



EKOSISTEM AIR PAYAU (BRACKISHWATER ECOSYSTEM)

- ESTUARIA
- RAWA PAYAU

By : Nur EL Fajri

North Fork St. Lucie River

BATASAN AIR PAYAU MENURUT BEBERAPA AHLI

Ahli	Kategori Salinitas (‰)	Tingkatan Salinitas	Keterangan (‰)
Redeke	0,2 - 30	Oligohaline	0,2 - 0,5
		Mesohaline	
		<i>Alpha mesohaline</i>	0,5 - 10
		<i>Beta mesohaline</i>	10 - 18
		Polyhaline	18 - 30
Brockman	0,2 - 20	Lower	0,2 - 8
		Upper	8 - 20
Remane	0,2 - 15	Limnik	0,2 - 0,5
		Typical	0,5 - 8
		Marine	8 - 15
Hilterman	0,2 - 15		
Valikangas	0,2 - 30		
Ramene dan Ekman	0,5 - 30	Oligohaline	0,5 - 3
		Mesohaline	3 - 10
		Polihaline	10 - 30
Koesbino	0,5 - 17	Oligohaline	0,5 - 3
		Mesohaline	3 - 10
		Polihaline	10 - 17
Dauids <i>dalam</i> Moore	1 - 15		

Dapat disimpulkan bahwa : air payau adalah yang salinitasnya antara 0,2 s/d 17 atau bahkan 30 ‰

PENGERTIAN ESTUARIA menurut PARA AHLI

- **Lauff (1961)** : Estuaria sebagai perairan yang **semi tertutup** menerima air tawar yang mengalir dari daratan dan sekitarnya serta mempunyai **hubungan bebas** dengan laut lepas.
- **Reid (1961)**: Estuaria sebagai perairan **tertutup** yang mempunyai **hubungan langsung** dengan laut dan keadaan lingkungannya sangat dipengaruhi oleh **aktifitas pasang surut**, sehingga terjadi pencampuran dengan air tawar.
- **Knight (1965)**: Estuaria adalah saluran dimana **air pasang-surut** yang datang dengan arus sungai, daerah tersebut merupakan **bagian dari laut** yang terletak pada ujung dari muara sungai.
- **Pritchard (1967)**: estuaria adalah suatu perairan pesisir yang **semi tertutup** yang mempunyai **hubungan bebas** dengan laut lepas.
- **Odum (1972)**: Estuaria adalah **muara sungai** dimana terjadi **arus pasang-surut** yang mengakibatkan adanya pencampuran antara air laut dengan air tawar.

- **Dahuri (1972)** mendefinisikan **estuaria** sebagai suatu perairan pesisir **semi tertutup** yang memiliki **hubungan bebas** dengan laut lepas, sangat dipengaruhi oleh gaya **pasang surut** dan didalamnya air laut dengan air tawar yang berasal dari drainase daratan.
- **Barnes (1974)** mendefinisikan **estuaria** sebagai suatu kawasan yang mengandung sejumlah **air campuran** yang berasal sebagian dari aliran sistem sungai dan sebagian dari laut yang berdekatan.
- **Dyer (1997)**: Estuaria adalah perairan yang **semi tertutup** yang **berhubungan bebas** dengan laut, meluas ke sungai **sejauh batas pasang naik**, dan bercampur dengan air tawar, yang berasal dari drainase daratan.
- **Bengen (2002)** juga mendefinisikan **estuaria** sebagai wilayah pesisir **semi tertutup** yang mempunyai **hubungan bebas** dengan laut terbuka dan menerima masukan air tawar dari daratan.

- Dari beberapa definisi tersebut maka

Estuaria dapat didefinisikan sebagai

suatu perairan pesisir semi tertutup yang memiliki hubungan bebas dengan laut lepas, sangat dipengaruhi oleh gaya pasang surut dan didalamnya tercampur air laut dengan air tawar yang berasal dari drainase daratan.

Kombinasi pengaruh air laut dan air tawar akan menghasilkan suatu komunitas yang khas, dengan lingkungan yang bervariasi, antara lain:

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

Bentuk Estuari :

a. Kerucut

b. Kipas

c. Teluk



Bentuk Estuari :

a. Kerucut

b. Kipas

c. Teluk



TIPE – TIPE ESTUARIA

1. **Penggolongan Estuaria Berdasarkan Pencampuran Air**
 - **Estuaria positif** adalah perairan di mana jumlah air tawar yang masuk lebih besar daripada penguapan air laut maka air tawar berada di atas air laut sehingga menimbulkan pergerakan air laut ke atas mengikuti pola percampuran air tawar dan air laut. Hal ini terjadi pada bulan Oktober sampai Februari.
 - **Estuaria negatif** adalah perairan yang memiliki penguapan air laut lebih besar daripada pemasukan air tawar, sehingga menimbulkan pergerakan air laut dari atas ke bawah. Hal ini terjadi pada bulan April- Agustus
 - **Estuaria netral** adalah perairan yang mengalami percampuran air karena adanya penghadangan air laut terhadap air tawar yang datang. Hal ini terjadi pada bulan Maret dan bulan September.

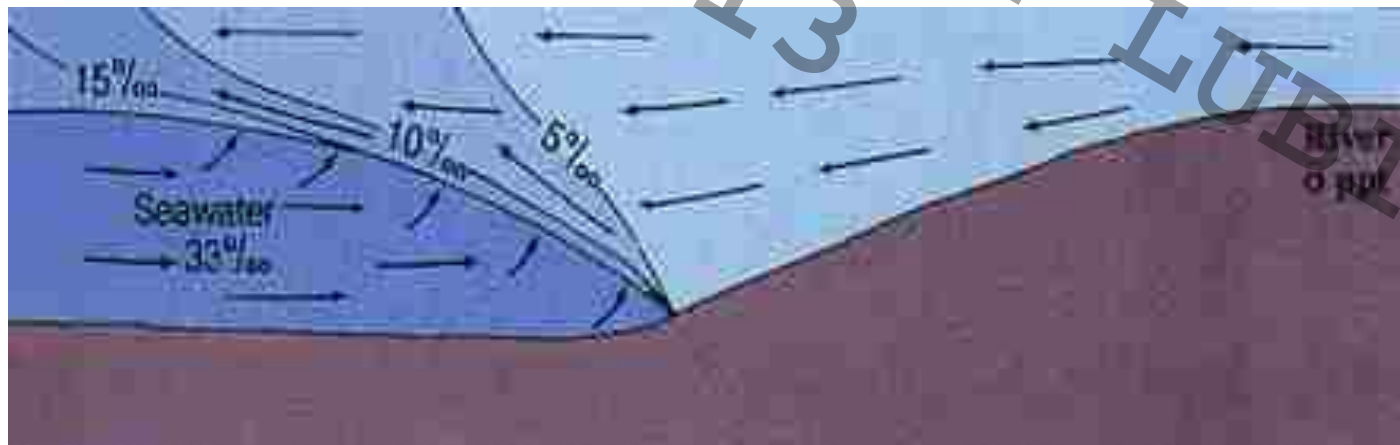
Berdasarkan dari *pola pencampuran airnya*, kita dapat mengenal secara umum 3 model estuari yang terbentuk, dengan catatan ini pun sangat di pengaruhi oleh sirkulasi air, topografi, kedalaman dan pola pasang surut karena dorongan dan volume air akan sangat berbeda khususnya yang bersumber dari air sungai.

Pola tersebut adalah :

- A. Pola pencampuran dengan dominasi air laut.
- B. Pola pencampuran merata antara air laut dan air sungai.
- C. Pola pencampuran tidak merata

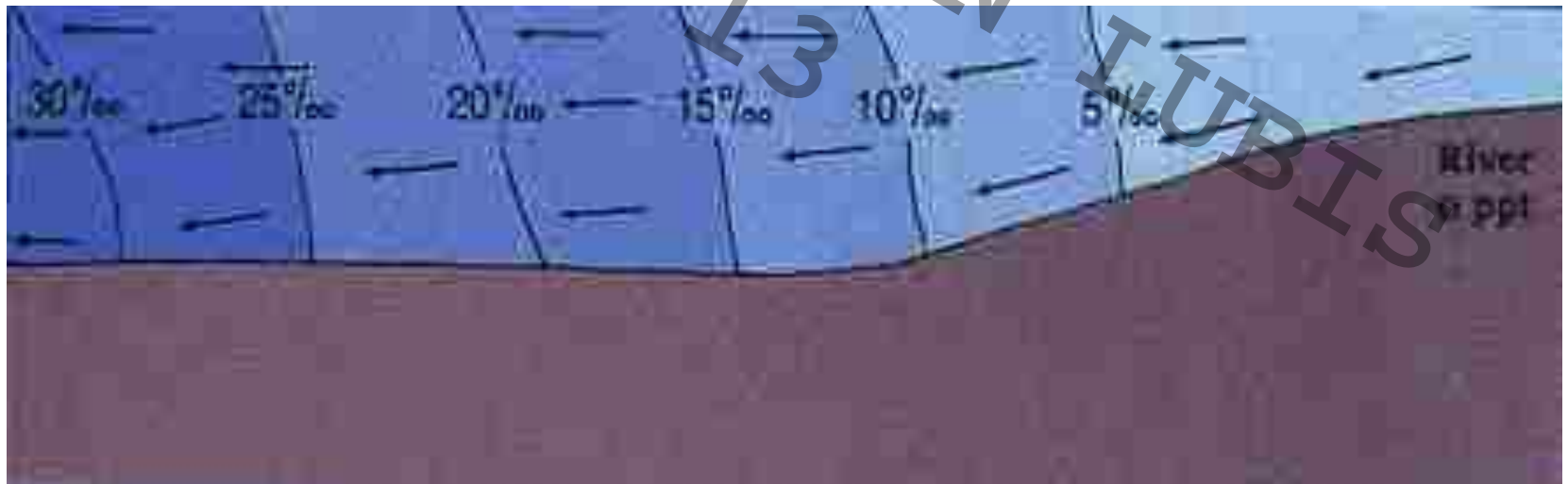
- A. Pola percampuran yang pertama adalah **pola dengan dominasi air laut** (Salt wedge estuary) atau disebut dengan **estuaria berstratifikasi sempurna/nyata atau estuaria baji garam**, yang di cirikan oleh adanya batasan yang jelas antara air tawar dan air laut/asin.

Pola ini **di tandai** dengan desakan dari air laut pada lapisan bawah permukaan air saat terjadi pertemuan antara air sungai dan air laut. Kita akan mudah membedakan salinitas air dari estuari ini yang sangat berbeda antara lapisan atas air dengan salinitas yang lebih rendah di banding lapisan bawah yang lebih tinggi



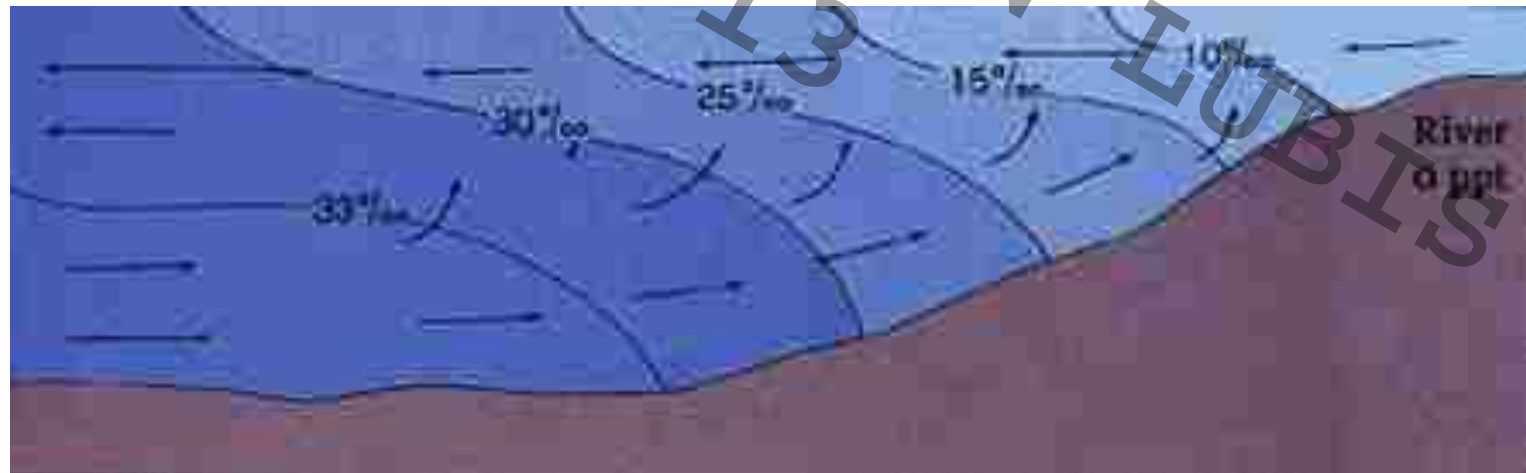
B. Pola kedua adalah Pola percampuran merata antara air laut dan air sungai (well mixed estuary) dikenal juga sebagai estuaria campuran sempurna atau estuaria homogen vertikal.

Pola ini di tandai dengan bercampur secara merata antara air laut dan air tawar hingga tidak terbentuk stratifikasi secara vertikal, yang dapat terjadi karena adanya turbulensi yang berlangsung secara berkala oleh aksi pasang surut. namun stratifikasinya dapat secara horizontal yang derajat salinitasnya akan meningkat pada daerah dekat laut.



- C. Pola yang ketiga adalah **pola pencampuran tidak merata** (Partially mixed estuary) dan dikenal sebagai estuaria berstratifikasi sebagian/parsial .

Pola ini akan sangat labil atau sangat tergantung desakan air sungai dan air laut. Pada pola ini terjadi pencampuran air laut yang tidak merata hingga hampir tidak terbentuk stratifikasi salinitas baik itu secara horizontal maupun secara vertical.

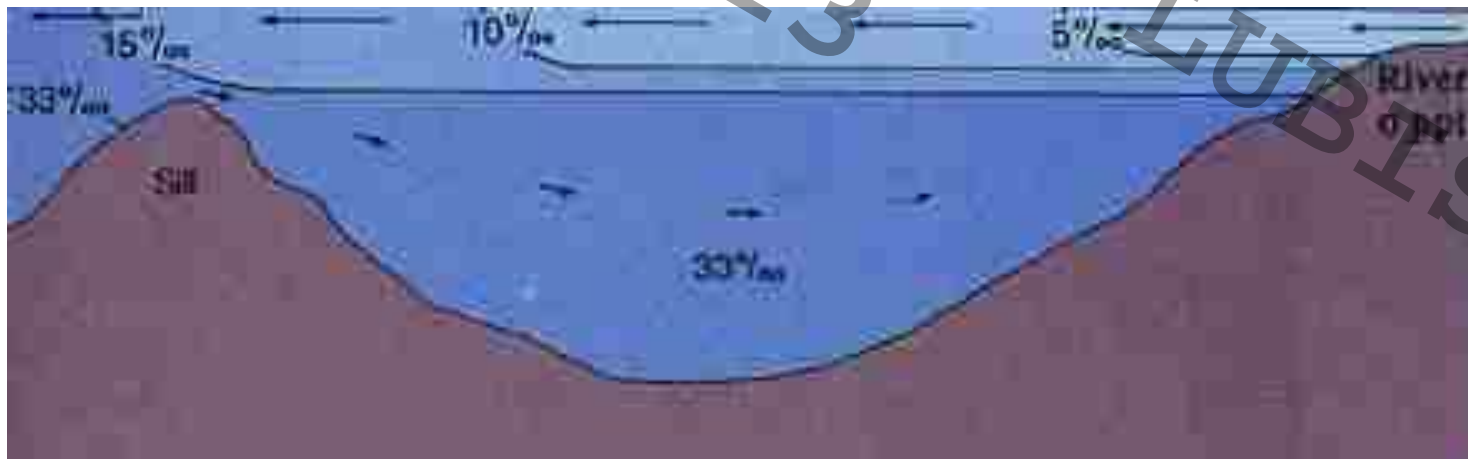


- Diantara ketiga pola di atas, pada beberapa daerah estuari yang mempunyai topografi unik, kadang terjadi pola tersendiri yang lebih unik.

Pola ini cenderung ada jika pada daerah muara sungai tersebut mempunyai topografi dengan bentukan yang menonjol membentuk semacam lekukan pada dasar estuari.

Adanya semacam tonjolan permukaan yang mencuat ini dapat menstagnankan lapisan air pada dasar perairan hingga, terjadi stratifikasi salinitas secara vertical.

Pola ini menghambat turbulensi dasar yang hingga salinitas dasar perairan cenderung tetap dengan salinitas yang lebih tinggi.



2. Penggolongan Estuaria Berdasarkan **Topografi**

- *Drowned river valleys*, yaitu tipe estuaria yang berbentuk lembah, banyak dijumpai di daerah temperate. Kedalaman estuaria umumnya relatif dalam, biasa mencapai sekitar 30 m. Masukan air tawar dari sungai relatif kecil dibandingkan dengan volume air laut ketika pasang.
- Estuaria yang berbentuk fjord, yaitu profile lembahnya berbentuk huruf U. Seperti halnya *Drowned river valley*, estuaria *fjord* ini juga banyak dijumpai di daerah temperate dan terbentuk akibat pelelehan gunung es (glaciers) ketika jaman Pleistocene. Di mulut esturia biasanya terdapat *sill* (dataran lembah yang mencuat), sehingga perairan di bagian tersebut cukup dangkal. Sedangkan kedalaman lembah (*water basin*) di bawah *sill* sangat dalam, bisa mencapai sekitar 300-400 m, bahkan ada yang mencapai 800 m. masukan air tawar dari sungai relative besar dibandingkan dengan volume air laut ketika pasang, sedangkan yang keluar dari sungai dibandingkan dengan total volume *fjord* relative kecil.

- *Bar-built estuaries*, yaitu estuaria yang hubungannya dengan laut lepas dibatasi dengan timbunan atau palung pasir, yang biasanya berbentuk lonjong sejajar pantai. Kedalaman estuaria ini biasanya dangkal, hanya beberapa meter saja dan sering mempunyai goba atau laguna yang ekstensif, serta jalan keluar air di mulut estuaria yang sangat dangkal. Tipe ini banyak dijumpai di daerah tropis atau daerah-daerah yang pantainya aktif menerima endapan sedimen.
- Estuaria yang dihasilkan oleh proses tektonik, seperti patahan atau tenggelamnya permukaan tanah, yang memungkinkan terjadinya aliran air tawar.

3. Penggolongan Estuaria Berdasarkan **Distribusi Salinitas**

- **The highly stratified estuary (salt wedge estuary)**, air laut masuk ke sungai seperti taji (menunjuk ke dasar), sedangkan air tawar menuju ke laut melalui permukaan air laut yang masuk. Ketika pencampuran selesai, maka terbentuklah strata atau lapisan air, yang mana bagian bawah adalah air laut.
- **The highly stratified estuary (fjord type)**, estuaria ini pada prinsipnya sama dengan tipe estuaria sebelumnya (*salt wedge estuary*), kecuali adanya *sill* di mulut *fjord* sehingga arus pasang lebih ketat. Air tawar secara terus-menerus keluar melalui permukaan, tetapi penggantian arus pasang mungkin hanya terjadi tahunan dan tidak menentu, sehingga kondisi oksigen terlarut di dekat dasar *fjord* biasanya.
- **Partially mixed estuary**, estuaria ini dicirikan dengan efisiensi pertukaran air asin dan air tawar. Permukaan air tidak begitu asin dibandingkan bagian dasar perairan. Pencampuran air masuk dari dasar perairan dan keluar melalui permukaan terjadi di sepanjang estuaria.
- **The vertically homogeneous estuary**, pada estuaria ini arus pasang sangat kuat dibandingkan dengan aliran sungai yang masuk ke estuaria, sehingga pencampuran vertical menjadi intensif dan membuat salinitas di estuaria secara vertical dari dasar ke permukaan homogeny.

Beberapa sifat fisik yang penting dari estuaria adalah sebagai berikut :

Salinitas

- Fluktuasi salinitas pada daerah estuaria akan sangat bergantung pada musim topografi estuaria, pasang surut, dan jumlah air tawar yang masuk. Daerah yang perbedaan pasang surutnya cukup besar, akan memiliki fluktuasi salinitas yang maksimum. Selain itu, gaya *Coriolis* akibat rotasi bumi berpengaruh terhadap membeloknya aliran air laut di belahan bumi utara dan selatan yang juga berdampak pada penyebaran salinitas pada daerah estuaria.
- Perubahan salinitas musiman di estuaria merupakan akibat perubahan penguapan musiman dan/ atau perubahan aliran air tawar musiman. Daerah dimana debit air tawar berkurang karena musim kering, salinitas tertinggi bisa diperoleh lebih jauh ke arah hulu. Ketika debit air tawar mulai naik, gradien salinitas bergeser ke hilir ke arah mulut estuaria. Oleh karena itu, pada berbagai musim, suatu titik tertentu di estuaria dapat mengalami salinitas yang berbeda-beda.

Suhu

- Suhu air di estuaria lebih bervariasi dari pada di perairan pantai di dekatnya. Hal ini disebabkan oleh volume air di estuaria yang relatif kecil sedangkan luas permukaan lebih besar, sehingga air di estuaria dapat lebih cepat panas dan lebih cepat dingin. Faktor lain yang mempengaruhi suhu adalah masuknya air tawar. Suhu air tawar di sungai dan kali sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu musiman dari pada suhu air laut. Sehingga ketika air tawar masuk ke estuaria akan terjadi perubahan suhu.

Aksi ombak dan arus

- Dangkalnya perairan estuaria pada umumnya merupakan penghalang terbentuknya ombak yang besar. Sehingga pada umumnya estuaria merupakan tempat yang airnya tenang. Arus di estuaria terutama disebabkan oleh kegiatan pasang-surut dan aliran sungai. Sebagian besar estuaria, terjadi pemasukan air tawar secara terus-menerus pada bagian hulu. Air ini pada akhirnya akan mengalir keluar estuaria atau menguap untuk mengimbangi air yang masuk. Selang waktu yang dibutuhkan sejumlah massa air tawar untuk keluar dari estuaria disebut *waktu penggelontoran (flushing time)*. Selang waktu ini dapat menjadi tolak ukur keseimbangan suatu sistem estuaria. Waktu penggelontoran yang lama, penting artinya untuk pemeliharaan komunitas plankton estuaria.

Substrat

- Daerah estuaria sebagian besar didominasi oleh substrat berlumpur yang dibawa oleh air laut maupun air tawar dari daratan. Pengendapan (sedimentasi) partikel bergantung pada arus dan ukuran partikel. Partikel yang lebih besar mengendap lebih cepat. Oleh karena itu, substrat pada tempat yang arusnya kuat akan menjadi kasar (pasir atau kerikil). Diantara partikel yang mengendap di estuaria kebanyakan bersifat organik. Sehingga sangat kaya akan bahan organik yang dapat menjadi cadangan makanan yang besar bagi organisme estuaria

Kekeruhan

- Kekeruhan tertinggi terjadi pada saat aliran sungai maksimum. Pengaruh ekologi utama dari kekeruhan yaitu penurunan penetrasi cahaya. Hal ini akan berdampak pada menurunnya fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan benthik, yang berakibat menurunnya produktifitas.

Oksigen

- Masuknya air tawar dan air laut secara teratur ke dalam estuaria, bersama-sama dengan pengadukannya dan pencampuran oksigen oleh angin, membawa oksigen yang cukup dalam kolom air. Karena kelarutan oksigen dalam air berkurang dengan naiknya suhu dan salinitas, jumlah oksigen dalam air akan bervariasi sesuai dengan variasi parameter tersebut di atas.

Penyimpanan zat hara

- Peranan estuaria sebagai penyimpan zat hara sangat besar.
- Pohon mangrove dan lamun serta ganggang lainnya dapat mengkonversi zat hara dan menyimpannya sebagai bahan organik yang akan digunakan kemudian oleh organisme hewani.

**Komposisi biota dan
produktivitas hayati estuaria**

KHAIRUTTAHAR
MEKMIN
IK 13
LUBIS

Komposisi biota

Fauna Estuaria

Di estuaria terdapat **tiga komponen fauna** yaitu fauna laut, fauna air tawar dan fauna payau.

- Komponen fauna yang **terbesar** adalah fauna **air laut**, yaitu hewan stenohaline yang terbatas kemampuannya dalam mentolerir perubahan salinitas (umumnya $\geq 30 \text{ ‰}$) dan hewan euryhaline yang mempunyai kemampuan untuk mentolerir berbagai perubahan penurunan salinitas dibawah 30 ‰ . Spesies semacam ini mampu menembus hulu estuaria dengan kejauhan bervariasi. Kebanyakan dapat mentolelir salinitas sampai dengan 15 ‰ .

- Komponen fauna **air payau** terdiri dari spesies organisme yang hidup dipertengahan daerah estuaria pada salinitas antara 5-30 ‰. Spesies-spesies ini tidak ditemukan pada perairan tawar maupun laut, seperti : polichaeta (*Nereis* sp), Tiram (*Crassostrea* sp, *Ostrea* sp), udang (*Palaemonetes* sp) dan sebagainya.
- komponen fauna **air tawar** terdiri dari hewan yang tidak mampu mentolerir salinitas diatas 5 ‰ dan hanya terbatas pada bagian hulu estuaria.

Vegetasi/flora Estuaria

- Estuaria juga miskin akan flora. Hampir semua bagian estuaria yang terus menerus terendam terdiri dari substrat Lumpur dan tidak cocok untuknya melekatnya makroalga. Tambahan pula air yang sangat keruh membatasi tembusnya cahaya hanya sampai ke lapisan atas yang dangkal.
- Dengan demikian, lapisan bawah estuaria seringkali tanpa tumbuhan yang hidup. Lapisan air teratas dan zona intertidal mempunyai jumlah tumbuhan yang terbatas. Di daerah hilir estuaria dan di bawah tingkat pasang surut rata-rata, mungkin terdapat padang rumput-rumputan laut ini dibahas sebagai komunitas subtidal.

- Dataran Lumpur intertidal ditumbuhi oleh sejumlah kecil spesies alga hijau. Alga hijau ini bersifat musiman, melimpah pada suatu musim dan tidak tampak di musim yang lain. Dataran Lumpur estuaria sering kali banyak mengandung flora diatom. Kenyataannya, sebagaimana dikemukakan Lackey (1967), diatom bentik lebih melimpah di estuaria daripada kerabatnya yang hidup sebagai planktonik.
- Perairan estuaria yang sangat keruh berarti bahwa, sebegitu jauh, vegetasi dominan dalam artian biomassa adalah tumbuhan emerjen. Tumbuhan ini pada umumnya merupakan tumbuhan berbunga berumur panjang yang menancapkan akarnya di daerah intertidal bagian atas dan membentuk komunitas khas *rawa asin* (*Salt marsh*) yang memagari estuaria di seluruh daerah beriklim sedang di dunia. Genera yang dominan adalah *Spartina* dan *Salicornia* .

- Komponen terakhir yang patut disebut adalah **bakteri**. Baik air maupun Lumpur estuaria sangat kaya akan bakteri, karena banyaknya bahan organik yang harus diuraikan. **Perairan estuaria** telah diperlihatkan oleh **Zobell dan Feltham (1942)**, ratusan kali lebih banyak mengandung bakteri daripada air laut, dan lapisan atas Lumpur mengandung seribu kali lebih banyak bakteri daripada air di atasnya.

Plankton estuaria

- Plankton estuaria miskin dalam jumlah spesies. Dengan demikian, ia cenderung sejalan dengan hasil observasi makrofauna maupun makrovegetasi.
- Diatom sering kali mendominasi fitoplankton, tetapi dinoflagellata dapat menjadi dominan sepanjang waktu di beberapa estuaria.
- Genera diatom yang dominan termasuk *Skeletomena*, *Asterionella*, *Chaetoceros*, *Nitzchia*, *Thalassionema*, dan *Melosira*.
- Genera dinoflagellata yang melimpah termasuk *Gymnodinium*, *Gonyaulax*, *Peridinium*, dan *Ceratium*.
- Fitoplankton dapat juga diperkaya secara berkala oleh resuspensi diatom yang khas yang hidup di dasar.

- Zooplankton di estuaria merupakan gambaran fitoplankton dalam keterbatasan komposisi spesies. Komposisi spesies juga bervariasi, baik secara musiman maupun dengan mengikuti gradien salinitas ke arah hulu estuaria.
- Beberapa zooplankton estuaria sebenarnya, terdapat pada estuaria yang lebih besar dan lebih stabil, di mana gradien tidak bervariasi, estuaria yang dangkal dan cepat mengalami pergantian air dihuni terutama oleh himpunan zooplankton laut yang khas yang terbawa ke luar dan masuk bersama pasang-surut.

Plankton estuaria terdiri dari :

- **Fitoplankton** yaitu diatom (*Skeletonema* sp, *Asterionella* sp, *Chaitoceros* sp, *Nitzchia* sp, *Thalassionema* sp dan *Melosira* sp) dan dinoflagellata yang melimpah di estuaria (*Gymnodinium* sp, *Gonyaulax* sp dan *Ceratium* sp)
- **Zooplankton** yang khas yaitu kopepoda (*Eurytemora* sp, *Acartia* sp, *Pseudosiaptomus* sp, dan *Centropoges* sp), Misid (*Neomysis* sp, *Praunus* sp, *Mesopodopsis* sp) dan Amfipoda (*Gammarus* sp)

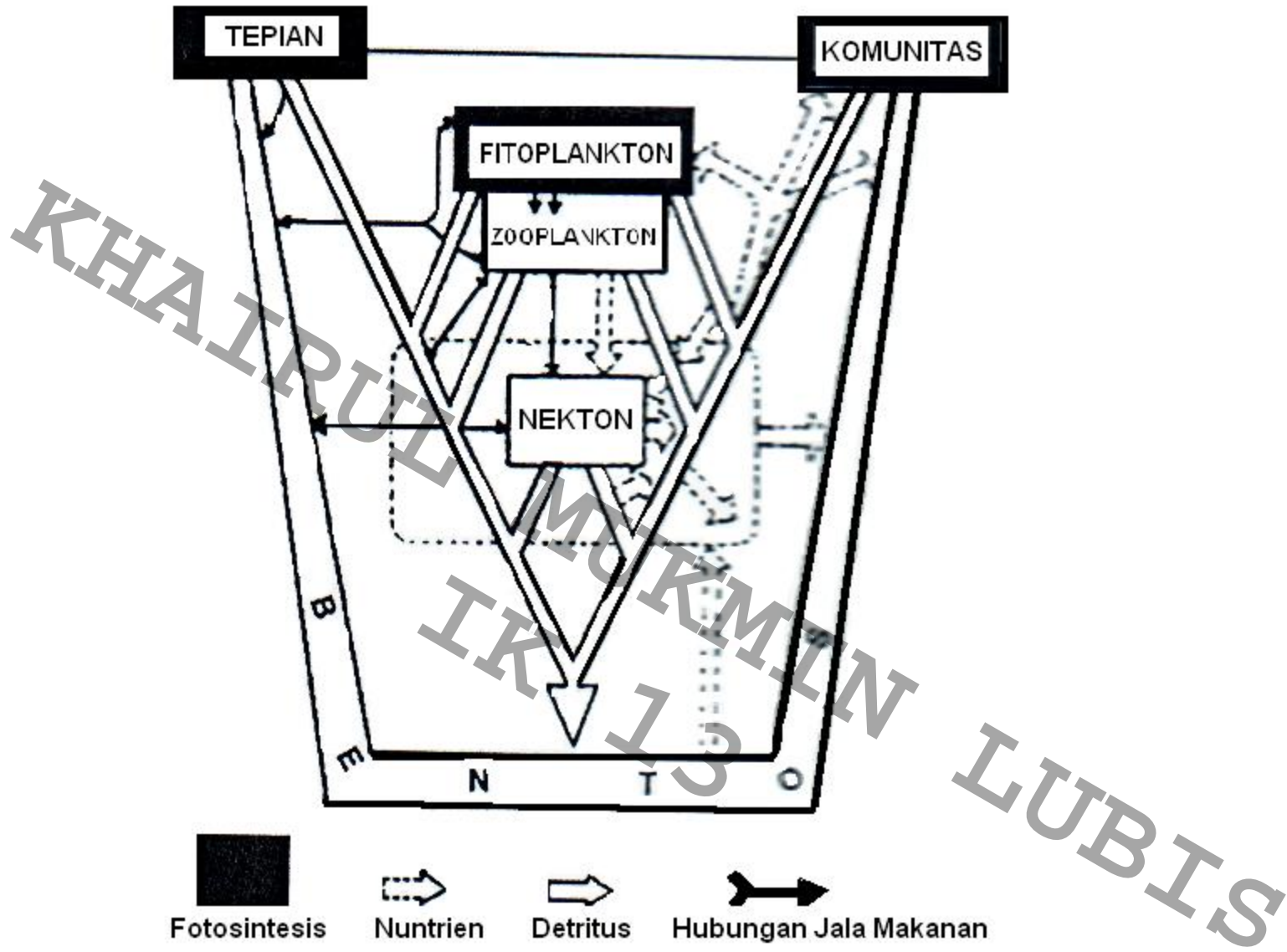
- ❖ Selain miskin dengan jumlah fauna, estuaria juga miskin akan flora.
- ❖ Keruhnya perairan estuaria menyebabkan hanya tumbuhan yang mencuat yang dapat tumbuh mendominasi, mungkin terdapat *padang rumput laut* (Zostera, Thalassia, Cymodocea) selain juga ditumbuhi oleh *alga hijau* dari genera Ulva, Entheromorpha dan Cladophora.

Produktivitas hayati estuaria

- Produktivitas estuaria terletak pada fitoplankton, diatom benthik dan rumput-rumputan laut. Estuaria adalah daerah yang mempunyai sejumlah besar bahan organik, sejumlah besar organisme dan produktivitas sekunder yang tinggi. Sumber pokok produktivitas primer di estuaria terletak pada tumbuhan emergensi dari rawa asin di sekeliling estuaria. Estuaria sebagai tempat penimbunan bahan-bahan organik yang dibawa sungai masuk atau dibawa masuk dari laut. Jadi bahan organik juga datang dari sumber ini.
- Banyaknya jumlah bahan organik yang bergerak melewati estuaria, sebagian dihasilkan di estuaria itu sendiri (*Otoktonus*), tetapi sebagian dibawa dibawa masuk dari hasil produksi primer di tempat lain (*aloktonus*), termasuk yang terbawa dari rawa asin yang mengelilinginya.

Habitat estuaria

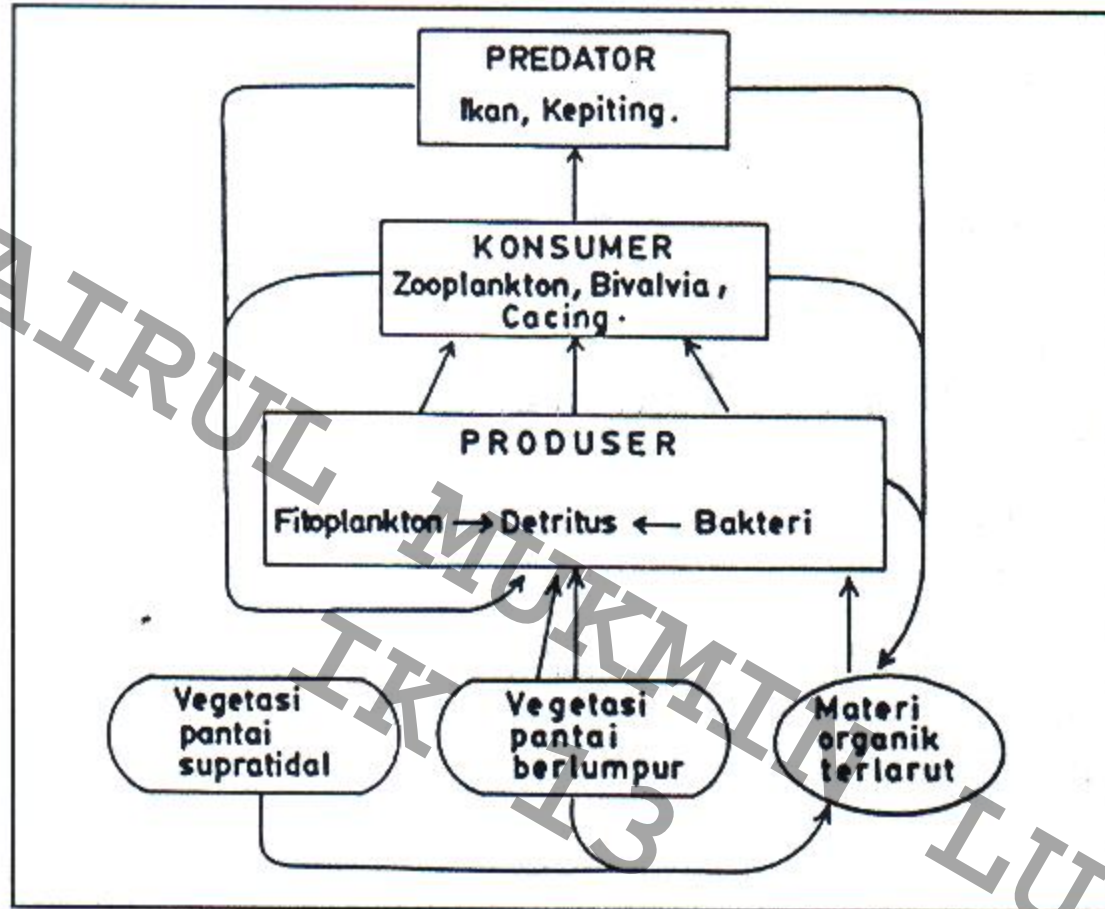
- Pada **kolom air** merupakan habitat bagi organisme plankton (fito dan zoo), neuston (organisme setingkat plankton yang hidup di kolom permukaan air), dan nekton (organisme makro yang mampu bergerak aktif).
- **Di dasar** estuaria, hidup berbagai jenis organisme baik mikro maupun makro yang disebut benthos.



Hubungan antar organisme di kolom air dan dasar habitat estuaria (Barnes, 1980)

- Kecenderungan untuk meningkatnya keanekaragaman dan kepadatan pada pertemuan komunitas dikenal sebagai **pengaruh tepi (edge effect)**.
- **Komunitas** adalah gabungan dari berbagai organisme atau populasi yang secara bersama hidup pada suatu daerah yang telah menyesuaikan diri dan menghuni suatu tempat alami.

- Setiap kelompok organisme dalam habitatnya menjalankan **fungsi biologis** masing-masing. Misalnya, fitoplankton sebagai produser melakukan aktivitas produksi melalui proses fotosintesis. Bakteri melakukan perombakan bahan organik (organisme mati) menjadi nutrisi yang dapat dimanfaatkan oleh produser dalam proses fotosintesis.
- Dalam satu kelompok organisme (misalnya plankton atau bentos) maupun antar kelompok organisme (misalnya antara plankton dan bentos) terjalin suatu hubungan trofik (makan memakan) satu sama lain, sehingga membentuk suatu **hubungan jala makanan**



**Gambar rantai makanan
(produksi dan konsumsi makanan)**

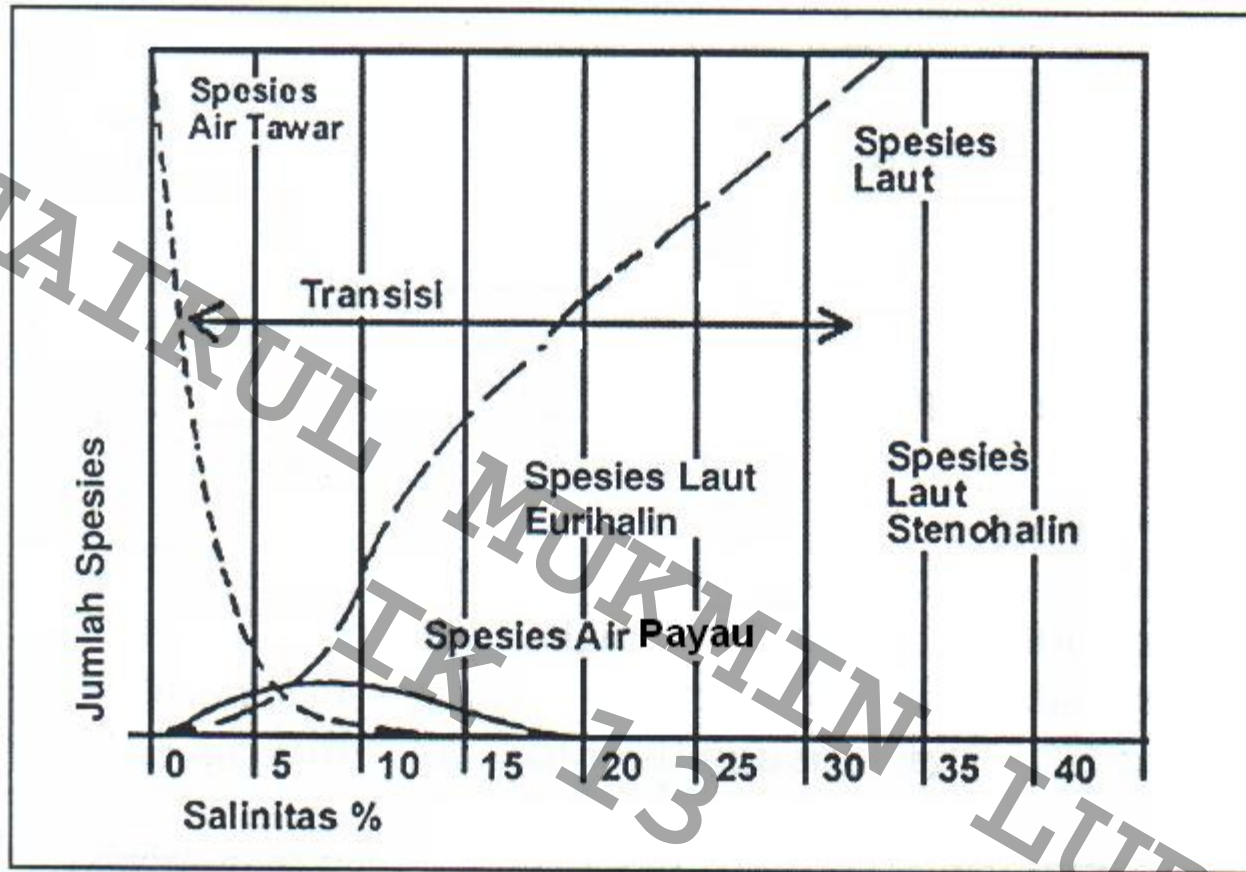
Biota Estuaria

- Lingkungan estuaria merupakan kawasan yang sangat penting bagi berjuta hewan dan tumbuhan. Pada daerah-daerah tropis seperti di lingkungan estuaria umumnya di tumbuh dengan tumbuhan khas yang disebut Mangrove. Tumbuhan ini mampu beradaptasi dengan genangan air laut yang kisaran salinitasnya cukup lebar. Pada habitat mangrove ini lah kita akan menemukan berjuta hewan yang hidupnya sangat tergantung dari kawasan lingkungan ini.

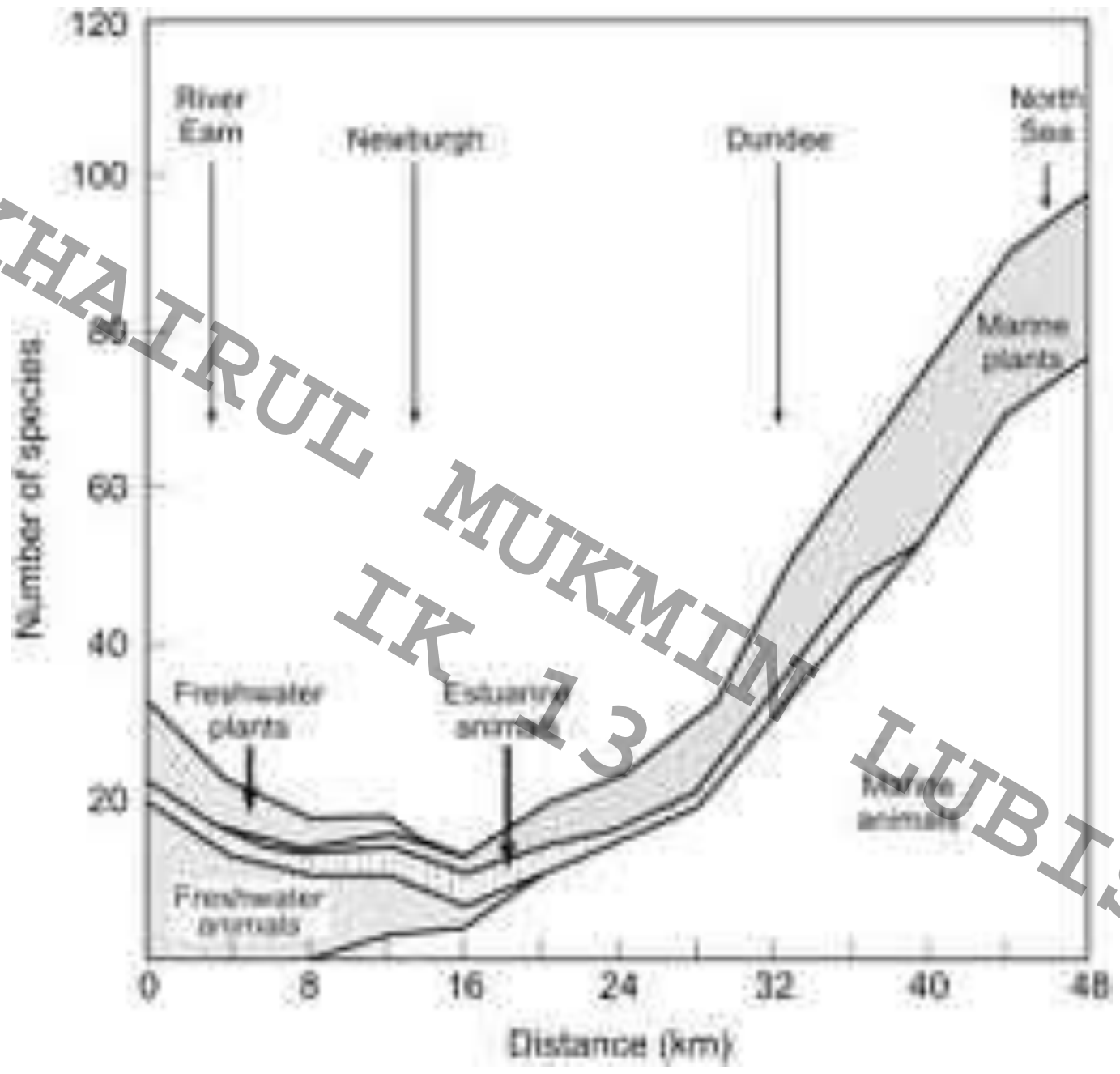
- Sebagai lingkungan perairan yang mempunyai kisaran salinitas yang cukup lebar (eurihaline), estuaria menyimpan berjuta keunikan yang khas. Hewan-hewan yang hidup pada lingkungan perairan ini adalah hewan yang mampu beradaptasi dengan kisaran salinitas tersebut. Dan yang paling penting adalah lingkungan perairan estuaria merupakan lingkungan yang sangat kaya akan nutrient yang menjadi unsure terpenting bagi pertumbuhan phytoplankton. Inilah sebenarnya kunci dari keunikan lingkungan estuaria.

- Sebagai kawasan yang sangat kaya akan unsur hara (nutrient) estuaria di kenal dengan sebutan daerah pembesaran (nursery ground) bagi berjuta ikan, invertebrate (Crustacean, Bivalve, Echinodermata, annelida dan masih banyak lagi kelompok infauna). Tidak jarang ratusan jenis ikan-ikan ekonomis penting seperti siganus, baronang, sunu dan masih banyak lagi menjadikan daerah estuaria sebagai daerah pemijahan dan pembesaran.

- Dibandingkan dengan tempat lain, spesies estuaria sangat sedikit. Penjelasan yang paling umum digunakan adalah akibat adanya fluktuasi kondisi lingkungan terutama salinitas. Selain itu, estuaria belum lama terbentuk ditinjau dari waktu geologi, untuk memungkinkan terbentuknya fauna secara sempurna. Keragaman topografi estuaria yang sangat sedikit juga merupakan salah satu penyebab.



Gambar jumlah spesies fauna estuaria dan penyebarannya berdasarkan salinitas (Nybakken, 1998)



KHAIRUL MUKMIN
 IK 13
 LUBIS

- Keragaman flora daerah estuaria juga sangat rendah. Hampir semua bagian estuaria yang terus menerus terendam terdiri dari substrat lumpur dan tidak cocok untuk melakatnya makroalga. Ditambah dengan penetrasi cahaya yang terbatas akibat air yang keruh. Sehingga lapisan bawah estuaria sering kali tanpa tumbuhan hidup. Lapisan air teratas dan zona intertidal mempunyai jumlah tumbuhan yang terbatas. Dataran lumpur intertidal ditumbuhi oleh sejumlah kecil spesies alga hijau (*Ulva*, *Enteromorpha*, *Chaetomorpha*, dan *Cladophora*) yang bersifat musiman.

- Dataran lumpur estuaria sering kali banyak mengandung flora diatom bentik dari pada planktonik. Banyak yang bersifat motil dan melakukan pola migrasi ritmik, bergerak ke permukaan atau turun ke dalam lumpur dan bergantung pada penyinaran. Vegetasi dominan pada daerah estuari adalah tumbuhan bunga berumur panjang yang menancapkan akarnya di daerah intertidal bagian atas dan membentuk komunitas khas *rawa asin* (*salt marsh*) yang memagari estuari diseluruh daerah beriklim sedang di dunia. Jenis yang dominan yaitu *Spartina* dan *Salicornia*. Di daerah tropik, rawa asin diganti oleh hutan bakau.

BAKTERI

- Komponen terakhir yang patut disebut adalah **bakteri**. Baik air maupun Lumpur estuaria sangat kaya akan bakteri, karena banyaknya bahan organik yang harus diuraikan. **Perairan estuaria** telah diperlihatkan oleh **Zobell dan Feltham (1942)**, ratusan kali lebih banyak mengandung bakteri daripada air laut, dan lapisan atas Lumpur mengandung seribu kali lebih banyak bakteri daripada air di atasnya.

Adaptasi organisme estuaria

Secara umum terdapat *tiga tipe adaptasi* organisme di lingkungan estuaria:

Adaptasi morfologis :

- Adaptasi ini menunjukkan kehidupan pada kondisi dengan fluktuasi suhu dan salinitas. Misalnya membuat lubang di dalam lumpur, memilikirumbai-rumbai halus dari rambut atau setae, untuk menjaga agar lubang pernapasan tidak tersumbat oleh lumpur.
- Remane dan Schlieper (1971) melaporkan bahwa ukuran badan organisme estuaria umumnya lebih kecil dari pada kerabatnya yang sepenuhnya hidup di air laut dan berkurangnya jumlah ruas tulang punggung di antara ikan-ikan.

Adaptasi fisiologis :

- Pada organisme laut yang masuk ke daerah estuari, konsentrasi garam internalnya lebih tinggi dari pada konsentrasi garam air estuaria, sehingga air cenderung melewati selaput, masuk ke dalam tubuh untuk menyamakan konsentrasi. Pengaturan dilakukan melalui pengeluaran kelebihan air tanpa kehilangan garam atau penggantian garam yang hilang dengan penyerapan ion dari lingkungan secara aktif. Untuk binatang air tawar, terjadi proses sebaliknya.
- Pada binatang bertubuh lunak tertentu, seperti cacing polichaeta, respon pengaturan osmosisnya relatif lambat. Organisme ini dapat mentolerir kisaran konsentrasi internal yang lebar, untuk jangka waktu tertentu. Sedangkan pada molluska bivalvi biasanya merupakan osmoregulator yang buruk dan tanggap terhadap penurunan salinitas yang drastis dengan menutup diri di dalam cangkangnya untuk menghindari pengenceran cairan tubuhnya yang berlebihan dengan air.

Adaptasi tingkah laku :

- Salah satu bentuk adaptasi yang dilakukan adalah dengan membuat lubang di dalam lumpur. Terdapat dua keuntungan dari tingkah laku ini, pertama yaitu dengan keberadaannya di dalam lumpur berarti membuka kesempatan untuk berhubungan dengan air interstitial yang memiliki variasi salinitas dan suhu yang lebih kecil dari pada air di atasnya; kedua, untuk menghindari dari pemangsa, seperti burung, ikan, atau kepiting.
- Adaptasi lainnya adalah mengubah posisi pada substrat dengan cara bergerak ke hulu atau ke hilir estuari untuk menjaga organisme tetap berada pada daerah dengan variasi salinitas minimal.
- Beberapa jenis ikan memanfaatkan banyaknya makanan dan sedikitnya pemangsa di daerah estuaria yang memungkinkan memanfaatkan estuaria sebagai daerah asuhan, sebagai contoh adalah balanak (*Mugil sp.*) ikan bas bergaris (*Roccus saxatilis*) dan sejenis ikan sebelah (*Platichthys flesus*), yang memasuki estuaria sebagai juvenil dan bermigrasi kembali ke laut ketika dewasa.

Ada beberapa penyebab sehingga produktivitas hayati estuaria sangat baik yaitu:

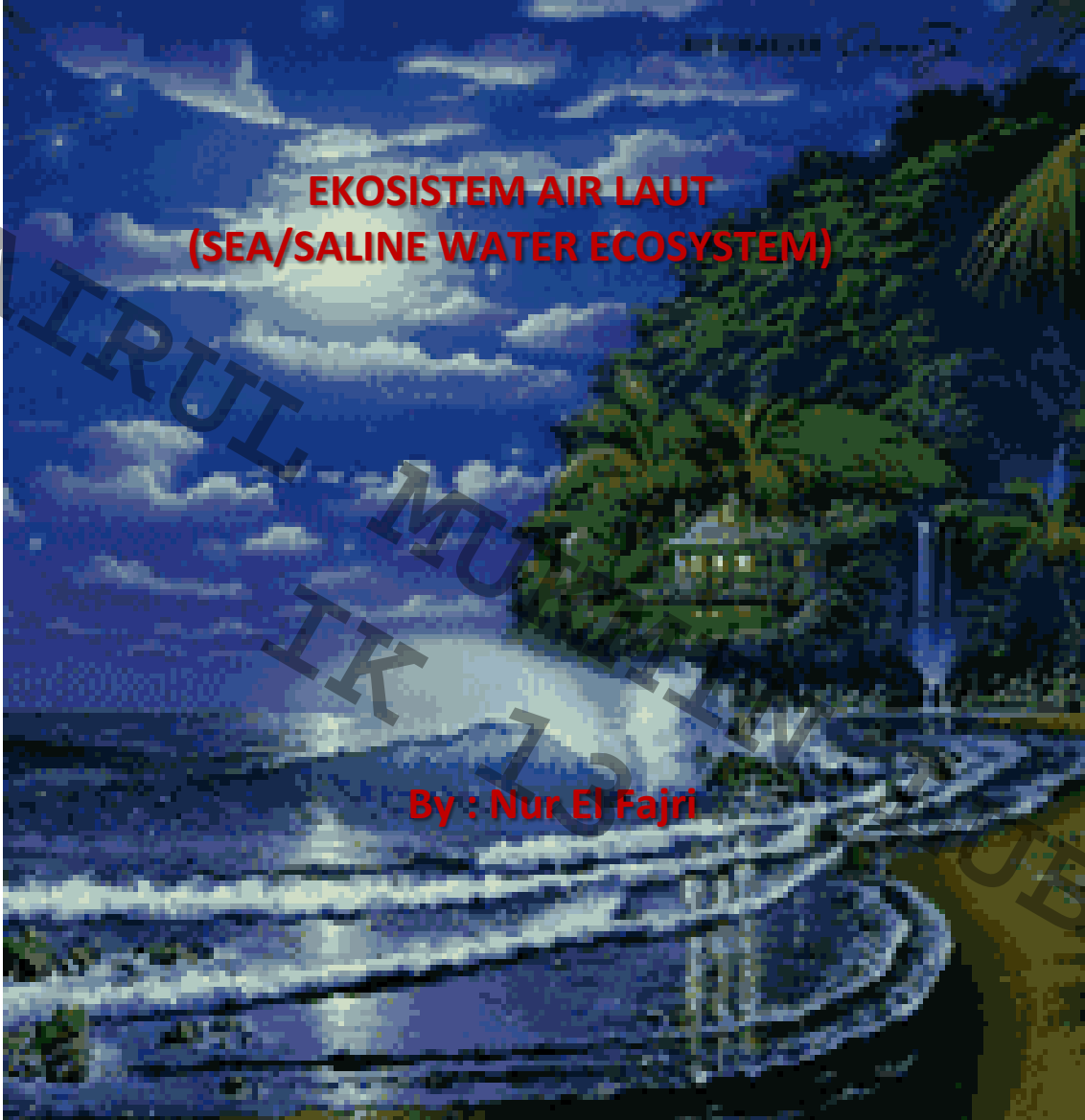
1. Estuaria berperan sebagai jebak zat hara. Dimana ada tiga cara ekosistem estuaria menyuburkan diri yaitu:
 - dipertahankan dan cepat di daur-ulang zat-zat hara oleh hewan-hewan detritus yang hidup di dasar estuaria seperti bermacam kerang dan cacing.
 - Produksi detritus, yaitu partikel-partikel sersah daun tumbuhan akuatik makro seperti lamun, yang kemudian di makan oleh bermacam ikan dan udang pemakan detritus.
 - Pemanfaatan zat hara yang terpendam jauh dalam dasar lewat aktivitas mikroba (organisme renik seperti bakteri) lewat akar tumbuhan yang masuk jauh kedalam dasar estuaria, atau lewat hewan penggali liang di dasar estuaria seperti bermacam cacing.
2. Di daerah tropik estuaria memperoleh manfaat besar dari kenyataan bahwa tumbuhan terdiri dari bermacam tipe yang komposisinya demikian rupa sehingga proses fotosintesis terjadi sepanjang tahun.
3. Arti penting pasang surut dalam menciptakan suatu ekosistem akuatik yang permukaan airnya berfluktuasi.

Fungsi ekologis estuaria

- **Sumber zat hara dan bahan organik** yang diangkut lewat sirkulasi pasang-surut (*tidal circulation*)
- **Penyedia habitat** bagi sejumlah spesies hewan (ikan, udang, dsb) yang bergantung pada estuaria sebagai tempat berlindung dan tempat mencari makanan (*feeding ground*)
- **Tempat untuk bereproduksi dan/atau tempat tumbuh besar** (*nursery ground*) terutama bagi sejumlah spesies ikan dan udang.

Fungsi dan manfaat estuaria (ekonomis)

- Sumber bahan makanan (protein)
- Tempat pemukiman
- Tempat penangkapan dan budidaya sumberdaya ikan
- Pelabuhan dan kawasan industri
- Jalur transportasi, rekreasi
- *Selain itu juga untuk tempat pembuangan sampah/limbah*



**EKOSISTEM AIR LAUT
(SEA/SALINE WATER ECOSYSTEM)**

By : Nur El Fajri

EKOSISTEM AIR LAUT (SEA/SALINE WATER ECOSYSTEM)

Merupakan habitat dimana terjadi hubungan antara jasad dengan laut sebagai lingkungan hidupnya. Hal-hal yang **menarik** tentang laut :

- Sangat luas ($\pm 70\%$ dari permukaan bumi)
- Perairan yang dalam dan terdapat kehidupan pada kedalaman berapapun
- Merupakan satu kesatuan yang tak terpisahkan
- Air laut beredar tanpa hentinya
- Dipengaruhi oleh gelombang dan pasang akibat gaya tarik bulan dan matahari
- Sebagai suatu larutan garam
- Zat-zat hara dalam laut sangat rendah dan merupakan faktor pembatas yang penting menentukan kepadatan populasi bahari

AIR LAUT MENURUT BEBERAPA AHLI:

Ahli	Kategori Salinitas (‰)	Tingkatan Salinitas	Keterangan (‰)
Dauids dalam Moore	35		
Brockman dalam Friedriech	20 - 30	Backish Marine Litoral	20 - 30
		High Sea Water	> 30
Remane	> 18	Brachyhaline	18 - 30
		Sea water	> 30
Redeke	> 17		
Valikangas	> 30		
Ekman dan Koesbino	> 17	Oligphaline	17 - 30
		Mesohaline	30 - 34
		Polihaline	> 34

Dapat disimpulkan bahwa : air laut adalah yang salinitasnya > 30 atau 34 ‰

Ada beberapa jenis laut, menurut cara terjadinya kita mengenal adanya :

- a. **Laut Transgresi (laut yang meluas)**, terjadi karena adanya perubahan permukaan laut secara positif (secara meluas). Perubahan permukaan ini terjadi karena naiknya permukaan air laut atau daratannya yang turun, sehingga bagian-bagian daratan yang rendah tergenang air laut. Perubahan ini terjadi pada zaman es. Contoh laut jenis ini adalah laut Jawa, laut Arafuru dan laut Utara.
- b. **Laut Ingresi**, adalah laut yang terjadi karena adanya penurunan tanah di dasar laut. Oleh karena itu laut ini juga sering disebut laut tanah turun. Penurunan tanah di dasar laut akan membentuk lubuk laut dan palung laut. Lubuk laut atau basin adalah penurunan di dasar laut yang berbentuk bulat. Contohnya lubuk Sulu, lubuk Sulawesi, lubuk Banda dan lubuk Karibia. Sedangkan Palung Laut atau *trog* adalah penurunan di dasar laut yang bentuknya memanjang. Contohnya palung Mindanao yang dalamnya 1.085 m, palung Sunda yang dalamnya 7.450 m, palung Jepang yang dalamnya 9.433 m serta palung Mariana yang dalamnya 10.683 m (terdalam di dunia).
- c. **Laut Regresi**, adalah laut yang menyempit. Penyempitan terjadi karena adanya pengendapan oleh batuan (pasir, lumpur dan lain-lain) yang dibawa oleh sungai-sungai yang bermuara di laut tersebut. Penyempitan laut banyak terjadi di pantai utara pulau Jawa.

Menurut letaknya, laut dibedakan atas :

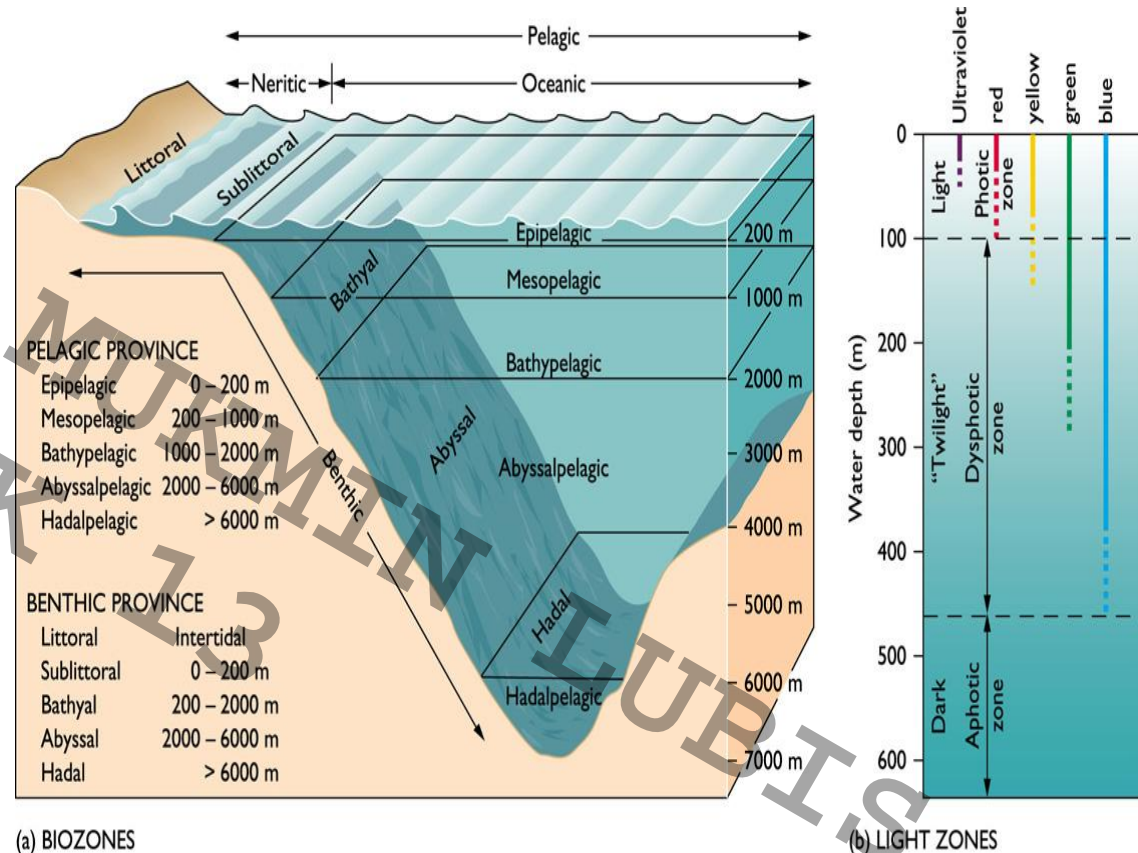
- Laut tepi (laut pinggir)**, adalah laut yang terletak di tepi benua (kontinen) dan seolah-olah terpisah dari samudera luas oleh daratan pulau-pulau atau jazirah. Contohnya Laut Cina Selatan dipisahkan oleh kepulauan Indonesia dan kepulauan Filipina.
- Laut pertengahan**, adalah laut yang terletak di antara benua-benua. Lautnya dalam dan mempunyai gugusan pulau-pulau. Contohnya laut Tengah di antara benua Afrika-Asia dan Eropa, laut Es Utara di antara benua Asia dengan Amerika dan lain-lain.
- Laut pedalaman**, adalah laut-laut yang hampir seluruhnya dikelilingi oleh daratan. Contohnya laut Kaspia, laut Hitam dan laut Mati.

Laut Mati adalah danau yang membujur di daerah antara Israel, Daerah Otoritas Palestina dan Yordania.



Berdasarkan kedalamannya laut dibedakan menjadi 4 wilayah (zona) yaitu:

- Zona Lithoral**, adalah wilayah pantai atau pesisir atau *shore*. Di wilayah ini pada saat air pasang tergenang air dan pada saat air laut surut berubah menjadi daratan. Oleh karena itu wilayah ini sering juga disebut wilayah pasang-surut.
- Zona Neritic (wilayah laut dangkal)**, yaitu dari batas wilayah pasang surut hingga kedalaman 150 m. Pada zona ini masih dapat ditembus oleh sinar matahari sehingga pada wilayah ini paling banyak terdapat berbagai jenis kehidupan baik hewan maupun tumbuh-tumbuhan. Contohnya laut Jawa, laut Natuna, selat Malaka dan laut-laut di sekitar kepulauan Riau.
- Zona Bathyal (wilayah laut dalam)**, adalah wilayah laut yang memiliki kedalaman antara 150 m hingga 1800 m. Wilayah ini tidak dapat ditembus sinar matahari, oleh karena itu kehidupan organismenya tidak sebanyak yang terdapat di wilayah Neritic.
- Zone Abyssal (wilayah laut sangat dalam)**, yaitu wilayah laut yang memiliki kedalaman di atas 1800 m. Di wilayah ini suhunya sangat dingin dan tidak ada tumbuh-tumbuhan. Jenis hewan yang dapat hidup di wilayah ini sangat terbatas.



Gambar Bagian-bagian lautan (tidak menurut skala)

Karakteristik Fisika Air Laut

Pada ekosistem air laut ini faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi organisme yang ada didalamnya *diantaranya* adalah **salinitas, suhu dan tekanan, gelombang, pasang** yang berpengaruh pada organisme yang bersifat plankton, nekton dan benthos.

Salinitas

- **Salinitas** adalah ukuran yang menyatakan jumlah garam dalam gram yang terdapat dalam 1 kg air (kadar garam).
- Salinitas di laut rata-rata 35 ‰.
- Salinitas air laut ini bervariasi diberbagai lautan karena dipengaruhi oleh **Evaporasi (penguapan) air laut, Hujan, Mencair/membekunya es, dan Aliran sungai menuju ke laut**
- Komposisi Unsur-unsur utama yang terdapat di air laut yang mempunyai salinitas 35 ‰ dapat dilihat pada Tabel dalam diktat (slide berikut).
- Salinitas air laut dipengaruhi oleh adanya perubahan proses fisika dalam air laut yaitu penguapan, pengembunan kandungan air yang berubah, adanya perubahan unsur-unsur pembentuk garam. Unsur-unsur yang mungkin bisa berubah dalam air laut antara lain phosphor dan nitrogen karena ini erat kaitannya ke aktifitas biologi.
- Salinitas ini erat kaitannya dengan kehidupan yang ada di lautan. Ikan dan avertebrata laut di laut erat kaitannya dengan tekanan osmosa apabila terjadi perubahan salinitas. Spesies-spesies organisme yang hidup pada ekosistem air laut hampir semua dapat hidup pada daerah-daerah yang mempunyai perubahan yang sangat kecil (bersifat stenohaline).

Tabel: Komposisi Unsur-unsur utama yang terdapat di air laut yang mempunyai salinitas 35

%

Unsur	Gr/Kg	Milimols / Kg	Mili eq/Kg
Kation :			
Sodium	10.752	467.56	467.56
Potassium	0.395	10.10	10.10
Magnesium	1.295	53.25	106.50
Calcium	0.416	10.38	20.76
Strontium	0.008	0.09	0.18
			605.10
Anion :			
Chlorine	19.345	545.59	545.59
Bromine	0.066	0.83	0.83
Fluorine	0.0013	0.07	0.07
Sulphate	2.701	28.12	56.23
Bicarbonate	0.145	2.38	-
Boric acid	0.027	0.44	-
			602.72

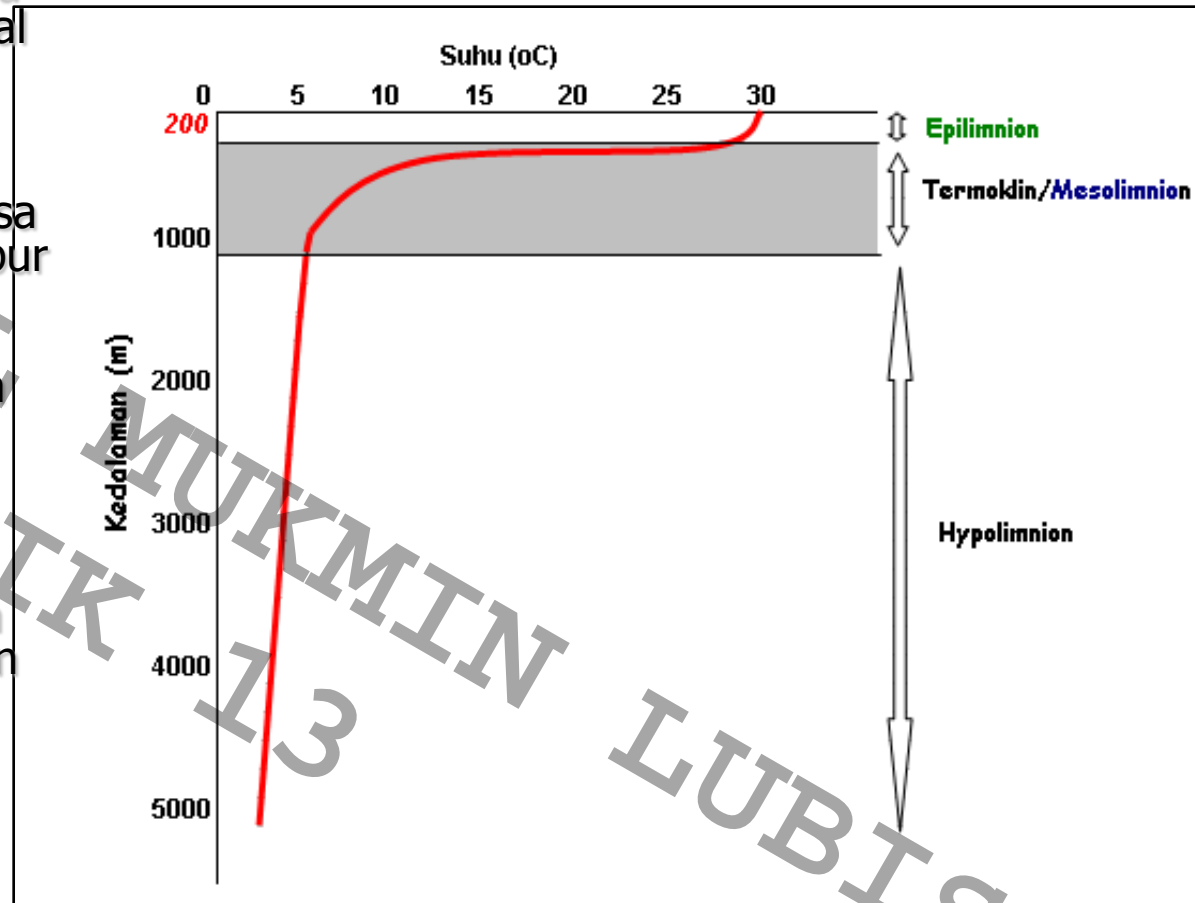
Suhu

- Suhu di perairan laut merupakan satu faktor penting bagi kehidupan organisme, karena mempengaruhi metabolisme dan perkembangbiakan dari organisme-organisme yang terdapat di dalam perairan.
- Permukaan perairan pantai agak dingin di waktu dini hari dan agak panas di waktu senja hari. Pada umumnya perairan laut tidak pernah mengalami penurunan suhu hingga 2-3 °C. Suhu perairan laut pada dasar perairan hampir tetap dan dingin. Baik lautan maupun daratan dipanasi oleh sinar matahari suatu proses yang dinamakan ***insolation***.
- Berbeda letak lintang suatu daerah, maka pengaruh pemanasan inipun akan berbeda. Sebagai contoh, daerah tropik lebih banyak menerima panas dibandingkan daerah kutub. Hal ini disebabkan oleh :
 - * Sinar matahari yang merambat melalui atmosfer akan banyak ***kehilangan panas*** sebelum sampai di daerah kutub.
 - * Karena besarnya **perbedaan sudut datang** sinar matahari ketika mencapai permukaan bumi.
 - * Di daerah kutub panas yang diterima oleh permukaan bumi **lebih banyak dipantulkan** kembali ke atmosfer.

- Dilihat dari sinar matahari yang kebanyakan diserap oleh lapisan permukaan laut maka lapisan ini relatif panas sampai kedalaman 200 m, selanjutnya pada kedalaman antara 200-1000 m suhu turun secara mendadak berbentuk sebuah kurva dengan lereng yang tajam yang dikenal sebagai ***termokline***.
- Air pada perairan laut pada daerah yang terdalam biasanya mempunyai suhu $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Karena pemasukan energi dari sinar matahari tetap berlangsung dan suhu permukaan yang relatif tinggi ini dapat dipertahankan sepanjang tahun, maka pada daerah tropis cahaya dan suhu harus optimum untuk produksi phytoplankton.

Lapisan Thermoklin

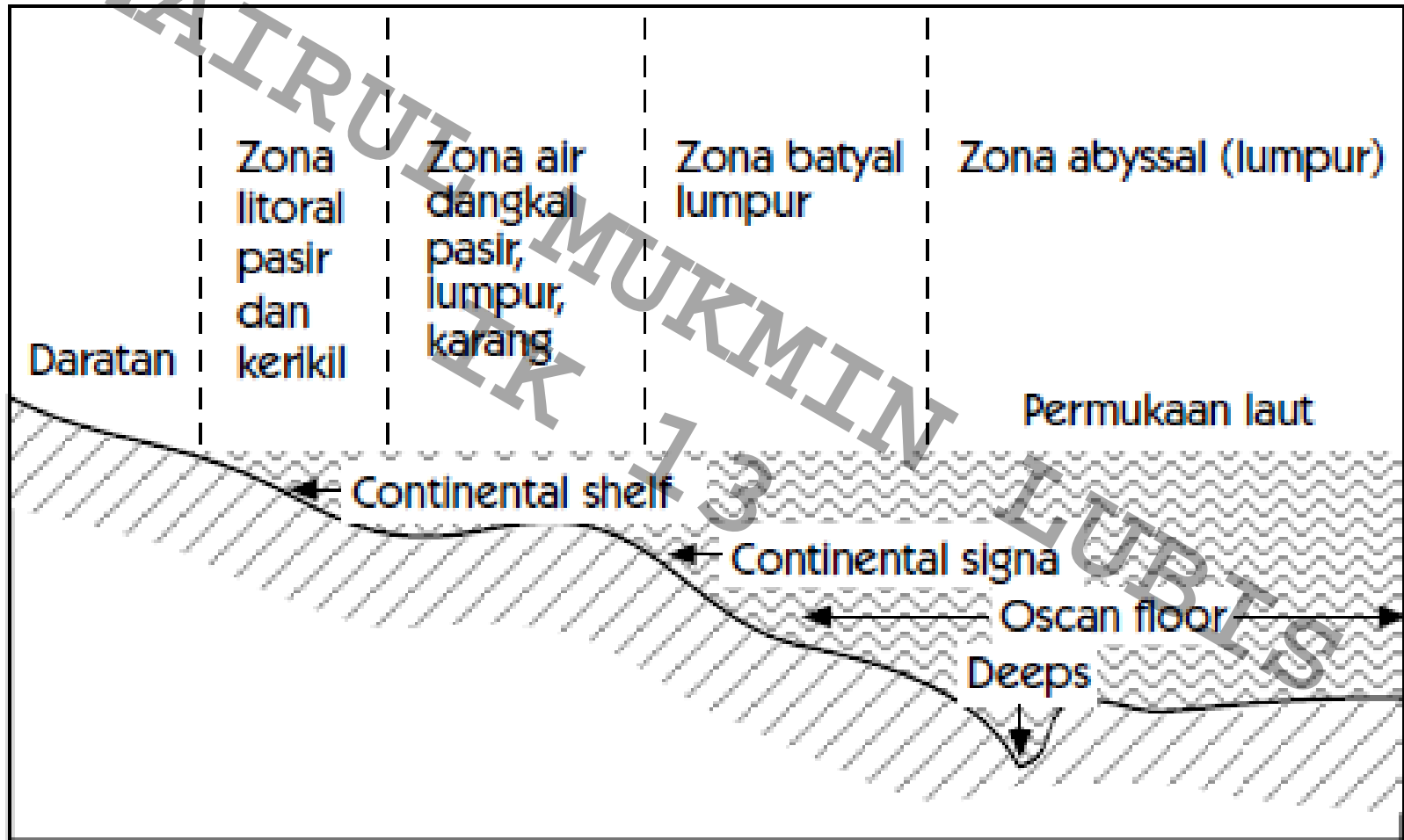
- Adalah lapisan horizontal di suatu kedalaman dimana pada lapisan tersebut secara vertikal suhu menurun secara drastis terhadap bertambahnya kedalaman.
- Pada lapisan thermoklin, massa air dibawahnya tidak bercampur dengan massa air diatasnya karena perbedaan densitas. Kedalaman lapisan thermoklin berfluktuasi menurut musim (kemarau, hujan, peralihan).
- Sering ditemukan dalam rentang 6 bulan saja, kedalaman lapisan thermoklin dapat berubah naik atau turun beberapa puluh meter.



Gambar Perubahan suhu pada kesalaman laut yang berbeda. Perubahan suhu menyolok terdapat pada kedalaman diantara 200 dan 1000 m yang dikenal dengan termoklin

Substrat dasar

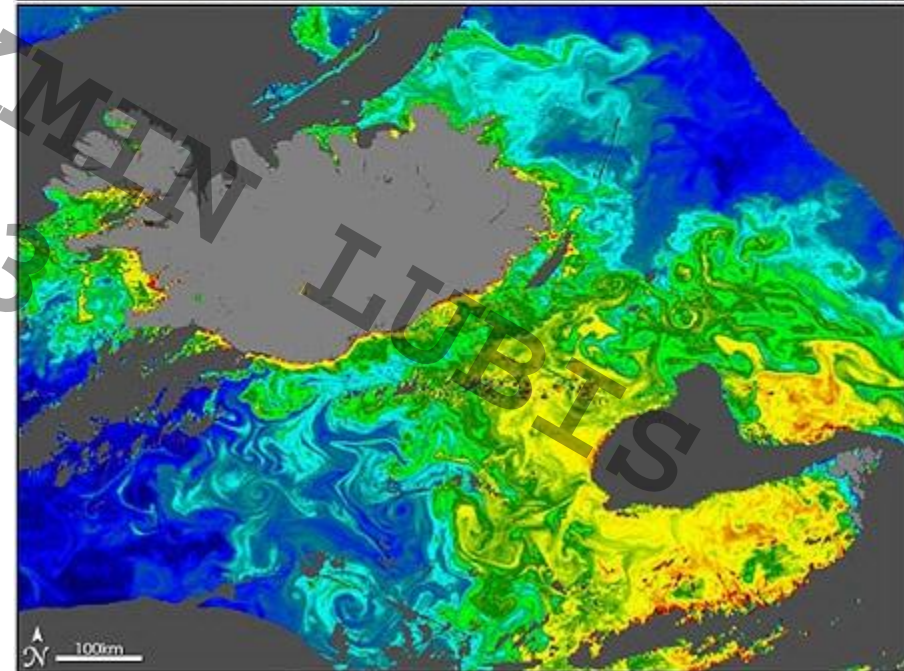
perairan berdasarkan zona perairan laut



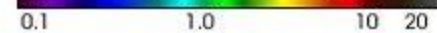
Cahaya

Radiasi matahari penting dalam melengkapi **cahaya** yang dibutuhkan oleh tanaman hijau (phytoplankton), untuk dipakai dalam **proses fotosintesis**. Phytoplankton tidak dapat hidup terus tanpa adanya cahaya matahari yang cukup. Penyebaran daripada phytoplankton dilautan dibatasi pada daerah kedalaman dimana cahaya matahari masih dapat dijumpai.

Phytoplankton around Iceland



Chlorophyll Concentration (mg/m³)



Densitas

Penyebaran yang luas dari air laut dapat ditentukan oleh adanya perbedaan densitas dari massa air didekatnya.

Densitas air sangat ditentukan oleh **perbedaan suhu dan salinitas**. Apabila **suhu naik** maka **densitas turun** dan **sebaliknya**, kemudian apabila **salinitas naik** maka **densitas semakin naik**.

Di daerah kutub utara dan kutub selatan, lapisan permukaan air (lautan) lebih dingin, maka menjadi lebih padat daripada lapisan perairan yang ada dibawahnya. Adanya perbedaan massa air ini maka yang lebih padat akan tenggelam masuk kelapisan yang lebih dalam sambil membawa massa air yang kaya O_2 dan dapat mengakibatkan timbulnya sistem arus dilautan.

Diper permukaan laut tekanan sebesar 1 atm. **Semakin dalam perairan ini tekanannya semakin meningkat.**

Perubahan tekanan diperairan dapat berubah sehubungan dengan waktu dan tekanan ini mempunyai pengaruh pada penyebaran makhluk hidup.

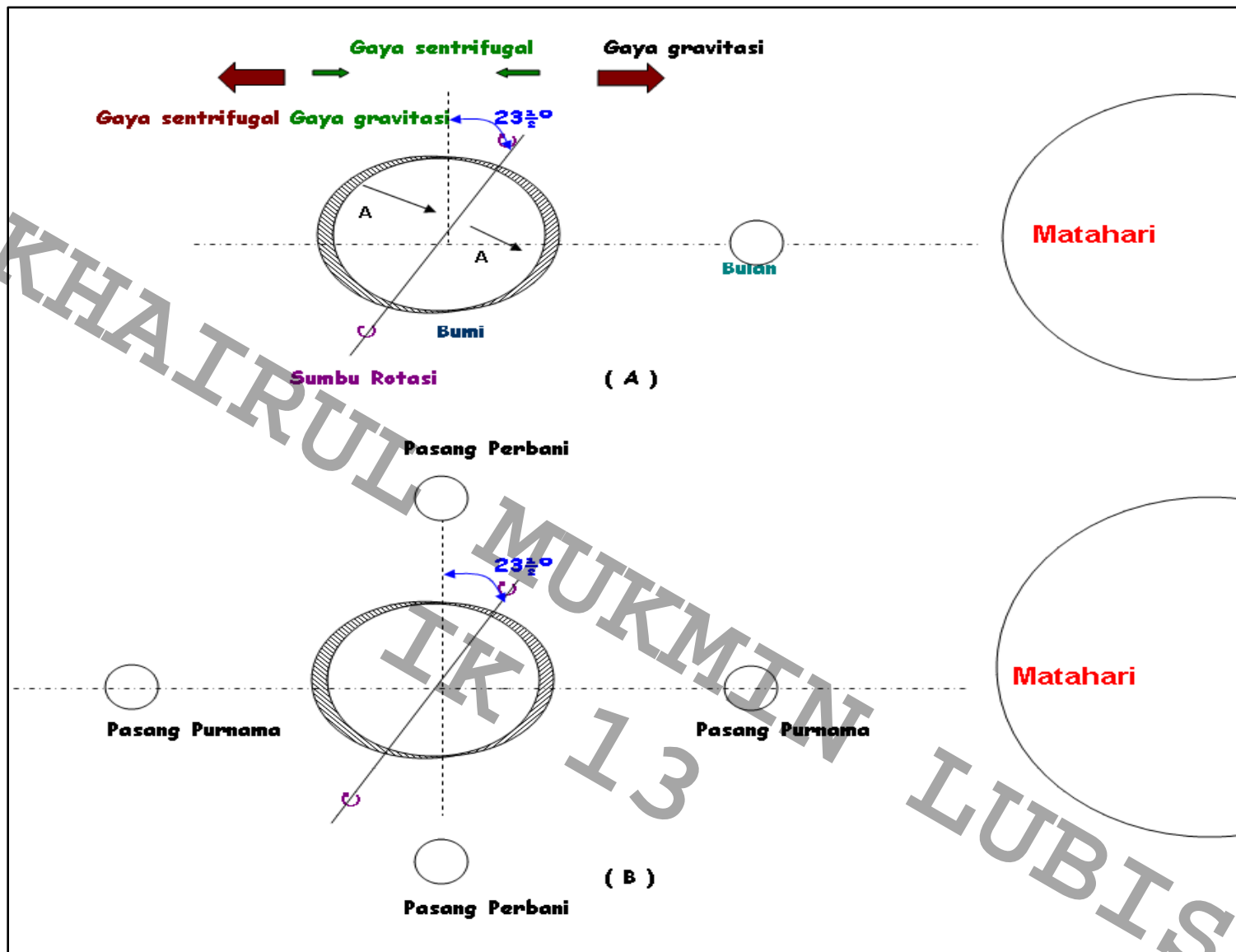
Beberapa organisme laut seperti ikan paus dan anjing laut dapat menyelam pada perairan yang lebih dalam dan kembali ke permukaan tanpa mengalami kesulitan.

Jadi organisme perairan ini dapat menyesuaikan diri pada tekanan yang berbeda-beda.

Pasang, Gelombang dan Arus

Pasang

Pada ekosistem laut terdapat ***pasang*** yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara dua tenaga yang terjadi di lautan yang berasal dari gaya sentrifugal yang disebabkan oleh perputaran bumi pada sumbunya dan gaya gravitasi yang berasal dari bulan. Pasang yang terjadi dilautan ini mempengaruhi kehidupan organisme yang ada terutama dalam penyebarannya.



Gambar Asal mula pasang surut. (A) bulan menimbulkan sebuah benjolan di bagian bumi yang terdekat dengannya sehingga gaya gravitasi (warna Coklat) lebih besar daripada gaya sentrifugal (warna Hijau) yang dinetralkan. Di sisi yang berlawanan, gaya sentrifugal lebih kuat dan menimbulkan tonjolan lain. Karena adanya inklinasi dari bumi pada sumbu perputarannya, titik A, jika itu berputar, akan mengalami dua pasang yang berbeda ketinggiannya. (B) posisi bulan dan matahari pada pasang perbani dan pasang purnama.

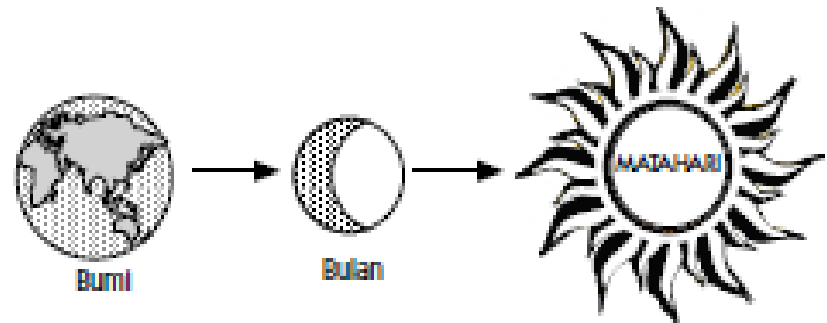
Ada dua macam pasang surut.

1) **Pasang Purnama**, ialah peristiwa terjadinya pasang naik dan pasang surut tertinggi (besar).

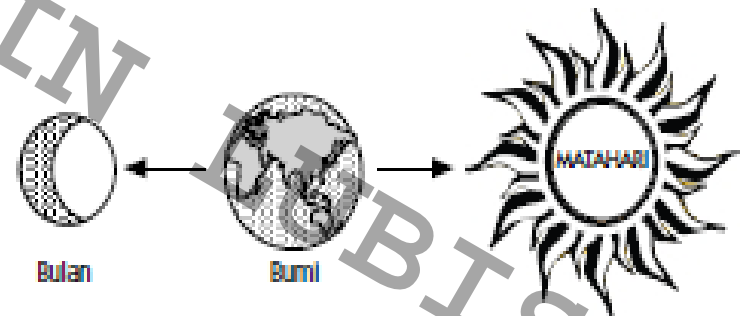
Pasang besar terjadi pada tanggal 1 (berdasarkan kalender bulan) dan pada tanggal 14 (saat bulan purnama).

Pada kedua tanggal tersebut posisi Bumi - Bulan - Matahari berada satu garis (konjungsi) sehingga kekuatan gaya tarik bulan dan matahari berkumpul menjadi satu menarik permukaan bumi.

Permukaan bumi yang menghadap ke bulan mengalami pasang naik besar. Sedangkan permukaan bumi yang tidak menghadap ke bulan mengalami pasang surut besar.



Gambar Pasang Purnama (Bumi-Bulan-Matahari sejajar pada satu garis lurus pada saat bulan baru).



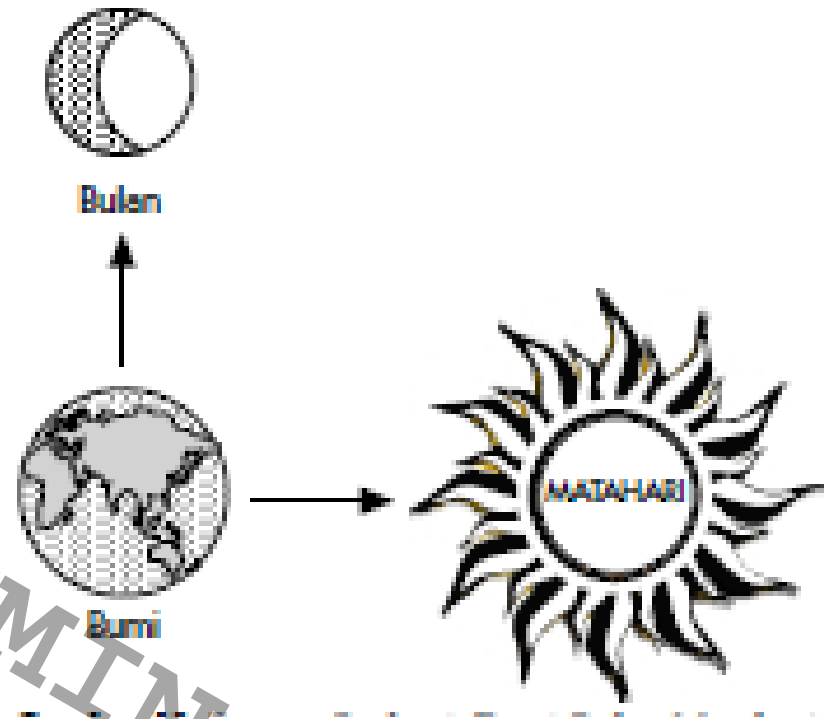
Gambar Pasang Purnama (Bulan-Bumi-Matahari sejajar pada satu garis lurus pada saat bulan purnama).

2) **Pasang Perbani**, ialah peristiwa terjadinya pasang naik dan pasang surut terendah (kecil).

Pasang kecil terjadi pada tanggal 7 dan 21 kalender bulan. Pada kedua tanggal tersebut posisi M a t a h a r i - B u l a n - B u m i membentuk sudut 90° .

Gaya tarik Bulan dan Matahari terhadap Bumi berlawanan arah sehingga kekuatannya menjadi berkurang (saling melemahkan) dan terjadilah pasang terendah (rendah).

Terjadinya peristiwa pasang surut permukaan air laut sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia, antara lain: untuk kepentingan penelitian, usaha pertambangan, kepentingan militer misalnya untuk mengatur pendaratan pasukan katak, sumber energi listrik, usaha pertanian lahan pasang surut.



Gambar Pasang Perbani (Bumi-Bulan-Matahari berada dalam posisi sudut 90°)

- **Tipe pasut** ditentukan oleh frekuensi air pasang dengan surut setiap harinya. Hal ini disebabkan karena perbedaan respon setiap lokasi terhadap gaya pembangkit pasang surut.
- Jika suatu perairan mengalami satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari, maka kawasan tersebut dikatakan bertipe pasut harian tunggal (**diurnal tides**), namun jika terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari, maka tipe pasutnya disebut tipe harian ganda (**semidiurnal tides**).
- Tipe pasut lainnya merupakan peralihan antara tipe tunggal dan ganda disebut dengan tipe campuran (**mixed tides**) dan tipe pasut ini digolongkan menjadi dua bagian yaitu tipe campuran dominasi ganda dan tipe campuran dominasi tunggal.

Gelombang Laut

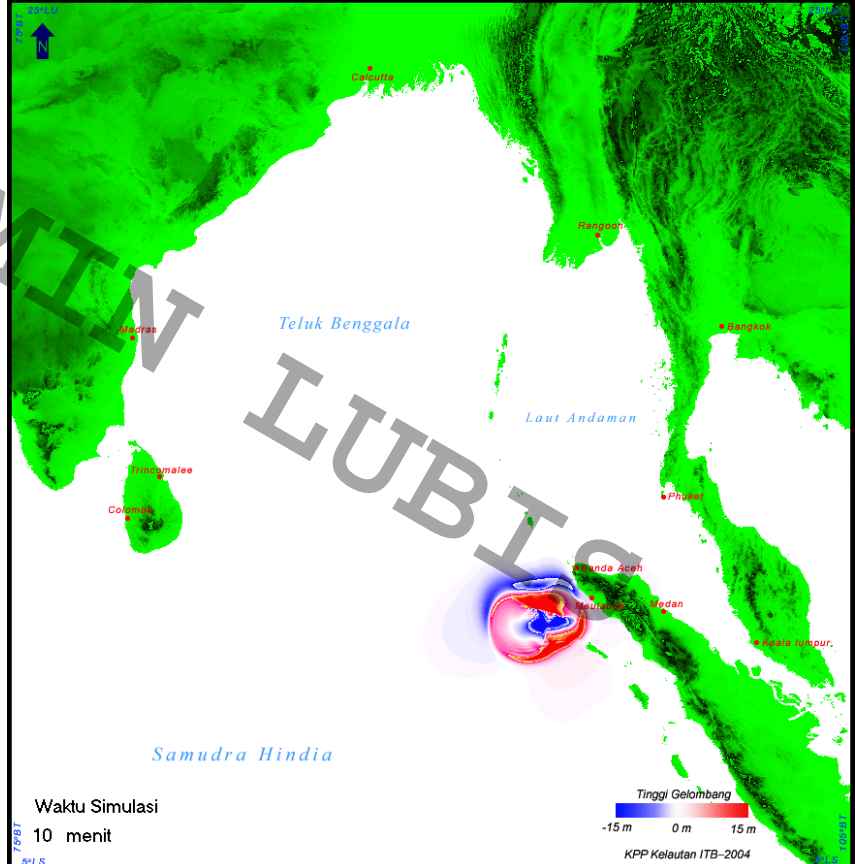
Gelombang laut atau ombak merupakan gerakan air laut yang paling umum dan mudah kita amati. Helmholtz menerangkan prinsip dasar terjadinya gelombang laut sebagaimana pada slide berikut:



Jika ada dua massa benda yang berbeda kerapatannya (densitasnya) bergesekan satu sama lain, maka pada bidang gerakanya akan terbentuk gelombang.

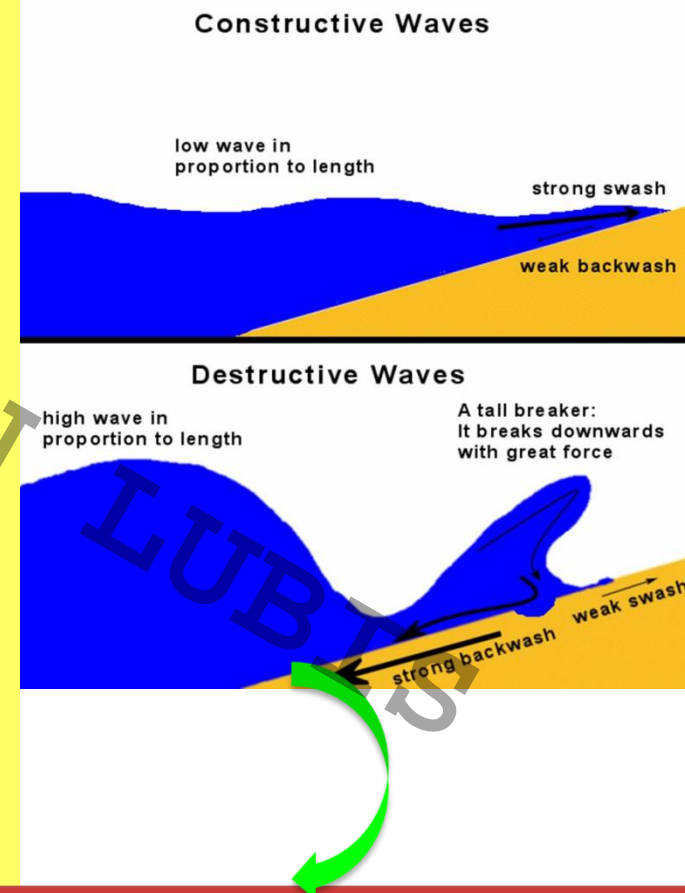
Gelombang terjadi karena beberapa sebab, antara lain:

- 1) **Karena angin.** Gelombang terjadi karena adanya gesekan angin di permukaan, oleh karena itu arah gelombang sesuai dengan arah angin.
- 2) **Karena menabrak pantai.** Gelombang yang sampai ke pantai akan terjadi hempasan dan pecah. Air yang pecah itu akan terjadi arus balik dan membentuk gelombang, oleh karena itu arahnya akan berlawanan dengan arah datangnya gelombang.
- 3) **Karena gempa bumi.** Gelombang laut terjadi karena adanya gempa di dasar laut. Gempa terjadi karena adanya gunung laut yang meletus atau adanya getaran/pergeseran kulit bumi di dasar laut. Gelombang yang ditimbulkan biasanya besar dan sering disebut dengan gelombang **"tsunami"**. Contohnya ketika gunung Krakatau meletus pada tahun 1883, menyebabkan terjadinya gelombang tsunami yang banyak menimbulkan banyak kerugian. Tahun 2004 di Aceh, tsunami yang banyak menimbulkan korban jiwa dan harta benda serta lebih jauh lagi kerusakan ekosistem perairan, pesisir pantai dan juga daratan.



Pengaruh gelombang dibagi menjadi dua yaitu **gelombang pembangun (Constructive Waves)** dan **gelombang penghancur (Destructive Waves)**.

- **Gelombang pembangun** bercirikan mempunyai ketinggian kecil dan kecepatan rambatnya rendah. Sehingga saat gelombang tersebut pecah di pantai akan mengangkut sedimen (material pantai). Material pantai akan tertinggal di pantai (deposit) ketika aliran balik dari gelombang pecah meresap ke dalam pasir atau pelan-pelan mengalir kembali ke laut.
- **Gelombang penghancur** biasanya mempunyai ketinggian dan kecepatan rambat yang besar (sangat tinggi). Air yang kembali berputar mempunyai lebih sedikit waktu untuk meresap ke dalam pasir. Ketika gelombang datang kembali menghantam pantai akan ada banyak volume air yang terkumpul dan mengangkut material pantai menuju ke tengah laut atau ke tempat lain.



Arus Laut

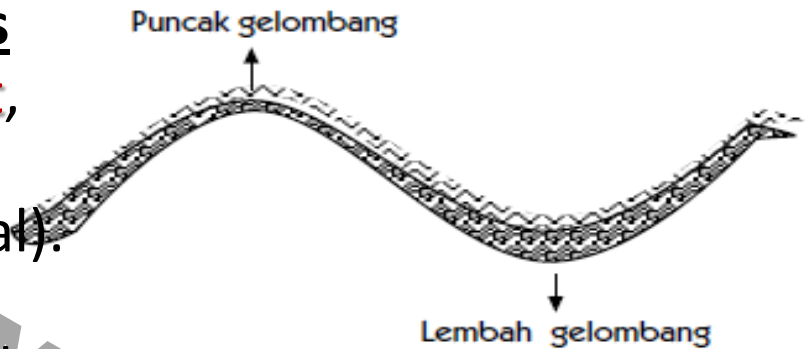
Arus laut adalah gerakan massa air laut yang berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Arus di permukaan laut terutama disebabkan oleh tiupan angin, sedang arus di kedalaman laut disebabkan oleh perbedaan densitas massa air laut. Selain itu, arus di permukaan laut dapat juga disebabkan oleh gerakan pasang surut air laut atau gelombang. Arus laut dapat terjadi di samudera luas yang bergerak melintasi samudera (ocean currents), maupun terjadi di perairan pesisir (coastal currents).

- Tiga **sumber utama** pembangkit arus di laut yaitu :
 - Angin (arus permukaan)
 - Variasi densitas
 - Pasut laut
- Pengaruh lainnya **dapat disebabkan** oleh : Gaya Coriolis, Gaya Berat, Gaya Gesekan, dan Tekanan Atmosfir

- Menurut letaknya arus dibedakan menjadi dua yaitu arus atas dan arus bawah. Arus atas adalah arus yang bergerak di permukaan laut. Sedangkan arus bawah adalah arus yang bergerak di bawah permukaan laut.
- Menurut suhunya kita mengenal adanya arus panas dan arus dingin. Arus panas adalah arus yang bila suhunya lebih panas dari daerah yang dilalui. Sedangkan arus dingin adalah arus yang suhunya lebih dingin dari daerah yang dilaluinya.
- Peranan pengamatan arus dalam Survei Hidrografi :
 - Kerekayasaan : konstruksi lepas pantai, perencanaan pelabuhan, dan pemantauan lingkungan
 - Penentuan posisi (metode Dead-Reckoning)
 - Keselamatan pelayaran

Apa perbedaan arus laut dengan gelombang laut ?

- secara mudah dapat dikatakan **arus** merupakan **derasnya aliran air laut**, baik aliran naik turun (vertikal) maupun aliran mendatar (horizontal). Sedangkan **gelombang** merupakan **gerakan naik turunnya air laut**. Titik tertinggi pada gerakan naik disebut puncak gelombang sedangkan titik terendah pada gerakan menurun disebut lembah gelombang.



Pemanfaatan Perairan Laut dalam Kehidupan

- Sebagaimana perairan darat, perairan laut juga sangat bermanfaat bagi kehidupan kita.
- Secara umum perairan laut dapat dimanfaatkan sebagai: sarana transportasi, usaha perikanan, usaha pertambangan, sumber bahan baku obat-obatan dan kosmetika, sumber energi, rekreasi serta pendidikan dan penelitian.

Biota pada ekosistem air laut

Sesuai dengan pembagian wilayah laut ini maka organisme yang hidup diperairan laut ini dapat dibagi dua kelompok yaitu :

1. **Pelagis** yaitu kelompok organisme yang terdiri dari hewan dan tumbuh-tumbuhan yang hidupnya berenang dan melayang-layang diwilayah pantai dan lautan terbuka.

Kelompok organisme yang bersifat pelagis ini dapat dibagi menjadi **dua grup utama** yaitu :

Plankton yang terdiri dari organisme –organisme yang berukuran kecil (mikroskopik) yang hidupnya terombang-ambing oleh arus. Plankton ini terdiri dari **zooplankton dan phytoplankton**.

Nekton yang terdiri dari hewan-hewan yang berukuran lebih besar yang mempunyai kemampuan untuk bergerak sendiri sehingga geraknya tidak tergantung kepada arus, yang termasuk pada golongan ini adalah ikan, cumi-cumi, ular laut dan ikan paus, dll.

2. **Benthik** yaitu kelompok organisme yang hidup diatas dasar lautan. Ada yang bersifat **infauna** (hidup dalam substrat) dan **epifauna** (hidup diatas substrat). Dalam kelompok ini termasuk hewan-hewan dan tumbuh-tumbuhan yang hidup pada daerah-daerah yang masih dipengaruhi oleh air pasang (litoral), daerah sub litoral (**continental self**) dan pada daerah laut yang sangat dalam.

Plankton

KHAIRUL

MUKMIN

IK 13

LUBIS

Penggolongan Plankton

1. Berdasarkan Fungsi

Secara fungsional, plankton digolongkan menjadi empat golongan utama, yaitu fitoplankton, zooplankton, bakterioplankton, dan virioplankton.

a. Fitoplankton

- Fitoplankton disebut juga plankton nabati, adalah tumbuhan yang hidupnya mengapung atau melayang dilaut. Ukurannya sangat kecil sehingga tidak dapat dilihat oleh mata telanjang. Umumnya fitoplankton berukuran 2 – 200 μm (1 μm = 0,001mm). fitoplankton umumnya berupa individu bersel tunggal, tetapi juga ada yang berbentuk rantai.
- Meskipun ukurannya sangat kecil, namun fitoplankton dapat tumbuh dengan sangat lebat dan padat sehingga dapat menyebabkan perubahan warna pada air laut.
- Fitoplankton mempunyai fungsi penting di laut, karena bersifat autotrofik, yakni dapat menghasilkan sendiri bahan organik makanannya. Selain itu, fitoplankton juga mampu melakukan proses fotosintesis untuk menghasilkan bahan organik karena mengandung klorofil. Karena kemampuannya ini fitoplankton disebut sebagai primer producer.
- Bahan organik yang diproduksi fitoplankton menjadi sumber energi untuk menjalankan segala fungsi faalnya. Tetapi, disamping itu energi yang terkandung didalam fitoplankton dialirkan melalui rantai makanan. Seluruh hewan laut seperti udang, ikan, cumi – cumi sampai ikan paus yang berukuran raksasa bergantung pada fitoplankton baik secara langsung atau tidak langsung melalui rantai makanan.

b. Zooplankton

- Zooplankton, disebut juga plankton hewani, adalah hewan yang hidupnya mengapung, atau melayang dalam laut. Kemampuan renangnya sangat terbatas hingga keberadaannya sangat ditentukan ke mana arus membawanya. Zooplankton bersifat heterotrofik, yang maksudnya tak dapat memproduksi sendiri bahan organik dari bahan inorganik. Oleh karena itu, untuk kelangsungan hidupnya is sangat bergantung pada bahan organik dari fitoplankton yang menjadi makanannya. Jadi zooplankton lebih berfungsi sebagai konsumen (consumer) bahan organik.
- Ukurannya yang paling umum berkisar 0,2 – 2 mm, tetapi ada juga yang berukuran besar misalnya ubur-ubur yang bisa berukuran sampai lebih satu meter. Kelompok yang paling umum ditemui antara lain kopepod (copepod), eupausid (euphausid), misid (mysid), amfipod (amphipod, kaetognat (chaetognath). Zooplankton dapat dijumpai mulai dari perairan pantai, perairan estuaria di depan muara sampai ke perairan di tengah samudra, dari perairan tropis hingga ke perairan kutub.
- Zooplankton ada yang hidup di permukaan dan ada pula yang hidup di perairan dalam. Ada pula yang dapat melakukan migrasi vertikal harian dari lapisan dalam ke permukaan. Hampir semua hewan yang mampu berenang bebas (nekton) atau yang hidup di dasar Taut (bentos) menjalani awal kehidupannya sebagai zooplankton yakni ketika masih berupa telur dan larva. Baru dikemudian hari, menjelang dewasa, sifat hidupnya yang semula sebagai plankton berubah menjadi nekton atau bentos.

c. Bakterioplankton

- Bakterioplankton, adalah bakteri yang hidup sebagai plankton. Kini orang makin memahami bahwa bakteri pun banyak yang hidup sebagai plankton dan berperan penting dalam lour hara (nutrient cycle) dalam ekosistem Laut. Ia mempunyai ciri yang khas, ukurannya sangat halus (umumnya $< 1 \mu\text{m}$), tidak mempunyai inti sel, dan umumnya tidak mempunyai klorofil yang dapat berfotosintesis. Fungsi utamanya dalam ekosistem laut adalah sebagai pengurai (decomposes). Semua biota laut yang mati, akan diuraikan oleh bakteri sehingga akan menghasilkan hara seperti fosfat, nitrat, silikat, dan sebagainya. Hara ini kemudian akan didaur-ulangkan dan dimanfaatkan lagi oleh fitoplankton dalam prows fotosintesis.

d. Virioplankton

- Virioplankton adalah virus yang hidup sebagai plankton. Virus ini ukurannya sangat kecil (kurang dari 0,2 μm) dan menjadikan biota lainnya, terutama bakterioplankton dan fitoplankton, sebagai inang (host). Tanpa inangnya virus ini tak menunjukkan kegiatan hayati. Tetapi virus ini dapat pula memecahkan dan mematikan sel-sel inangnya. Baru sekitar dua dekade lalu para ilmuwan banyak mengkaji virioplankton ini dan menunjukkan bahwa virioplankton pun mempunyai fungsi yang sangat penting dalam daur karbon (carbon cycle) di dalam ekosistem laut.

2. Berdasarkan Ukuran

- Ukuran plankton sangat beraneka ragam, dari yang sangat kecil hingga yang besar. Sebelumnya plankton digolongkan dalam tiga kategori berdasarkan ukurannya, yakni:
 - a. **Plankton jaring (netplankton)**: plankton yang dapat tertangkap dengan jaring dengan mata jaring (mesh size) berukuran 20 μm , atau dengan kata lain plankton berukuran lebih besar dari 20 μm .
 - b. **Nanoplankton**: plankton yang lolos dari jaring, tetapi lebih besar dari 2 μm . Atau berukuran 2-20 μm ;
 - c. **Ultrananoplankton**: plankton yang berukuran lebih kecil dari 2 μm .
- Kini, dengan **kemajuan teknik penyaringan** yang dapat lebih baik memilah-milah partikel yang sangat halus, penggolongan plankton berdasarkan ukurannya lebih berkembang (**Slide Berikutnya**).

UKURAN PLANKTON :

Group	Size range		Major organisms
Megaplankton	$2 \times 10^{-1} \rightarrow 2 \times 10^0$ m	(20-200 cm)	metazoans ; e.g. jellyfish
Macroplankton	$2 \times 10^{-2} \rightarrow 2 \times 10^{-1}$ m	(2-20 cm)	metazoans ; e.g. pteropods
Mesoplankton	$2 \times 10^{-4} \rightarrow 2 \times 10^{-2}$ m	(0.2mm-2 cm)	metazoans ; e.g. copepods
Microplankton	$2 \times 10^{-5} \rightarrow 2 \times 10^{-4}$ m	(20-200 μ m)	large eukaryotic protists ; juvenile/small metazoans
Nanoplankton	$2 \times 10^{-6} \rightarrow 2 \times 10^{-5}$ m	(2-20 μ m)	small eukaryotic protists
Picoplankton	$2 \times 10^{-7} \rightarrow 2 \times 10^{-6}$ m	(0.2-2 μ m)	small eukaryotic protists; bacteria
Femtoplankton	$< 2 \times 10^{-7}$ m	(< 0.2 μ m)	marine viruses

3. Berdasarkan Daur Hidupnya

- Berdasarkan daur hidupnya plankton dibagi menjadi :

a. Holoplankton

- Dalam kelompok ini termasuk plankton yang **seluruh daur hidupnya dijalani sebagai plankton**, mulai dari telur, larva, hingga dewasa. Kebanyakan zooplankton termasuk dalam golongan ini. Contohnya : kokepod, amfipod, salpa, kaetognat. Fitoplankton termasuk juga umumnya adalah holoplankton.

b. Meroplankton

- Plankton dari golongan ini menjadi kehidupannya sebagai plankton **hanya pada tahap awal dari daur hidup** biota tersebut, yakni pada tahap sebagai telur dan larva saja. Beranjak dewasa ia akan berubah menjadi nekton, yakni hewan yang dapat aktif berenang bebas, atau sebagai bentos yang hidup menetap atau melekat didasar laut. Oleh sebab itu, meroplankton sering pula disebut sebagai plankton sementara.
- Pada umumnya ikan menjalani hidupnya sebagai plankton ketika masih dalam tahap telur dan larva kemudian menjadi nekton setelah dapat berenang bebas. Kerang dan karang adalah contoh hewan yang pada awalnya hidup sebagai plankton pada tahap telur hingga larva, yang selanjutnya akan menjalani hidupnya sebagai bentos yang hidup melekat atau manancap didasar laut.

- Meroplankton ini sangat banyak ragamnya dan umumnya mempunyai bentuk yang sangat berbeda dari bentuk dewasanya. Larva crustacea seperti udang dan kepiting mempunyai perkembangan larva yang bertingkat – tingkat dengan bentuk yang sedikitpun tidak menunjukkan persamaan dengan bentuk yang dewasa. Pengetahuan mengenai meroplankton ini menjadi sangat penting dalam kaitannya dengan upaya budidaya udang, crustacea, mollusca, dan ikan.

c. Tikoplankton

- Tikoplankton sebenarnya **bukanlah plankton yang sejati** karena biota ini dalam keadaan normalnya hidup didasar laut sebagai bentos. Namun karena gerak air menyebabkan ia terlepas dari dasar dan terbawa arus mengembara sementara sebagai plankton.

4. Berdasarkan Sebaran Horizontal

- Plankton terdapat di lingkungan air tawar hingga tengah samudra. Dari perairan tropis hingga ke perairan kutub. Boleh dikatakan tak ada permukaan laut yang tidak dihuni oleh plankton. Berdasarkan sebaran horizontalnya, plankton dibagi menjadi:

a. Plankton Neritik

- Plankton neritik (neritic plankton) hidup di perairan pantai dengan salinitas (kadar garam) yang relatif rendah. Kadang-kadang masuk sampai ke perairan payau di depan muara dengan salinitas sekitar 510 psu (practical salinity unit; dulu digunakan istilah ‰ atau permil, g/kg). Akibat pengaruh lingkungan yang terus-menerus berubah disebabkan arus dan pasang surut, komposisi plankton neritik ini sangat kompleks, bisa merupakan campuran plankton laut dan plankton asal perairan tawar. Beberapa di antaranya malah telah dapat beradaptasi dengan lingkungan estuaria (muara) yang payau, misalnya *Labidocera muranoi*.

b. Plankton Oseanik

- Plankton oseanik (oceanic plankton) hidup di perairan lepas pantai hingga ke tengah samudra. Karena itu plankton oseanik ditemukan pada perairan yang salinitasnya tinggi. Karena luasnya wilayah perairan oseanik ini, maka banyak jenis plankton tergolong dalam kelompok ini.
- Penggolongan seperti di atas tidaklah terlalu kaku, karena ada juga plankton yang hidup mulai dari perairan neritik hingga oseanik hingga dapat disebut neritik-oseanik.

5. Berdasarkan Sebaran Vertikal

- Plankton hidup di laut mulai dari lapisan tipis di permukaan sampai pada kedalaman yang sangat dalam. Dilihat dari sebaran vertikalnya plankton dapat dibagi menjadi:

a. Epiplankton

- **Epiplankton adalah plankton yang hidup di lapisan permukaan sampai kedalaman sekitar 100 m.** Lapisan laut teratas ini kira-kira sedalam sinar matahari dapat menembus. Namun dari kelompok epilankton ini ada juga yang hanya hidup di lapisan yang sangat tipis di permukaan yang langsung berbatasan dengan udara. Plankton semacam ini disebut neuston. Contoh yang menarik adalah fitoplankton *Trichodesmium*, yang merupakan sianobakteri berantai panjang yang hidup di permukaan dan mempunyai keistimewaan dapat mengikat nitrogen langsung dari udara. Neuston yang hidup pada kedalaman sekitar 0-10 cm disebut hiponeuston. Ternyata lapisan tipis ini mempunyai arti yang penting karena bisa mempunyai komposisi jenis yang kompleks.
- Dari kelompok neuston ini ada juga yang mengambang di permukaan dengan sebagian tubuhnya dalam air dan sebagian lain lagi tersembul ke udara. Yang begini disebut pleuston.

b. Mesoplankton

- **Mesoplankton yakni plankton yang hidup di lapisan tengah, pada kedalaman sekitar 100-400 m** (jangan dikelirukan dengan ukuran plankton yang istilahnya sama). Pada lapisan ini intensitas cahaya sudah sangat redup sampai gelap. Oleh sebab itu, di lapisan ini fitoplankton, yang memerlukan sinar matahari untuk fotosintesis, umumnya sudah tidak dijumpai. Lapisan ini dan lebih dalam didominasi oleh zooplankton. Beberapa kopepod seperti *Eucheuta marina* tersebar secara vertikal sampai ke lapisan ini atau lebih dalam. Dari kelompok eufausid juga banyak yang terdapat di lapisan ini, misalnya *Thysanopoda*, *Euphausia*, *Thysanoessa*, *Nematoscelis*. Tetapi eufausid ini juga dapat melakukan migrasi vertikal sampai ke lapisan di atasnya.

c. Hipoplankton

- **Hipoplankton adalah plankton yang hidupnya pada kedalaman lebih dari 400 m.** Termasuk dalam kelompok ini adalah batiplankton (bathyp plankton) yang hidup pada kedalaman > 600 m, dan abisoplankton (abyssoplankton) yang hidup di lapisan yang paling dalam, sampai 3000 – 4000 m.
- Sebagai contoh, dari kelompok eufausid, *Bentheuphausia ambylops* dan *Thysanopoda* adalah jenis tipikal laut-dalam yang menghuni perairan pada kedalaman lebih dari 1500 m. Kelompok kaetognat *Eukrohnia hamata*, dan *Eukrohnia bathypelagica* termasuk yang hidup pada kedalaman lebih dari 1000 m.

KHAIRUL

Bentos

IK MUKMIN

13

LUBIS

Bentos

- Apabila kita membicarakan **benthik** berarti menerangkan **dasar laut**.
- Sedangkan berbicara mengenai **bentos** ini berarti menerangkan **organisme** (tumbuh-tumbuhan dan hewan) **yang hidup didasar perairan**.

Definisi Bentos adalah :

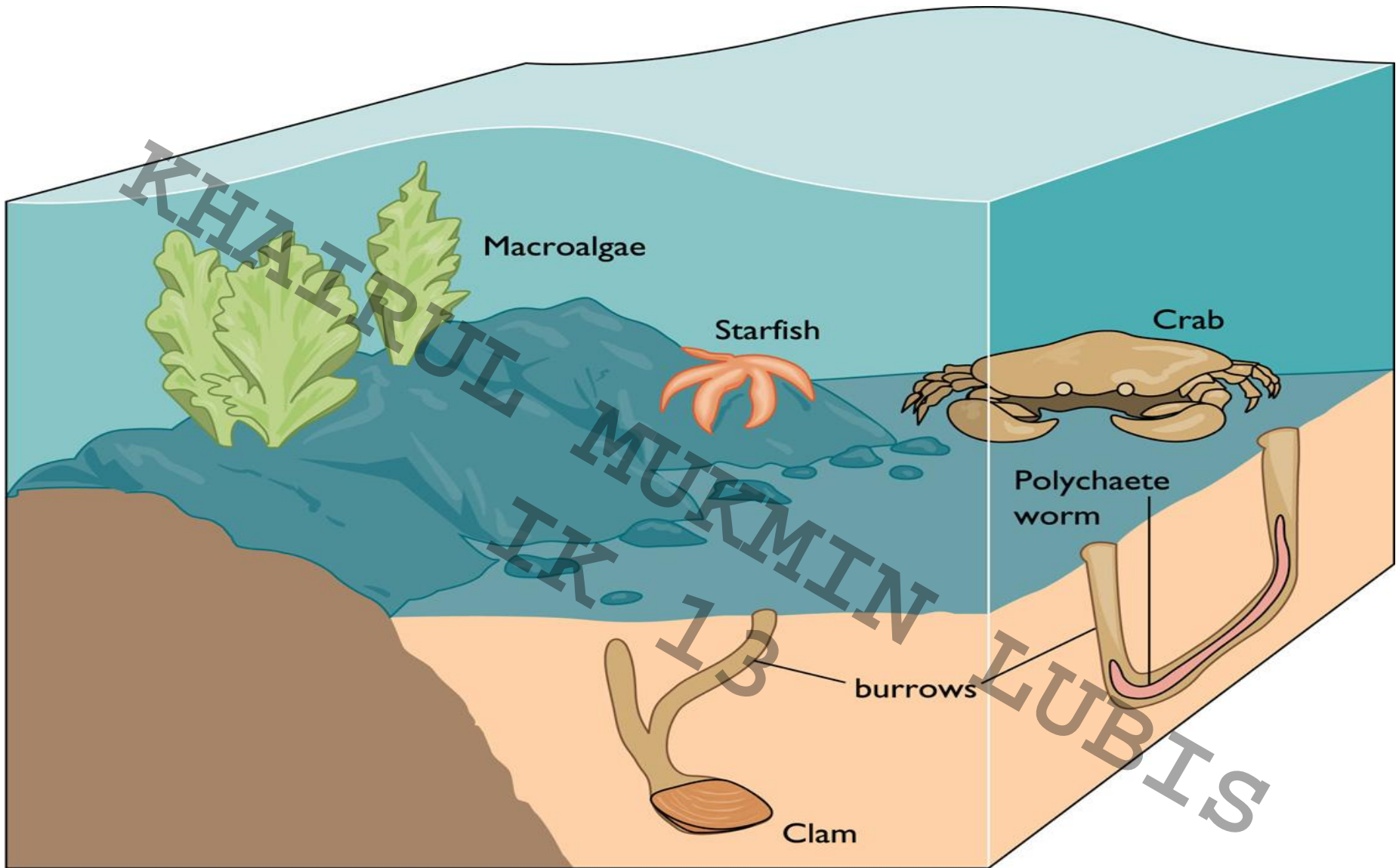
- organisme yang **hidup didasar lautan** yaitu seluruh hewan-hewan (**zoo**) dan tumbuh-tumbuhan (**phyto**) pada **daerah-daerah yang masih dipengaruhi oleh air pasang** (daerah litoral), **continental shelf** (sub litoral) dan yang tinggal **dilaut yang sangat dalam** (daerah bathyal dan abyssal).
- organisme yang **hidup di dasar laut** baik yang **menempel pada pasir maupun lumpur**.

Berdasarkan *ukurannya* zoobenthos ini dapat *diklasifikasikan* sebagai berikut :

- **Microzoobentos**, yaitu hewan-hewan yang mempunyai ukuran yang **< 0.1 mm** (seluruh protozoa termasuk kedalam ini).
- **Meiozoobentos**, yaitu hewan-hewan yang mempunyai ukuran antara **0.1 mm sampai 1.0 mm** (cacing-cacing yang berukuran kecil dan beberapa crustacea yang berukuran sangat kecil).
- **Macrozoobentos**, yaitu meliputi hewan-hewan yang mempunyai ukuran **> 1.0 mm**. Yang termasuk pada golongan ini adalah echinodermata, crustacea, annelida, kerang-kerangan (bivalva), molusca, dll.

Selain penggolongan berdasarkan ukuran di atas, hewan dasar (**zoobentos**) ini dapat dibedakan dengan melihat hubungannya **dengan tempat hidupnya** (dengan melihat hubungannya dengan substrat), yaitu :

- **epifauna**, yaitu semua hewan yang hidup **di atas substrat dasar lautan** (perairan), misalnya kepiting, siput laut, bintang laut, timun laut, dll.
 - **Infauna**, yaitu semua hewan yang hidupnya dibawah substrat yaitu dengan cara menggali lubang atau membenamkan diri pada substrat dasar lautan (perairan), misalnya cacing, tiram, remis, bivalva, dll.
- Selain zoobentos, di dalam perairan juga terdapat berbagai phytobentos yang dikenal sebagai **epiflora**



Epiflora: macroalgae (seaweed)

Epifauna: starfish, crab

Infauna: clam, polychaete worm

Nekton

Definisi Nekton adalah :

- organisme yang dapat bergerak bebas yang merupakan pemakan zooplankton dan phytoplankton, diantaranya yang tergolong nekton ini adalah ikan-ikan kecil, cumi-cumi dan pada akhirnya adalah karnivora-karnovira besar yang terdapat dilaut.
- hewan-hewan laut yang dapat bergerak sendiri ke sana ke mari seperti ikan-ikan laut, reptil laut, mamalia laut, cumi-cumi dan lain-lain.
- Nekton merupakan organisme laut yang sangat bermanfaat bagi manusia terutama untuk perbaikan gizi dan peningkatan ekonomi.
- Tumpukan bangkai nekton merupakan bahan dasar bagi terbentuknya mineral laut seperti gas dan minyak bumi setelah mengalami proses panjang dalam jangka waktu ribuan bahkan jutaan tahun.

Kelompok organisme yang tergolong pada nekton ini adalah ikan-ikan yang terdapat dalam jumlah yang begitu banyak. Kelompok organisme yang bersifat nekton ini dapat dibagi kedalam beberapa golongan :

- ♣ golongan yang bersifat **pelagic spesies**, yaitu kelompok ikan-ikan yang hidup *diantara lapisan perairan bagian tengah sampai bagian atas (permukaan) lautan*, yang termasuk pada golongan ini kebanyakan pemakan plankton atau anggota nekton yang berukuran kecil.
- ♣ golongan yang bersifat **demersal spesies** yaitu kelompok ikan-ikan yang *hidup di dasar perairan laut*. Golongan ikan-ikan yang bersifat demersal ini memakan organisme–organisme yang hidup didasar.

- Dari kelompok ikan ini ada beberapa jenis ikan tertentu yang hidup dilautan yang sangat dalam. Kelompok ikan ini disebut dengan istilah **bizarre fish**.
- Pada kedalaman ini dimana ikan-ikan ini hidup didaerah yang tidak ada cahaya (gelap) sehingga ikan-ikan yang hidup didaerah ini mempunyai organ dalam tubuhnya yang dapat mengeluarkan cahaya.
- Ikan-ikan yang tergolong **bizarre fish** ini mempunyai kemampuan untuk memanfaatkan bermacam-macam makanan atau mangsa yang tersedia.
- Dari anggota **nekton** ini yang mempunyai **ukuran yang paling besar** adalah **ikan paus** yang kebanyakan pemakan plankton. Selain pemakan plankton ada jenis ikan paus pemakan crustaceae (krill).

- Pada daerah **mesopelagic** yang keadaannya remang-remang dan **bathypelagic**, organisme yang hidup sangat bergantung pada detritus sebagai sumber energi, sehingga daerah ini makanan merupakan **faktor pembatas**
- Organisme penghuni **laut dalam** mempunyai **sifat adaptasi khusus** dalam mendapatkan makanan dan pada umumnya ikan-ikan yang terdapat dilaut bersifat **bioluminescent** yang berfungsi sebagai **daya tarik** bagi organisme lainnya kemudian menjadikannya sebagai makanannya. Pada daerah **batypelagic**, 2/3 dari spesies yang hidup **bersifat bioluminescent**.

- The bathypelagic zone is from 1,000-[4,000](#) meters and completely dark. Bioluminescent organisms, some of the strangest marine creatures (makhluk) of the deep live here.



Physonect siphonophores, a colony of specialized polyps found [2,000](#) meters down in the bathypelagic zone.

Northern Atlantic Ocean, Oceanographer Canyon.

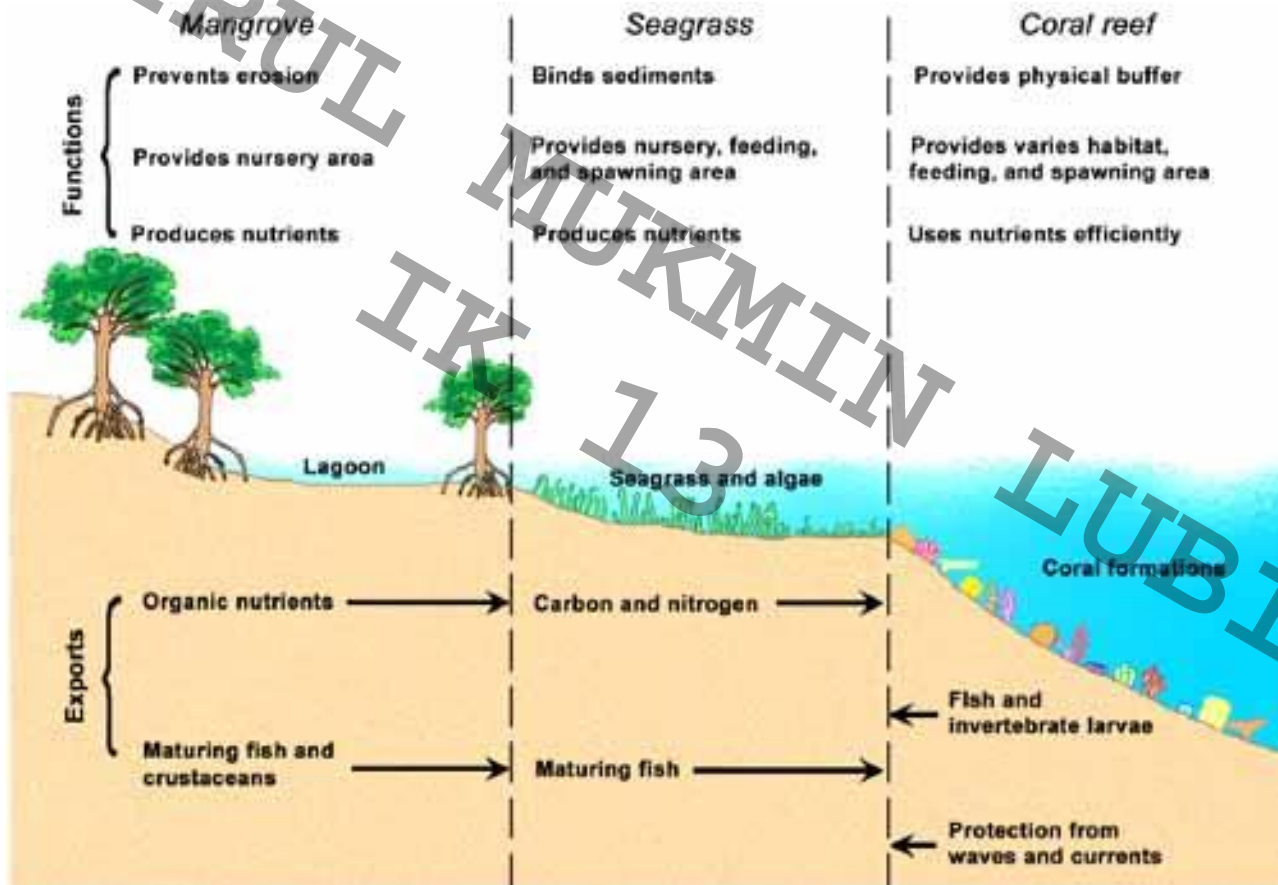
Photographed by M. Youngbluth, OAR/[National Undersea Research Program \(NURP\)](#); [Harbor Branch Oceanographic Institution](#) (NOAA Photo Library)

Lanjutan Ekosistem Laut (Tropis)

KHAIRUL MUKMININ
IK 13 LUBIS

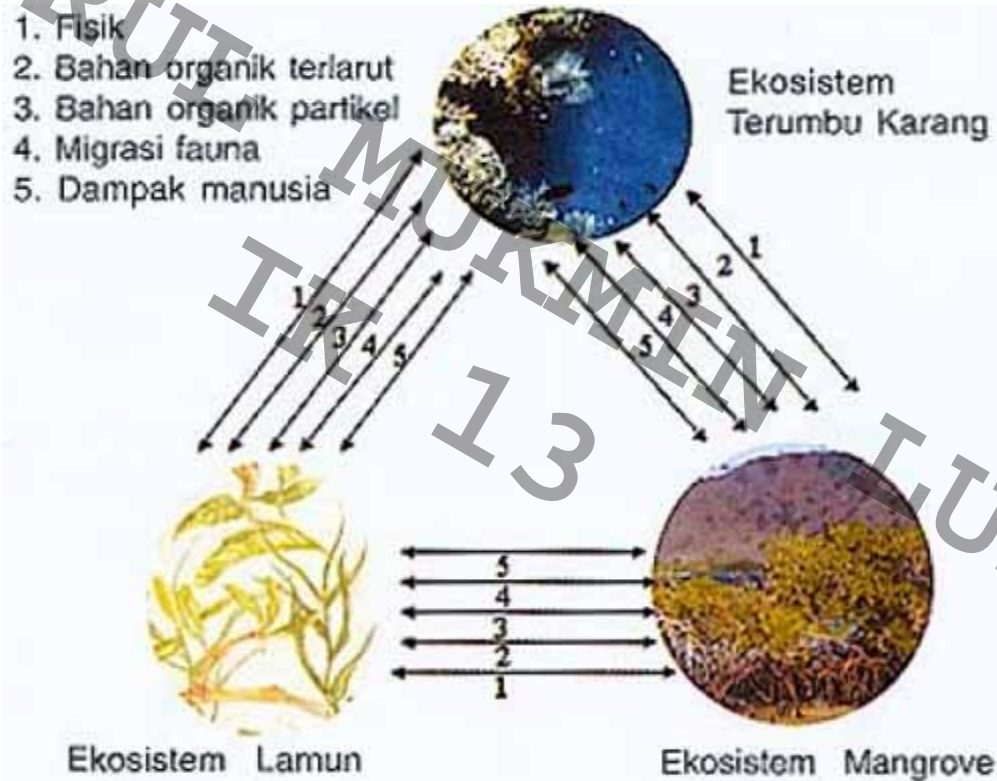
EKOSISTEM LAUT

- Apabila perairan laut tropis kita tinjau dari arah daratan ke laut lepas, maka tipologi umumnya diawali oleh hutan mangrove yang kemudian diikuti oleh hamparan padang lamun, dan bentang terumbu karang (Gambar 1). Masing-masing ekosistem laut tropis tersebut memiliki beragam fungsi dan peran yang saling terkait satu sama lain.



Gambar 1. Fungsi dan peran tiga ekosistem laut tropis

Tingginya kompleksitas ekosistem laut tropis, baik di dalam maupun antar ekosistem, membuat penelitian interaksi suatu kajian yang sangat rumit dan dinamis. Oleh karena itu, mekanisme yang pasti dalam interaksi antara ketiga ekosistem ini masih terus diteliti sampai saat ini. Ogden dan Gladfelter (1983) menyarikan interaksi rumit dalam ekosistem laut tropis ke dalam *lima kategori*, yaitu *interaksi fisik*, *interaksi bahan organik terlarut*, *interaksi bahan organik partikel*, *interaksi migrasi biota* dan *interaksi dampak manusia* (Gambar 2).



Gambar 2. Interaksi antara ketiga ekosistem laut tropis (modifikasi Ogden dan Gladfelter dalam Bengen 2004)

INTERAKSI FISIK

- Terumbu karang, padang lamun, dan hutan mangrove berinteraksi secara fisik melalui beberapa mekanisme, yaitu reduksi energi gelombang, reduksi sedimen, dan pengaturan pasokan air baik air laut maupun air tawar dari sungai. Komunitas lamun dan mangrove sangat bergantung pada keberadaan struktur kokoh dari bangunan kapur terumbu karang sebagai penghalang aksi hidrodinamis lautan, yaitu arus dan gelombang. Di zona reef front, terjadi produksi pecahan fragmen kapur akibat hampasan gelombang dan terpaan arus yang terus-menerus. Fragmen-fragmen kapur ini akan diproses oleh beberapa jenis ikan, bulu babi, dan sponge untuk menghasilkan kerikil, pasir, dan lumpur. Selanjutnya kerikil, pasir, dan lumpur akan diteruskan ke arah pantai oleh aksi gelombang dan arus yang telah dilemahkan, sehingga membentuk akumulasi sedimen yang menjadi substrat utama di goba serta diperlukan di ekosistem padang lamun dan hutan mangrove.
- Padang lamun berperan ganda dalam mempengaruhi kedua komunitas di sekitarnya, yaitu sebagai (1) pemerangkap dan penstabil sedimen, serta (2) pemroduksi sedimen. Fungsi pertama sangat diperlukan oleh terumbu karang karena menghindari proses sedimentasi yang bisa menutup permukaan hewan karang dan menghalangi proses fotosintesis zooxanthellae di dalamnya. Fungsi yang kedua dilakukan oleh alga berkapur, epifit, dan infauna, yang hasilnya diperlukan oleh komunitas lamun dan mangrove.
- Hutan mangrove juga berperan serupa dalam hal pemerangkap dan penyaring sedimen dan bahan pencemar, sehingga sedimentasi dan pencemaran di perairan pesisir jauh berkurang. Mangrove juga berperan dalam mengatur pasokan air tawar ke sistem perairan pesisir.

INTERAKSI BAHAN ORGANIK PARTIKEL (particulate organic matter)

Sejumlah besar bahan organik partikel yang masuk ke lautan berasal dari bahan organik terlarut dari daratan yang terakumulasi dan mengeras.

Sebagian kecil lainnya berasal dari detritus yang berupa dedaunan mangrove dan lamun yang membusuk. Mayoritas bahan organik partikel ini akan dihancurkan terlebih dahulu oleh biota-biota mangrove sehingga membentuk fragmen yang berukuran lebih kecil.

Fragmen-fragmen berukuran kecil ini merupakan makanan yang berprotein tinggi dan disukai oleh biota laut berukuran besar yang sering terdapat di terumbu karang.

INTERAKSI MIGRASI BIOTA

- Migrasi biota laut merupakan suatu hubungan yang penting dan nyata antara terumbu karang, padang lamun, dan hutan mangrove. Ada dua kategori migrasi biota, yaitu:

1. Migrasi jangka pendek untuk makan

Tipe migrasi ini umumnya dilakukan oleh biota-biota dewasa. Ada dua strategi migrasi makan, yaitu:

- Edge (peripheral) feeders. Edge feeders merupakan biota yang memanfaatkan suatu sistem habitat untuk berlindung, namun berkelana jauh dari sistemnya untuk mencari makan. Umumnya tipe migrasi ini berlangsung dalam jarak pendek, dan biota yang telah diketahui melakukannya adalah bulu babi *Diadema* dan ikan *Scaridae*.
- Migratory feeders. Tipe migratory feeders memiliki jarak migrasi yang relatif jauh dan memiliki waktu tertentu dalam melakukan kegiatannya. Contoh biotanya adalah ikan penghuni terumbu karang seperti ikan kakap (*Lutjanidae*) yang diketahui sering mencari makan di padang lamun saat malam hari, dan ikan barakuda (*Sphyraenidae*) yang mencari makan di hutan mangrove saat pasang naik.

2. Migrasi daur hidup antara sistem yang berbeda,

- Tipe migrasi ini sering dijumpai pada spesies-spesies ikan dan udang yang diketahui melakukan pemijahan dan pembesaran larva di hutan mangrove atau padang lamun. Hal ini dimungkinkan oleh tersedianya banyak ruang berlindung, kaya akan sumber makanan, dan kondisi lingkungan perairan yang lebih statis dibandingkan terumbu karang. Lambat laun biota tersebut tumbuh dan menjadi besar, sehingga ruang berlindung yang tersedia sudah tidak memadai lagi dan mereka pun bermigrasi ke perairan yang lebih dalam seperti terumbu karang atau laut lepas.

INTERAKSI DAMPAK MANUSIA

- Kegiatan manusia memiliki dampak yang bervariasi terhadap ekosistem laut tropis, dari yang sifatnya sementara atau dapat diatasi secara alami oleh sistem ekologi masing-masing ekosistem hingga yang bersifat merusak secara permanen hingga ekosistem tersebut hilang.
- Kerusakan yang terjadi terhadap salah satu ekosistem dapat menimbulkan dampak lanjutan bagi aliran antar ekosistem maupun ekosistem lain di sekitarnya.
- Khusus bagi komunitas mangrove dan lamun, gangguan yang parah akibat kegiatan manusia berarti kerusakan dan musnahnya ekosistem.
- Bagi komunitas terumbu karang, walau lebih sensitif terhadap gangguan, kerusakan yang terjadi dapat mengakibatkan konversi habitat dasar dari komunitas karang batu yang keras menjadi komunitas yang didominasi biota lunak seperti alga dan karang lunak.



A



B



C



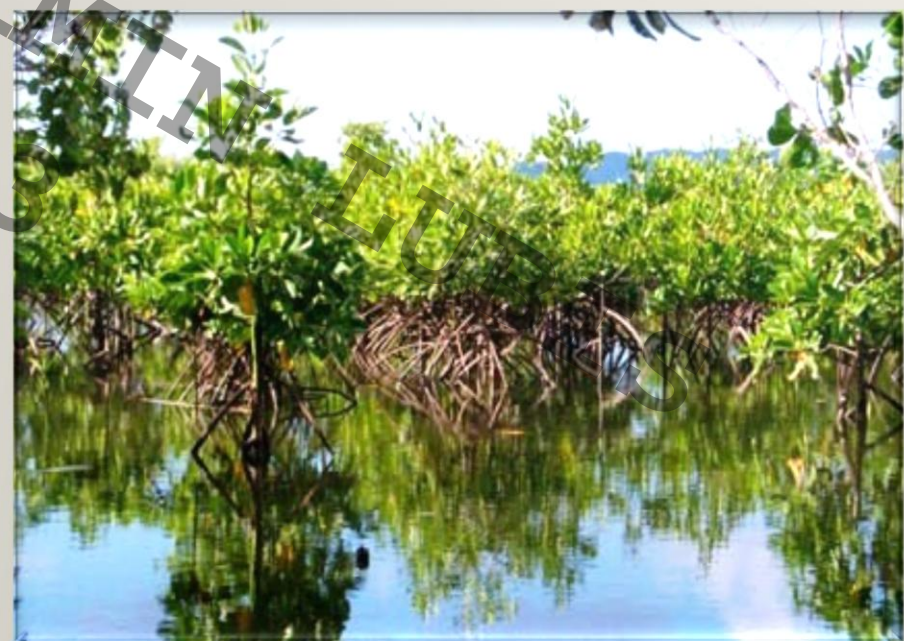
D

Gambar .Berbagai kegiatan manusia yang merusak dan mengganggu keberlangsungan ekosistem laut tropis: (A) konversi hutan mangrove untuk tambak, (B) pencemaran minyak, (C) kegiatan wisata yang kurang berhati-hati, (D) pemasangan jangkar perahu yang merusak koloni karang.

EKOSISTEM MANGROVE

Definisi

- Mangrove merupakan karakteristik dari bentuk tanaman pantai, estuari atau muara sungai, dan delta di tempat yang terlindung daerah tropis dan sub tropis. Dengan demikian maka mangrove merupakan ekosistem yang terdapat di antara daratan dan lautan dan pada kondisi yang sesuai mangrove akan membentuk hutan yang ekstensif dan produktif. Karena hidupnya di dekat pantai, mangrove sering juga dinamakan hutan pantai, hutan pasang surut, hutan payau, atau hutan bakau.
- Istilah bakau itu sendiri dalam bahasa Indonesia merupakan nama dari salah satu spesies penyusun hutan mangrove yaitu *Rhizophora* sp. Sehingga dalam percaturan bidang keilmuan untuk tidak membuat bias antara bakau dan mangrove maka hutan mangrove sudah ditetapkan merupakan istilah baku untuk menyebutkan hutan yang memiliki karakteristik hidup di daerah pantai.



TRIK MUKAMLA I TITIK

- Hutan mangrove sering disebut *hutan bakau* atau *hutan payau*.
- Dinamakan hutan bakau oleh karena sebagian besar vegetasinya didominasi oleh jenis bakau, dan disebut hutan payau karena hutannya tumbuh di atas tanah yang selalu tergenang oleh air payau.
- Arti mangrove dalam ekologi tumbuhan digunakan untuk semak dan pohon yang tumbuh di daerah intertidal dan subtidal dangkal di rawa pasang tropika dan subtropika.
- Tumbuhan ini selalu hijau dan terdiri dari bermacam-macam campuran apa yang mempunyai nilai ekonomis baik untuk kepentingan rumah tangga (rumah, perabot) dan industri (pakan ternak, kertas, arang).
- jika dibandingkan dengan negara lain di dunia. Jumlah jenis mangrove di Indonesia mencapai 89 yang terdiri dari 35 jenis pohon, 5 jenis terna, 9 jenis perdu, 9 jenis liana, 29 jenis epifit, dan 2 jenis parasit (Nontji, 1987).
- Dari 35 jenis pohon tersebut, yang umum dijumpai di pesisir pantai adalah *Avicennia sp*, *Sonneratia sp*, *Rizophora sp*, *Bruguiera sp*, *Xylocarpus sp*, *Ceriops sp*, dan *Excocharia sp*.

Faktor-faktor Lingkungan

Beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan mangrove di suatu lokasi adalah :

- 1. Fisiografi pantai (topografi).** Fisiografi pantai dapat mempengaruhi komposisi, distribusi spesies dan lebar hutan mangrove.
 - ❖ Pada pantai yang landai, komposisi ekosistem mangrove lebih beragam jika dibandingkan dengan pantai yang terjal. Hal ini disebabkan karena pantai landai menyediakan ruang yang lebih luas untuk tumbuhnya mangrove sehingga distribusi spesies menjadi semakin luas dan lebar.
 - ❖ Pada pantai yang terjal komposisi, distribusi dan lebar hutan mangrove lebih kecil karena kontur yang terjal menyulitkan pohon mangrove untuk tumbuh.
- 2. Pasang (lama, durasi, rentang).** Pasang yang terjadi di kawasan mangrove sangat menentukan zonasi tumbuhan dan komunitas hewan yang berasosiasi dengan ekosistem mangrove.

3. Gelombang dan arus.

Gelombang dan arus dapat merubah struktur dan fungsi ekosistem mangrove. Pada lokasi-lokasi yang memiliki gelombang dan arus yang cukup besar biasanya hutan mangrove mengalami abrasi sehingga terjadi pengurangan luasan hutan.

Gelombang dan arus juga berpengaruh langsung terhadap distribusi spesies misalnya buah atau semai *Rhizophora* terbawa gelombang dan arus sampai menemukan substrat yang sesuai untuk menancap dan akhirnya tumbuh.

Gelombang dan arus berpengaruh tidak langsung terhadap sedimentasi pantai dan pembentukan padatan-padatan pasir di muara sungai. Terjadinya sedimentasi dan padatan-padatan pasir ini merupakan substrat yang baik untuk menunjang pertumbuhan mangrove

Gelombang dan arus mempengaruhi daya tahan organisme akuatik melalui transportasi nutrisi-nutrisi penting dari mangrove ke laut. Nutrisi-nutrisi yang berasal dari hasil dekomposisi serasah maupun yang berasal dari runoff daratan dan terjebak di hutan mangrove akan terbawa oleh arus dan gelombang ke laut pada saat surut.

4. Iklim (cahaya, curah hujan, suhu, angin).

Mempengaruhi perkembangan tumbuhan dan perubahan faktor fisik (substrat dan air). Pengaruh iklim terhadap pertumbuhan mangrove melalui cahaya, curah hujan, suhu, dan angin.

5. Salinitas.

Salinitas optimum yang dibutuhkan mangrove untuk tumbuh berkisar antara 10-30 ppt

Salinitas secara langsung dapat mempengaruhi laju pertumbuhan dan zonasi mangrove, hal ini terkait dengan frekuensi penggenangan

Salinitas air akan meningkat jika pada siang hari cuaca panas dan dalam keadaan pasang

Salinitas air tanah lebih rendah dari salinitas air

6. Oksigen terlarut.

Oksigen terlarut berperan penting dalam dekomposisi serasah karena bakteri dan fungi yang bertindak sebagai dekomposer membutuhkan oksigen untuk kehidupannya.

Oksigen terlarut juga penting dalam proses respirasi dan fotosintesis

Oksigen terlarut berada dalam kondisi tertinggi pada siang hari dan kondisi terendah pada malam hari

7. Tanah.

Karakteristik substrat merupakan faktor pembatas terhadap pertumbuhan mangrove

Rhizophora mucronata dapat tumbuh baik pada substrat yang dalam/tebal dan berlumpur

Avicennia marina dan *Bruguiera* sp hidup pada tanah lumpur berpasir

Tekstur dan konsentrasi ion mempunyai susunan jenis dan kerapatan tegakan Misalnya jika komposisi substrat lebih banyak liat (clay) dan debu (silt) maka tegakan menjadi lebih rapat

Konsentrasi kation $Na > Mg > Ca$ atau K akan membentuk konfigurasi hutan

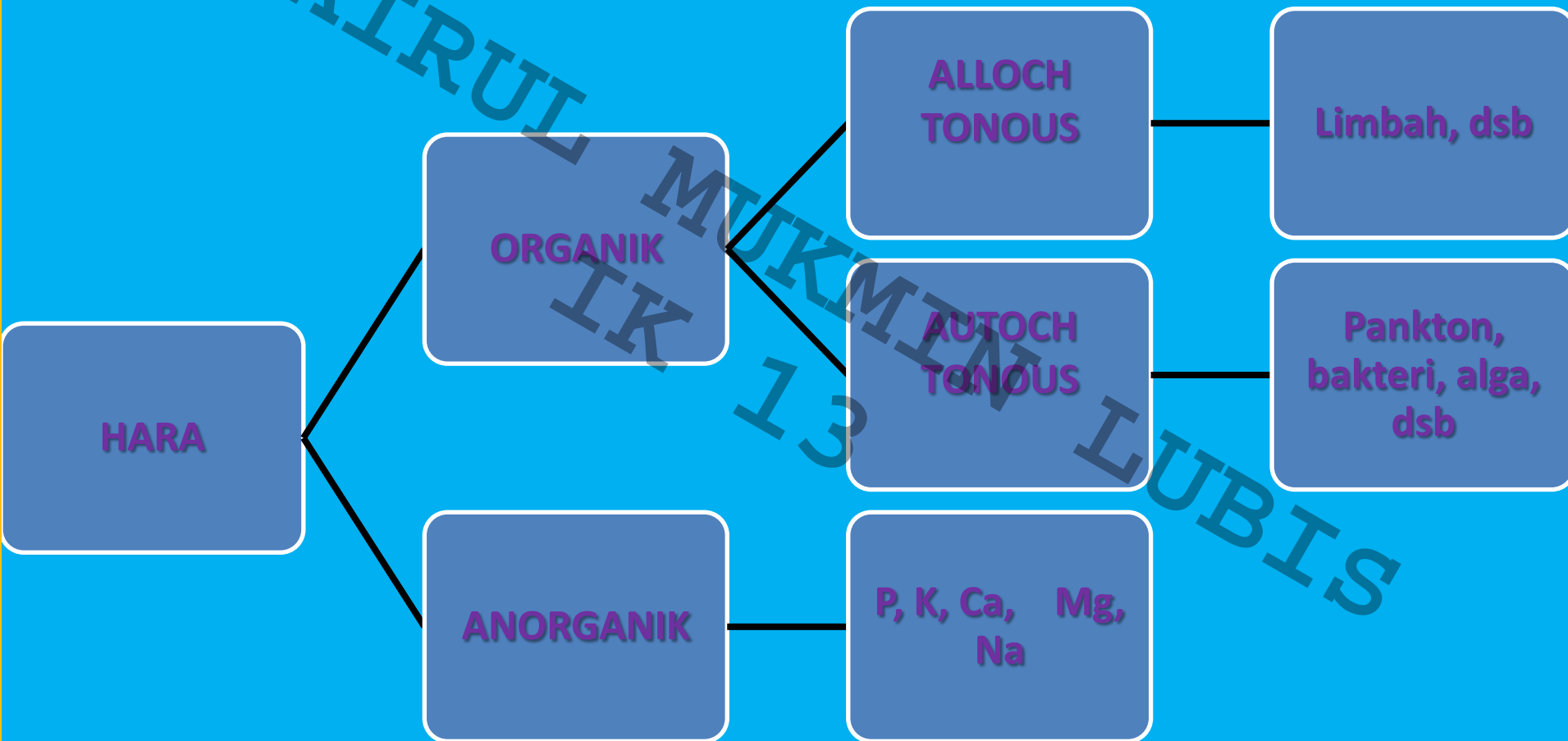
Avicennia/Sonneratia/Rhizophora/Bruguiera

$Mg > Ca > Na$ atau K yang ada adalah Nipah

$Ca > Mg$, Na atau K yang ada adalah *Melauleuca*

8. Hara. (slide berikutnya)

UNSUR HARA YANG TERDAPAT DI EKOSISTEM MANGROVE



Ekofisiologi Mangrove

Ekosistem mangrove memiliki lingkungan yang sangat kompleks sehingga diperlukan beberapa adaptasi baik morfologi, fisiologi, maupun reproduksi terhadap kondisi tersebut.

Beberapa adaptasi yang dilakukan terutama untuk beberapa aspek sebagai berikut :

- Bertahan dengan konsentrasi garam tinggi
- Pemeliharaan Air Desalinasi
- Spesialisasi Akar
- Reproduksi
- Respon Terhadap Cahaya
- Bertahan dengan konsentrasi garam tinggi

FUNGSI DAN PERANAN MANGROVE

- Ekosistem mangrove secara fisik maupun biologi berperan dalam menjaga ekosistem lain di sekitarnya, seperti padang lamun, terumbu karang, serta ekosistem pantai lainnya.
- Berbagai proses yang terjadi dalam ekosistem hutan mangrove saling terkait dan memberikan berbagai fungsi ekologis bagi lingkungan.

Secara garis besar fungsi hutan mangrove dapat dikelompokkan menjadi :



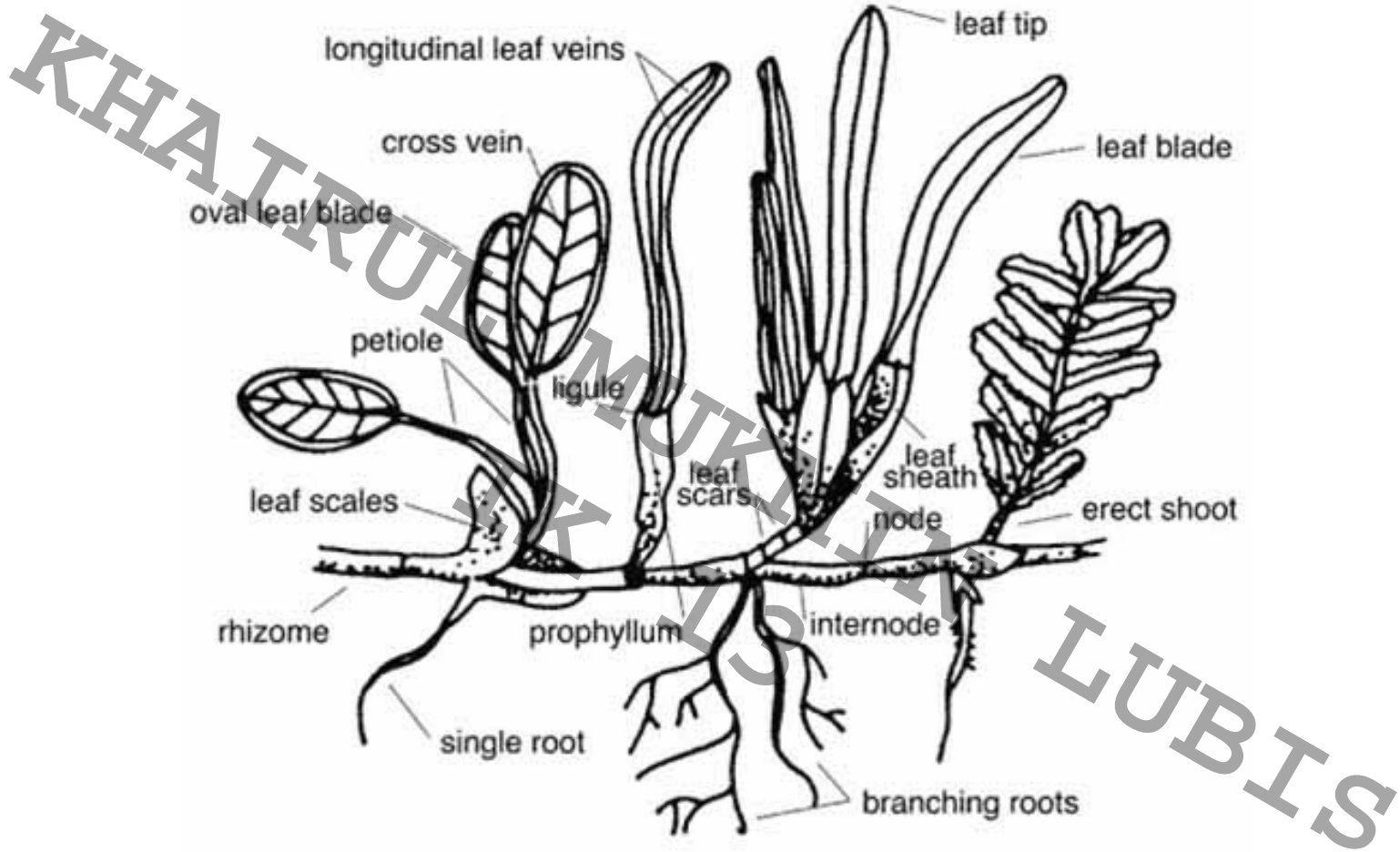
EKOSISTEM PADANG LAMUN

Definisi

Perairan pesisir merupakan lingkungan yang memperoleh sinar matahari cukup yang dapat menembus sampai ke dasar perairan. Di perairan ini juga kaya akan nutrisi karena mendapat pasokan dari dua tempat yaitu darat dan lautan sehingga merupakan ekosistem yang tinggi produktivitas organiknya. Karena lingkungan yang sangat mendukung di perairan pesisir maka tumbuhan lamun dapat hidup dan berkembang secara optimal. **Lamun didefinisikan sebagai satu-satunya tumbuhan berbunga (Angiospermae) yang mampu beradaptasi secara penuh di perairan yang salinitasnya cukup tinggi atau hidup terbenam di dalam air dan memiliki rhizoma, daun, dan akar sejati.** Beberapa ahli juga mendefinisikan lamun (Seagrass) sebagai **tumbuhan air berbunga, hidup di dalam air**



Gambar
Lamun jenis
Halophila sp



Gambar . Morfologi Lamun

Sebaran Jenis Lamun

- Tumbuhan lamun merupakan tumbuhan laut yang mempunyai sebaran cukup luas mulai dari benua Artik sampai ke benua Afrika dan Selandia Baru. Jumlah jenis tumbuhan ini mencapai **58 jenis di seluruh dunia** (Kuo dan Me. Comb 1989) dengan konsentrasi utama didapatkan di wilayah Indo-Pasifik. **Dari jumlah tersebut 16 jenis dari 7 marga diantaranya ditemukan di perairan Asia Tenggara, dimana jumlah jenis terbesar ditemukan di perairan Filipina (16 jenis) atau semua jenis yang ada di perairan Asia Tenggara ditemukan juga di Filipina.**
- **Di Indonesia ditemukan** jumlah jenis lamun yang relatif lebih rendah dibandingkan Filipina, yaitu sebanyak **12 jenis dari 7 marga**. Namun demikian terdapat dua jenis lamun yang diduga ada di Indonesia namun belum dilaporkan yaitu *Halophila beccarii* dan *Ruppia maritime** (Kiswara 1997). Dari beberapa jenis yang ada di Indonesia, terdapat jenis lamun kayu (*Thalassodendron ciliatum*) yang penyebarannya sangat terbatas dan terutama di wilayah timur perairan Indonesia, kecuali juga ditemukan di daerah terumbu tepi di kepulauan Riau (Tomascik et al 1997). **Jenis-jenis lamun tersebut membentuk padang lamun baik yang bersifat padang lamun monospesifik maupun padang lamun campuran yang luasnya diperkirakan mencapai 30.000 km² (Nienhuis 1993).**

Fungsi dan Peranan

- **Padang lamun merupakan ekosistem yang tinggi produktifitas organiknya, dengan keanekaragaman biota yang cukup tinggi.** Pada ekosistem ini hidup beraneka ragam biota laut seperti ikan, Krustasea, Moluska (*Pinna sp.*, *Lambis sp.*, dan *Strombus sp.*), Ekinodermata (*Holothuria sp.*, *Synapta sp.*, *Diadema sp.*, *Arbaster sp.*, *Linckia sp.*) dan cacing (*Polichaeta*) (Bengen, 2001).
- **Menurut Azkab (1988), ekosistem lamun merupakan salah satu ekosistem di laut dangkal yang paling produktif.** Di samping itu ekosistem lamun mempunyai peranan penting dalam menunjang kehidupan dan perkembangan jasad hidup di laut dangkal, menurut hasil penelitian diketahui bahwa peranan lamun di lingkungan perairan laut dangkal sebagai berikut :
 1. Sebagai produsen primer
 2. Sebagai habitat biota
 3. Sebagai penangkap sedimen
 4. Sebagai pendaur zat hara

Menurut Philips & Menez (1988), ekosistem lamun merupakan salah satu ekosistem bahari yang produktif. Ekosistem lamun perairan dangkal mempunyai **fungsi** antara lain:

1. Menstabilkan dan menahan sedimen–sedimen yang dibawa melalui tekanan–tekanan dari arus dan gelombang.
2. Daun-daun memperlambat dan mengurangi arus dan gelombang serta mengembangkan sedimentasi.
3. Memberikan perlindungan terhadap hewan–hewan muda dan dewasa yang berkunjung ke padang lamun.
4. Daun–daun sangat membantu organisme-organisme epifit.
5. Mempunyai produktifitas dan pertumbuhan yang tinggi.
6. Menfiksasi karbon yang sebagian besar masuk ke dalam sistem daur rantai makanan.

Philips & Menez (1988) selanjutnya mengatakan, lamun juga sebagai komoditi yang sudah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat baik secara tradisional maupun secara modern.

Secara tradisional lamun telah **dimanfaatkan** untuk:

1. Digunakan untuk kompos dan pupuk
2. Cerutu dan mainan anak-anak
3. Dianyam menjadi keranjang
4. Tumpukan untuk pematang
5. Mengisi kasur
6. Ada yang dimakan
7. Dibuat jaring ikan

Pada zaman modern ini, lamun telah dimanfaatkan untuk:

1. Penyaring limbah
2. Stabilizator pantai
3. Bahan untuk pabrik kertas
4. Makanan
5. Obat-obatan
6. Sumber bahan kimia.

EKOSISTEM TERUMBU KARANG

Terumbu Reef =

- Endapan masif batu kapur (limestone), terutama kalsium karbonat (CaCO_3), yang utamanya dihasilkan oleh hewan karang dan biota-biota lain yang mensekresi kapur, seperti alga berkapur dan moluska. Konstruksi batu kapur biogenis yang menjadi struktur dasar suatu ekosistem pesisir. Dalam dunia navigasi laut, terumbu adalah punggung laut yang terbentuk oleh batu karang atau pasir di dekat permukaan air.

Karang Coral =

- Disebut juga karang batu (stony coral), yaitu hewan dari Ordo Scleractinia, yang mampu mensekresi CaCO_3 . Hewan karang tunggal umumnya disebut polip.

Karang terumbu =

- Pembangun utama struktur terumbu, biasanya disebut juga sebagai karang hermatipik (hermatypic coral). Berbeda dengan batu karang (rock), yang merupakan benda mati.

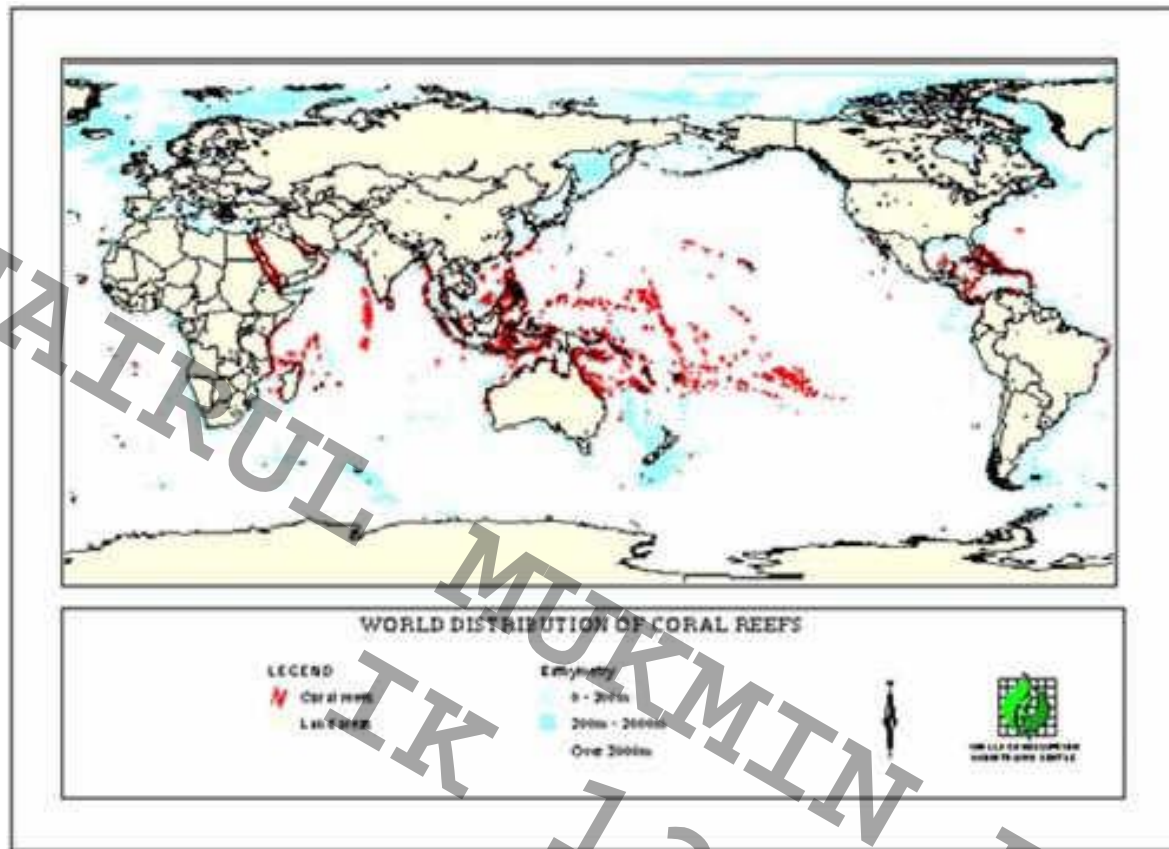
Terumbu karang =

- Ekosistem di dasar laut tropis yang dibangun terutama oleh biota laut penghasil kapur (CaCO_3) khususnya jenis-jenis karang batu dan alga berkapur, bersama-sama dengan biota yang hidup di dasar lainnya seperti jenis-jenis moluska, krustasea, ekinodermata, polikhaeta, porifera, dan tunikata serta biota-biota lain yang hidup bebas di perairan sekitarnya, termasuk jenis-jenis plankton dan jenis-jenis nekton

Tipe-tipe terumbu karang



- Gambar Tipe-tipe terumbu karang, yaitu terumbu karang tepi (kiri), terumbu karang penghalang (tengah), dan terumbu karang cincin (kanan).

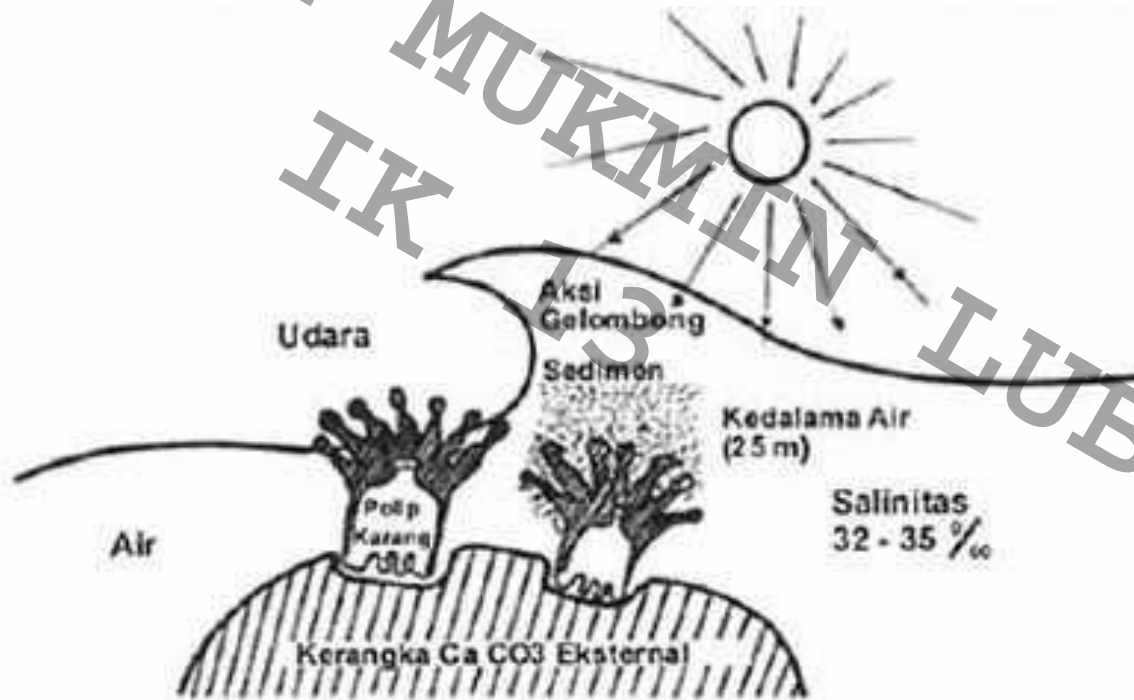


Distribusi terumbu karang

- Ekosistem terumbu karang dunia diperkirakan meliputi luas 600.000 km², dengan batas sebaran di sekitar perairan dangkal laut tropis, antara 30 °LU dan 30 °LS. Terumbu karang dapat ditemukan di 109 negara di seluruh dunia, namun diduga sebagian besar dari ekosistem ini telah mengalami kerusakan atau dirusak oleh kegiatan manusia setidaknya terjadi di 93 negara. Gambar memperlihatkan peta lokasi sebaran ekosistem terumbu karang di seluruh dunia.

EKOLOGI KARANG TERUMBU

- Faktor-faktor lingkungan yang berperan dalam perkembangan ekosistem terumbu karang. Ekosistem terumbu karang dapat berkembang dengan baik apabila kondisi lingkungan perairan mendukung pertumbuhan karang (Gambar).



FUNGSI DAN MANFAAT TERUMBU KARANG DAN PERANNYA TERHADAP SISTEM PERIKANAN

Fungsi terumbu karang

- Secara alami, terumbu karang *merupakan* habitat bagi banyak spesies laut untuk melakukan pemijahan, peneluran, pembesaran anak, makan dan mencari makan (*feeding & foraging*), terutama bagi sejumlah spesies yang memiliki nilai ekonomis penting.
- Struktur masif dan kokoh dari terumbu *berfungsi* sebagai pelindung sempadan pantai, dan ekosistem pesisir lain (padang lamun dan hutan mangrove) dari terjangan arus kuat dan gelombang besar.
- Struktur terumbu yang mulai terbentuk sejak ratusan juta tahun yang lalu juga merupakan rekaman alami dari variasi iklim dan lingkungan di masa silam, sehingga *penting* bagi penelitian paleoekologi.
- Ekosistem ini juga *berperan penting* dalam siklus biogeokimia secara global, karena kemampuannya menahan nutrien-nutrien dalam sistem terumbu dan perannya sebagai kolam untuk menampung segala bahan yang berasal dari luar sistem terumbu.
- Secara umum, keseluruhan fungsi yang disediakan oleh terumbu karang dapat digolongkan menjadi *fungsi fisik, fungsi kimia, dan fungsi biologi dan ekologi*.

Manfaat terumbu karang

- Dalam konteks ekonomi, terumbu karang menyediakan sejumlah manfaat yang dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu **manfaat berkelanjutan** (perikanan lepas pantai dan perikanan terumbu) dan **manfaat yang tidak berkelanjutan**.



Gambar **Manfaat berkelanjutan** terumbu karang sebagai daerah tangkap ikan (fishing ground) nelayan tradisional

MANFAAT YANG TIDAK BERKELANJUTAN

1. Aktivitas ekstratif
2. Perikanan dengan metode destruktif
3. Pengumpulan organisme terumbu
4. Perdagangan biota ornamental
5. Pembangunan pesisir



Gambar ***Manfaat tidak berkelanjutan*** dari terumbu karang dapat berkurang atau bahkan musnah apabila di wilayah pesisir terdapat aktivitas pembangunan yang tidak ramah lingkungan