biru atau hijau.
 2. Warna putih atau perak di bagian bawah untuk memaksimalkan pantulan cahaya atau pembauran di bagian bawah, sehingga jika dilihat dari bawah air tampak berwarna putih atau lebih cerah.



Gambar 26. Adaptasi Nekton Mempertahankan Diri melalui Warna Yang Gelap pada Bagian Punggung dan Warna Perak pada Bagian bawah

3. Perubahan bentuk tubuh
 - Pada kelompok molluska dan echinodermata, adaptasi pertahanan diri adalah dengan membentuk duri dan cangkang.
 - Kelompok ikan terbang beradaptasi melalui sirip-sirip yang besar yang memungkinkannya lolos dari predator dengan cara mendorong dirinya keluar dari air dan meluncur menggunakan sirip-sirip seperti sayap dalam jarak yang jauh.

5. Indria dan Ekolokasi

- Ekolokasi adalah penentuan jarak dengan gema.
- Kebanyakan informasi yang berhubungan dengan indria diterima oleh nekton melalui penglihatan atau pendengaran.
- Mata biasanya terletak di samping kepala. Sehingga lapang pandang dari setiap mata tidak bertemu, tetapi merupakan daerah yang luas pada setiap sisi. Ini berarti bahwa setiap nekton tidak dapat memandang secara meneropong kecuali pinnipedia (Nybakken, 1988).
- Di antara nekton mamalia, sejumlah adaptasi khusus biasanya dimulai dengan indria pendengar yang sangat berpengaruh bagi hewan ini. Peranan suara penting bagi mamalia nekton karena suara merambat dalam air lima kali lebih cepat daripada di udara dan mempunyai kisaran komunikasi yang lebih luas daripada penglihatan.
- Di lingkungan daratan, penerima suara pada mamalia yang telah berkembang dengan baik, biasa ditandai secara morfologi luar dengan daun telinga (*pinna*) yang besar. Namun bagi vertebrata air, struktur ini akan

sangat menghambat pergerakan, oleh karenanya vertebrata air tidak mempunyai telinga. Sebagai gantinya, ada 3 cenderung berkembangnya struktur lain di kepala pada mamalia air untuk menerima gelombang suara.

- Pada ekolokasi atau sonar, gelombang suara dikeluarkan dari sumber ke arah tertentu. Gelombang suara ini bergerak lancar dalam air sampai membentur benda padat. Jika membentur benda, maka gelombang ini akan terpantul dan kembali ke sumbernya. Interval waktu antara saat suara pertama kali dikeluarkan dan pergerakannya menuju sasaran serta kembalinya setelah terpantul merupakan ukuran jarak antara sumber dan benda. Dengan berubahnya jarak, waktu *echo* kembali juga berubah. Pengeluaran gelombang suara secara terus menerus dan evaluasi sensorik dari gelombang yang terpantul selagi berenang merupakan cara hewan nektonik untuk memeriksa benda yang ada di sekitarnya. Dengan mengetahui jarak benda itu, hewan tersebut dapat menjauhinya (predator) atau mendekatinya (sumber makanan).
- Suara dengan frekuensirendah digunakan hewan yang berekolokasi untuk menempatkan dirinya dalam badan air sesuai dengan benda-benda yang ada di sekitarnya, tetapi tidak memberikan informasi tentang bentuk benda tersebut.

21

6. Reproduksi dan Daur Hidup

- Ikan-ikan holonektonik, seperti tuna dan marlin bereproduksi dengan cara mengeluarkan telur dalam jumlah yang sangat banyak.
- Parin (1970) dalam Nybakken (1988) melaporkan sebagai contoh bahwa cakalang dan albakor (madidihang) menghasilkan telur sebanyak 2,6 juta butir, sedangkan marlin bergaris memijah lebih dari 13 juta dan ikan matahari bahari 300 juta. Telur-telur tersebut tidak semuanya dapat tumbuh dan berkembang menjadi individu baru/muda karena proses pemijahan biasanya berlangsung berbula-bulan dan telur yang dihasilkan akan terapung dan bersifat planktonik sehingga banyak yang hilang akibat pemangsaan.
- Hiu pelagik hanya menghasilkan beberapa 119/embrio, tetapi kesempatan hidupnya lebih besar karena betina menahan telur lebih lama dalam tubuhnya sehingga ketika lahir atau menetas, ukurannya lebih besar dan lebih tahan terhadap predator yang potensial. 3
- Burung-burung laut meletakkan telurnya di pulau-pulau atau celah-celah batu sehingga tidak dapat dicapai oleh predator darat. Keadaan ini dapat menjamin anak-anak burung yang lemah agar tetap hidup sampai cukup besar 3 untuk dapat terbang.
- Semua penyu laut membe 3 mkan telurnya ke dalam pasir pantai di atas tingkat pasang tertingi pada berbagai tempat di daerah tropik. Begitu selesai menetas, penyu-penyu muda secara naluri akan berjalan ke arah laut, 3 mana perkembangan selanjutnya akan terjadi.
- 3 berapa ular laut bertelur dalam air, sedangkan yang lainnya meletakkan telur di pantai-pantai.
- Anjing laut, singa laut dan walrus be 3 mbang biak di darat atau di atas es yang terapung.
- Paus muda dilahirkan dalam air dan harus dapat berenang pada saat dilahirkan dan secara naluri tahu cara untuk mengambil udara di permukaan.

7. Migrasi 3

- Ikan salem menghabiskan seluruh hidupnya untuk menyebar di laut terbuka dan bermigrasi kembali ke aliran air tawar pada saat mereka akan memija 3 dan bereproduksi. Hal ini membutuhkan kemampuan melacak yang ternyata berdasarkan hasil penelitian, terletak pada daya penciuman ikan, dimana ikan-ikan ini akan mengikuti berbagai bau-bauan berbagai dalam air untuk mencari aliran rumah mereka. Mekanismenya adalah bahwa ketika salem muda bermigrasi turun dari sungai untuk memasuki laut, mereka mengingat bau-bauan berbagai aliran yang dil 3 inya. Urutan ingatan inilah yang menyebabkan mereka dapat menemukan kembali aliran yang sama.
- Migrasi dilakukan untuk mendapatkan sumber-sumber makanan yang berlimpah dan mengurangi kemungkinan kerus 3 an atau kehabisan makanan di setiap daerah. Hal tersebut berlaku bagi ikan tuna dimana ikan tersebut akan kembali ke perairan tropik untuk memijah dan untuk menghabiskan awal hidupnya.

1.4. 12aptasi Khusus pada Burung dan Mamalia Bahari

Adaptasi khusus ini terutama berhubungan dengan pengaturan suhu, penyelaman dan pengaturan osmotik.

1. **Pengaturan Suhu** berguna untuk mempertahankan panas tubuh mamalia bahari yang adaptasinya dapat dilakukan dengan cara antara lain :

a. Me 3 ui ukuran tubuh yang besar :

- Satu hal yang d 3 4 t memperlambat laju kehilangan panas tubuh adalah dengan mempunyai tubuh yang besar, dimana semakin besar tubuh, semakin kecil pula luas permukaan yang berhubungan dengan lingkungan dimana panas dapat hilang.

- Semua mamalia bahari nektonik mempunyai ukuran tubuh yang besar dan dapat dikatakan tidak ada mamalia h₁₂ri yang berukuran kecil yang dapat mati kedinginan.
- b. M₃ bentuk lapisan tebal sebagai isolasi berupa lemak yang tepat berada di bawah kulit:
- Lapisan lemak merupakan konduktor panas yang lemah dan melindungi hewan dari kehilangan panas dalam tubuhnya. Semakin tebal lapisan lemak, semakin kecil panas yang hilang.
- c. Pengaturan sistem s₃asi :
- Pengaturan sistem sirkulasi arus balik yang dibuat untuk menyelamatkan panas dapat ditempuh melalui sirip dan flipper, yakni melalui arteri yang membawa darah panas ke jantung melalui sejumlah vena kecil.

2. Peny₃₄han

- Hampir semua mamalia nektonik lautan, khususnya pinipedia dan paus secara teratur menyelam.
- Untuk menghindari kejang urat akibat terjadinya tekanan udara (*bends*), kelompok paus tidak bergantung pada gas yang bertekanan, tetapi cukup bergantung pada gas yang dihisap di permukaan pada tekanan atmosfer biasa.
- Para penyelam (manusia) sering mengalami *bends* karena bernapas dengan udara bertekanan melalui tangki scuba. Pada saat berada di bawah tekanan pada kedalaman, gas nitrogen (N₂) terhisap. Ketika penyelam naik ke permukaan, gelembung-gelembung N₂ yang merupakan bagian dari persediaan udara masuk dan bergabung dengan larutan darah sehingga menyebabkan paralisis dan mungkin kematian.
- Dalam saluran pernafasannya, paus memiliki “busa” khusus dari butiran-butiran lemak yang teremulsi dan mukus yang berfungsi sebagai bahan penyerap yakni menyerap gas nitrogen agar gas tersebut tidak dapat masuk ke dalam aliran darah, sehingga *bends* tidak terjadi.
- Agar dapat bertahan lama dalam air tanpa jalan masuk persediaan oksigen, mamalia air menyimpan oksigen lebih banyak daripada ketika tidak menyelam dan menyimpannya dengan hati-hati melalui volume darah yang besar.
- Scholander (1940) dalam Nybakken (1988) mencatat bahwa mamalia lautan mempunyai kapasitas oksigen yang lebih tinggi per unit volume darah daripada mamalia daratan.
- Selama menyelam, semua vertebrata penyelam dan yang bernapas di udara memperlambat detak jantung (*bradikardia*).
- Ada dua adaptasi yang sering dilakukan oleh mamalia bahari nektonik selama penyelaman berlangsung se₃n memperlambat detak jantung, antara lain :
 1. Selama penyelaman sistem sirkulasi menghentikan suplai darah ke berbagai organ dan sistem organ, termasuk otot, sistem pencernaan dan ginjal. Penghentian ini mempunyai efek penghematan suplai oksigen yang terbatas di dalam darah untuk digunakan oleh jaringan yang lebih sensitif dan vital seperti otak dan sistem saraf pusat. Oleh karena itu, suplai oksigen yang terbatas menjadi lebih lama dengan membiarkannya dipakai hanya oleh organ-organ tertentu saja. Dengan cara ini, hewan dapat lebih lama tinggal di bawah air dibandingkan jika ia harus mensuplai oksigen ke seluruh jaringan tubuhnya.
 2. Selama penyelaman, meski sistem sirkulasi untuk sementara dihentikan, sistem otot dan organ lainnya masih toleran terhadap kondisi anaerobik dan tetap berfungsi ketika aliran darah dihentikan. Hasilnya adalah terbentuknya sejumlah besar asam laktat di dalam otot selama menyelam dimana asam laktat merupakan hasil akhir metabolisme anaerobik.
- Sistem otot mamalia laut mengandung senyawa yang kaya akan oksigen yang disebut mioglobin. Senyawa ini mempunyai struktur yang sama dengan haemoglobin, tetapi lebih baik dalam menyimpan oksigen. Karena itu, jika hewan menyelam, suplai darah ke otot tertutup. Otot mempunyai suplai oksigen yang banyak dari mioglobin, tetapi jika penyelaman terus berlangsung, oksigen dalam mioglobin menurun dan otot meneruskan ecar anaerobik membentuk asam laktat. Ketika penyelaman sudah selesai dan hewan tersebut kembali ke permukaan dan mulai menarik napas lagi, darahnya akan terisi oksigen kembali, suplai darah disimpan di otot dan organ lain dan oksigen mengisi mioglobin. Darah mengangkut asam laktat yang terakumulasi dan dikeluarkan melalui oksidasi. Pada saat ini, hewan sudah siap untuk menyelam kembali.

3. Peng₃ran Osmotik

- Mamalia dan burung-burung lautan umumnya mempunyai konsentrasi garam internal dalam darah dan cairan tubuh yang lebih rendah daripada konsentrasi air laut yang mengelilinginya. Oleh karenanya

organisme ini harus melakukan osmoregulasi untuk menyamakan konsentrasi garam di dalam dan di luar tubuh hewan dengan cara meminum air laut atau diperoleh melalui makanannya.

- Kelebihan garam yang tidak diinginkan harus dihindari. Burung lautan menghilangkan kelebihan garam tersebut melalui kelenjar sekresi garam khusus di daerah lingkaran mata, sedangkan mamalia lautan membuangnya melalui ginjal mengingat organisme ini tidak memiliki kelenjar keringat seperti pada mamalia daratan.

1.5. Rantai Makanan

- Pada dasarnya, semua nekton dewasa adalah karnivora yang memangsa plankton yang lebih kecil atau nekton lainnya.
- Semua paus besar pada umumnya memakan zooplankton jenis euphausiid (kril), kopepoda dan amphipoda. Kelompok paus besar ini memiliki lembaran balin atau *whalebone* yang tergantung seperti tirai di langit-langit rongga mulut. Balin terdiri atas satu seri lempengan sejajar yang berdekatan mengelilingi ujung yang bebas yang membentuk mekanisme saringan. Jika paus membuka mulutnya, sejumlah besar air dan plankton akan masuk ke dalam. Kemudian mulut ditutup sebagian sehingga jalan keluar hanya melalui ruang sempit di antara lempengan balin yang berdekatan. Paus lalu menaikkan lidahnya dan mendorong air ke luar yang juga mendorong zooplankton besar. Zooplankton yang terperangkap kemudian akan an.
- Ikan pemakan nekton, burung dan mamalia mendominasi nekton lautan terbuka. Makanan mereka umumnya terdiri dari ikan, cumi-cumi atau krustacea besar.
- Ukuran yang dimangsa umumnya bergantung pada ukuran predator, yakni semakin besar spesies, maka spesies mangsa yang dimakan juga semakin besar.
- Secara berurutan, karnivora besar di lautan antara lain sebagai berikut :
 - a. Koteklema (*Physeter catodon*) memakan cumi-cumi terbesar, yakni *Architeuthis* dengan menyelam pada halaman terdalam.
 - b. Paus pembunuh (*Orcinus orca*) yang memangsa ikan, penguin, lumba-lumba, anjing laut dan singa laut. Hewan ini juga terkenal suka menyerang paus balin yang lebih besar dengan cara berkelompok 3-40. Dalam beberapa serangan, si pembunuh menggigit mangsa yang lebih besar menjadi potongan-potongan kecil, sedangkan jika memakan lumba-lumba yang lebih kecil, anjing laut dan burung, mereka melannya bulat-bulat.
 - c. Paus bergigi yang lebih kecil, anjing laut dan singa laut cenderung untuk memakan berbagai cumi-cumi dan ikan yang mereka tangkap dan melannya dalam keadaan utuh.
 - d. Burung-burung pelagik umumnya lebih terbatas daerah makanannya karena mereka terutama makan berbagai ikan kecil dan cumi-cumi di permukaan perairan.
- Di perairan tropik, produser primer adalah dinoflagellata dan coccolitophore. Herbivora mencakup beragam organisme plankton yang pada akhirnya merupakan makanan bagi sejumlah besar ikan pemakan plankton seperti ikan terbang di permukaan dan ikan lentera dari daerah mesopelagik. Keseluruhannya merupakan makanan bagi ikan predator tingkat pertama yang lebih besar dan cumi-cumi. Predator pada tingkat ini dimangsa oleh predator yang lebih besar seperti setuhuk, ikan cucut dan hiu. Terakhir, pada tingkat teratas adalah hiu yang terbesar, putih dan mako yang biasa menyerang ikan tuna, cucut dan marlin.
- Ada perbedaan jaringan makanan antara laut tropis dan daerah beriklim sedang-kutub. Pada daerah tropik, jaringan makanan lebih kompleks dengan jalur yang lebih banyak, begitu pula tingkatan trofiknya. Hal ini disebabkan karena di daerah tropik, jumlah spesies organisme lebih banyak dan beragam. Sedangkan pada daerah beriklim sedang-kutub, dimana perairannya lebih dingin tidak ada ikan predator yang lebih besar dan lebih tangkas, seperti ikan tuna dan ikan setuhuk. Disamping itu, jaringan makanan pada daerah kutub lebih banyak diperankan oleh mamalia dan burung laut karena kedua kelompok ini jumlahnya lebih besar di laut dingin daripada di laut yang hangat.

2. Ekologi Organisme Laut Dalam

Habitat terluas di bumi yang tidak didiami oleh organisme hidup adalah bagian samudera yang jauh dari permukaan yang masuk dasar samudera yang diliputi suasana gelap dan dingin sepanjang masa, dimana segi biologisnya paling sedikit diketahui dan diteliti. Hal ini terutama disebabkan oleh kesulitan yang dihadapi untuk menangkap atau mengumpulkan organisme habitat ini.

2.1. Zonasi 52

- Yang dimaksud dengan laut dalam disini adalah bagian dari lingkungan bahari yang terletak di bawah kedalaman yang dapat diterangi sinar matahari di laut terbuka dan lebih dalam dari paparan-paparan benua (200m).
- Laut dalam diliputi oleh suasana gelap gulita sepanjang tahun, sehingga istilah lain yang sering digunakan bagi wilayah ini adalah zona a 12k.
- Secara umum, zona benthic berasosiasi dengan dasar laut dan zona pelagik berasosiasi dengan perairan terbuka. Komponen benthik dan pelagik laut dalam umumnya dibagi atas tiga bagian, yaitu :
 1. Bathyal (bathy pelagik dan bathy benthik), yang berkisar pada kedalaman 1000-4000m.
 2. Abyssal (abyssal plagik dan abyssal benthik), yang berkisar pada kedalaman 4000-6000m.
 3. Hadal (hadal pelagik dan hadal benthik), yang berada pada kedalaman lebih dari 6000m.
- Pada zona bathyal, abysal dan hadal pelagik, distribusi organisme berdasarkan kedalaman dan jarak dari daratan. W ada perbedaan pada fauna pelagik dari zona bathyal, abysal dan subdevisi hadal pelagik, tetapi perbedaan tersebut tidak terlalu nampak sebagai suatu pola dari distribusi pelagik. Makin ke dalam, distribusi organisme makin sedikit, dimana keragaman dan kepadatan organisme tersebut juga semakin berkurang 17ena terbatasnya jumlah makanan.
- Di bagian pelagik sebelah atas terdapat suatu zona yang terletak tepat di bawah zona eufotik. Banyak sekali hewan penghuni zona di bawah zona eufotik ini yang mengadakan migrasi ke zona afotik pada malam hari. Zona ini dinamakan zona mesopelagik yang dihuni oleh sejumlah besar spesies hewan yang memiliki mata yang telah berkembang dengan baik dan organ penghasil cahaya.
- Kebanyakan spesies ikan penghuni zona mesopelagik berwarna hitam, sedangkan spesies udang berwarna merah.



Gambar 27. Contoh Organisma Laut dalam

2.2. Faktor Lingkungan

Faktor-faktor fisik, kimia dan biologi lingkungan laut dalam antara lain cahaya, tekanan hidrostatik, salinitas dan suhu, oksigen serta ketersediaan makanan di laut dalam.

1. Cahaya

- Penetrasi cahaya matahari ke laut dalam tidak ada, sehingga ada beberapa hewan-hewan laut dalam yang tergolong bioluminescent, disamping ada juga spesies lainnya yang menggunakan mata sebagai respons terhadap 4naya.
- Laut dalam gelap gulita, kecuali di bagian atas zona mesopelagik, dimana pada waktu dan kondisi tertentu masih ada sedikit cahaya matahari. Karena wilayah perairan ini gelap sepanjang masa atau intensitas cahaya sangat rendah, maka fotosintesis tidak mu 4kin berlangsung. Dengan kata lain, tidak ada produksi primer di laut dalam.
- Jika di laut dalam tampak terlihat cahaya, maka cahaya ini biasanya dihasilkan oleh hewan-hewan laut dalam tertentu. Tidak adanya cahaya mengakibatkan hewan laut dalam harus memiliki indra khusus untuk mendeteksi makanan dan lawan jenis bagi keperluan reproduksi serta untuk mempertahankan bermacam asosiasi intra maupun inter spesies.

2. Tekanan Hidrostatik

- Walaupun tekanan tinggi terjadi pada laut dalam, ikan tetap memiliki *swim bladder* yang selalu terisi dengan gas.
- Secara biokimia, hewan-hewan laut dalam memiliki adaptasi khusus terhadap tekanan hidrostatik. Hewan-hewan tersebut selalu hampir mati bila berada pada bagian permukaan. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan yang lebih rendah di permukaan dapat mengakibatkan *lethal* (mematikan) atau juga akan mengalami shock temperatur.

- Lethalnya organisme pada permukaan, bukan disebabkan oleh perubahan tekanan, tetapi disebabkan oleh aktivitas enzim biokimia dari organisme laut dalam yang berbeda dari organisme permukaan.

3. Salinitas dan Suhu

- Salinitas pada kedalaman 100 meter pertama dapat dikatakan konstan. Walaupun terdapat sedikit perbedaan-perbedaan, tetapi tidak mempengaruhi ekologi secara nyata.
- Semakin dalam, suhu semakin turun, tetapi laju perubahannya jauh lebih lambat daripada laju perubahan suhu pada daerah termoklin. Dikedalaman-kedalaman melebihi 3000-4000m, massa air dapat dikatakan isothermal. Dilihat dari sudut ekologi yang penting adalah bahwa suhu tidak berubah-ubah dalam jangka waktu yang panjang. Dengan demikian, suhu di laut dalam adalah konstan (Nybakken, 1988).

4. Oksigen

- Sekalipun massa-massa air yang terletak sangat jauh dari permukaan laut juga sangat jauh dari sumber-sumber oksigen, yaitu atmosfer dan oksigen yang dihasilkan tumbuhan tidak ada daerah abisal maupun hadal yang kekurangan oksigen, sehingga tidak terdapat organisme hidup.
- Hal ini karena oksigen yang terdapat dalam massa air laut dalam masuk ketika massa air ini masih merupakan suatu massa air permukaan. Disini massa air permukaan yang dingin, tetapi kaya akan oksigen tenggelam dan kemudian mengalir ke arah utara dan selatan untuk menjadi bagian dari massa air dalam.
- Respirasi organisme-organisme laut dalam dan tidak adanya perbantuan oksigen setelah massa air permukaan tenggelam, tidak menyebabkan kadar oksigen menurun, namun hal ini menyebabkan kepadatan organisme laut dalam sangat rendah.

5. Ketersediaan Makanan di Laut Dalam

- Letak laut dalam jauh dari zona fotosintesis dan didalamnya tidak berlangsung produksi primer, kecuali di daerah-daerah dimana terdapat bakteri kemosintetik.
- Bahan-bahan yang secara potensial dapat digunakan sebagai makanan sampai di laut dalam karena tenggelam massa air permukaan.
- Sebagian besar zarah-zarah yang tenggelam dari zona eufotik ke laut dalam bukanlah berupa bahan yang langsung dapat digunakan sebagai makanan, tetapi misalnya berupa pelet tinja (*faecal pellets*) atau kulit krustacea yang lepas pada saat ganti kulit. Kebanyakan organisme tidak dapat mencerna chitin yang merupakan bagian dari kulit krustacea, tetapi bahan-bahan ini sesampainya di dasar laut dalam akan diserang oleh bakteri dan kemudian diubah menjadi makanan dalam bentuk protoplasma bakteri. Karena zarah-zarah ini lebih lama tinggal di dasar laut dalam daripada dalam kolom air, maka bakteri dalam sedimen dasar laut dalam melimpah dan merupakan makanan bagi bermacam-macam organisme yang lebih besar.
- Sumber-sumber makanan yang terdapat di laut dalam antara lain berasal dari :
 - a. Bermacam organisme laut dalam yang menghabiskan masa awal hidupnya atau stadia larva di zona fotik untuk kemudian bermigrasi ke laut dalam dimana organisme tersebut akan menjadi mangsa para predator.
 - b. Mamalia bahari dan ikan mati yang tenggelam dan sampai ke laut dalam sebelum dimakan seluruhnya oleh organisme penghuni zona perairan di atas laut dalam.
 - c. Sumber makanan yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung, tetapi baru dapat dimanfaatkan setelah diuraikan oleh bakteri, antara lain sisa-sisa tubuh hewan dan tumbuhan yang tidak dapat dicerna, misalnya kitin, kayu dan selulosa.
 - d. Sumber makanan lain yang potensial adalah bahan-bahan organik yang larut atau berbentuk koloid dan bahan-bahan berasal dari plankton dan berbentuk gelatin.

2.3. Adaptasi Organisme Laut Dalam

Adaptasi organisme laut dalam meliputi : warna, mata, mulut, ukuran tubuh, morfologi dan fisiologi, bioluminisense bau dan bunyi, serta reproduksi.

1. Warna

- Ikan-ikan mesopelagik, cenderung berwarna abu-abu keperakan atau hitam kelam. Sebaliknya invertebrata mesopelagik berwarna ungu, seperti pada ubur-ubur atau berwarna merah cerah seperti pada kelompok krustacea dari jenis kopepoda.



Gambar 28. Ubur-ubur Laut dalam (*Turritopsis nutricula*), Amphipoda dan Ikan Hantu Laut Dalam (dari palung 7 km)

- Karena hidup dalam suasana gelap, maka tidak ditemui warna hitam pada kelompok krustacea dan ubur-ubur karena jika berwarna hitam, maka organisme ini tidak akan kelihatan. Tidak terdapat kontras warna seperti pada ikan epipelagik,
- Warna merah cerah pada organisme laut dalam disebabkan karena merah adalah warna yang pertama diabsorpsi oleh air laut. Jadi, organisme yang berwarna merah juga akan tampak hitam di laut dalam.
- Organisme yang hidup di zona abisal dan batial sering tidak berwarna atau berwarna putih kotor dan tampaknya tidak berpigmen, khususnya hewan-hewan bentik. Sedangkan ikan penghuni kedua zona ini berwarna hitam kelam.

2. Mata

- Adaptasi yang tampak pada ikan penghuni zona mesopelagik dan batipelagik bagian atas adalah adanya sepasang mata yang besar. Contohnya pada famili Myctophidae dari jenis *Myctophum punctatum*, *Lampanycus elongatus* dan *Diaphus metapoelampus*. Jika dibandingkan dengan besarnya tubuh, ukuran ikan-ikan pada zona ini jauh lebih besar daripada ikan-ikan epipelagik.
- Pada umumnya, ada korelasi antara ukuran mata yang besar dengan adanya organ-organ penghasil cahaya. Mata yang besar memberikan kemampuan maksimum untuk mendeteksi cahaya di dalam perairan di mana intensitas cahaya sangat rendah, dan mungkin diperlukan pula untuk dapat mendeteksi cahaya berintensitas rendah yang dihasilkan oleh organ-organ penghasil cahaya.
- Kecenderungan lain yang ditunjukkan pada ikan penghuni bagian laut dalam yang terdalam yakni pada zona abisapelagik dan hadalpelagik adalah memiliki mata yang sangat kecil atau tidak bermata, seperti pada belut laut gulper dari genus *Saccopharynx*. Hal ini disebabkan karena untuk hidup di lingkungan yang gelap gulita, mata tidak diperlukan.
- Adaptasi lain pada ikan laut dalam adalah mata berbentuk pipa atau tabung, seperti pada marga *Argyropelecus* sehingga bentuk ikan-ikan ini amat aneh. Mata ikan-ikan ini berbentuk silinder pendek berwarna hitam dengan sebuah lensa tembus cahaya berbentuk setengah lingkaran di puncak silinder. Tiap mata mempunyai dua retina, satu di pangkal silinder yang berfungsi untuk melihat obyek yang dekat, sedangkan yang satu lagi di dinding silinder yang berfungsi untuk melihat obyek yang jauh. Tidak diketahui sebabnya mengapa mata seperti ini hanya terdapat pada ikan-ikan tertentu penghuni laut dalam.
- Di antara jenis invertebrata, terdapat cumi-cumi dari famili Histioteuthidae yang memiliki suatu adaptasi yang aneh, yaitu sebuah matanya lebih besar dari mata lainnya, Cumi-cumi dari famili ini juga memiliki banyak organ penghasil cahaya yang dinamakan organ "fotofor".



Ikan *Bassogigas profundissimus* (dari palung Jawa 5.600-7.160m); Ikan *Melanocetus cirrifera* (dari Laut Banda 4.000m); Ikan *Helicmetus reticulatus* (dari sebelah Barat Sumatera 614m); Ikan *Barreleye*

Gambar 29. Adaptasi Mata Ikan Laut Dalam

3. Mulut

- Akibat langkanya pakan, kebanyakan ikan laut dalam mempunyai mulut yang besar, relatif lebih besar daripada ukuran tubuhnya, contoh pada ikan *Lynobryne*.

31

- Dalam mulut ikan laut dalam, terdapat gigi-gigi yang panjang dan melengkung ke arah tenggorokan. Dengan demikian, gigi-gigi ini menjamin bahwa apa yang tertangkap tidak akan ke luar lagi dari mulut. Lebih aneh lagi adalah bahwa mulut ini dihubungkan dengan engsel yang memungkinkan ikan membuka mulutnya sangat lebar, bahkan jauh lebih lebar dari tubuhnya, sehingga memungkinkannya menelan mangsa yang lebih besar daripada tubuhnya.

4. Ukuran Tubuh

- Banyak ikan laut dalam yang berhasil ditangkap memang berukuran kecil. Sepanjang pengetahuan, hanya sedikit ikan berukuran besar hidup di laut dalam, sekalipun beberapa ikan besar berhasil diambil fotonya dengan menggunakan kamera bawah permukaan air yang diberi umpan.
- Sebaliknya, kelompok-kelompok invertebrata tertentu, khususnya amphipoda, isopoda, ostrakoda, mysid dan kopepoda berukuran jauh lebih besar daripada kerabat-kerabat mereka yang hidup dalam perairan-perairan dangkal. Keadaan dimana ukuran membesar dengan meningkatnya kedalaman dikenal dengan istilah "gigantisme abisal".
- Menurut para ilmuwan, gigantisme abisal dapat terjadi karena :
 - a. Tekanan-tekanan hidrostatik yang tinggi mengakibatkan kelainan-kelainan pada metabolisme hewan.
 - b. Kombinasi antara suhu rendah dan langkanya pakan akan mengurangi laju pertumbuhan. Laju pertumbuhan yang lambat tidak hanya akan memperpanjang waktu pencapaian tingkat dewasa seksual, tetapi juga memperpanjang jangka waktu dimana hewan terdapat sebagai hewan yang dewasa seksual, sehingga tercapai suatu ukuran yang besar.
- Besarnya ukuran, panjangnya jangka hidup dan tertundanya tingkat dewasa seksual merupakan hal-hal yang menguntungkan bagi organisme laut dalam antara lain :
 - a. Telur yang dihasilkan besar, begitu pula dengan anak yang ditetaskan, sehingga dapat makan makanan dari betina ukuran tanpa harus bergantung pada makanan khusus di laut dalam yang langka pakan.
 - b. Hewan berukuran besar lebih mobile serta mampu menjelajahi wilayah yang luas dalam mencari pasangan bagi keperluan reproduksi dan memperoleh makanan. Jangka hidup yang panjang berarti bahwa periode dewasa seksual juga panjang, sehingga cukup waktu untuk mencari pasangan bagi keperluan reproduksi.
- Langkanya pakan di zona laut dalam mengakibatkan sangat rendahnya kepadatan organisme sehingga menimbulkan masalah sulitnya memperoleh pasangan dari jenis kelamin yang berbeda bagi keperluan reproduksi. Pada ikan pemancing, *sp*, ikan betina berukuran jauh lebih besar daripada yang jantan. *Cerattias* jantan sangat kecil dan hidup menempel pada betina sebagai parasit, sehingga selalu ada untuk mentransfer sperma dan yang betina tidak perlu mencarinya.

5. Morfologi dan Fisiologi

- Pada umumnya dasar laut dalam terdiri dari sedimen yang sangat halus. Organisme-organisme yang hidup di dasar laut dalam cenderung bertubuh lembut dan rapuh, memiliki kaki-kaki panjang atau pada hewan-hewan sesil memiliki anggota tubuh tertentu yang panjang dan memungkinkannya dapat mengangkat tubuhnya di atas permukaan sedimen lunak. Terdapat pula ikan-ikan laut dalam yang memiliki sirip-sirip panjang dan sempit yang juga berfungsi untuk mengangkat tubuhnya di atas permukaan sedimen lunak.
- Childress dan Nygaard (1973) dalam Nybakken (1998) melaporkan bahwa kandungan air dalam jaringan-jaringan tubuh ikan meningkat seiring meningkatnya kedalaman, sedangkan kadar lipid dan protein menurun. Selanjutnya dilaporkan bahwa pada krustasea kadar protein menurun dengan meningkatnya kedalaman. Dianggap bahwa penurunan ini disebabkan oleh langkanya makanan yang diperlukan untuk membuat protein.

6. Bioluminesense

- Bioluminesense umumnya terdapat di laut dan dapat dilihat dalam bentuk fosforescens laut yang terjadi oleh cahaya yang dihasilkan oleh berjuta-juta dinoflagellata, tetapi pada laut dalam bioluminesense mencapai perkembangan tertinggi dan paling kompleks karena banyak ditemukan organisme yang dapat menghasilkan cahaya.
- Bioluminesense adalah proses produksi cahaya oleh organisme hidup. Organ penghasil cahaya pada organisme akuatik laut dalam dinamakan 'fotofore'. Mekanisme produksi cahaya pada organisme terestrial seperti pada kunang-kunang sama dengan mekanisme yang digunakan oleh organisme akuatik.

Spektrum warna yang dihasilkan berbeda menurut spesies, tetapi secara menyeluruh meliputi warna-warna yang dapat dilihat oleh mata, dari ungu sampai merah.

- Hewan yang memiliki fotofor paling banyak terdapat di bagian atas laut dalam yaitu di zona mesopelagik dan bagian atas zona batipelagik.
- Fotofor berfungsi untuk:
 - a. Menghasilkan suatu cahaya kilat yang menyilaukan dan dengan demikian dapat melumpuhkan sejenak suatu predator sehingga organisme penghasil cahaya kilat ini sempat menghindarkan diri dari mangsa.
 - b. Untuk menerangi daerah sekelilingnya sehingga suatu predator dapat melihat mangsanya.
 - c. Sebagai media pengenalan antar sesama kerabat spesies melalui pola-pola penyebaran fotofor di permukaan tubuh.
 - d. Untuk menjaga agar individu-individu dari suatu spesies tetap berada dalam kelompoknya.
 - e. Untuk menemukan pasangan bagi keperluan reproduksi.



Ikan Viperfish dari genus Chauliodus; Ikan Kutub; Ikan Mesopelagic (kedalaman 80-1.600m)

Gambar 30. Adaptasi Mulut dan Bioluminescence Ikan laut Dalam

7. Bau dan Bunyi

- Bau pada sejumlah hewan-hewan laut dalam cukup berkembang baik. Bau biasanya digunakan untuk mendeteksi tempat atau lokasi dimana hewan-hewan tersebut berada, membaui makanan (mangsa) maupun pasangan untuk kepentingan reproduksi.
- Bunyi merupakan fungsi biologi untuk ikan laut dalam. Umumnya spesies laut dalam mempunyai lateral line yang sudah berkembang baik dan berfungsi untuk menerima bunyi.

8. Reproduksi

- Reproduksi dari hewan-hewan laut dalam menggambarkan kurang adanya suplai makanan yang cukup untuk perkembangan tingkatan larva dan sejumlah kecil kuning telur (yolk) berukuran besar sebagai pengisi telur.
- Perkembangan tingkay larva umumnya dilalui hingga mencapai "adult" yang berukuran kecil (juvenil) dengan menggunakan kuning telur (yolk) sebagai sumber energi.
- Zooplankton laut dalam memperlihatkan adanya kesamaan adaptasi reproduksi dimana telur-telur kopepoda yang dihasilkan tidak menetas sampai melewati stadia nauplius.
- Ikan-ikan laut dalam, cenderung memiliki sejumlah kecil yang berukuran besar pengisi telur. Perkembangan dari telur-telur ikan laut dalam, relatif sama seperti yang telah dijelaskan di atas, namun ada beberapa pengecualian. Ikan pemancing misalnya, memiliki sejumlah besar telur-telur kecil yang menetas menjadi larva. Selanjutnya larva tersebut turun ke kedalaman antara 1000-3000 meter dan mengalami metamorfosis ke tingkat adult.

3. Ekologi Benthic

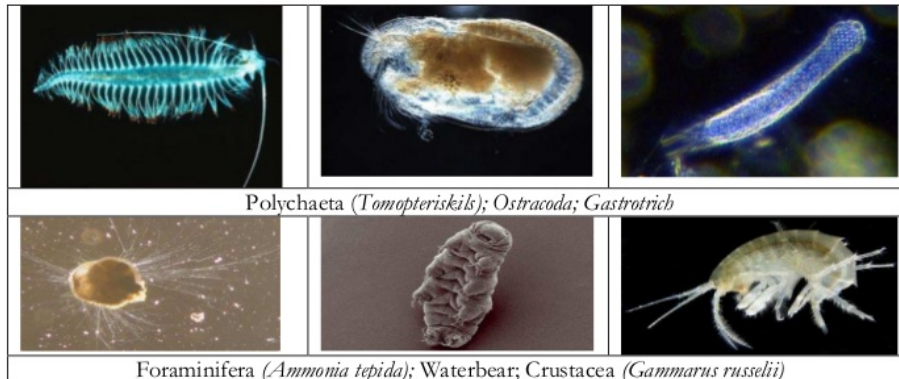
- Ekologi bentik yang dibahas disini meliputi komunitas dasar laut dan kondisi kehidupan di perairan dangkal yang mengelilingi dunia disebut juga daerah paparan benua.
- Daerah ini meliputi bagian laut yang terletak antara batas air surut terendah di panta ngan ujung paparan benua pada kedalaman sekitar 200m yang lebih dikenal sebagai daerah sublitoral/subtidal. Sebagian besar zona ini terdiri dari sedimen lunak, pasir, Lumpur dan sedikit daerah dengan substrat keras.
- Daerah ini lebih banyak dikenal karena lebih mudah dijangkau dan merupakan daerah penangkapan ikan utama di area yang sering menjadi objek penelitian.
- Secara ekologis, terdapat dua kelompok organisme yang agak berbeda pada daerah ini, yaitu :
 9. Epifauna, yakni organisme bentik yang hidup pada atau dalam keadaan lain berasosiasi dengan permukaan. Contoh : Kelompok Echonodermata, Coelenterata, Porifera



Kelompok Echinodermata (bintang laut), Kelompok Coelenterata (Brain Coral), Kelompok Porifera (Sponge)

Gambar 31. Contoh Organisme Epifauna

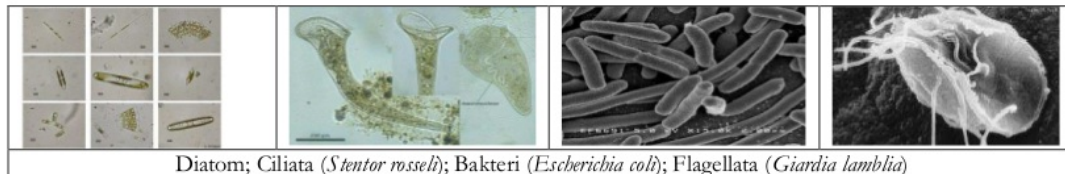
2. Infauna, yakni organisme benthik hidup di substrat lunak dan umumnya digolongkan menurut ukurannya yaitu :
- Makrofauna adalah infauna yang berukuran lebih besar dari 1 mm
Contoh : Bivalvia, Crustacea (kepiting, udang, lobster)
 - Meiofauna adalah infauna yang berukuran 0,1– 1,0mm
Contoh: Cacing Polychaeta, Ostracoda, Gastrotich, Foraminifera, Waterbear, Copepoda, Crustacea (*Gammarus russeli*)
 - Mikrofauna adalah infauna yang berukuran kurang dari 0,1mm
Contoh: Bakteri, diatom, flagellata



Polychaeta (*Tomopteriskils*); Ostracoda; *Gastrotrich*

Foraminifera (*Ammonia tepida*); Waterbear; Crustacea (*Gammarus russeli*)

Gambar 32. Contoh Organisme Meiofauna



Diatom; Ciliata (*Stentor rosseli*); Bakteri (*Escherichia coli*); Flagellata (*Giardia lamblia*)

Gambar 33. Contoh Organisme Mikrofauna

3.1. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang mempengaruhi kehidupan organisme benthik antara lain gerakan ombak, salinitas dan suhu, penetrasi cahaya matahari dan ketersediaan makanan.

1. Gerakan Ombak

- Periode pergerakan laut dan gelombang badai yang lama, berpengaruh terhadap dasar perairan yang dangkal antara lain dalam hal :
 - Dapat mempengaruhi stabilitas substrat, dimana substrat dapat teraduk dan tersuspensi kembali
 - Dapat menentukan tipe kandungan partikel

8

- Pergerakan ombak yang kuat memindahkan partikel halus sebagai suspensi dan menyisakan pasir. Jadi, sedimen lumpur yang baik hanya terbentuk pada dasar yang pergerakan ombaknya rendah atau letaknya lebih dalam sehingga tidak terlalu dipengaruhi oleh ombak. Hal ini sangat mempengaruhi hewan infauna yang hidup di dalam substrat.

2. Salinitas dan Suhu

- Salinitas di daerah ini lebih bervariasi daripada di laut terbuka atau laut dalam, kecuali di daerah dekat sungai-sungai besar yang mengeluarkan sejumlah besar air tawar, salinitas tidak berubah banyak sehingga dapat menimbulkan perbedaan ekologis.
- Suhu juga lebih bervariasi di perairan pantai dan menunjukkan perubahan musiman yang sangat jelas di daerah yang beriklim sedang. Perubahan suhu ini dapat menjadi isyarat bagi organisme untuk memulai atau mengakhiri aktivitas, misalnya reproduksi.

3. Penetrasi Cahaya Matahari

- Penetrasi cahaya pada perairan turbulen ini lebih kecil dibandingkan dengan daerah laut terbuka.
- Kumpulan partikel-partikel sisa, baik dari daratan, dari potongan-potongan algae dan rumput laut (seagrass), ditambah kepadatan plankton yang tinggi akibat melimpahnya nutrient menyebabkan terhambatnya penetrasi cahaya sampai beberapa meter.

4. Ketersediaan Makanan

- Persediaan makanan di zona ini melimpah yang berasal dari produktivitas plankton maupun oleh produksi tumbuhan laut yang melekat seperti algae dan rumput laut.
- Penggunaan terbesar dari algae dan rumput laut sebagai makanan hanyalah setelah tumbuhan tersebut ombak menjadi partikel detritus.
- Kurangnya relief di daerah infauna umumnya berarti lebih sedikit variasi habitat untuk dihuni hewan dan lebih sedikit cara yang potensial untuk mempertahankan hidup. Akibatnya jumlah spesies infauna lebih sedikit daripada jumlah spesies epifauna.
- Kebanyakan hewan infauna merupakan pemakan deposit, mencerna detritus yang berlimpah yang jatuh ke bawah atau sebagai pemakan suspensi-menyaring plankton yang berlimpah atau detritus yang melayang dalam kolom air. Di pihak lain, ikan-ikan yang hidup di dasar umumnya adalah karnivora.

3.2. Asosiasi Infauna

- Kelompok organisme dominan yang menyusun makrofauna di dasar lunak sublitoral terbagi dalam empat kelompok taksonomi, yakni : Kelas polychaeta, kelas krustacea, filum echinodermata dan filum moluska.
- Cacing polychaeta banyak terdapat sebagai spesies pembentuk tabung dan penggali. Krustacea yang dominan adalah ostracoda, amphipoda, isopoda, tanaid, mysid yang berukuran besar dan beberapa decapoda yang lebih kecil. Umumnya mereka menghuni permukaan pasir dan lumpur.
- Moluska biasanya terdiri dari berbagai spesies bivalvia penggali dengan beberapa gastrophoda di permukaan. Echinodermata biasanya sebagai benthos subtidal, terutama terdiri dari bintang mengular dan ekinoid (bulu babi dan dollar pasir).

3.3. Ekologi Larva

- Kebanyakan komunitas infauna dan epifauna bentik di seluruh lautan dunia mempunyai komposisi spesies yang bereproduksi dengan menghasilkan berbagai tipe larva yang mengalami tahap berenang bebas sebagai plankton, sebelum bermetamorfosis menjadi bentik dewasa.
- Menurut Vance (1973) dalam Nybakken (1988) ada tiga kemungkinan cara perkembangan yang berlaku bagi invertebrata bentik dengan mendapatkan energi yang cukup untuk bereproduksi, yakni :
 - a. Dengan menghasilkan sejumlah besar telur-telur kecil, dimana telur-telur tersebut akan menetas menjadi larva yang berenang bebas sebagai plankton. Karena di dalam telur terdapat sedikit kuning telur, maka trisi larva akan sangat bergantung pada plankton. Larva demikian disebut "planktotrofik".
 - b. Dengan memproduksi sedikit telur dan membekali dengan lebih banyak energi dari kuning telur. Telur-telur tersebut akan menetas menjadi larva yang memiliki cadangan makanan dari kuning telur, larva tersebut tidak makan plankton. Mereka memanfaatkan fase plankton yang singkat ini untuk dispersal. Larva semacam ini disebut "lesitotrofik".

- c. Tidak melalui tahap larva, dimana organisme dewasa menghasilkan sangat sedikit telur dengan jumlah kuning telur yang sangat banyak. Telur akan mengalami perkembangan yang lama tanpa sumber energi tambahan. Larva dalam telur kemudian akan menetas sebagai juvenile, sehingga tidak ada larva berenang bebas. Hewan seperti ini disebut “larva nonpelagik atau juvenile”.

3.4. Pembentukan Komunitas

- Sejak penelitian D.P Wilson (1952) telah banyak dilakukan penelitian terhadap larva yang menungkapkan aspek-aspek tertentu fisiologi dan tingkah lakunya yang mengakibatkan terbentuknya komunitas.
- Larva mempunyai kemampuan untuk “mencoba” substratnya. Jika substrat tidak baik, mereka tidak menetap atau menunda metamorfosis selama jangka waktu tertentu. Namun, metamorfosis akan tetap berlangsung, meski substratnya kurang cocok. Kemampuan menunda metamorfosis merupakan faktor untuk menjaga agar larva menetap pada tempat yang sesuai.
- Seperti telah ditulis oleh Thorson (1966), larva juga bereaksi terhadap faktor fisik kimia lain seperti cahaya, tekanan dan salinitas. Banyak larva yang mengagupung bebas bersifat fototaksis positif pada tahap awal kehidupan larvanya sehingga terjadi dispersi yang besar dalam suatu perairan. Jika tiba waktunya untuk menetap, mereka menjadi fototaksis sistem dan bermigrasi ke arah dasar.

3.5. Sejarah Hidup dan Interaksi Biologis

- Menurut Mc. Arthur (1960) dikenal dua pola daur hidup organisme yaitu :
 - Spesies Opportunistik, dengan ciri antara lain : mempunyai masa hidup yang pendek, perkembangan yang cepat untuk bereproduksi, terdapat banyak periode reproduksi per tahun, larva terdapat hampir atau sepanjang tahun di perairan dan angka kematiannya tinggi.
 - Spesies Ekuilibrium, dengan ciri antara lain : daur yang hidup panjang, perkembangan mencapai dewasa yang relatif lama, terdapat satu atau lebih periode reproduksi per tahun dan angka kematiannya rendah. Biasanya ukuran spesies ekuilibrium lebih besar daripada spesies oportunistik dan sering bersifat mobile.

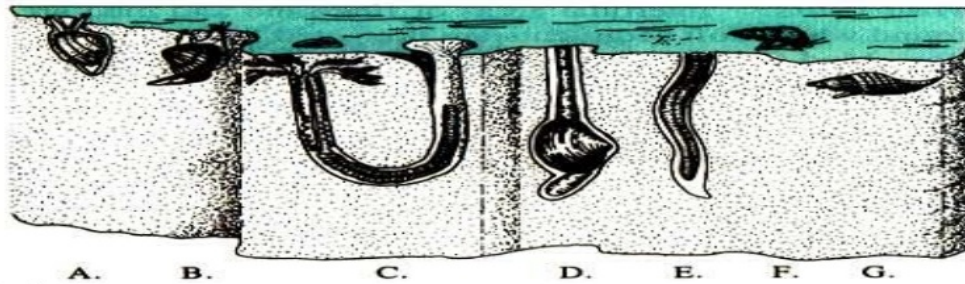
Tabel 5. Ringkasan Sifat-Sifat Spesies Opportunistik dan Equilibrium

No.	Sifat	Equilibrium	Opurtunistik
1.	Periode reproduksi per tahun	Sedikit	Banyak
2.	Perkembangan	Lambat	Cepat
3.	Laju Kematian	Rendah	Tinggi
4.	Daur Hidup	Panjang	Pendek
5.	Waktu untuk membentuk koloni	Lambat	Cepat
6.	Ukuran dewasa	Biasanya besar	Biasanya kecil
7.	Mobilitas	Tinggi	Rendah
8.	Kelimpahan	Konstan	Berfluktuasi

- Wainwright (1976) mengklasifikasikan organisme infauna menjadi tiga bagian, yaitu :
 - Penggali pemakan deposit
Organisme ini cenderung melimpah pada sedimen Lumpur dan sedimen lunak yang merupakan daerah yang mengandung bahan organik yang tinggi.
 - Pemakan suspensi
Organisme ini terdapat melimpah pada substrat yang berbentuk pasir, bahan organik lebih sedikit dan substrat dimana pemakan deposit akan menemukan lebih sedikit makanan serta lebih sukar menggali.
 - Pembentuk tabung
Organisme pembentuk tabung dapat berupa pemakan suspensi atau pemakan deposit. Hewan ini membentuk tabung dalam substrat dimana mereka hidup sehingga mampu menstabilkan substrat. Dengan menstabilkan substrat, mereka mencegah tersuspensinya kembali partikel halus dan memungkinkan organisme pemakan suspensi dapat hidup. Adanya tabung dalam substrat pada daerah berlumpur atau berpasir membatasi tempat yang tersedia untuk digali oleh pemakan deposit. Pemakan deposit tidak dapat menembus ke bawah karena terhalang oleh tabung yang keras. Jika dijumpai di lumpur, kehadiran tabung organisme ini berguna untuk menghambat pemakan deposit dan memperbaiki lingkungan untuk tempat tinggal pemakan suspensi.

3.6. Persaingan dan Penyebaran Vertikal

- Persaingan diantara invertebrata benthik laut umumnya disebabkan karena makanan dan tempat. Pada daerah dasar lunak subtidal, dimana spesies yang dominan adalah organisme pemakan suspensi dan organisme pemakan deposit, persaingan biasanya terjadi akibat memperebutkan tempat karena makanan dalam bentuk detritus atau plankton selalu melimpah.
- Penyebaran spesies secara vertikal merupakan ciri yang umum dijumpai di dasar lunak, dapat terjadi di lumpur maupun pasir, pada pemakan suspensi maupun deposit.
- Organisme pemakan suspensi diduga tersebar secara vertikal di substrat dan hanya alat makannya saja yang berada di permukaan. Demikian juga organisme pemakan deposit tidak hanya makan di permukaan mana saja, tetapi juga di lapisan dalam substrat yang mengandung bahan organik. Tetapi mereka perlu berhubungan dengan permukaan untuk memperoleh oksigen dari air di atasnya.



5 mbar 34

A) *Macoma*; (B) Tiram *Clinocardium*; (C) Cacing Polikaeta; (D) Kerang *Mya*; (E) Cacing Polikaeta; (F) Siput Gastropoda *Hydrobia*. Infauna (A-E) tergantung pada permukaan untuk makanan; Beberapa spesies (G) sebagai predator. Sedikit spesies (F) hidup di permukaan

4. Ekologi Intertidal

- Zona intertidal atau pasang surut merupakan daerah pantai yang secara berkala mengalami perendaman dan pengeringan akibat terjadinya pasang surut, yang terletak antara paras air tertinggi ke arah daratan dan paras air rendah ke arah laut.
- Zona ini merupakan bagian laut yang paling banyak dikenal dan dipelajari karena sangat mudah untuk dicapai oleh manusia. Hanya di daerah inilah penelitian terhadap organisme perairan dapat dilaksanakan secara langsung selama periode air surut, tanpa memerlukan peralatan khusus.
- Kekayaan, keragaman faktor lingkungan serta kemudahannya untuk mencapainya menyebabkan daerah ini mendapat perhatian secara ilmiah.

145

4.1. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang mempengaruhi kelangsungan hidup organisme pada wilayah intertidal antara lain : Pasang surut, suhu, gerakan ombak, salinitas dan substrat.

1. Pasang surut

- Naik turunnya permukaan laut secara periodik selama suatu interval waktu tertentu disebut "pasang surut".
- Fluktuasi yang besar pada zona ini disebabkan oleh kisaran yang luas pada berbagai faktor fisik akibat hubungan langsung yang bergantian antara keadaan yang terkena udara terbuka dan keadaan yang terendam air selama periode pasang surut.

2. Suhu

- Daerah intertidal biasanya dipengaruhi oleh suhu udara selama periode yang berbeda-beda dan suhu ini mempunyai kisaran yang luas, baik secara harian maupun secara musiman. Kisaran ini dapat melebihi batas toleransi organisme laut.

- Jika pasang-turun terjadi ketika suhu udara minimum (daerah sedang-dingin, kutub) atau ketika suhu udara maksimum (daerah tropik), batas letal dapat terlampaui dan organisme dapat mati. Walaupun kematian tidak segera terjadi, organisme akan menjadi semakin lemah karena suhu yang ekstrem sehingga organisme tidak dapat menjalankan kegiatannya seperti biasa dan akan mati karena sebab-sebab sekunder, seperti kehabisan air atau terlalu dingin.

3. Gerakan Ombak

- Aktivitas ombak mempengaruhi kehidupan pantai secara langsung dengan dua cara, yaitu :
 - a. Pengaruh mekanik ombak dapat menghancurkan dan menghanyutkan benda yang dikenainya. Contoh :
 - i. Hancurnya dermaga atau bangunan akibat gelombang badai.
 - ii. Kegiatan ombak dapat memperluas batas zona intertidal karena adanya hempasan air melalui deburan ombak yang terus menerus.
 - b. Selain itu, kegiatan ombak juga dapat meningkatkan kandungan oksigen melalui pencampuran atau pengadukan gas-gas atmosfer ke dalam air sehingga daerah yang diterpa ombak tidak pernah kekurangan oksigen.

56

4. Salinitas

- Perubahan salinitas yang dapat mempengaruhi organisme pada zona intertidal dapat melalui dua cara, yakni :
 - a. Salinitas akan sangat turun akibat zona intertidal terbuka pada saat surut dan kemudian digenangi air atau aliran air akibat hujan lebat. Jika melewati batas toleransi, organisme intertidal dapat mengalami kematian.
 - b. Jika terjadi penguapan yang tinggi pada siang hari serta tidak ada aliran air tawar yang besar dari hujan lebat atau dari aliran yang masuk ke suatu perairan, maka akan dapat menyebabkan kenaikan salinitas.

5. Substrat

- Ada empat macam tipe substrat dalam lingkungan intertidal, yakni substrat berlumpur, substrat berpasir, substrat berbatu dan substrat timbunan.

1. Substrat Berlumpur

- Mintakat ini terjadi karena adanya aliran air yang mengandung Lumpur dari darat. Lumpur yang terbawa tersebut mengendap di perairan teluk yang tenang atau di estuari. Lingkungan yang terdiri dari lumpur ini menimbulkan masalah bagi hewan-hewan yang hidup di sini, karena partikel-partikel Lumpur ini dapat menembus system pernafasan hewan-hewan tersebut dan menyebabkan hambatan pernafasan.
- Kandungan oksigen di lingkungan ini rendah karena partikel-partikel lumpur ini padat dan tidak meninggalkan rongga-rongga untuk oksigen berada di lumpur sehingga tidak ada pertukaran oksigen dengan udara ditambah lagi dengan zat-zat organik yang membusuk yang menghabiskan oksigen. Dengan demikian organisme yang hidup pada lingkungan berlumpur ini adalah dari kelompok bakteri.

2. Substrat Berpasir

- Pasir mempunyai ukuran partikel yang lebih besar daripada partikel lumpur. Dasar pasir ini memungkinkan air mengalir di antara partikel-partikel pasir sehingga ada pertukaran oksigen sampai lapisan bawah dasar pasir.
- Besarnya partikel juga mempercepat pengeringan. Pada saat air surut siang hari, pasir cepat mengering sehingga permukaan pantai pasir sangat kering. Bagian bawah permukaan pantai agak cepat mengering adalah air surut. Gelombang memindahkan pasir saat ia menuju pantai.
- Organisme yang hidup pada zona ini harus dilengkapi dengan cangkang yang kuat, mampu bergerak bersama butiran pasir atau memendam dalam di bawah permukaan untuk menghindari penggerusan.

3. Substrat Berbatu

- Pantai ber cadas atau berbatu merupakan lingkungan yang mudah bagi banyak biota laut untuk menyesuaikan diri. Itulah sebabnya biodiversitas pada lingkungan ini tinggi. Hal ini disebabkan karena banyaknya macam lingkungan mikro (micro environment), seperti lingkungan yang terdapat pada celah-celah cadas, lubang-lubang, permukaan cadas, kubangan pasut dan sebagainya. Daerah cadas ini memperoleh oksigen yang bagus, banyak makanan dan tempat berlindung.
- Organisme yang hidup pada lingkungan ini umumnya jenis yang melekat. Ada juga yang melubangi dasar cadas, bersembunyi di sela-sela alat pelekat algae seperti jenis-jenis cacing atau merekatkan diri dengan semacam semen pada batu seperti teritip baran.

4. Substrat Timbunan

- Substrat timbunan yang dimaksud di sini adalah tumpukan-tumpukan kayu dermaga, galangan kapal dan bangunan-bangunan lain buatan manusia. Lingkungan semacam ini dianggap sebagai lingkungan terpisah karena lingkungan ini menunjang jenis kehidupan yang tidak terdapat di lingkungan lain. Contohnya adalah tiram pengebor, *Teredo*. Meskipun namanya cacing kapal (ship worm), namun ia bukan cacing, melainkan bivalvia (moluska) pelubang kayu.

4.2. Adaptasi Organisme

Adaptasi organisme pada lingkungan intertidal meliputi : Daya tahan terhadap kehilangan air, pemeliharaan keseimbangan panas, tekanan mekanik, pernafasan, cara makan dan tekanan salinitas

1. Daya Tahan terhadap Kehilangan Air

- Mekanisme untuk mencegah kehilangan air dapat ditempuh melalui adaptasi organisme, baik secara struktural atau tingkah laku.
- Penghuni-penghuni pasir atau lumpur biasanya hanya mengubur diri ke dalam substrat untuk mencegah kehilangan air.
- Kepiting aktif bergerak untuk memilih mikrohabitat dengan mencari lubang-lubang, celah atau galian yang sangat basah sehingga kehilangan air dapat diatasi.
- Hal tersebut juga ditemui pada spesies anemone *Anthopleura xanthogrammica* yang bertubuh lunak, yang ditemukan diantara teritip atau di dalam celah dimana kehilangan air dapat dikurangi sehingga adaptasi fisiologis tidak dibutuhkan. Demikian halnya dengan anemone *Actinia* dan hydroid *Clava lamata* yang menghasilkan lendir (mucus) untuk mencegah kehilangan air.
- Genera alga intertidal bagian atas yaitu *Porphyra*, *Fucus* dan *Enteromorpha* mengatasi kehilangan air yang besar hanya dengan jaringannya. Pada saat air surut, genera ini sering dijumpai dalam keadaan kering dan kusut setelah lama berada di udara terbuka pada saat surut, tetapi jika pasang kembali, mereka akan cepat menyerap air dan kembali menjalakan proses-proses tubuhnya seperti biasa.
- Teritip merupakan organisme sesil yang menghindari kehilangan air dengan cara merapatkan cangkangnya yang kedap air pada saat air surut. Gastropoda seperti *Littorina* mempunyai opercula yang menutup rapat celah cangkang, sedangkan bivalvia *Mytilus edulis* menutup rapat valvanya untuk mencegah kehilangan air.

2. Pemeliharaan Keseimbangan Panas

- a. Peningkatan panas yang di dapat dari lingkungan dengan cara :
 1. Memperbesar ukuran tubuh yang berarti perbandingan antara luas permukaan dengan volume tubuh menjadi lebih kecil sehingga luas daerah tubuh yang mengalami peningkatan suhu menjadi lebih kecil.
 2. Mengurangi kontak antara jaringan tubuh dengan substrat.
- b. Meningkatkan kehilangan panas dari tubuh hewan, dengan cara antara lain :
 1. Memperluas cangkang dan memperbanyak ukiran pada cangkang seperti pada kelompok moluska, *Tectarius muricata* dan *Nodolittorina tuberculata*.
 2. Memiliki warna yang terang seperti pada siput *Nerita peleronta* dan *Littorina unifasciata* karena organisme berwarna gelap mendapat panas melalui absorpsi.
 3. Melalui penguapan.
Agar terhindar dari kekeringan yang berlebihan sekaligus proses untuk mendinginkan tubuh melalui penguapan, organisme intertidal mempunyai persediaan air tambahan yang kapasitasnya sangat besar melebihi kebutuhan hidupnya dan disimpan dalam rongga mantel, seperti pada teritip dan limpet.

3. Tahanan Mekanik

- Untuk mempertahankan posisi menghadapi gerakan ombak, organisme intertidal telah membentuk beberapa adaptasi, antara lain :
 1. Melekat kuat pada substrat, contoh : teritip tiram, cacing polychaeta
 2. Berlindung pada celah atau di bawah batu, contoh : kepiting
 3. Mempertebal cangkang dan mengurangi ukuran tubuh karena mudah pecah bila terpukul ombak

4. Pernafasan

- Organisme intertidal umumnya mempunyai tonjolan organ pernafasan yang mampu mengambil oksigen dari air dan sangat peka terhadap kekeringan udara sehingga tidak akan berfungsi, kecuali jika dicelupkan ke dalam air.

- Biasanya tonjolan itu tipis dan meratakan perluasan dari permukaan tubuh dan cenderung ditemukan dalam rongga perlindungan, seperti pada pluska dimana insangnya terdapat dalam rongga mantel yang dilindungi oleh cangkang. Dengan demikian, untuk mempertahankan oksigen dan air ketika surut, banyak hewan yang berdiam diri.

5. Cara Makan

- Pada waktu makan, seluruh hewan intertidal harus mengeluarkan bagian-bagian berdaging dari tubuhnya. Hal ini berarti bahwa bagian-bagian yang terbuka ini harus tahan terhadap kekeringan. Karena itu, seluruh hewan intertidal hanya aktif jika terjadi pasang dan tubuhnya terendam air. Hal ini berlaku bagi seluruh hewan, baik pemakan tumbuhan (herbivora), pemakan bahan-bahan tersaring (filter feeder), pemakan detritus (detritus feeder) maupun predator.

6. Tekanan Salinitas

- Kebanyakan organisme intertidal tidak memperlihatkan adaptasi daya tahan terhadap perubahan salinitas, tidak seperti organisme estuaria. Kebanyakan mereka tidak mempunyai mekanisme untuk mengontrol kadar garam cairan tubuhnya dan arena itu disebut "osmokonformer".
- Adaptasi satu-satunya sama dengan adaptasi untuk melindungi tubuh dari kekeringan, misalnya untuk teritip dan moluska adalah dengan menutup valva atau cangkang.

4.3. Reproduksi

- Kebanyakan organisme intertidal hidup menetap atau bahkan melekat, sehingga dalam penyebarannya mereka menghasilkan telur atau larva yang terapung sebagai plankton.
- Hampir semua organisme intertidal mempunyai daur perkembangbiakan yang seirama dengan munculnya arus pasang surut tertentu, misalnya pada waktu pasang purnama. Contohnya *Mytilus edulis*, gonad menjadi dewasa selama pasang purnama dan pemijahannya berlangsung ketika pasang perbani, sedangkan *Littorina neritoides*, telurnya diletakkan pada saat pasang purnama.

5. Ekologi Interstitial

- Organisme interstitial adalah organisme yang mendiami ruang yang sangat sempit (microspace) di antara butiran-butiran pasir yang berdekatan.
- "Psammon" adalah sinonim untuk organisme interstitial, menyangkut semua yang hidup di antara butiran-butiran yang meliputi meiofauna dan mikrofauna.
- Istilah "meiopsammon" membicarakan semua organisme interstitial yang berhubungan dengan tepi pantai air tawar atau air payau, sedangkan "thalassopsammon" membicarakan organisme yang berasosiasi dengan tepian laut dan daerah pasir.

5.1. Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan yang mempengaruhi kehidupan organisme di lingkungan interstitial antara lain : cahaya dan suhu, salinitas, kekuatan ombak serta ukuran butiran sedimen.

1. Cahaya dan Suhu

- Cahaya jarang sekali menembus di bawah 5-15mm ke dalam pantai pasir. Namun organisme seperti diatom, meioflora dan mikroflora dapat ditemukan sampai pada kedalaman jauh dari di bawah ini, yang menimbulkan spekulasi bagaimana organisme ini dapat mempertahankan hidupnya. Terlepas dari semua itu, organisme tersebut merupakan sumber makanan penting bagi pemakan meiofauna.
- Keberadaan atau ketiadaan dan distribusi organisme interstitial sangat bergantung pada suhu. Kenaikan suhu paling ekstrem terjadi di pantai intertidal dan di lapisan pantai paling atas. Hal tersebut terjadi karena suhu dapat berubah secara mencolok, bergantung pada suhu udara pengaruh angin dan hujan, jumlah cahaya matahari yang menimpa permukaan dan suhu air laut sehingga lapisan pasir permukaan suatu pantai bertindak sebagai insulator bagi lapisan-lapisan bagian bawah yang dengan efektif meredam setiap perubahan suhu yang nyata.

2. Salinitas

- Perubahan salinitas biasanya terbatas pada lapisan atas pantai karena lapisan bawah melalui daya kapiler mampu mempertahankan tingkat air asin yang lebih tinggi. Karena air tawar lebih ringan daripada air asin, air tawar tidak dapat menembus ke bawah titik dimana air laut ditahan oleh daya kapiler.

3. Kelembutan Ombak

- Apabila pasang surut teraduk, keseluruhan rangkaian ruangan dalam diatur kembali dan dengan sendirinya organisme berpindah. Ini berarti bahwa ruangan interstitial secara terus-menerus diatur kembali dan organisme tersebut terus-menerus dalam keadaan terancam terlempar ke perairan terbuka dan menghadapi pemangsaan yang jauh lebih berbahaya.

4. Ukuran Butiran

- Makin besar ukuran butiran, makin besar volume ruangan interstitial dan oleh karena itu makin besar pula organisme interstitial yang dapat mendiami tempat tersebut. Sebaliknya makin kecil ukuran butiran sedimen, makin kecil pula ruangan yang tersedia dan dengan demikian makin kecil organisme yang dapat mendiaminya.
- Organisme interstitial adalah organisme akuatik dan oleh karena itu membutuhkan kehadiran air di ruang antar butiran pasir untuk dapat hidup. Apabila ukuran butiran terlalu kasar, daya kapiler pasir tidak dapat menahan air sehingga air akan mengalir ke luar dan hanya meninggalkan suatu lapisan tipis yang menyelubungi butiran. Sebaliknya, pantai yang berbutir halus mampu menahan cukup banyak air di ruangan antar butiran dengan daya kapiler.
- Sirkulasi air melalui pori-pori di dalam pasir penting karena gerakan air ini memperbarui persediaan oksigen. Sirkulasi yang paling baik terdapat pada pantai yang butiran pasirnya kasar dan berkurang pada pantai yang butiran pasirnya halus. Apabila ukuran butiran pasirnya sangat halus, misalnya pada pantai lumpur, sirkulasi sama sekali terhenti dan akibatnya terbentuk lapisan anaerobik pada sedimen.
- Selain ukuran butiran, kondisi mineral butiran juga penting artinya bagi penentuan komposisi psammon. Asosiasi organisme yang terdapat di pasir silika akan berbeda dengan yang terdapat di pasir karbonat.

5.2. Komposisi Jenis

- Hewan invertebrata, seperti filum protozoa terutama dari jenis ciliate biasanya berukuran kecil sebagai bentuk adaptasi untuk dapat hidup di ruangan kecil antar butiran pasir.
- Filum plathyhelminthes kelas Turbellaria diwakili oleh cacing-cacing kecil, pipih dan memanjang. Jenis yang melimpah adalah dari cacing bulat nematoda.
- Cacing dari filum annelida ditemukan melimpah karena bertubuh panjang dan bentuk tubuh demikian sangat sesuai sekali dalam lingkungan interstitial.
- Krustacea pada dasarnya diwakili oleh kopepoda harpaktikoid dan ostrakoda yang berlimpah dan beberapa kelompok kecil lain misalnya Mystacocarida.
- Filum yang biasanya terdiri dari organisme besar atau bentuk-bentuk yang hidup di dasar atau menetap jarang didapatkan sebagai psammon. Sebagai contoh, kelompok echinodermata dan cnidaria tidak mungkin hidup pada zona ini. Selain memiliki pergerakan yang sangat lambat, mereka adalah pemakan suspensi yang hidupnya sangat bergantung pada organisme yang tersaring dari air. Seperti diketahui, di lingkungan interstitial, relatif hanya ada sedikit air dan sedikit organisme dalam air yang dapat diaring karena sebagian besar melekat atau menempelkan diri pada butiran pasir.

5.3. Adaptasi Organisme Interstitial

Adaptasi organisme interstitial meliputi ukuran dan bentuk tubuh, system organ, reproduksi, migrasi dan rantai makanan.

1. Ukuran dan Bentuk tubuh

- Untuk hidup di ruangan antar butiran yang sempit, organisme interstitial harus memiliki ukuran yang sangat kecil dan bentuk pipih yang lebih pipih dan memanjang.
- Untuk menjaga kemungkinan terbentur pada saat butiran pasir saling bertumbukan, banyak psammon mengembangkan berbagai tipe alat untuk memperkuat dinding tubuh, antara lain:
 - a. Membentuk kerangka spikula, contoh pada ciliata jenis *Remanella*, cacing pipih tubellaria jenis *Acanthomacrostomum spiculiferum* serta moluska jenis *Rhodope* dan *Hedylopsis*.
 - b. Mempunyai perisai dari sisik, contoh pada kelompok gastrotricha.
 - c. Mengandalkan kutikula yang tebal dan berat, contoh pada nematode
 - d. Memperpanjang atau memperpendek tubuh untuk menghindari himpitan.

2. Sistem Organ

- Bersamaan dengan tubuh yang kecil, terjadi juga penyederhanaan dalam keruwetan dan banyaknya system organ tubuh pada hewan metazoa interstitial. Sebagai contoh, perlengkapan faring (pharynx) yang kompleks, insang apodia bahkan ginjal (nephridia) pada polichaeta makrofauna seringkali hilang. Demikian juga dengan jumlah tentakel hydroid interstitial yang lebih sedikit daripada hydroid yang hidup di lingkungan lain.

3. Reproduksi

- Pada hakikatnya ada dua kelompok organisme interstitial yakni psammon sementara yang terdiri dari juvenile organisme makrofauna yang baru saja menetap dan psammon permanen yang terdiri dari organisme menghabiskan seluruh masa hidupnya di dalam ruangan antar butiran pasir.
- Oleh karena fauna interstitial permanent ukurannya sangat kecil, gamet yang dapat dihasilkan pada suatu waktu terbatas jumlahnya sehingga mempengaruhi jumlah telur yang dihasilkan.
- Untuk menjamin kelangsungan hidup turunannya, diperlukan adaptasi fertilisasi yang dapat dilakukan dalam tiga cara yaitu :
 - 1.alui kopulasi, dalam hal ini terjadi pemindahan sperma langsung kepada binatang betina.
 2. Membungkus semua sperma dalam satu unit yang disebut "spermatopore" dan melekatkannya pada betina sehingga tersedia sperma untuk membuahi telur yang dikeluarkan.
 3. Melalui spesies hermaphrodit, yakni terdapat dua jenis kelamin dalam satu individu.
- Embrio hasil fertilisasi harus dilindungi dari kemusnahan dengan cara telur dipelihara oleh hewan betina sampai anak-anaknya mencapai ukuran cukup besar hingga dapat berdiri sendiri.

5.4. Migrasi dan Rantai Makanan

- Organisme interstitial juga bermigrasi vertikal akibat dorongan perubahan suhu dan salinitas.
- Fauna interstitial dapat dibedakan berdasarkan jenis makanannya dan pada umumnya terdiri dari dua kelompok besar yakni :
 1. Kelompok Herbivora yang berasal dari jenis-jenis kopepoda harpaktikoid yang mengkonsumsi diatom yang melekat pada butiran pasir.
 2. Kelompok Pemakan Detritus yang berasal dari jenis-jenis Turbellaria pemakan bangkai dari makrofauna dan mikrofauna yang mati, termasuk gastrotrika, beberapa nematode dan polichaeta arkianelida.

6. Ekologi Estuaria

- Jika daerah intertidal merupakan tempat pertemuan darat dan laut, maka estuaria merupakan tempat pertemuan air tawar dan air asin.
- Estuaria adalah suatu perairan semi tertutup yang berada di bagian hilir sungai dan masih berhubungan dengan laut, sehingga memungkinkan terjadinya pencampuran antara air tawar dan air laut.
- Bentuk estuaria bervariasi dan sangat tergantung pada besar kecilnya aliran sungai, kisaran pasang surut dan bentuk garis pantai.
- Estuari dari sungai yang besar dapat memodifikasi garis pantai dan topografi sublitoral melalui pengendapan dan erosi sedimen, sehingga garis pantai bergerak menjorok beberapa kilometer ke arah laut (Meadows dan Campbell, 1988 dalam Dahuri, 2003).

6.1. Sifat Fisik Lingkungan

Sifat fisik lingkungan yang mempengaruhi kehidupan organisme pada lingkungan estuari antara lain : salinitas, substrat, suhu, arus dan ombak, kekeruhan dan kandungan oksigen.

1. Salinitas

- Ciri dominan lingkungan estuari ialah berfluktuasinya salinitas.
- Perubahan salinitas musiman di estuari biasanya merupakan akibat penguapan musiman dan/ atau perubahan aliran air tawar musiman. Di daerah dimana debit air berkurang atau kering sama sekali selama setengah waktu dalam setahun, salinitas tertinggi bisa didapat jauh ke hulu. Dengan mulainya kenaikan aliran air tawar, gradient salinitas digeser ke hilir ke arah mulut estuaria. Oleh karena itu, pada berbagai musim, suatu titik tertentu di estuaria dapat mengalami salinitas yang berbeda-beda.

2. Stratifikasi

- Kebanyakan estuari didominasi oleh substrat lumpur yang berasal dari endapan yang dibawa oleh air tawar maupun air laut. Karena partikel yang mengendap kebanyakan bersifat organik, maka substrat dasar estuari biasanya kaya akan bahan organik. Bahan organik inilah yang menjadi cadangan makanan utama bagi organisme estuari.

3. Suhu

- Suhu air di estuari lebih bervariasi daripada di perairan pantai di dekatnya. Hal ini disebabkan karena :
 1. Volume air di estuari lebih kecil daripada luas permukaan estuari sehingga air estuari ini lebih cepat panas dan lebih cepat dingin.
 2. Terjadi pencampuran air tawar dan air laut yang mengakibatkan terjadinya perubahan suhu.
 3. Secara vertikal, perairan permukaan mempunyai kisaran yang terbesar dan perairan yang lebih dalam kisaran suhunya lebih kecil.

4. Aksi Ombak dan Arus

- Ombak yang terjadi di perairan estuari hanya sedikit jika dibandingkan dengan perairan pantai di dekatnya. sempitnya mulut estuaria dan dasarnya yang dangkal menghilangkan pengaruh ombak yang masuk ke estuaria, sehingga estuaria merupakan perairan yang tenang dibanding dengan perairan di dekatnya. Arus yang ada di perairan estuaria disebabkan oleh kegiatan pasang surut dan aliran sungai.

5. Kekeruhan

- Karena besarnya jumlah partikel-partikel pada waktu-waktu tertentu, misalnya musim hujan, biasanya perairan estuaria lebih keruh dibandingkan dengan pantai di dekatnya.
- Pengaruh ekologi utama dari kekeruhan adalah penurunan penetrasi cahaya yang mencolok. Keadaan ini dapat menurunkan fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan benthik yang mengakibatkan turunnya produktivitas.

6. Oksigen

- Kelarutan oksigen dalam air berkurang dengan naiknya suhu dan salinitas.
- Oksigen sangat berkurang di dalam substrat. Keadaan ini disebabkan karena tingginya kandungan bahan organik dan tingginya populasi bakteri di sedimen yang menyebabkan besarnya kebutuhan bahan oksigen di perairan interstitial. Ukuran partikel sedimen yang halus membatasi pertukaran antara air interstitial dengan 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, misalnya *Callinassa* dan *Balanoglossus* yang dengan kegiatannya memasukkan oksigen ke dalam lapisan bawah sedimen.
- Partikel-partikel tersuspensi yang khususnya terkandung dalam aliran sungai akan masuk dan terakumulasi di estuaria. Karena kondisi pada saat tertentu cenderung stagnan, maka partikel sedimen akan mengalami pengendapan, sehingga lapisan dasar akan bertambah tebal dan terjadi pendangkalan. Hal ini akan menyebabkan terjadinya perubahan morfologi dasar estuaria.

6.2. Komposisi Fauna

- Komponen fauna di estuari dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :
 1. Fauna lautan, yang terdiri dari :
 - a. Hewan stenohaline yaitu hewan yang terbatas kemampuannya dalam mentolerir perubahan salinitas sampai 30‰.
 - b. Hewan euryhaline yaitu hewan khas laut yang mampu mentolerir penurunan salinitas hingga di bawah 30‰.
 2. Fauna air payau atau estuari, terdiri dari spesies yang hidup di pertengahan daerah estuaria pada salinitas antara 5 dan 30‰. Spesies ini tidak ditemukan hidup di perairan laut maupun tawar.
 3. Fauna air tawar, biasanya terdiri dari hewan yang tidak mampu mentolerir perubahan salinitas di atas 5‰ dan penyebarannya hanya terbatas pada bagian hulu estuaria (Nybakken, 1988).
- Terdapat juga binatang yang dapat kita golongkan ke dalam komponen peralihan, antara lain :
 - a. Ikan yang melakukan migrasi yang melewati estuaria dalam perjalanannya ke daerah pemijahan, baik di air tawar maupun di air laut, seperti ikan salem (*Salmo*, *Oncorhynchus*) dan belut laut (*Anguilla*).

b. Organisme yang hanya menghabiskan sebagian daur hidupnya di estuaria. Biasanya fase juvenilnya terdapat di estuaria, sedangkan yang dewasa terdapat di laut, contohnya adalah udang dari famili penaeidae (*Penaeus setiferus*, *P. aztecus*, *P. duorarum*)

c. Organisme yang masuk ke estuaria hanya untuk mencari makan, didalamnya termasuk berbagai kelompok burung dan ikan.

- Jumlah spesies organisme yang menghuni estuaria jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan organisme yang hidup di perairan tawar ataupun laut. Jumlah spesies yang sedikit itu disebabkan oleh terjadinya fluktuasi besar kondisi lingkungan, terutama salinitas dan suhu pada saat terjadi pasang dan surut. Hal ini antara lain karena ketidakmampuan organisme air tawar mentolerir kenaikan salinitas dan organisme air laut mentolerir penurunan salinitas estuaria (Barnes, 1974 dalam Nissen, 1988).

- Organisme estuaria sebenarnya, pada umumnya berasal dari binatang laut dan bukan dari air tawar karena binatang laut lebih mampu mentolerir penurunan salinitas yang besar daripada spesies air tawar menghadapi kenaikan salinitas. Dengan demikian, beberapa spesies organisme yang dijumpai di estuari merupakan spesies yang telah mampu beradaptasi terhadap kondisi lingkungan.

6.3. Vegetasi Estuaria

- Selain miskin dalam jumlah jenis organisme, estuaria juga miskin akan flora dan akuatik. Hampir semua bagian estuaria yang terus menerus terendam terdiri dari substrat lumpur dan tidak cocok untuk melekatnya makroalga. Namun demikian, di dataran lumpur estuaria seringkali banyak mengandung flora diatom. Kondisi perairan estuaria yang sangat keruh menyebabkan flora yang dominan umumnya tergolong jenis tumbuhan yang mencuat seperti komunitas mangrove di perairan tropic.

6.4. Adaptasi Organisme

- Adaptasi organisme estuaria antara lain meliputi: adaptasi morfologi, adaptasi fisiologis dan adaptasi tingkah laku.

a. Adaptasi morfologi

Sebagian besar kepiting estuaria dan banyak moluska bivalvia membuat lubang dalam Lumpur. Kedua organisme ini mempunyai rumbai-rumbai halus dari rambut atau setae yang menjaga jalan masuk ke ruangan pernapasan agar permukaan pernapasan tidak tersumbat oleh partikel lumpur.

b. Adaptasi Fisiologis

Masuk ke dalam estuaria berarti menghadapi air dengan salinitas yang lebih rendah. Karena konsentrasi garam internal spesies lautan lebih tinggi daripada konsentrasi garam air estuaria, air cenderung melewati selaput masuk ke dalam tubuhnya untuk menyamakan konsentrasi. Pengaturan berarti mengeluarkan kelebihan air tanpa kehilangan garam atau mengeluarkan air dan mengganti garam yang hilang dengan pengambilan ion dari lingkungan secara aktif. Untuk binatang air tawar, yang bergerak dari medium yang lebih encer ke medium yang kurang encer ketika masuk estuaria, terjadi proses yang sebaliknya.

c. Adaptasi Tingkah Laku

Adaptasi tingkah laku yang biasa dilakukan oleh organisme estuaria antara lain :

1. Membuat lubang dalam lumpur yang bertujuan untuk :

a. Terbukanya kesempatan untuk berhubungan dengan air interstitial yang mempunyai variasi salinitas dan suhu yang lebih kecil daripada air di atasnya., terutama bagi organisme yang mempunyai kemampuan pengaturan osmosis yang terbatas atau tidak sempurna.

b. Menghindari predator yang hidup di permukaan substrat atau di air, misalnya burung, ikan atau kepiting.

2. Mengubah posisi pada substrat dengan cara bergerak ke hulu atau ke hilir estuaria. Tingkah laku ini akan menjaga organisme tetap berada pada suatu daerah yang mengalami perubahan salinitas mal.

3. Banyak kepiting estuaria dewasa mampu hidup dengan berhasil pada salinitas rendah karena kemampuannya melakukan pengaturan osmosis telah berkembang. Tetapi telur-telur dan kepiting muda tidak mempunyai kemampuan pengaturan osmosis. Karena itu, banyak kepiting yang memperlihatkan pola migrasi yang spesifik, bergerak dari estuaria ke laut yang berdekatan untuk keperluan musim pemijahan.

4. Banyaknya makanan di estuary dan relatif langkanya pemangsa memungkinkan organisme memanfaatkan estuary sebagai daerah asuhan bagi anak-anaknya. Sebagai contoh adalah ikan belanak (*Mugil sp*), ikan bas bergaris (*Roccus saxatilis*) dan sejenis ikan sebelah (*Platichthys flesus*) yang memasuki estuaria sebagai juvenile dan bermigrasi kembali ke laut ketika menginjak dewasa.

6.5. Jaringan Makanan

Berdasarkan fenomena yang ada di habitat estuaria, dimana nilai produktivitas primer di kolom air relatif rendah, jumlah spesies herbivora sedikit dan ketersediaan detritus relatif besar, dapat disimpulkan bahwa jaringan-jaring makanan utama di ekosistem estuaria ditunjang oleh rantai makanan detritus (detrital food chain).

RINGKASAN

Faktor lingkungan yang mempengaruhi ekosistem nekton adalah cahaya, suhu, kepadatan dan arus. Oleh karena itu, nekton harus beradaptasi dalam hal daya apung, daya penggerak, pertahanan diri dan penyamaran, reproduksi, migrasi dan rantai makanan.

Organisme penghuni laut dalam sangat dipengaruhi oleh zonasi, factor lingkungan perairan diantaranya cahaya, tekanan hidrostatik, suhu dan kandungan oksigen terlarut serta ketersediaan pakan. Oleh karenanya, organisme penghuni laut dalam harus beradaptasi dalam warna, mata, mulut, ukuran tubuh dan bioluminisense.

Pada ekosistem bentik, factor lingkungan yang mempengaruhi distribusi spesies antara lain gerakan ombak, salinitas, suhu, penetrasi cahaya matahari dan ketersediaan pakan.

Pantai berbatu, pantai berpasir dan pantai berlumpur merupakan tipe khas pantai yang terdapat pada ekosistem intertidal. Keadaan ini disebabkan oleh factor lingkungan seperti pasang surut, gerakan ombak, substrat dan suhu. Organisme yang terdapat di wilayah ini harus beradaptasi terhadap daya tahan kehilangan air, pemeliharaan keseimbangan panas, tekanan mekanika, pernafasan dan cara makan.

Faktor lingkungan seperti suhu, kekuatan ombak, ukuran butiran, salinitas, cahaya dan kandungan oksigen sangat mempengaruhi keberadaan organisme pada ekosistem interstitial. Dengan demikian, organisme interstitial harus dapat beradaptasi dalam hal ukuran dan bentuk tubuh, system organ, reproduksi, rantai makanan dan migrasi.

Pada ekosistem estuaria, factor lingkungan perairan yang mempengaruhi keberadaan organisme adalah salinitas, substrat, suhu, aksi ombak dan arus, kekeruhan dan kandungan oksigen. Dengan demikian komponen fauna dan vegetasi estuaria harus dapat beradaptasi, baik secara morfologi, fisiologi maupun dalam tingkah laku.

SOAL LAMPIRAN

Pilih dan buatlah laporan dalam bentuk makalah tentang salah satu ekosistem biologi yang terdapat di perairan laut (ekosistem nekton, ekosistem organisme laut dalam, ekosistem bentik, ekosistem interstitial atau ekosistem estuaria)!

DAFTAR PUSTAKA

- 98
Nybakke, W., 1988. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis (Penerjemah M. Eidmen dan Koesoebiono). Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Romimohtarto, K dan Sri Juwana., 2005. Biologi Laut. Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut. Penerbit Djambatan, Jakarta.

BAB VI. PENGELOLAAN KEANEKARAGAMAN SUMBERDAYA HAYATI LAUT

Kompetensi Dasar :

1. Mengidentifikasi ancaman dan faktor penyebab kerusakan keanekaragaman hayati perairan.
2. Menerapkan kebijakan dan strategi dalam pengelolaan keanekaragaman sumberdaya hayati laut sebagai upaya mengatasi ancaman dan kerusakan sumberdaya hayati laut.

Indikator :

1. Menjelaskan ancaman utama penyebab kerusakan keanekaragaman hayati laut;
2. Menguraikan akar permasalahan penyebab kerusakan keanekaragaman hayati laut;
3. Menjelaskan tujuan pengelolaan keanekaragaman sumberdaya hayati laut;
4. Menjelaskan kebijakan dan strategi pengelolaan keanekaragaman sumberdaya hayati laut.

BAB VI. PENGELOLAAN KEANEKARAGAMAN SUMBERDAYA HAYATI LAUT

- 10 • Pengelolaan wilayah pesisir secara terpadu adalah suatu pendekatan pengelolaan wilayah pesisir yang melibatkan dua atau lebih ekosistem, sumberdaya dan kegiatan pemanfaatan (pembangunan) secara terpadu (integrated) guna mencapai pembangunan wilayah pesisir secara berkelanjutan.
- Dalam konteks ini, keterpaduan (integration) mengandung tiga dimensi, yakni : sektoral, bidang ilmu dan keterkaitan ekologis.

1. Keterpaduan secara Sektoral :

Berarti bahwa perlu ada koordinasi tugas, wewenang dan tanggung jawab antar sector atau instansi pemerintah pada tingkat pemerintah tertentu (*horizontal integration*) dan antar tingkat pemerintahan mulai dari tingkat desa, kecamatan, kabupaten, propinsi sampai tingkat pusat (*vertikal integration*).

2. Keterpaduan dari Sudut Pandang Keilmuan :

Mensyaratkan bahwa di dalam pengelolaan wilayah pesisir hendaknya dilaksanakan atas dasar pendekatan interdisiplin ilmu (*interdisciplinary approach*) yang melibatkan bidang ilmu ekonomi, ekologi, tehnik, sosiologi, hokum dan lainnya yang relevan. Ini wajar karena wilayah pesisir pada dasarnya terdiri dari sistem social yang terjalin secara kompleks dan dinamis.

3. Keterkaitan secara Ekologis :

- Wilayah pesisir pada dasarnya tersusun dari berbagai macam ekosistem (mangrove, terumbu karang, estuaria, pantai berpasir dan lainnya) yang satu sama lain saling terkait, tidak berdiri sendiri. Perubahan atau kerusakan yang menimpa satu ekosistem akan menimpa pula ekosistem lainnya.
- Selain itu, wilayah pesisir juga dipengaruhi oleh berbagai macam kegiatan manusia maupun proses-proses alamiah yang terdapat di lahan atas (upland areas) maupun laut lepas (*oceans*). Kondisi empiris semacam ini mensyaratkan bahwa pengelolaan wilayah pesisir dan lautan secara terpadu harus memperhatikan segenap keterkaitan ekologis (*ecological linkages*) tersebut yang dapat mempengaruhi suatu wilayah pesisir.
- Dengan demikian, suatu pengelolaan (management) terdiri dari tiga tahap utama, yakni perencanaan, implementasi serta monitoring dan evaluasi.

A. Ancaman dan Faktor Penyebab Kerusakan Sumberdaya Hayati Laut

- 43 • Dari sudut pandang pembangunan berkelanjutan (sustainable development), pengelolaan sumberdaya pesisir dan lautan di Indonesia dihadapkan pada kondisi yang bersifat mendua atau berada di persimpangan jalan. Di satu pihak, ada beberapa kawasan pesisir yang telah dimanfaatkan (dikembangkan) dengan intensif. Sehingga indikasi

telah terlampaunya daya dukung atau kapasitas berkelanjutan (potensi lestari) dari ekosistem pesisir dan lautan seperti pencemaran, tangkap lebih (*overfishing*), degradasi fisik habitat pesisir dan abrasi pantai telah muncul di perairan-kawasan pesisir dimaksud.

- Tingkat kerusakan habitat utama ekosistem wilayah pesisir dan laut di beberapa tempat telah menunjukkan kondisi yang membahayakan karena sudah melewati daya dukung lingkungan. Sementara itu, masyarakat nelayan yang tergolong miskin terpaksa mengeksploitasi sumberdaya pesisir dan laut dengan cara yang kurang bijaksana, seperti menggunakan alat tangkap yang tidak selektif, dinamit (bahan peledak) dan racun.
- Pencemaran yang terjadi di lingkungan pesisir dan laut bila ditinjau dari segi penyebabnya berasal dari daratan (*land based pollution*) dan atau dari aktivitas laut (*ocean based pollution*). Beberapa jenis kegiatan yang berpotensi menghasilkan bahan pencemar lingkungan pesisir dan laut diantaranya adalah pertambangan, perhotelan, pemukiman, pertanian, akuakultur, pelabuhan dan industri. Jenis-jenis polutan yang dihasilkan dapat berupa limbah minyak, limbah panas, limbah organik, limbah B3 (bahan beracun berbahaya), bahkan limbah nuklir. Sedangkan bahan sediment yang masuk berasal dari bahan atas. Peningkatan bahan sediment yang masuk ke daerah pesisir berkaitan erat dengan kegiatan penebangan hutan dan praktek pertanian yang tidak mengindahkan asas konversi di lahan atas. Akibatnya, pada musim hujan terjadi erosi, sehingga bahan sediment masuk ke perairan pesisir melalui aliran permukaan (*surface run off*).
- Beberapa faktor utama yang mengancam kelestarian sumber daya keanekaragaman hayati pesisir dan laut adalah : (1) pemanfaatan berlebih (*over exploitation*) sumberdaya hayati, (2) penggunaan teknik dan peralatan penangkapan ikan yang merusak lingkungan, (3) perubahan dan degradasi fisik habitat, (4) pencemaran, (5) introduksi spesies asing, (6) konversi kawasan lindung menjadi peruntukan pembangunan lainnya dan (7) perubahan iklim global serta bencana alam.

1.1. Over Eksploitasi Sumberdaya Hayati Pesisir dan Laut

- Overeksploitasi terjadi ketika pemanfaatan (*fishbing effort*) lebih besar daripada tangkapan optimum atau nilai tingkat pemanfaatan lestari (MSY).
- Overeksploitasi sumberdaya hayati laut terjadi pada produk-produk berbagai lautan bernilai ekonomis penting seperti tuna, cakalang, pelagis kecil, demersal serta pemanfaatan ekosistem mangrove, lamun, estuaria dan terumbu karang yang mengakibatkan kerusakan habitat dan pencemaran. Padahal ekosistem tersebut berfungsi sebagai tempat pemijahan (*spawning ground*), pertumbuhan (*nursery ground*) dan mencari makan (*feeding ground*) bagi sebagian besar biota laut yang hidup di perairan pantai.

1.2. Penggunaan Teknik dan Peralatan Penangkapan Ikan yang Merusak Lingkungan

a. Alat pengumpul ikan

- Alat pengumpul ikan yang sering dipakai adalah FAD (*fish aggregating devices*), yakni alat untuk mengumpulkan ikan pelagis yang berkumpul di perairan dalam tanpa berhubungan dengan daerah perairan dasar. Material FAD dapat berasal dari bamboo, daun palem, kayu, cabang pohon.
- FAD dipasang pada alur migrasi ikan, jumlah dan jenis ikan yang tertarik dan tergantung dari struktur, jarak dari lepas pantai dan kedalaman air. Jumlah FAD dan metode penangkapan perlu dibatasi (mesh size) agar ikan yang sedang dalam masa reproduksi, tidak turut tertangkap.

b. Bahan peledak

Bahan peledak dapat merusak terumbu karang juga mematikan organisme lain yang bukan merupakan target. Bahan beracun seperti sodium porsianida dapat menyebabkan ikan "mabuk" dan berakibat mati lemas. Sisa (residu) bahan tersebut dapat menimbulkan stress bagi kehidupan terumbu karang yang ditandai dengan keluarnya lender. Demikian juga penggunaan pukot harimau yang dapat mengakibatkan kematian spesies nontarget, pengeruhan dalam kolom air yang pada akhirnya dapat menghambat proses fotosintesa.

1.3. Degradasi Fisik Habitat hayati Pesisir Laut

- Kerusakan fisik pada habitat ekosistem pesisir dan laut di Indonesia telah terjadi pada ekosistem terumbu karang, lamun, estuaria dan hutan mangrove. Hutan mangrove di berbagai daerah di Indonesia telah mengalami penurunan luas dari tahun ke tahun. Degradasi tersebut terjadi akibat konversi hutan mangrove untuk lahan tambak, pertanian, pemukiman, pelabuhan dan industri.

- Dahuri *et all* (1996b) mengidentifikasi beberapa faktor penyebab kerusakan ekosistem mangrove, yaitu :
 - a. Konversi kawasan hutan mangrove secara tidak terkendali menjadi tambak, pemukiman dan kawasan industri
 - b. Terjadi tumpang tindih pemanfaatan hutan mangrove untuk berbagai kegiatan pembangunan
 - c. penebangan mangrove sebagai kayu bakar, bahan bangunan dan kegunaan lainnya melebihi kemampuan untuk pulih (*renewable capacity*)
 - d. Pencemaran akibat buangan limbah minyak, industri dan rumah tangga
 - e. Pengendapan akibat pengelolaan kegiatan lahan atas yang kurang baik.
 - f. Proyek pengairan yang dapat mengurangi aliran masuk air tawar (unsur hara) ke dalam ekosistem hutan mangrove
 - Proyek pembangunan yang dapat menghalangi dan mengurangi sirkulasi arus pasang surut.
 - Ekosistem lainnya yang mengalami kerusakan cukup parah di Indonesia adalah ekosistem terumbu karang. Data menurut kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup (1993), 14% ekosistem terumbu karang di Indonesia sudah mencapai tingkat mengkhawatirkan, 46% telah mengalami kerusakan, 33% dalam keadaan baik dan hanya 7% dalam keadaan sangat baik.
 - Secara lebih rinci Dahuri *et all* (1996b) merumuskan lima penyebab kerusakan ekosistem terumbu karang di Indonesia, yaitu :
 1. Penambangan batu karang untuk bahan bangunan, pembangunan jalan dan hiasan
 2. Penangkapan ikan dengan menggunakan bahan peledak, bahan beracun dan alat tangkap tertentu yang pengoperasiannya dapat merusak terumbu karang
 3. Pencemaran perairan oleh berbagai limbah industri, pertanian dan rumah tangga, baik yang berasal dari kegiatan di daratan maupun kegiatan di laut
 4. Pengendapan dan peningkatan kekeruhan perairan dalam ekosistem karang akibat erosi tanah di daratan, maupun kegiatan penggalian dan penambangan disekitar terumbu karang
 5. Eksploitasi berlebihan sumberdaya perikanan karang.
- Sementara itu untuk kondisi kerusakan fisik ekosistem rumput laut, padang lamun dan estuaria, hingga saat ini belum ada data kuantitatif yang dapat memberikan informasi secara nyata. Akan tetapi, di beberapa kota besar di Indonesia, misalnya di Teluk Jakarta, kualitas air estuaria telah mengalami pencemaran berat dengan limbah industri, domestik dan pemukiman.

1.4. Pencemaran Laut

- Pencemaran laut didefinisikan sebagai dampak sistem (pengaruh yang membahayakan) bagi kehidupan biota, sumberdaya, kenyamanan ekosistem laut serta kesehatan manusia dan nilai guna lainnya dari ekosistem laut, baik disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh pembuangan bahan-bahan atau limbah ke dalam laut yang berasal dari kegiatan manusia.
- Pada umumnya bahan pencemar tersebut berasal dari berbagai kegiatan industri, pertanian dan rumah tangga. Sumber pencemaran dapat dikelompokkan menjadi tujuh kelas, yaitu :
 1. Industri,
 2. Limbah cair pemukiman (*sewage*),
 3. Limbah cair perkotaan (*urban stormwater*),
 4. Pertambangan,
 5. Pelayaran (*shipping*),
 6. Pertanian dan
 7. Perikanan budidaya.
- Jenis-jenis bahan pencemar utamanya terdiri dari :
 - a. Sediment,
 - b. Nutrien hara
 - c. Logam beracun (*toxic metal*)
 - d. Pestisida
 - e. Organisme eksotik
 - f. Organisme pathogen
 - g. Oxygen depleting substance (bahan-bahan yang menyebabkan oksigen terlarut dalam air berkurang).

- Dampak sistem pencemaran tidak hanya membahayakan kehidupan biota dan lingkungan laut, tetapi juga dapat membahayakan kesehatan manusia atau bahkan menyebabkan kematian, mengurangi atau merusak nilai estetika lingkungan pesisir dan lautan dan merugikan secara social-ekonomi.
- Bentuk-bentuk dampak pencemaran perairan pesisir dan lautan antara lain berupa sedimentasi, eutrofikasi, kekurangan oksigen, masalah kesehatan umum, pengaruh pada perikanan dan kontaminasi trace elemen dalam rantai makanan.

1. Sedimentasi

- Sedimentasi terjadi jika kandungan sediment pada aliran permukaan (surface run off) meningkat. Hal ini disebabkan oleh berbagai kegiatan yang menyebabkan erosi tanah, seperti penebangan hutan, pembukaan lahan pembukaan lahan pertanian yang tidak disertai terasering.
- Sedimen yang tersuspensi, terutama dalam bentuk partikel yang halus dan kasar akan menimbulkan dampak sistem terhadap biota perairan pesisir dan lautan. Secara garis besar dampak tersebut terjadi melalui tiga mekanisme, yaitu :
 1. Bahan sediment menutupi biota laut, terutama yang hidup di dasar perairan (benthos) seperti hewan karang, lamun dan algae atau menyelimuti system pernafasannya. Akibatnya biota-biota tersebut akan susah bernafas dan akhirnya akan mati lemas (asphyxia).
 2. Sedimentasi menyebabkan peningkatan kekeruhan air. Kekeruhan menghalangi penetrasi cahaya yang masuk ke dalam air dan mengganggu organisme yang memerlukan cahaya, seperti fitoplankton. Efek ini juga berpengaruh pada komunitas dasar yang juga memerlukan cahaya untuk fotosintesis, misalnya padang lamun yang akan terganggu pertumbuhannya jika kekurangan cahaya.
 3. Sediment yang berasal dari lahan pertanian yang mengandung nitrogen dan fosfat yang tinggi dapat menimbulkan eutrofikasi. Unsur fosfat tersebut terikat kuat dengan partikel tanah, sehingga biasanya konsentrasinya lebih tinggi pada sediment tanah yang telah di pupuk.

2. Eutrofikasi

- Eutrofikasi berasal dari kata “eutrophication” yang berasal dari bahasa latin “eutrophos” yang artinya pakan yang baik.
- Eutrofikasi terjadi ketika suplai nutrient, terutama nitrogen dan fosfat di dalam suatu perairan meningkat melebihi batas kemampuan fotosintesis normal suatu komunitas dalam system tersebut. Produktivitas dari sebagian besar system perairan dapat dipengaruhi oleh terbatasnya masukan nutrient, misalnya fosfat dalam system perairan tawar, namun hal ini lebih sering terjadi terhadap nitrogen di dalam system perairan laut (Howarth, 1988). Penambahan suplai nutrient ke dalam perairan akan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mikroorganisme yang tergolong dalam kelompok fitoplankton.
- Ketika nutrient masuk ke dalam perairan, alga dan fitoplankton yang pertumbuhannya dibatasi oleh suplai nitrogen dan fosfat akan meningkatkan aktifitas fotosintesis.
- Biasanya, fitoplankton mengalami blooming dan jenis yang ada berubah menjadi jenis yang tidak diinginkan dalam jumlah yang sangat besar. Fenomena ini disebut “red tides” yang berbahaya bagi ikan dan kerang.
- Beberapa contoh fitoplankton yang memiliki potensi berbahaya jika mengalami ledakan populasi (blooming) antara lain :
 - a. Kelompok diatom : *Chaetoceros sp*
 - b. Kelompok dinoflagellata: *Pyridinium bahamense*, *Noctiluca scintillans*, *Gymnodinium sp*, *Alexandrium sp*
 - c. Kelompok cyanobacterium (BGA = Blue Green Algae) : *Trichodesmium sp*. Kelompok ini dapat memfiksasi nitrogen bebas di udara dan dapat mencapai 1000 sel/liter air laut jika terjadi blooming.

3. Kekurangan Oksigen (Anoxia)

- Kondisi anoksia terjadi jika organisme pengguna oksigen dan proses yang menggunakan oksigen di dalam air berada pada kisaran yang lebih besar dari ketersediaan oksigen yang berasal dari udara atau hasil fotosintesa.
- Umumnya penyebab anoksia adalah kelebihan bahan organik yang masuk dalam perairan, baik yang berasal dari limbah industri ataupun ledakan algae dan sering dikombinasikan dengan stratifikasi kolom air yang menghalangi transport oksigen dari kolom air permukaan ke dasar perairan. Limbah organik akan mengalami degradasi dan dekomposisi oleh bakteri aerob (menggunakan oksigen dalam air). Sehingga lama kelamaan oksigen yang terlarut dalam air akan sangat berkurang. Dalam kondisi berkurangnya oksigen tersebut, hanya spesies organisme tertentu saja yang dapat hidup.
- Jika terjadi blooming, algae atau fitoplankton akan tumbuh subur dan terdapat jumlah yang besar dan dalam waktu yang cepat. Bilaman mereka tumbuh di permukaan air, mereka akan menghambat sinar matahari yang

masuk ke dalam air sehingga tanaman yang tumbuh di bawahnya, seperti lamun dan terumbu karang yang berasosiasi dengan zooxanthellae akan mati. Hal ini akan mempengaruhi organisme yang mengkonsumsi tumbuhan tersebut.

- Pada kondisi anaerob, proses penguraian bahan organik akan menghasilkan senyawa gas yang bersifat 11 in seperti gas amonia, metana (CH_4), hydrogen sulfide (H_2S) dan karbondioksida (CO_2) 11 ang dapat membahayakan kehidupan ikan dan invertebrata dasar bahkan dapat mengakibatkan kematian. Selain bersifat racun, senyawaan gas tersebut mengeluarkan bau yang tidak sedap (bau busuk) sehingga nilai estetika perairan turut mengalami penurunan.

11

4. Masalah Kesehatan Umum

- Limbah rumah tangga banyak mengandung mikroorganisme diantaranya bakteri, virus, fungi dan protozoa yang 6 pat bertahan hidup sampai ke lingkungan laut.
- Keberadaan mikroorganisme pada kerang-kerangan dan kolom air merupakan penyebab utama terjadinya kontak antara mikroorganisme dengan manusia. Kontak langsung manusia dengan air yang terkontaminasi limbah dapat terjadi melalui kegiatan renang dan memancing, yang merupakan penyebab utama terjadinya infeksi pada telinga, mata dan kulit. Jika masuk ke perut melalui kerang atau air minum, bahan pencemar itu akan menimbulkan sakit perut, hepatitis, kolera dan tipoid.

6

5. Pengaruh pada Perikanan

- Pencemaran perairan akan mempengaruhi kegiatan perikanan karena secara langsung maupun tidak langsung akan mengurangi jumlah populasi, kerusakan habitat dan lingkungan perairan sebagai media hidupnya. Kondisi yang berpengaruh terhadap kegiatan perikanan diantaranya :
 - a. Menurunnya kandungan oksigen dalam perairan (anoxia) yang akan menyebabkan pembatasan habitat ikan, khususnya ikan dasar dekat pantai
 - b. E 6 ofikasi perairan yang menyebabkan pertumbuhan algae yang tidak terkendali (*blooming algae*) yang dapat menimbulkan keracunan pada ikan dan terakumulasinya limbah logam berat beracun (Hg) 6 an menimbulkan kematian pada ikan. Ikan yang terkontaminasi bahan pencemar (DDT, dioxin dan Hg) akan menim 6 lkan masalah pada kesehatan manusia, sehingga akan berpengaruh terhadap ekspor ikan ke luar negeri. Bila kondisi ini tidak dikendalikan akan dapat mengurangi potensi sumberdaya perikanan.

6. Kontak 6 nansi Trace Element dalam Rantai Makanan

- Beberapa organisme mempunyai kemampuan untuk mengontrol jumlah racun dalam tubuh mereka melalui proses pengeluaran, sementara organisme lain tidak dapat melakukan hal itu. Organisme yang tidak dapat mengontrol jumlah kandungan racun akan mengakumulasi polutan dan jaringan mereka akan menunjukkan indikasi adanya polutan. Salah satu contoh biota tersebut adalah bivalvia yang sangat baik mengakumulasi polutan, sehingga digunakan sebagai biomonitor polusi (Phillips, 1980).
- Melalui system rantai makanan, semakin tinggi tingkatan tropic predator, semakin besar tingkat akumulasi bahan pencemar dalam tubuh organisme (bioakumulasi) tersebut, terutama pada ikan karnivora berukuran besar. Bila ikan tersebut dimakan oleh manusia, bahan pencemar tersebut akan pindah dan terakumulasi di dalam tubuh manusia. Dalam jangka waktu lama, proses ini akan menyebabkan penurunan fungsi fisiologis tubuh dan berakibat pada penurunan produktivitas kerja.

6

1.5. Introduksi Spesies Asing

- Selain bahan-bahan abiotik, air limbah juga mengandung bahan biotik. Bila memasuki suatu ekosistem perairan akan mengakibatkan hadirnya spesies asing di perairan penerima limbah. Sebagai contoh adalah pembuangan air ballast kapal. Dalam air ballast banyak 4 yak dijumpai berbagai jenis bakteri, virus, algae, cacing polychaeta, larva ikan dan moluska. Sebagai contoh adalah masuknya spesies asing jenis krustacea *Exopalemon styliferus* yang berasal dari Indonesia ke perairan Irak dan Kuwait. Begitu pula halnya dengan masuknya kepiting biru (*Callinectes sapidus*) ke perairan dekat pangkalan laut Nikohama yang diperkirakan berasal dari pantai utara Amerika (Norse, 1993 dalam Dahuri, 2003).
- Kehadiran spesies asing juga dapat dilakukan secara sengaja dalam kegiatan aquaculture, misalnya penggunaan bakteri tertentu untuk mengatasi masalah bahan organik di dasar tambak. Jika bakteri ini lepas, ia akan bertindak sebagai kompetitor bahkan predator bagi spesies asli. Hal ini akan mengganggu keseimbangan ekosistem di lokasi tersebut.

1.6. Kontroversi Kawasan Perlindungan Laut

- Di samping menimbulkan dampak positif bagi kesejahteraan rakyat, melalui pengembangan kawasan pemukiman, industri, rekreasi dan pariwisata, transportasi, budidaya tambak serta kehutanan dan pertanian; kegiatan pembangunan di wilayah pesisir dan laut juga menimbulkan dampak sistem bagi ekosistem yang ada di sekitarnya. Seringkali kegiatan pembangunan tidak memperhatikan aspek ekologis (kelestarian lingkungan), melainkan hanya memperhatikan aspek ekonomis. Akibatnya kawasan yang telah ditetapkan sebagai kawasan lindung (konservasi) sering dikonversi menjadi tempat kegiatan industri dan kegiatan ekonomi lainnya.
- Beberapa contoh pembangunan yang banyak dilakukan di wilayah pesisir dan laut adalah sebagai berikut:
 1. Pembangunan kawasan pemukiman yang makin meningkat.

Sayang sekali bahwa pengembangan kawasan pemukiman hanya mempertimbangkan keuntungan jangka pendek tanpa memperhatikan kelestarian lingkungan untuk masa mendatang. Limbah rumah tangga yang dihasilkan oleh kegiatan pemukiman sering menimbulkan pencemaran terhadap perairan atau menghilangkan fungsi satu atau lebih ekosistem pesisir. Hal ini terjadi terutama jika kegiatan pembangunan kawasan pemukiman tidak disertai upaya mengantisipasi dampak sistemnya, yaitu melalui pengembangan penanganan limbah secara terpadu.
 2. Kegiatan rekreasi dan pariwisata bahari yang banyak dikembangkan di wilayah pesisir dan laut.

Kegiatan ini dapat menghasilkan limbah, yaitu berupa sisa-sisa makanan dan minuman, selain itu juga dapat menimbulkan kerusakan terhadap ekosistem, seperti rusaknya terumbu karang akibat terinjak oleh para pengunjung saat menikmati keindahan taman bawah laut melalui kegiatan selam dan snorkeling.
 3. Konversi hutan mangrove untuk berbagai peruntukan lain.

Bila dilakukan tanpa memperhatikan fungsi-fungsi ekologisnya, konversi hutan mangrove dapat menimbulkan gangguan fisik dan biologis.
 4. Kegiatan pembangunan berbagai jenis industri di wilayah pesisir.

Kegiatan tersebut sering memanfaatkan daerah pesisir dengan pertimbangan kemudahan jalur transportasi dan pengadaan air untuk industri. Oleh sebab itu, kegiatan pembangunan industri ini sering mengkonversi hutan mangrove dan ekosistem pantai lainnya menjadi daerah kawasan pabrik.

1.7. Perubahan Iklim Global dan Bencana Alam

- Perubahan iklim global terutama disebabkan oleh meningkatnya produksi gas CO₂ yang berasal dari emisi kendaraan bermotor, kegiatan industri dan efek rumah kaca, asap rokok maupun penggunaan gas Freon CFC (chloro fluoro carbon). Efek rumah kaca, misalnya, molekulnya dapat menyerap radiasi infra merah dan menghambat pemantulannya keluar system planet bumi sehingga radiasinya kembali lagi ke bumi. Dengan demikian terjadi peningkatan konsentrasi inframerah di bumi sehingga meningkatkan suhu global.
- Ada berbagai hal yang muncul, jika terjadi pemanasan global antara lain:
 - Produksi tanaman akan mengalami serangan hama karena hama/serangga berkembangbiak sangat cepat pada kondisi panas.
 - Proses transpirasi pada tanaman akan berlangsung cepat.
 - Tersediaan air tanah akan berkurang
 - Musim hujan akan berkurang, timbul angin kencang, arus dan gelombang pasang.
 - Pada musim hujan akan terjadi banjir, sedangkan pada musim kemarau terjadi kekeringan.
 - Tanah yang subur akan menjadi kering dan tandus, danau mulai mengering sehingga kekeringan dan bencana kelaparan akan meluas.
 - Permukaan air laut semakin meningkat, es di kutub mencair.
 - Kadar salinitas di daerah muara sungai, danau dan daratan dekat pantai akan meningkat sehingga tidak dapat digunakan lagi sebagai air minum karena air laut sudah mengintrusi air tanah.
- Organisme akan banyak mengalami tekanan karena hidup pada temperature yang tinggi.
- Mencairnya es yang ada di kutub menyebabkan permukaan laut naik, curah hujan berubah, salinitas menurun dan sedimentasi meningkat di wilayah ekosistem pesisir dan lautan. Dengan kata lain, gejala alam ini akan mempengaruhi system hidrologis, oseanografis dan selanjutnya akan mempengaruhi (merusak) ekosistem pesisir dan lautan. Perubahan yang relative mendadak bagi spesies yang rentan terhadap fluktuasi suhu, salinitas dan kedalaman perairan akan mengancam keberadaan spesies tersebut. Keanekaragaman hayati akan mengalami penurunan, baik secara kuantitas maupun kualitasnya.
- Bencana alam merupakan fenomena alami yang secara langsung maupun tidak langsung berdampak sistem bagi lingkungan hayati pesisir dan lautan. Beberapa bencana alam yang terjadi di wilayah pesisir dan lautan adalah

kenaikan paras air laut dan gelombang tsunami, seperti yang sering melanda daerah pesisir Jepang dan Indonesia.

B. Akar permasalahan Kerusakan Sumberdaya Hayati Laut

- Beberapa ancaman yang telah diuraikan sebelumnya merupakan faktor utama penyebab terjadinya degradasi lingkungan di wilayah pesisir dan laut. Sebenarnya ada lima alasan mendasar mengapa kehidupan di wilayah pesisir dan laut beresiko terhadap keanekaragaman hayati laut antara lain ; tingkat kepadatan penduduk yang tinggi dan kemiskinan, tingkat konsumsi berlebihan dan penyebaran sumberdaya yang tidak merata, kelembagaan, kurangnya pemahaman tentang ekosistem alam, kegagalan dalam system ekonomi dan kebijakan dalam menilai ekosistem alam.

1. Kependudukan dan Kemiskinan

- Semakin meningkatnya jumlah penduduk dan kualitas hidup akan mendorong meningkatnya kebutuhan manusia, baik secara kuantitas maupun kualitas. Kebutuhan manusia meningkat, sementara daya dukung lingkungan terbatas, sehingga seluruh sektor seperti perikanan, pertambangan, kehutanan akan dieksploitasi.
- Indonesia, sejak dilanda krisis ekonomi mengalami peningkatan jumlah masyarakat miskin. Keadaan ini diperparah menjelang mulai diberlakukannya era globalisasi, dimana sumberdaya hayati akan semakin terkurus karena sebagian besar masyarakat yang terpinggirkan akan semakin merusak sumberdaya hayati untuk memenuhi kebutuhan hidupnya dengan berbagai cara yang kurang bijaksana, misalnya dengan menggunakan bahan peledak dan racun potasium sianida.

2. Tingkat Konsumsi Berlebihan dan Kesenjangan Sumberdaya Alam

Semakin besar jumlah penduduk, tingkat eksploitasi sumberdaya hayati laut semakin meningkat karena digunakan untuk dijadikan sebagai sumber protein, bahan pangan, farmasi dan kosmetika, sementara distribusi sumberdaya hayati relatif tidak merata, cenderung terlokalisasi dan terbatas.

3. Kelembagaan dan Penegakan Hukum

- Aspek kelembagaan dan penegakan hukum diperlukan guna melindungi habitat-habitat utama di wilayah pesisir dan laut beserta spesies-spesies langka yang hidup di dalamnya agar tetap lestari.
- Pada awal masa pembangunan Indonesia, program pembangunan hanya terfokus pada pemanfaatan sumberdaya daratan, terutama sector-sektor seperti kehutanan, perkebunan, pertanian, pertambangan sedangkan wilayah perairan dianggap sebagai “lahan yang kurang berguna”. Pada waktu itu, orang hanya dapat melihat manfaat kecil yang bersifat langsung (direct use value) pada suatu ekosistem di wilayah pesisir dan laut, sedangkan nilai penggunaan yang tidak langsung (indirect use value) yang jauh lebih besar perannya dalam menentukan kesinambungan pembangunan justru terabaikan.
- Situasi tersebut menjadi semakin parah ketika aspek hukum lingkungan belum dapat ditegakkan sebagaimana mestinya karena belum ada lembaga yang secara khusus menangani bidang kelautan. Baru pada akhir 1999 (sejak Kabinet Persatuan) dibentuk Departemen Kelautan dan Perikanan serta Dewan Maritim Indonesia (DMI).

4. Rendahnya Pemahaman tentang Ekosistem

- Pengetahuan tentang ekosistem diperlukan agar pemanfaatan sumberdaya hayati dapat dilakukan secara terus menerus dan berkelanjutan, asalkan pengelolaannya dilakukan secara manfaat arif dan mempertimbangkan aspek kelestariannya. Dengan demikian, sumberdaya hayati tidak hanya dirasakan oleh generasi sekarang, akan tetapi juga masih dapat dikecap oleh generasi selanjutnya.

5. Kegagalan Sistem Ekonomi dan Kebijakan dalam Penilaian Ekosistem

- Suatu kebijakan ekonomi yang hanya berorientasi mengejar target produksi melalui pemanfaatan sumberdaya alam secara kontinyu akan mengalami kehancuran karena ekosistem laut dan pesisir memiliki keterbatasan. Produk alam sering dinilai terlalu rendah, sehingga mendorong pemanfaatan yang bersifat mubazir (overexploitasi). Hal ini diperparah dengan adanya pemikiran bahwa sumberdaya hayati laut sebagai milik bersama (common property), siapa saja dan kapan saja sumberdaya tersebut dapat dimanfaatkan (open access), sehingga dapat memicu hilang atau punahnya spesies-spesies tertentu.

C. Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Keanekaragaman Sumberdaya Hayati Laut :

Ada tiga kebijakan pokok yang harus ditempuh Indonesia agar dapat memanfaatkan sumberdaya hayati laut secara berkelanjutan untuk kesejahteraan bangsa, yaitu :

1. Kebijakan yang berkaitan dengan upaya-upaya penyelamatan keanekaragaman sumberdaya hayati laut (*to save marine biodiversity*), khususnya spesies yang bersifat langka (endangered); spesies asli yang hanya hidup di suatu daerah tertentu (endemic); spesies yang hampir punah (*extinct*) maupun spesies yang dilindungi (protected).
2. Kebijakan yang berhubungan dengan berbagai kegiatan penelitian dan pengkajian tentang seluruh aspek keanekaragaman sumberdaya hayati laut (*to study marine biodiversity*).
3. Kebijakan yang bertalian dengan cara-cara atau upaya memanfaatkan keanekaragaman sumberdaya hayati laut secara optimal dan lestari (*to use marine biodiversity*).

a. Kebijakan Penyelamatan Keanekaragaman Sumberdaya Hayati Laut

Dalam penyelamatan keanekaragaman sumberdaya hayati laut ada 4 (empat) kebijakan yang perlu ditempuh, yaitu :

1. Penetapan daerah konservasi laut
2. Pengelolaan dampak terhadap keanekaragaman hayati sumberdaya hayati laut
3. Prioritas daerah konservasi dan organisme laut
4. Pendidikan dan partisipasi masyarakat

Penetapan Daerah Konservasi Laut

Dalam pengelolaannya, kawasan konservasi terdiri dari 3 zonasi, yaitu :

1. Zona Preservasi

Merupakan zona yang melindungi keberadaan spesies unik (endemik) serta menjadi tempat bertumbuh dan berpijah berbagai biota laut, merupakan alur ruaya ikan dan biota lainnya serta merupakan sumber air tawar. Oleh karena itu, di zona preservasi tidak diperkenankan adanya kegiatan pemanfaatan/pembangunan, kecuali untuk kepentingan penelitian dan pendidikan.

2. Zona Konservasi

Merupakan kawasan dimana diperbolehkan adanya kegiatan pemanfaatan/pembangunan, tetapi intensitasnya terbatas dan sangat terkendali, misalnya berupa wisata alam, perikanan tangkap dan budidaya yang ramah lingkungan dan pengusahaan mangrove secara lestari.

3. Zona Pemanfaatan

Merupakan kawasan yang karena sifat biologis dan ekologisnya dapat dimanfaatkan untuk kegiatan pembangunan yang lebih insentif, seperti industri, pertambangan dan pemukiman penduduk padat.

Pengelolaan Dampak Terhadap Keanekaragaman Hayati Sumberdaya Hayati Laut

Pembangunan yang berpotensi mengancam keanekaragaman sumberdaya hayati laut harus dikendalikan. Beberapa kebijakan yang dapat ditempuh adalah sebagai berikut :

1. Menentukan dampak pembangunan dan industri terhadap keanekaragaman sumberdaya hayati laut dalam proses perencanaan dan AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan). Jika kawasan laut dijadikan tempat pembuangan limbah, syarat pertamanya adalah bahwa jenis limbah tersebut tidak boleh bersifat B3 (bahan berbahaya dan beracun). Selain itu, jumlah (beban/load) limbah yang dibuang ke dalam kawasan laut tidak boleh melampaui kapasitas asimilasi (assimilative capacity) perairan tersebut. Kapasitas asimilasi adalah kemampuan kawasan laut untuk menerima limbah dalam jumlah tertentu, tanpa mengakibatkan penurunan fungsi (peruntukan) atau tanpa menimbulkan kerusakan ekologis serta penurunan kesehatan manusia yang menggunakan perairan tersebut.
2. Mempertimbangkan keanekaragaman sumberdaya hayati pesisir dan laut dalam penetapan standar lingkungan di masa mendatang.
3. Mengembangkan metoda untuk memitigasi atau merehabilitasi kerusakan habitat laut; penetapan zona penyangga industri untuk melindungi daerah konservasi laut.
4. Memperluas hak pengguna lokal terhadap sumberdaya alam; mendefinisikan program kompensasi kerusakan akibat industri atau individu.
5. Memberikan alternatif mata pencaharian kepada masyarakat yang tinggal di sekitar pantai dalam pemanfaatan atau pemanenan sumberdaya laut secara lestari.
6. Mendukung keberlanjutan, praktek penggunaan sumberdaya secara tradisional.

Prioritas Daerah Konservasi Dan Organisme Laut

Daerah prioritas konservasi harus ditetapkan berdasarkan valuasi keanekaragaman hayati, perluasan ancaman baik oleh manusia maupun bencana alam dan pendugaan nilai ekologi maupun ekonomi pada masa yang akan datang. Berbagai upaya harus dilakukan dalam menentukan status stok di alam, yaitu melalui studi yang sesuai dengan kondisi habitat, bentuk ancaman serta nilai ekologi maupun ekonomi suatu organisme di masa yang akan datang. Prioritas dan strategi pengelolaan harus mempertimbangkan tingkat kelangkaan, ketergangguan, kejarangan atau permintaan perlindungan dari takson.

Pendidikan dan Partisipasi Masyarakat

11

- Masyarakat harus diikutsertakan dalam pengelolaan keanekaragaman hayati laut, baik secara langsung maupun tidak langsung melalui program pendidikan dan pelatihan. Dalam hal ini, konsep keanekaragaman hayati pesisir dan laut dapat dimasukkan ke dalam kurikulum nasional, sejak tingkat dasar sampai perguruan tinggi. Informasi tentang keanekaragaman hayati pesisir dan laut dapat pula disampaikan kepada kelompok pencinta alam, klub-klub penyelam, museum dan oseanarium.
- Dalam rangka meningkatkan partisipasi, perlu dibangun hubungan yang erat antara departemen pemerintahan, universitas dan lembaga swadaya masyarakat di tingkat regional. Pusat-pusat di tingkat propinsi dan kabupaten dapat berperan dalam pelaksanaan pelatihan, survei yang berhubungan dengan habitat/flora/fauna laut, faktor sosial ekonomi dan budaya; pengembangan museum, balai kliring keanekaragaman hayati laut dan program kesadaran masyarakat. Bentuk-bentuk kegiatan seperti ini diharapkan dapat meningkatkan keterlibatan dan tanggung jawab publik/masyarakat.

b. Kebijakan Pengkajian Keanekaragaman Hayati Laut

Beberapa kebijakan yang berkaitan dengan pengkajian keanekaragaman hayati laut adalah :

1. Inventarisasi ekosistem laut
2. Data dan informasi keanekaragaman hayati laut
3. Koleksi referensi taksonomi
4. Penguatan kelembagaan

Inventarisasi Ekosistem Laut

- Kegiatan survei sumberdaya laut secara sistematis dibutuhkan untuk mengetahui kekayaan keanekaragaman sumberdaya hayati laut, terutama yang berkaitan dengan ekologi, penggunaan dan kapasitasnya untuk mempertahankan diri. Hal ini hanya dapat berlangsung bila ada dukungan pelatihan dari ahli kelautan, terutama ahli taksonomi disertai dengan fasilitas yang sesuai. Survei tersebut hendaknya melibatkan partisipasi masyarakat luas, lembaga swadaya masyarakat (LSM) dan organisasi-organisasi pecinta alam dan selam.
- Survei difokuskan pada daerah-daerah laut yang potensial untuk dilindungi, sedangkan pemantauan hendaknya dilaksanakan untuk daerah-daerah yang telah dilindungi, seperti taman nasional atau cagar alam laut. Lokasi prioritas dipertimbangkan atas dasar nilai ekologis, kemampuan untuk melindunginya dan adanya flora dan fauna yang terancam secara signifikan akibat degradasi lingkungan.

Data dan Informasi Keanekaragaman Hayati Laut

84

- Data yang diperlukan dapat disediakan oleh pihak yang melakukan inventarisasi dengan mengidentifikasi lokasi habitat, komposisi spesies, kualitas habitat, nilai sumberdaya, kesamaan habitat, kaitannya dengan nilai ekonomi (misalnya perikanan), persentase sumberdaya yang terwakili, kelimpahan/kelangkaan sumberdaya, dinamika populasi sumberdaya dan pola proyeksi penggunaannya serta berbagai bentuk ancaman terhadap sumberdaya.

Koleksi Referensi Taksonomi

- Hasil penelitian taksonomi dikumpulkan dalam bentuk spesimen di museum. Koleksi tersebut sangat bermanfaat untuk menunjang program pelatihan dan pendidikan, pengembangan penelitian taksonomi, genetika dan sistematika organisme laut.

Penguatan Kelembagaan

- Supaya produktivitas sumberdaya hayati pesisir dan laut dapat berkelanjutan dan memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan ekonomi, yang sangat perlu dilakukan adalah memperbaiki pengelolaan sumberdaya tersebut. Untuk mencapai tujuan ini, proses pembuatan kebijakan dan implementasinya harus disederhanakan melalui identifikasi dan pemecahan kembali hal-hal yang tumpang tindih, yang potensial terjadi pada lintas sektoral dalam pemanfaatan ekosistem, sumberdaya dan daerah daratan.

- Pemerintah harus menciptakan mekanisme untuk wilayah laut dan pengelolaan sumberdayanya dengan memasukkan definisi struktur, kerangka acuan, laporan bentuk hubungan dan pertanggungjawaban serta formulasi kebijakannya (misalnya arahan nasional). Kemudian ditentukan pula fungsi seluruh pemerintahan serta fungsi peranan pengelolaan dan kemampuan setiap tingkatan pemerintah dan kelembagaan di berbagai daerah yang menjadi target pembangunan. Karena kita memiliki sumberdaya pengelolaan (finansial, SDM dll) yang terbatas, seharusnya diupayakan proses penentuan institusi kunci dan daerah yang dijadikan prioritas.

c. Kebijakan Pemanfaatan Keanekaragaman Laut Secara Berkelanjutan

- Dalam kegiatan eksploitasi sumberdaya hayati, usaha-usaha konservasi perlu dilakukan karena nilai manfaat yang terkandung didalamnya. Nilai tersebut dapat bersifat langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, upaya-upaya yang dapat ditempuh dalam hal ini antara lain melalui :
 1. didikan/penyuluhan kepada masyarakat tentang nilai manfaat sumberdaya tersebut.
 2. Mencegah tindakan yang merusak melalui penyediaan alternatif mata pencaharian yang bersifat lestari melalui kegiatan budidaya perairan berupa marine culture atau aqua culture.
 3. Meningkatkan pendapatan masyarakat lokal dan pendapatan daerah melalui upaya konservasi.
 4. Melestarikan sumberdaya hayati laut melalui partisipasi masyarakat lokal dalam kegiatan pelestarian, seperti SASI di Maluku.
- Dalam pemanfaatan sumberdaya dapat pulih seperti ikan, udang atau hutan mangrove, laju (tingkat) pemanfaatannya tidak boleh melebihi kemampuan pulih (potensi lestari) sumberdaya hayati tersebut dalam periode tertentu. Berdasarkan pedoman dari direktorat Jenderal Perikanan yang mengacu pada *Code of Conduct for Responsible Fisheries* (AO, 1995), tingkat penangkapan/pemanenan suatu stok sumberdaya tidak boleh melebihi 80% nilai MSY. Selain itu, dalam kegiatan pemanfaatan sumberdaya laut, prinsip pendekatan berhati-hati (*precautionary approach*) perlu dipertimbangkan, mengingat sifat-sifat sumberdaya laut yang sangat dinamis dan rentan terhadap kerusakan lingkungan.
- Pemanfaatan sumberdaya kelautan secara berkelanjutan juga dapat dilakukan terhadap jasa-jasa lingkungan, terutama untuk pengembangan pariwisata. Melalui pembangunan kepariwisataan, semua obyek dan daya tarik wisata bahari, seperti keindahan pantai, keragaman flora dan fauna yang terdapat di terumbu karang dan hutan mangrove dapat dikomersilkan untuk devisa negara serta pendapatan masyarakat lokal di kawasan pesisir secara berkelanjutan.

RINGKASAN

1. Beberapa faktor utama yang mengancam kelestarian sumber daya keanekaragaman hayati pesisir dan laut adalah : (1) pemanfaatan berlebih (*over exploitation*) sumberdaya hayati, (2) penggunaan tehnik dan peralatan penangkap ikan yang merusak lingkungan, (3) perubahan dan degradasi fisik habitat, (4) pencemaran, (5) introduksi spesies asing, (6) konversi kawasan lindung menjadi peruntukan pembangunan lainnya dan (7) perubahan iklim global serta bencana alam.
2. Ada lima alasan mendasar mengapa kehidupan di wilayah pesisir dan laut beresiko terhadap keanekaragaman hayati laut antara lain ; tingkat kepadatan penduduk yang tinggi dan kemiskinan, tingkat konsumsi berlebihan dan penyebaran sumberdaya yang tidak merata, kelembagaan, kurangnya pemahaman tentang ekosistem alam, kegagalan dalam sistem ekonomi dan kebijakan dalam menilai ekosistem alam.
3. Ada tiga kebijakan pokok yang harus ditempuh Indonesia agar dapat memanfaatkan sumberdaya hayati laut secara berkelanjutan untuk kesejahteraan bangsa, yaitu (1) Kebijakan yang berkaitan dengan upaya-upaya penyelamatan keanekaragaman sumberdaya hayati laut (*to save marine biodiversity*), khususnya spesies yang bersifat langka (*endangered*); spesies asli yang hanya hidup di suatu daerah tertentu (*endemic*); spesies yang hampir punah (*extinct*) maupun spesies yang dilindungi (*protected*). (2) Kebijakan yang berhubungan dengan berbagai kegiatan penelitian dan pengkajian tentang seluruh aspek keanekaragaman sumberdaya hayati laut (*to study marine biodiversity*). (3) Kebijakan yang bertalian dengan cara-cara atau upaya memanfaatkan keanekaragaman sumberdaya hayati laut secara optimal dan lestari (*to use marine biodiversity*).

DAFTAR PUSTAKA

- 45 Dahuri, R., 2003. Keanekaragaman Hayati Laut. Asset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dahuri, R., Jacob Rais, Sapta Putra Ginting dan M.J. Sitepu., 2004. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu.. Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- 2 Nontji, A., 2005. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan, Jakarta.
- Nybakke 47 W., 1988. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis (Penerjemah M. Eidmen dan Koesoebiono). Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.
- Romimohtarto, K dan Sri Juwana., 2005. Biologi Laut. Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut. Penerbit Djambatan, Jakarta.
- 4 Soemarwoto, O., 2004. Ekologi Lingkungan Hidup Dan Pembangunan. Penerbit Djambatan, Jakarta.

EKOLOGI PERAIRAN

ORIGINALITY REPORT

49%

SIMILARITY INDEX

49%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	muhammadagilumasugi.blogspot.com Internet Source	4%
2	pt.scribd.com Internet Source	4%
3	fr.scribd.com Internet Source	4%
4	id.scribd.com Internet Source	3%
5	www.scribd.com Internet Source	3%
6	es.scribd.com Internet Source	2%
7	wildankesumaputra.blogspot.com Internet Source	1%
8	repository.ipb.ac.id Internet Source	1%
9	mafiadoc.com Internet Source	1%

10	repository.usu.ac.id Internet Source	1%
11	id.123dok.com Internet Source	1%
12	piratesaqua.blogspot.com Internet Source	1%
13	damnloveit.blogspot.com Internet Source	1%
14	goresanpenaseru.blogspot.com Internet Source	1%
15	text-id.123dok.com Internet Source	1%
16	repository.unpas.ac.id Internet Source	1%
17	nuryanti149.blogspot.com Internet Source	1%
18	repository.unhas.ac.id Internet Source	1%
19	eprints.umm.ac.id Internet Source	1%
20	lms.unhas.ac.id Internet Source	1%
21	duniakumu.com Internet Source	1%

22

adoc.tips

Internet Source

<1%

23

kurakurabelajarberenang.blogspot.com

Internet Source

<1%

24

wwwscienceletter07.blogspot.com

Internet Source

<1%

25

vdocuments.site

Internet Source

<1%

26

dhariyan.blogspot.com

Internet Source

<1%

27

jurnal.umrah.ac.id

Internet Source

<1%

28

karyatulisilmiah.com

Internet Source

<1%

29

meilindabarahima.blogspot.com

Internet Source

<1%

30

apriiageografi.blogspot.com

Internet Source

<1%

31

bioinfo-wulansari.blogspot.com

Internet Source

<1%

32

www.belajarbiologionlinemudah.com

Internet Source

<1%

33

edoc.site

Internet Source

<1%

Internet Source

<1%

34

ichadahlia.blogspot.com

Internet Source

<1%

35

enyfebriana.blogspot.com

Internet Source

<1%

36

media.neliti.com

Internet Source

<1%

37

saddamarafat13026.blog.teknikindustri.ft.mercubuana.ac

Internet Source

<1%

38

ria-poenya.blogspot.com

Internet Source

<1%

39

defishery.wordpress.com

Internet Source

<1%

40

docplayer.info

Internet Source

<1%

41

www.damandiri.or.id

Internet Source

<1%

42

sahabatrimbawan.blogspot.com

Internet Source

<1%

43

plano-11.blogspot.com

Internet Source

<1%

44

rifarifdaturahmi.blogspot.com

Internet Source

<1%

45 penjagahati07.blogspot.com <1%
Internet Source

46 amatonthee.blogspot.com <1%
Internet Source

47 iwangeodrsgurugeografismamuhammadiyah1tasikmalaya <1%
Internet Source

48 khodijahismail.com <1%
Internet Source

49 eafm-indonesia.net <1%
Internet Source

50 bse.mahoni.com <1%
Internet Source

51 repository.syekhnurjati.ac.id <1%
Internet Source

52 bhianrangga.wordpress.com <1%
Internet Source

53 agridtoceanographers.blogspot.com <1%
Internet Source

54 advokasitataruang.files.wordpress.com <1%
Internet Source

55 peningnyatugas.blogspot.com <1%
Internet Source

56 citraphiimee.blogspot.com

Internet Source

<1%

57

biologinatural.blogspot.com

Internet Source

<1%

58

winterfervent.blogspot.com

Internet Source

<1%

59

suharyatimoet.blogspot.com

Internet Source

<1%

60

www.pustaka.ut.ac.id

Internet Source

<1%

61

journal.unisla.ac.id

Internet Source

<1%

62

destygingting.wordpress.com

Internet Source

<1%

63

edoc.pub

Internet Source

<1%

64

eprints.uny.ac.id

Internet Source

<1%

65

portalgeograf.blogspot.com

Internet Source

<1%

66

taraduliandaovie.blogspot.com

Internet Source

<1%

67

forda-mof.org

Internet Source

<1%

68 ifhahamkah.blogspot.com <1%
Internet Source

69 www.ecoton.or.id <1%
Internet Source

70 documents.mx <1%
Internet Source

71 www.jurnalmudiraindure.com <1%
Internet Source

72 sangkualita.blogspot.com <1%
Internet Source

73 natureisalam.blogspot.com <1%
Internet Source

74 4rta.wordpress.com <1%
Internet Source

75 mschuubblupp.blogspot.com <1%
Internet Source

76 suharnojhonblog.wordpress.com <1%
Internet Source

77 unsa-yhanie.blogspot.com <1%
Internet Source

78 dspace.uui.ac.id <1%
Internet Source

79 www.duniapelajar.com

Internet Source

<1%

80

wacanapesisir.blogspot.com

Internet Source

<1%

81

miachici.blogspot.com

Internet Source

<1%

82

hayyutandjung.blogspot.com

Internet Source

<1%

83

pencintahutankota.blogspot.com

Internet Source

<1%

84

isoi.or.id

Internet Source

<1%

85

dianoktavias.blogspot.com

Internet Source

<1%

86

bp3ambon-kkp.org

Internet Source

<1%

87

dhevhy4ever.blogspot.com

Internet Source

<1%

88

dokumen.tips

Internet Source

<1%

89

cibutdawaryo.blogspot.com

Internet Source

<1%

90

msparkelompok2.blogspot.com

Internet Source

<1%

91 theoceanandmariner.blogspot.com <1%
Internet Source

92 taufiqabd.blogspot.com <1%
Internet Source

93 chyrun.com <1%
Internet Source

94 documents.tips <1%
Internet Source

95 laporanmatakuliahperikanan.blogspot.com <1%
Internet Source

96 jujubandung.wordpress.com <1%
Internet Source

97 justbiologytoday.blogspot.com <1%
Internet Source

98 anzdoc.com <1%
Internet Source

99 venakaope.wordpress.com <1%
Internet Source

100 muhammadasarydevin.blogspot.com <1%
Internet Source

101 acehasokaya.blogspot.com <1%
Internet Source

102 lautsumber.blogspot.com

	Internet Source	<1%
103	putraasgar.wordpress.com Internet Source	<1%
104	arivanipotter.wordpress.com Internet Source	<1%
105	zackyst.blogspot.com Internet Source	<1%
106	biologilaut2014.blogspot.com Internet Source	<1%
107	zee-marine.blogspot.com Internet Source	<1%
108	fpips.upi.edu Internet Source	<1%
109	rhaureliaaurita.blogspot.com Internet Source	<1%
110	beljarbiologionlinemudah.blogspot.com Internet Source	<1%
111	taninelayanku.blogspot.co.id Internet Source	<1%
112	elva-norlianti.blogspot.com Internet Source	<1%
113	a-research.upi.edu Internet Source	<1%

114	rustamhafid.blogspot.com Internet Source	<1%
115	winartosagala.blogspot.com Internet Source	<1%
116	eprints.upnjatim.ac.id Internet Source	<1%
117	ronnymuntu.blogspot.com Internet Source	<1%
118	pitriyulianti93.wordpress.com Internet Source	<1%
119	bahankuliah-tha.blogspot.com Internet Source	<1%
120	beringing.wordpress.com Internet Source	<1%
121	irmaida.blogspot.com Internet Source	<1%
122	alwayssiicha.blogspot.com Internet Source	<1%
123	www.greenaceh.or.id Internet Source	<1%
124	rumbaru.blogspot.com Internet Source	<1%
125	makwin.blogspot.com	

	Internet Source	<1%
126	suaibtuajeo.blogspot.com Internet Source	<1%
127	biosains.mipa.uns.ac.id Internet Source	<1%
128	artikelbermanfaat100.blogspot.co.id Internet Source	<1%
129	berkalahayati.org Internet Source	<1%
130	de.scribd.com Internet Source	<1%
131	robiblogaddes.blogspot.com Internet Source	<1%
132	psp015.blogspot.com Internet Source	<1%
133	www.smkpenerbanganpbd-medan.sch.id Internet Source	<1%
134	view.joomag.com Internet Source	<1%
135	firdausadil.blogspot.com Internet Source	<1%
136	nurfahmiakhmad96.blogspot.com Internet Source	<1%

137 doktersehat.com Internet Source <1%

138 fika-star.blogspot.com Internet Source <1%

139 trichyoachiriyantodotorg.wordpress.com Internet Source <1%

140 carlaribka-geo.blogspot.com Internet Source <1%

141 www.slideshare.net Internet Source <1%

142 aguswi-kkp.com Internet Source <1%

143 nuryana26.wordpress.com Internet Source <1%

144 mypage.rileks.com Internet Source <1%

145 www.keperawatan.web.id Internet Source <1%

146 bobiboobz-biologi.blogspot.com Internet Source <1%

147 adlienerz.com Internet Source <1%

148 anapangesti.blogspot.com

Internet Source

<1%

149

fisheries90.blogspot.com

Internet Source

<1%

150

desymeliyah30.blogspot.com

Internet Source

<1%

151

repositori.uin-alauddin.ac.id

Internet Source

<1%

152

ml.scribd.com

Internet Source

<1%

153

fahrinandriana.blogspot.com

Internet Source

<1%

154

irmanajisaputr.blogspot.com

Internet Source

<1%

155

Andrian Ramadhan, Siti Hajar Suryawati.
"PENDEKATAN VALUASI EKONOMI UNTUK
MENGHITUNG DAMPAK EKONOMI AKIBAT
TUMPAHAN MINYAK DI WILAYAH PESISIR
DAN LAUT", Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan
dan Perikanan, 2017

Publication

<1%

Exclude bibliography Off