

Pengantar Lingkungan Laut

Dr. Fredinan Yulianda



PENDAHULUAN

Modul pertama ini memiliki tujuan untuk memberikan pengetahuan mengenai lingkungan laut serta sifat dan karakteristiknya yang dapat mempengaruhi kehidupan laut. Sifat air laut terdiri dari sifat fisika dan kimia air. Karakteristik habitat perairan laut dapat digambarkan dengan bentuk dasar laut dan sifat lingkungan laut yang dinamis dari paparan pantai ke arah laut. Karakteristik laut membahas tipologi dasar laut, zonasi vertikal dan horizontal lingkungan laut, dan masih berhubungan dengan sifat fisika kimia air. Modul ini menjadi awal untuk mempelajari modul-modul selanjutnya. Dalam modul ini diberikan wawasan tentang sifat fisika kimia air laut, karakteristik dan sistem zonasi lingkungan laut. Wawasan tentang sifat fisika kimia air laut, serta karakteristik dasar laut dan zonasi laut akan sangat membantu dalam mempelajari kehidupan biota laut.

Modul pertama ini disajikan dalam dua kegiatan belajar, yaitu:

Kegiatan Belajar 1, membahas mengenai sifat fisik dan kimia air laut

Kegiatan Belajar 2, membahas mengenai tipologi dasar laut dan zonasi lingkungan laut (secara vertikal dan horizontal).

Setelah mempelajari Modul 1 ini diharapkan mahasiswa dapat menjelaskan sifat-sifat air laut, karakteristik lingkungan laut yang meliputi permukaan air laut, kolom air dan dasar laut yang merupakan habitat dan lingkungan biota laut. Rincian yang ada diharapkan dapat Anda pahami setelah mempelajari Modul 1 antara lain:

1. sifat fisik dari massa jenis air laut, suhu, arus, gelombang dan pasang surut;
2. sifat kimia air laut seperti pH, salinitas, oksigen terlarut, dan nutrien;
3. tipologi dasar laut;
4. zonasi lingkungan laut secara vertikal dan horizontal.

Agar semua tujuan tersebut dapat tercapai, diharapkan modul ini dapat dipelajari dan mencoba untuk mengaitkan antara bagian satu dengan bagian yang lain dalam modul ini, serta dengan seksama mengerjakan setiap latihan dan kegiatan yang ada.

Selamat belajar, semoga Anda berhasil!

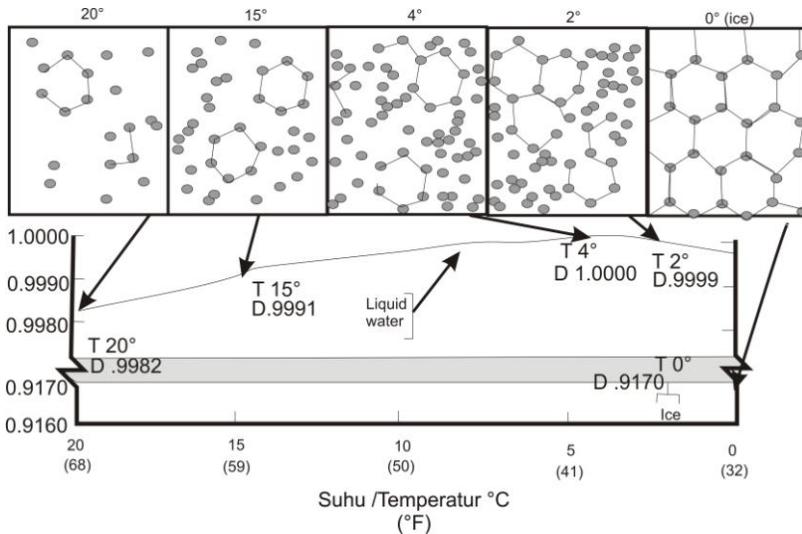
KEGIATAN BELAJAR 1**Sifat Fisik Kimia Air**

Setelah mempelajari kegiatan belajar ini, diharapkan mahasiswa dapat mengerti mengenai sifat fisik kimiawi air laut. Sifat fisik yang dipelajari meliputi massa jenis, suhu, arus, gelombang dan pasang surut. Sifat fisik merupakan sifat air yang umumnya dapat dilihat obyeknya dan dirasakan oleh kita. Sementara itu, sifat kimia yang dipelajari meliputi pH, salinitas, oksigen terlarut, dan nutrien. Sifat kimia air merupakan sifat unsur air yang dapat berubah melalui proses persenyawaan dalam air.

A. MASSA JENIS

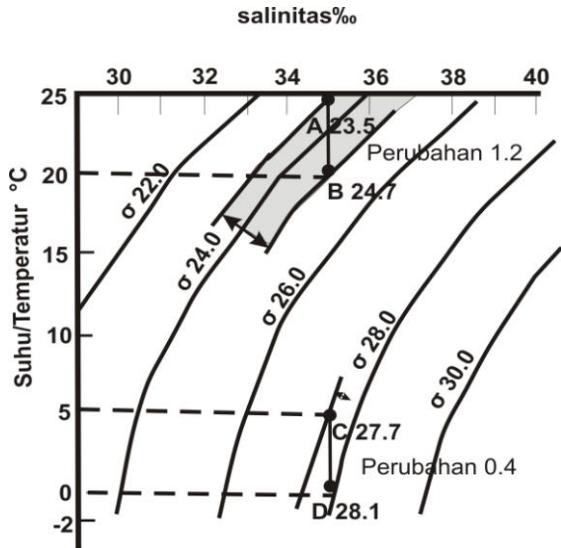
Massa jenis merupakan pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka massa setiap volumenya akan makin besar pula. Rata-rata massa jenis setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Massa jenis suatu benda yang lebih tinggi (seperti besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (seperti air).

Massa jenis air laut merupakan massa air laut per unit volume, biasanya satuannya adalah gram per sentimeter kubik (gr/cm^3) (Thurman, 1993). Massa jenis air laut dipengaruhi oleh suhu, salinitas dan tekanan. Penurunan suhu dapat meningkatkan massa jenis air laut. Peningkatan massa dihasilkan oleh sejumlah molekul yang mengisi ruang sempit sehingga mereka kehilangan sejumlah energi. Penurunan suhu air hingga 4°C ($39,2^\circ\text{F}$) akan meningkatkan massa jenis (Thurman, 1993). Namun demikian perubahan massa jenis akan menurun kembali di perairan dengan suhu di bawah 4°C hingga 0°C yang dapat menyebabkan perubahan pada ikatan hidrogen sehingga terjadi perluasan volume air (Thurman, 1993).



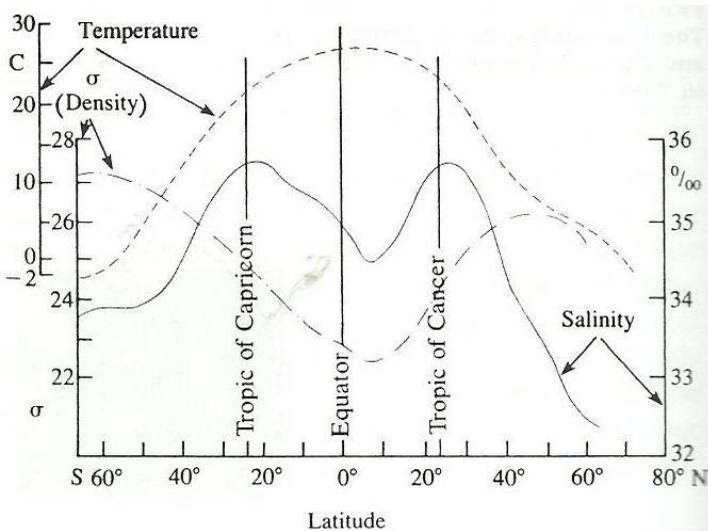
Gambar 1.1
Hubungan Massa Jenis dengan Temperatur (Thurman, 1993)

Kisaran massa jenis air dari 0.9982 gr/cm^3 pada 20°C hingga maksimum 1000 gr/cm^3 pada 4°C (Gambar 1.1). Massa jenis es (*solid water*) hanya 0.9170 gr/cm^3 sehingga mengapung di atas air. Selain suhu, salinitas juga mempengaruhi massa jenis air laut. Hubungan antara massa jenis, salinitas dan suhu memperlihatkan pengaruh yang berbeda. Penurunan suhu hingga 4°C dan/atau peningkatan salinitas cenderung akan meningkatkan masa jenis air sehingga air menjadi lebih berat (Gambar 1.2 dan 1.3). Pada hubungan tersebut, perubahan suhu yang terjadi di daerah ekuator (bersuhu tinggi) memperlihatkan pengaruh yang besar terhadap massa jenis daripada di daerah kutub. Ini dapat menjadi catatan yaitu pada massa jenis yang konstan, baris kerapatan konstannya hampir sejajar dengan sumbu suhu rendah dibandingkan suhu tinggi. Hal ini menunjukkan perubahan kepadatan per unit perubahan suhu pada kisaran suhu tinggi menjadi lebih besar (Thurman, 1993).



Gambar 1.2
Hubungan Temperatur-Salinitas-Massa Jenis (Thurman, 1993)

Perubahan suhu yang terjadi pada daerah kutub (dicirikan dengan suhu air yang rendah) memberikan pengaruh yang lebih rendah terhadap perubahan masa jenis dibandingkan daerah ekuator (yang bersuhu tinggi). Pada salinitas 35‰ (pada titik A, B, C, D) perubahan massa jenis yang lebih besar terjadi pada suhu yang lebih rendah (After G. L. Pickard, 1963 dalam Thurman, 1993).

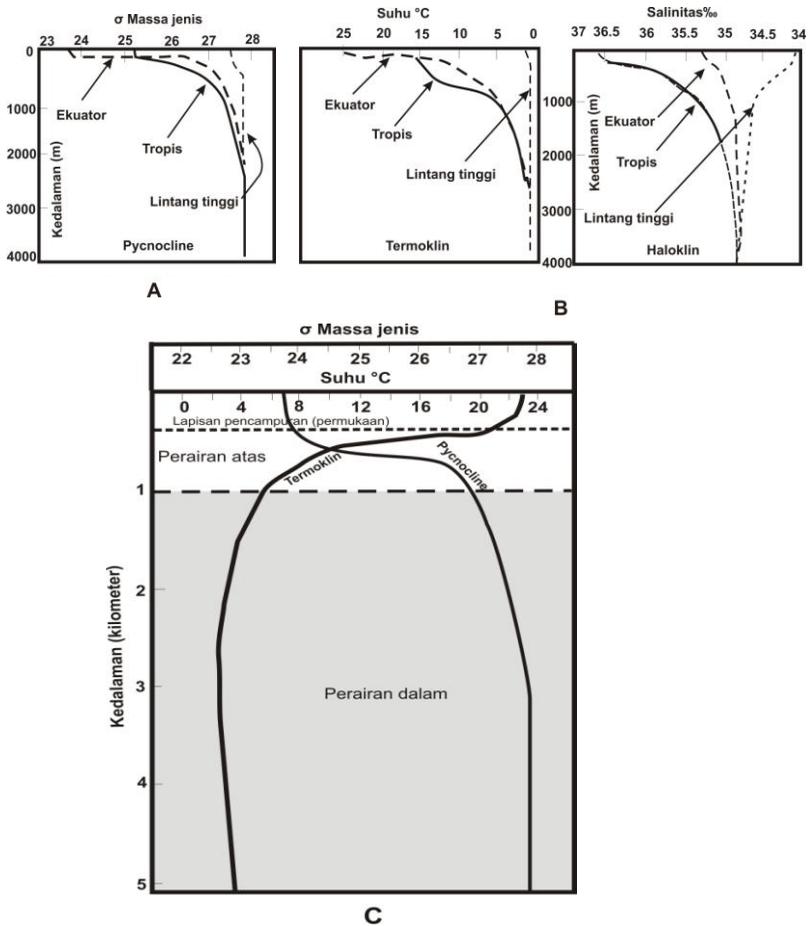


Gambar 1.3

Rata-Rata Temperatur Permukaan, Salinitas dan Massa Jenis Perairan Laut Dunia Berdasarkan Garis Lintang (Thurman, 1993)

Massa jenis permukaan air laut di daerah dekat ekuator meningkat dari sekitar 22 hingga maksimum 26-27 di dekat lintang 50°-60° (Gambar 1.3). Salinitas maksimum di tropis tidak mempengaruhi massa jenis, hal ini menunjukkan pentingnya peran suhu dalam mempengaruhi massa jenis di daerah ekuator (After G. L. Pickard, 1963 dalam Thurman, 1993).

Massa jenis air laut memiliki perbedaan pada kedalaman yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan suhu dan salinitas pada kedalaman yang berbeda. Massa jenis di permukaan dipengaruhi oleh perubahan suhu di lautan di mana sebaran suhu di permukaan lebih bersifat dinamis dibandingkan pada lapisan yang lebih dalam, bahkan pada kedalaman lebih dari 200-1.000 meter suhu relatif konstan (Gambar 1.4). Massa jenis air laut di daerah lintang tinggi di mana suhu relatif konstan lebih banyak dipengaruhi oleh perubahan salinitas.



Gambar 1.4

Profil Massa Jenis Secara Vertikal di Berbagai Lintang (Thurman, 1993)

Massa jenis cenderung mengalami peningkatan dengan bertambahnya kedalaman (Gambar 1.4-A). Pada daerah ekuator dan tropis terdapat lapisan dengan ketebalan dalam skala rendah dari massa jenis air permukaan kemudian membentuk lapisan massa jenis air yang berbeda pada daerah yang lebih dalam. Massa jenis air permukaan lebih rendah daripada massa jenis air lebih dalam. Terpisahnya massa jenis tersebut dipisahkan oleh zona perubahan massa jenis cepat yang disebut *pycnocline* yang merupakan

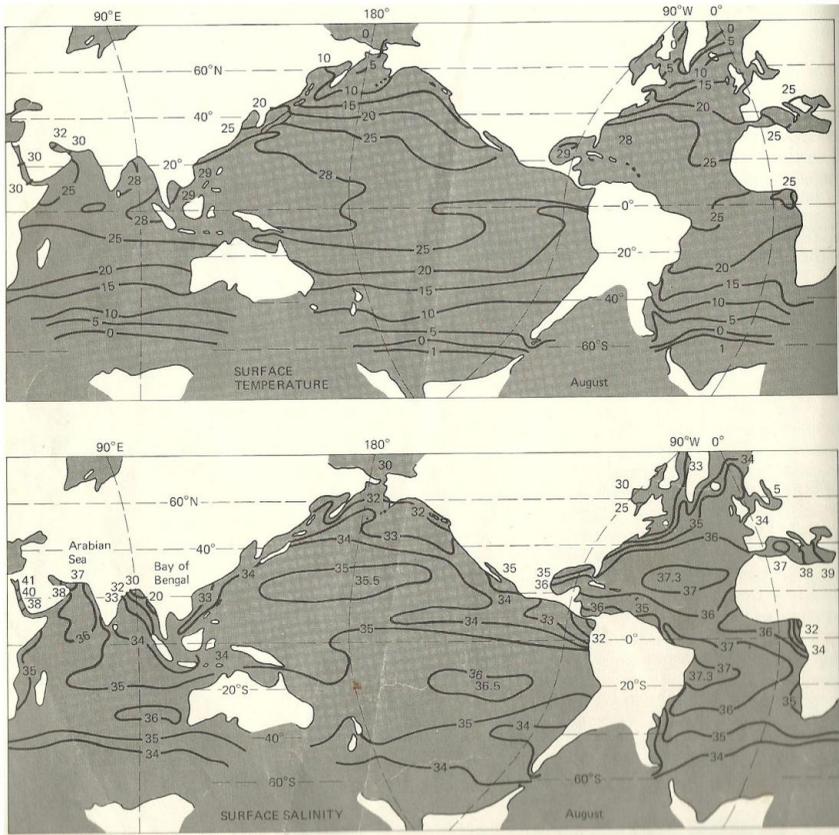
lapisan air yang mengalami perubahan massa jenis secara cepat pada kedalaman yang berbeda. *Pycnocline* tidak ditemukan di perairan lintang tinggi (*high latitude*). Perubahan massa jenis diikuti dengan perubahan suhu. Pada zona tersebut disebut zona termoklin atau zona perubahan penurunan suhu yang cepat secara vertikal (Gambar 1.4-B). Termoklin juga terjadi di daerah ekuator di mana zona perubahan salinitas yang cepat (*haloklin*) juga mempengaruhi massa jenis. Salinitas air laut cenderung lebih rendah pada kolom air yang lebih dalam, sehingga penurunan salinitas sering dikaitkan dengan meningkatnya kedalaman di daerah ekuator. Namun demikian pada daerah lintang tinggi terjadi sebaliknya yaitu salinitas air laut cenderung lebih tinggi pada kolom air yang lebih dalam (Gambar 1.4-B). Hal ini disebabkan sebaran suhu secara vertikal di daerah lintang tinggi cenderung konstan rendah, sehingga salinitas cenderung lebih tinggi pada perairan dalam. Penurunan massa jenis air laut yang signifikan di bawah lapisan permukaan laut menyebabkan terbentuknya lapisan *pycnocline*, yaitu massa jenis air di bagian atas relatif ringan pada daerah ekuator dan subtropis (Gambar 1.4-C). Massa air dingin di perairan dalam meluas dan merata ke dasar laut. Lapisan campuran di permukaan memiliki sifat yang seragam karena adanya pencampuran massa air yang disebabkan oleh arus dan gelombang (A dan B After G. L. Pickard, 1963 dalam Thurman, 1993).

B. SUHU

Suhu di laut merupakan faktor yang penting bagi kehidupan organisme laut. Suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan organisme (Hutabarat dan Evans, 1986). Suhu diukur dengan satuan derajat. Satu derajat *celcius* (1°C) sama dengan 1,8 derajat *Fahrenheit* ($^{\circ}\text{F}$). Suhu dapat juga didefinisikan sebagai pengukuran langsung terhadap rata-rata energi kinetik yang membentuk substansi yang dapat memberikan respons terhadap masukan atau keluaran panas (Garrison, 2006). Energi kinetik yang dimaksud merupakan energi gerak, sehingga semakin tinggi suhu, semakin besar kecepatan molekul pada substansi di mana suhu diukur (Thurman, 1993). Suhu alami air laut berkisar antara suhu di bawah -5°C sampai lebih dari 33°C (Bhatt, 1978) (Gambar 1.5).

Beberapa kondisi meteorologi yang mempengaruhi suhu permukaan laut antara lain curah hujan, penguapan, kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari. Perubahan suhu di laut berpengaruh

terhadap gejala fisika di laut dan biota laut. Sebagian besar air samudra dingin karena matahari hanya mampu menembus perairan laut sampai beberapa meter saja. Perairan laut di Indonesia umumnya memiliki sebaran suhu secara vertikal (Gambar 1.6).



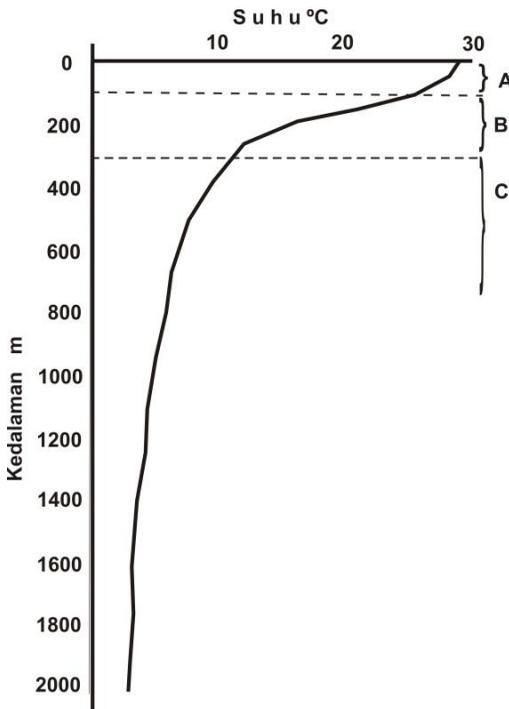
Gambar 1.5

Distribusi suhu permukaan (atas) dan salinitas (bawah) di lautan pada bulan Agustus (G. L. Pickard, 1963 dalam Bhatt, 1978)

Sebaran suhu secara vertikal terbagi menjadi tiga lapisan yaitu lapisan hangat di bagian teratas (biasa disebut *mixed layer* atau lapisan campuran), termoklin di bagian tengah dan lapisan dingin di bagian bawah. Termoklin di daerah ekuator terlihat lebih jelas karena tingginya suhu di lapisan

permukaan, sedangkan termoklin di daerah beriklim sedang dan dingin cenderung berubah-ubah karena adanya perubahan musim dari bagian tahun yang satu ke tahun yang lainnya.

Suhu menjadi faktor fisik yang sangat penting di laut, berguna untuk mengidentifikasi massa air tertentu bersama salinitas dan bersama tekanan dapat menentukan densitas air laut. Air berdensitas rendah berada di lapisan atas dan air dengan densitas tinggi akan berada di lapisan bawahnya.



Gambar 1.6

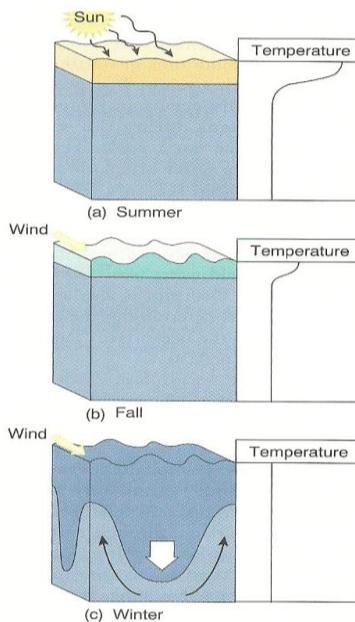
Sebaran suhu secara vertikal:

(a) lapisan hangat, (b) lapisan termoklin, dan (c) lapisan dingin

Suhu air laut dipengaruhi oleh pemanasan matahari. Pengaruh pemanasan berbeda-beda untuk daerah yang terletak pada lintang yang berbeda. Daerah tropis lebih banyak menerima panas daripada daerah lintang tinggi dan kutub. Perbedaan jumlah panas yang diterima permukaan bumi di

tempat yang terletak pada lintang yang berbeda, merupakan akibat dari bentuk bumi yang bulat.

Suhu merupakan parameter fisik perairan yang penting. Suhu permukaan laut di seluruh dunia sangat bervariasi. Suhu di bawah permukaan bervariasi tergantung kedalaman, sirkulasi udara, turbulensi, lokasi geografi, dan jarak dari sumber panas (sebagai contoh gunung berapi) (Bhatt, 1978). Suhu perairan dapat diukur menggunakan alat pengukur suhu yang biasa disebut termometer.



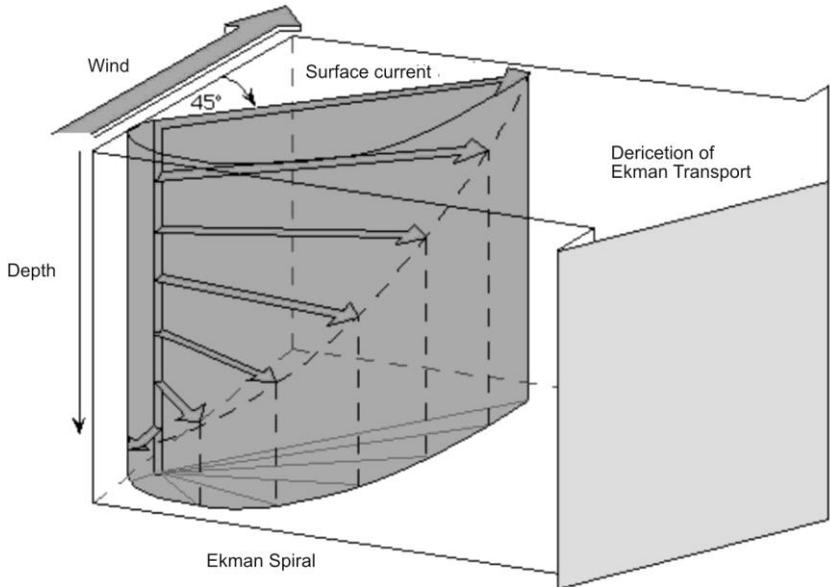
Gambar 1.7
Sebaran Suhu di Daerah Temperate dan Kutub
 (Castro dan Huber , 2000)

Sebaran suhu di kolom perairan laut secara vertikal pada daerah iklim sedang (subtropis) dan kutub relatif tidak sama pada musim berbeda (Gambar 1.7). Pada saat musim panas (*summer*) di mana sinar matahari menghangatkan lapisan permukaan kemudian suhu akan menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman, sehingga terbentuk dua lapisan air, yaitu lapisan air panas di permukaan dan lapisan air dingin di kedalaman tinggi

(Gambar 1.7-a). Pada saat musim gugur (*fall*), permukaan air menjadi dingin dan terjadi pergolakan oleh angin yang menyebabkan pencampuran air dingin dari kedalaman menuju permukaan pada lapisan atas (Gambar 1.7-b). Pada saat musim dingin (*winter*), permukaan air menjadi lebih dingin, sehingga massa air menjadi padat daripada air yang di dalam dan kemudian akan tenggelam selama *winter*. Hal ini menyebabkan air laut tercampur secara vertikal yang menyebabkan sebaran suhu relatif sama dari permukaan hingga ke kolom air yang dalam (Gambar 1.7-c) (Castro dan Huber, 2000).

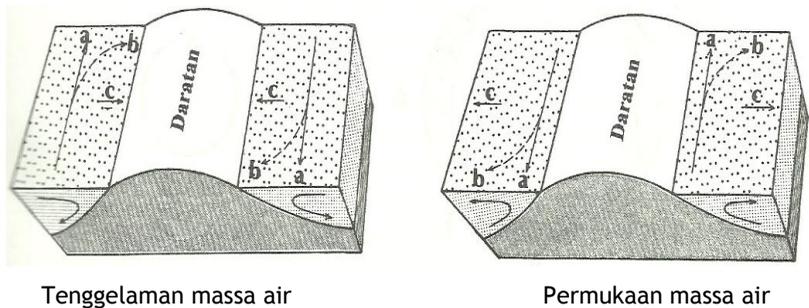
C. ARUS

Arus air laut terutama di permukaan dipengaruhi oleh angin. Angin yang mendorong permukaan laut menimbulkan arus. Sebagian besar arus di lautan terbuka ditimbulkan oleh angin. Ketika angin mendorong permukaan air, perpindahan air yang terjadi tidak searah dengan arah angin, tetapi membentuk sudut 45° karena adanya gaya *coriolis* (Gambar 1.8) (Castro dan Huber, 2000). Air yang berada di lapisan bawah ikut terbawa karena gaya *coriolis* (gaya yang diakibatkan oleh perputaran bumi). Adanya gaya *coriolis* tersebut menyebabkan arus di lapisan bawah berbelok ke kanan dari arah arus permukaan. Hal ini terjadi di belahan bumi utara, sedangkan di belahan bumi selatan terjadi hal sebaliknya. Apabila terjadi *divergensi* (pembuyaran arus permukaan), massa air dari lapisan bawah laut akan naik ke lapisan permukaan dan akan terjadi juga keadaan sebaliknya yaitu tenggelaman massa air di mana massa air dari lapisan atas turun ke lapisan bawah (Gambar 1.9).



Adapted from Thurman, Harold V. Essentials of Oceanography, 5th ed. Prentice-Hall, Inc., 1996

Gambar 1.8
 Arus yang Dipengaruhi Gaya Coriolis
<http://earth.usc.edu/classes/geol150/stott/variability/images/oceansurf/ekman2.gif>

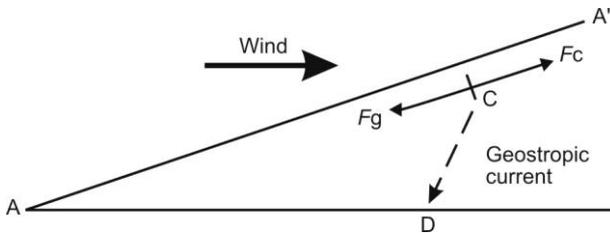


Gambar 1.9
 Fenomena Massa Air Permukaan dan Tenggelaman Massa Air:
 (a) Angin Permukaan, (b) Arus Permukaan, (c) Vektor Coriolis
 (Romimohtarto dan Juwana, 1999)

Air memiliki sifat yang sangat baik sebagai transportasi panas karena memiliki kapasitas panas yang tinggi. Arus hangat di sisi sebelah kanan membawa sejumlah panas dari ekuator ke kutub, sementara itu arus dingin mengalir berlawanan arah pada sisi sebelah timur. Arus di lautan seperti alat pengukur suhu raksasa, memiliki suhu hangat di daerah kutub, dingin di daerah tropis dan mempengaruhi iklim di bumi (Castro dan Huber, 2000). Suhu permukaan laut berperan dalam mengangkut panas.

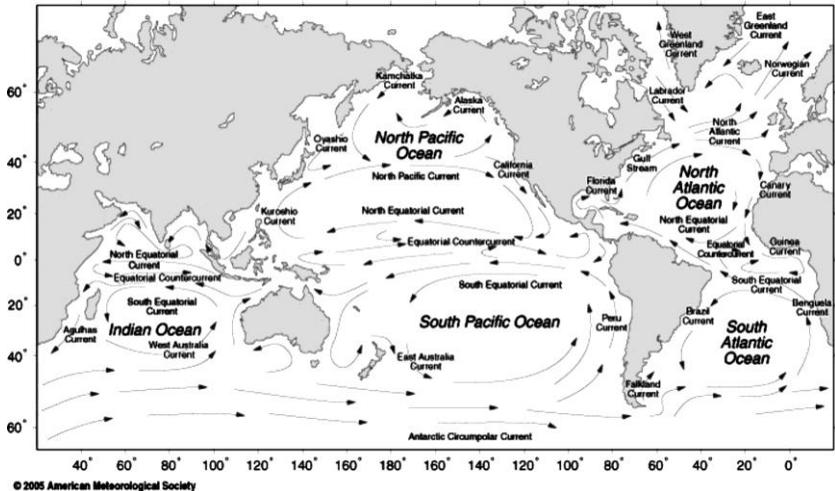
Pengaruh gaya *coriolis* mempengaruhi perpindahan massa air. Arus permukaan arus permukaan tidak berpindah secara paralel terhadap angin, tetapi membentuk sudut 45° dari arah angin. suhu permukaan tinggi pada sisi sebelah barat dari lautan, di mana arus membawa air hangat dari ekuator sedangkan di sisi sebelah kiri arus dingin menuju ekuator.

Arus permukaan yang dihasilkan oleh angin bukan hanya dipengaruhi oleh gaya *coriolis* tetapi juga dipengaruhi oleh gaya gravitasi (Bhatt, 1978). Arus yang disebabkan oleh gaya *coriolis* dan gaya gravitasi disebut arus geostropik.



Gambar 1.10
Arus Geostropik (Bhatt, 1978)

Arus *geostropik* di belahan bumi utara membentuk skema representatif (Gambar 1.10). Permukaan yang landai mendapat hembusan angin (AA'), sehingga air mengalir ke bawah karena adanya respons terhadap gaya gravitasi (F_g), tetapi aliran dibelokkan oleh gaya *coriolis* (F_c). Akan tetapi arah aliran lanjutannya mengalami perubahan hingga gangguan (F_g dan F_c) seimbang. Resultan dari aliran air tersebut disebut arus *geostropik* (Bhatt, 1978).



Gambar 1.11
Sistem Arus Utama yang Terdapat di Dunia

(http://www.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/EPS131/Sources/03-Horizontal-circulation-I-Coriolis/04-surface_current_map.jpg)

Sistem arus laut dunia memiliki tiga kategori arus, yaitu arus kutub, arus sejajar ekuator, dan arus subtropis (Gambar 1.11). *Pertama*, arus kutub adalah arus yang benar-benar mengelilingi daerah kutub selatan (*Antarctic Circumpolar Current*) yang terdapat pada 60° LS. *Kedua*, aliran air di daerah ekuator yang mengalir dari arah barat ke timur tetapi mereka dibatasi oleh arus-arus sejajar yang mengalir dari timur ke barat baik di belahan bumi utara maupun di belahan bumi selatan. *Ketiga*, daerah subtropis ditandai oleh adanya arus-arus berputar yang dikenal sebagai *Gyre*. Terdapat kecenderungan bahwa sistem utama lautan dunia mempunyai satu *Gyre* yang masing-masing terdapat di sebelah utara dan selatan ekuator. Aliran air *Gyre* yang terdapat di belahan bumi utara mengalir searah jarum jam, sedangkan yang terdapat di belahan bumi selatan mengalir berlawanan dengan jarum jam (Hutabarat dan Evans, 1986).

Sirkulasi arus permukaan yang terjadi di Indonesia dipengaruhi oleh angin muson. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara antara daratan Asia dan daratan Australia, pada bulan Desember-Februari di Belahan Bumi Utara (BBU) sehingga akan terjadi musim dingin, sedangkan pada Belahan Bumi Selatan (BBS) sehingga akan terjadi musim panas. Hal ini disebabkan adanya tekanan tinggi di Asia dan tekanan rendah di Australia.

Angin muson bergerak dengan arah-arah tertentu. Oleh karena itu perairan Indonesia dibagi menjadi empat musim yaitu musim barat, musim timur, musim pancaroba satu dan musim pancaroba dua (Wyrski, 1961). Air laut digerakkan oleh dua sistem angin, di dekat khatulistiwa angin pasat (*trade wind*) menggerakkan permukaan air ke arah barat. Sementara itu, di daerah lintang sedang (*temperate*), angin baratan (*westerlies wind*) menggerakkan kembali permukaan air ke timur. Akibatnya di samudra-samudra akan ditemukan sebuah gerakan permukaan air yang membandar.

Secara terus menerus air laut bergerak mengelilingi bumi dalam suatu sabuk aliran yang sangat besar yang biasa disebut *global conveyor belt* (Gambar 1.12). Pergerakan terjadi dari permukaan ke dalam samudra dan kembali lagi ke permukaan. Sabuk aliran global ini dipengaruhi oleh angin, salinitas dan temperatur air laut. Sabuk aliran ini mempunyai peran untuk memindahkan energi panas yang dipancarkan oleh Matahari ke Bumi. Dalam pergerakan air laut mengelilingi Bumi dalam suatu sabuk aliran global memerlukan waktu lama yaitu sekitar 1000 tahun. *Conveyor belt* ini dapat dibagi ke dalam dua bagian yaitu:

1. Sirkulasi yang dibangkitkan oleh adanya perbedaan *densitas* air laut. *Densitas* air laut ini bergantung pada temperatur dan salinitas. Sirkulasi ini biasa disebut sebagai sirkulasi *termohalin* (dari kata *thermo* yang berarti energi panas dan *haline* yang berarti garam).
2. Sirkulasi yang dibangkitkan oleh angin permukaan. Hal ini mengakibatkan adanya arus permukaan laut. Sebagai contoh dari arus yang dibangkitkan oleh angin adalah arus *Gulf Stream*.



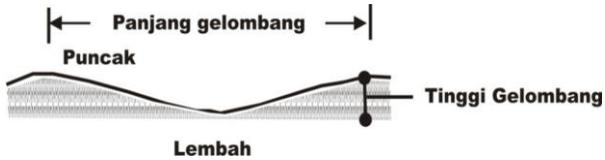
Gambar 1.12

Great Conveyor Belt

(<http://fadlioscean07.files.wordpress.com/2009/03/conveyor-belt4.jpg?w=300&h=190>)

D. GELOMBANG

Gelombang sebagian ditimbulkan oleh dorongan angin di atas permukaan laut dan tekanan *tangensial* pada partikel air. Pada mulanya, angin yang bertiup di permukaan laut menimbulkan riak gelombang (*ripples*). Saat angin berhenti bertiup, riak gelombang akan hilang dan permukaan laut kembali rata. Apabila angin bertiup lama, riak gelombang akan membesar walaupun angin kemudian berhenti bertiup. Gelombang akan rata kembali menjadi ombak sederhana saat meninggalkan daerah asal tiupan angin. Ombak sederhana terlihat sebagai alun (*sweel*) yang terjadi di laut pada keadaan tenang. Gelombang memiliki puncak dan lembah. Pada gelombang terdapat panjang gelombang dan tinggi gelombang (Gambar 1.13). Panjang gelombang merupakan jarak antara satu puncak ke puncak berikutnya atau satu lembah ke lembah berikutnya. Sementara itu tinggi gelombang merupakan jarak antara titik puncak dan titik lembah (Romimohtarto dan Juwana, 1999).

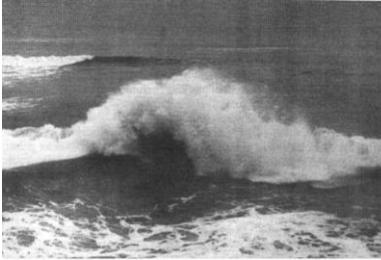


Gambar 1.13

Komponen-komponen Dasar Gelombang (Romimohtarto dan Juwana, 1999)

Puncak gelombang merupakan titik tertinggi dari gelombang. Lembah merupakan titik terendah dari gelombang. Gelombang umumnya memiliki periode, yaitu waktu yang dibutuhkan puncak/lembah untuk kembali pada titik semula secara berturut-turut. Sementara itu, ada juga kemiringan gelombang yaitu perbandingan antara panjang gelombang dengan tinggi gelombang.

Gelombang memiliki beberapa jenis (Gambar 1.14). Gelombang yang pecah saat menuju pantai dan terdampar di dasar perairan pantai yang dangkal disebut gelombang pecah atau *surf*. Gelombang pecah perlahan-lahan dan menggulung ke arah pantai disebut gelombang tumpah atau *spilling breaker*. Gelombang membubung ke atas dan segera pecah, terjadi pada dasar pantai yang terjal disebut gelombang *plunging breaker*. Gelombang yang sama sekali tidak pecah tetapi mendorong air ke atas ke darat dan menyedotnya kembali yang terjadi pada pantai terjal disebut *surgin breaker* (Rohmimohtarto dan Juwana, 1999).



Gelombang pecah (*surf*)



Gelombang tumpah (*spilling breaker*)

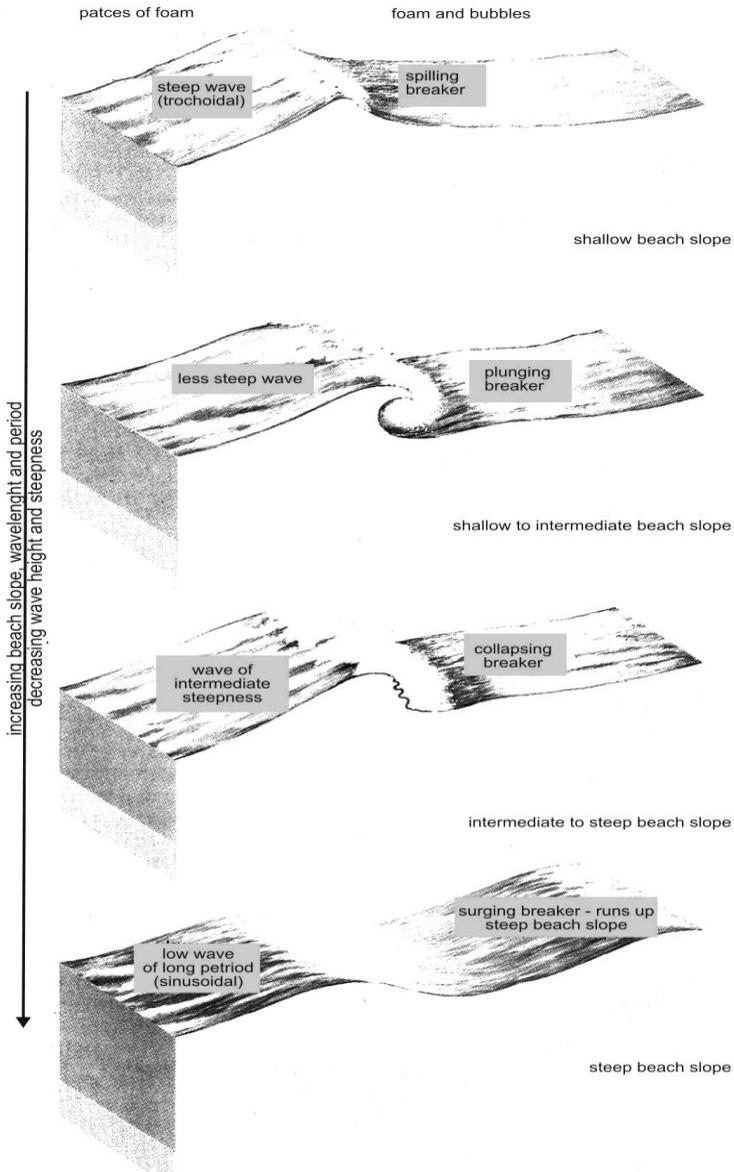


Gelombang meloncat (*plunging breaker*)



Gelombang penerpa (*surging*)

Gambar 1.14
Jenis-jenis Gelombang
(Romimohtarto dan Juwana, 1999)



Gambar 1.15

Tipe Pecah Gelombang, Hubungannya dengan Kemiringan Pantai, Periode Gelombang, Panjang, Tinggi, dan Kecuraman (Open University Course Team, 1989)

Tipe pecahnya gelombang dipengaruhi oleh kemiringan pantai, periode gelombang, panjang, tinggi dan kecuraman (Gambar 1.15). Sifat gelombang paling tidak dipengaruhi oleh tiga bentuk angin. Tiga bentuk angin tersebut antara lain kecepatan angin, waktu di mana angin bertiup dan jarak tanpa rintangan di mana angin sedang bertiup (Hutabarat dan Evans, 1986).

a. Kecepatan angin

Pada umumnya makin besar kecepatan angin bertiup, makin besar gelombang yang terbentuk dan gelombang ini mempunyai kecepatan yang tinggi dengan panjang gelombang yang besar. Gelombang yang terbentuk puncaknya kurang curam jika dibandingkan dengan yang dibangkitkan oleh angin berkecepatan lemah.

b. Waktu di mana angin sedang bertiup

Tinggi, kecepatan dan panjang gelombang cenderung meningkat sesuai dengan meningkatnya waktu saat angin pembangkit gelombang mulai bertiup.

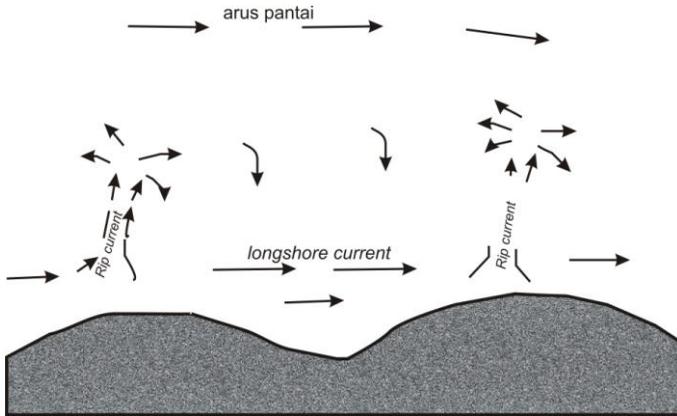
c. Jarak tanpa rintangan di mana angin sedang bertiup (*fetch*)

Pentingnya *fetch* dapat diketahui dengan membandingkan gelombang yang terbentuk pada kolom air yang relatif kecil seperti danau di daratan dengan yang terbentuk di lautan bebas. Gelombang yang terbentuk di danau *fetch*-nya lebih kecil, panjang gelombangnya hanya beberapa centimeter saja sedangkan yang di lautan bebas, kemungkinan *fetch*-nya lebih besar, panjang gelombang mencapai beberapa ratus meter.

Bentuk gelombang akan berubah dan pecah saat tiba di pantai. Ini disebabkan oleh gerakan melingkar dari partikel yang terletak di bagian paling bawah gelombang dipengaruhi oleh gesekan dari dasar laut di perairan yang dangkal. Bekas jalan kecil yang ditinggalkan menjadi elips bentuknya. Hal ini menyebabkan perubahan terhadap sifat gelombang. Gelombang bergerak ke depan dan tinggi gelombang naik sampai mencapai 80% dari kedalaman perairan. Bentuk ini menjadi tidak stabil, hingga kemudian pecah, yang disertai dengan gerakan maju ke depan yang berkekuatan besar (Hutabarat dan Evans, 1986).

Saat gelombang pecah, air dilemparkan jauh ke depan sampai mencapai daerah pantai. Beberapa akan kembali ke laut mengalir menjadi arus di bawah permukaan. Air yang dibawa merupakan arus sejajar pantai. Arus ini akan diteruskan hingga bertemu daerah yang dibatasi oleh aliran yang dikenal sebagai *rip current* (Gambar 1.16), kemudian akan mengalir kembali ke

dalam laut melalui daerah yang bergelombang besar. Daerah dengan aliran *rip current* paling cepat bisa mencapai kecepatan sampai 1 meter tiap detik (Hutabarat dan Evans, 1986).



Gambar 1.16
Rip Current

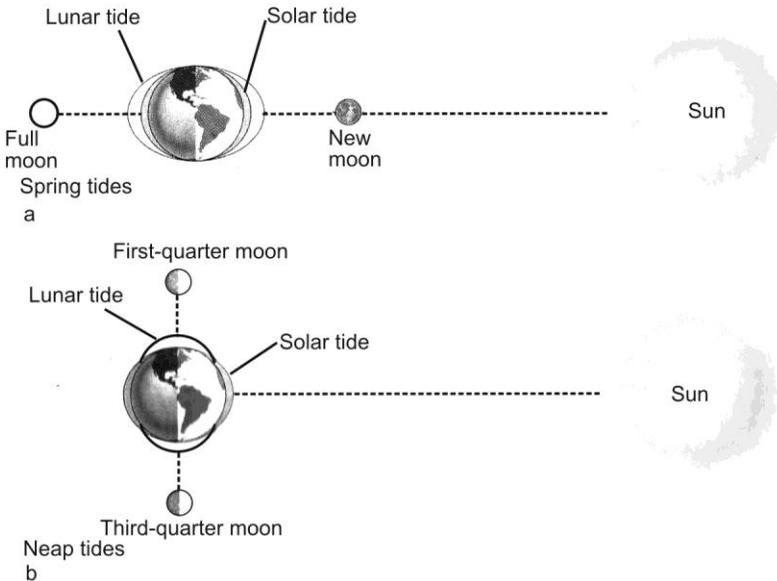
(Meadows dan Campbell, 1978 dalam Hutabarat dan Evans, 1986)

Pada gambar di atas ditunjukkan bahwa air cenderung mengalir sejajar dengan pantai (area yang bertanda titik-titik) sampai mencapai daerah *rip current*. Massa air ini melewati daerah gelombang besar dan mengalir kembali ke lautan bebas (Meadows dan Campbell, 1978 dalam Hutabarat dan Evans, 1986).

E. PASANG SURUT

Pasang surut merupakan gerakan naik turunnya muka air laut secara periodik yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari. Permukaan air laut naik hingga ketinggian maksimum disebut pasang tinggi (*high water*) kemudian turun sampai ketinggian minimum disebut pasang rendah (*low tide*). Perbedaan ketinggian antara pasang tinggi dan pasang rendah dikenal dengan *tidal range*. Pasang yang mempunyai ketinggian maksimum dikenal dengan *spring tide*, sedangkan yang mempunyai tinggi minimum dikenal dengan *neap tide* (Hutabarat dan Evans, 1986). Pasang tertinggi biasanya terjadi saat bulan penuh atau bulan baru, sedangkan pasang terendah terjadi

saat bulan seperempat atau tiga perempat. Gambaran terjadinya pasang tertinggi dan pasang terendah ditunjukkan pada Gambar 1.17.



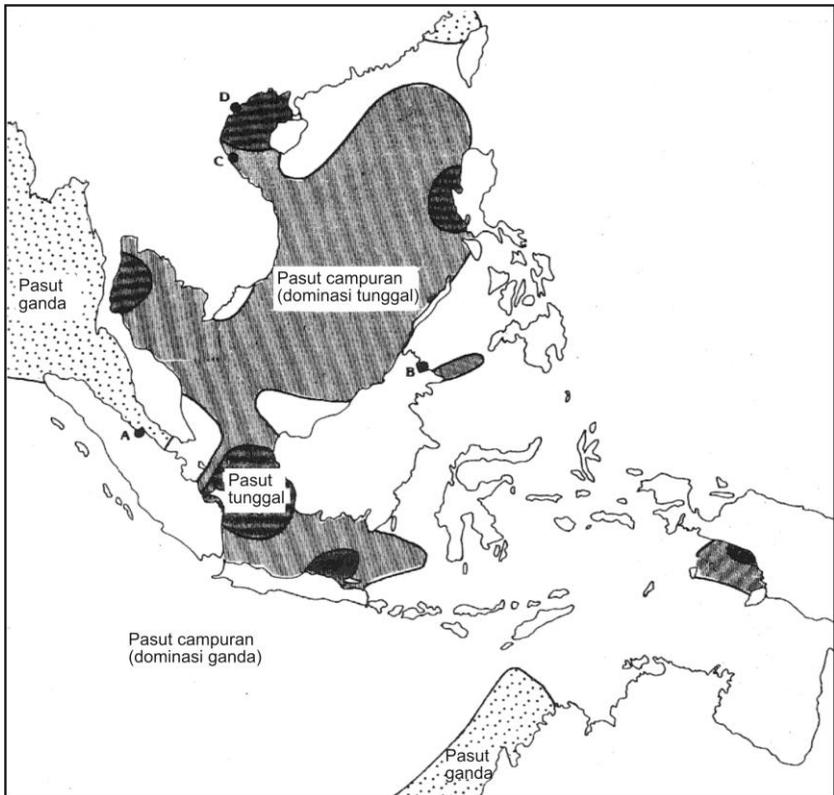
Gambar 1.17
Posisi Bulan-Matahari-Bumi
Saat Terjadi Pasang Tertinggi dan Pasang Terendah (Garrison, 2006)

Pasang surut memberikan pengaruh terhadap kehidupan biota laut khususnya yang hidup di wilayah pantai. Pasang surut di muka bumi tidak hanya dipengaruhi oleh bulan dan matahari, namun ada faktor lain perlu diperhatikan, antara lain:

1. Tingkah laku dari gerakan air.
2. Berubahnya kecondongan bulan dan matahari mengakibatkan perbedaan tinggi paras air pasang di siang dan malam hari. Kecondongan ini mengakibatkan ketidaksamaan jarak waktu dari air pasang dan air surut berikutnya maupun antara air surut dan air pasang berikutnya.
3. Perubahan jarak antara bulan dan bumi selama bulan berputar mengelilingi bumi menyebabkan gaya atraktifnya berubah-ubah juga.
4. Berubahnya jarak antara matahari dan bumi selama bumi mengelilingi matahari juga menyebabkan berubahnya gaya atraktif matahari.

5. Susunan dan letak antara daratan dan lautan juga mempengaruhi pasang surut.
6. Pasang surut dapat dipengaruhi oleh angin yang keras. Angin yang keras ke pantai biasanya dapat menimbun massa air ke pantai dan dapat menambah tinggi paras air pada saat pasang atau rendahnya paras air pada saat surut.
7. Amplitudo pasang surut berbeda-beda menurut letak daerahnya di permukaan bumi. Amplitudo kecil terjadi pada pulau-pulau yang terletak di tengah laut.
8. Arus pasang surut saat memasuki selat yang sempit akan menyebabkan penimbunan massa air sehingga paras laut saat pasang menjadi lebih tinggi daripada biasanya.

Indonesia memiliki empat jenis pasang surut yakni pasang surut semi diurnal (pasut harian ganda) yaitu dua kali pasang dan dua kali surut dalam 24 jam; pasut diurnal atau pasut harian tunggal (satu kali pasang dan satu kali surut dalam 24 jam); campuran keduanya dengan jenis dominan ganda dan campuran keduanya dengan jenis dominan tunggal. Sebaran pasang surut di wilayah ASEAN ditunjukkan pada Gambar 1.18. Jenis pasang surut harian tunggal misalnya terjadi di perairan sekitar Selat Karimata (Sumatra dan Kalimantan). Pasang surut harian ganda misalnya terjadi di perairan Selat Malaka sampai ke Laut Andaman. Pasang surut campuran dominan ganda (*mixed tide, prevailing semidiurnal*) misalnya terjadi di sebagian besar perairan Indonesia bagian timur. Sedangkan jenis campuran dominan tunggal (*mixed tide, prevailing diurnal*) contohnya terjadi di pantai selatan Kalimantan dan pantai utara Jawa Barat.



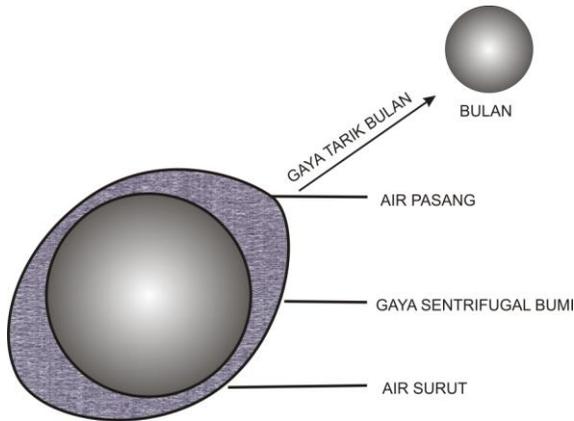
Gambar 1.18
Peta Jenis Pasang Surut di Perairan ASEAN
(Romimohtarto dan Juwana, 1999)

Kisaran pasang-surut (*tidal range*), merupakan perbedaan tinggi muka air pada saat pasang maksimum dengan tinggi air pada saat surut minimum. Rata-rata kisaran pasang surut antara 1 m hingga 3 m. Akan tetapi ditemukan kisaran yang terbesar di dunia seperti yang terjadi di Teluk Fundy (Kanada) yang mencapai sekitar 20 m. Namun sebaliknya di Pulau Tahiti, di tengah Samudra Pasifik, kisaran pasang surutnya kecil, tidak lebih dari 0,3 m, sementara di Laut Tengah hanya berkisar 0,10-0,15 m. Kisaran pasang surut di perairan Indonesia sebagai contoh dapat misalnya di Tanjung Priok (Jakarta) kisarannya hanya sekitar 1 m, Ambon sekitar 2 m, Bagan Siapi-api sekitar 4 m, sedangkan yang kisaran tertinggi terjadi di muara Sungai Digul

dan Selat Muli di dekatnya (Irian Jaya bagian selatan) yaitu bisa mencapai sekitar 7-8 m (Nontji, 2007).

Pasang terutama disebabkan oleh gaya tarik menarik oleh dua tenaga yang terjadi di lautan. Gaya tersebut berasal dari gaya sentrifugal yang disebabkan oleh perputaran bumi pada sumbunya dan gaya tarik bulan (Hutabarat dan Evans, 1986). Gaya tarik yang terjadi di bagian permukaan bumi tidak merata. Gaya lebih kuat terjadi pada daerah yang lebih dekat dengan bulan, sehingga gaya yang terbesar berada pada bagian bumi yang terdekat dengan bulan dan gaya yang paling lemah pada bagian yang terjauh dari bulan (Hutabarat dan Evans, 1986).

Permukaan bumi sebagian besar tertutup air akibat adanya gaya pembangkit pasang ada dua tonjolan massa air di mana satu bagian terdapat pada permukaan bumi yang dekat dengan bulan dan tonjolan lainnya terdapat pada sisi yang paling jauh dari bulan (Gambar 1.19).



Gambar 1.19
Dua Buah Tonjolan Massa Air di Permukaan Bumi
(Hutabarat dan Evans, 1986)

Pada Gambar 1.19, tonjolan terbentuk karena adanya gaya tarik bulan yang relatif kuat menarik massa air yang terdapat di sisi bumi yang langsung menghadap ke arah bulan. Sementara itu di sisi lain juga terdapat tonjolan disebabkan gaya tarik bulan pada sisi ini relatif lebih lemah daripada gaya sentrifugal bumi, sehingga tenaga yang ditimbulkan mendorong massa air ke

arah luar dari permukaan bumi. Dua tonjolan itu merupakan dua daerah yang mengalami pasang tinggi (Hutabarat dan Evans, 1986).

F. pH

pH merupakan konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam air, yang besarnya dinyatakan dalam minus logaritma dari konsentrasi ion H . Keberadaan ion hidrogen menggambarkan derajat keasaman. Derajat keasaman (pH) berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Besaran pH berkisar antara 0-14, nilai pH kurang dari 7 menunjukkan lingkungan yang asam sedangkan nilai di atas 7 menunjukkan lingkungan yang basa, untuk $pH = 7$ disebut sebagai netral. Sebagian besar hewan akuatik sensitif terhadap perubahan pH. pH yang disukai biota akuatik berkisar antara 7-8,5. Perubahan nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan. Pada pH netral, umumnya bakteri dapat tumbuh dengan baik, sedangkan jamur menyukai pH yang rendah. Oleh karena itu proses dekomposisi bahan organik dapat berlangsung dengan cepat pada kondisi pH netral dan alkalis (Effendi, 2003).

Perairan laut maupun pesisir memiliki pH relatif lebih stabil dan berada dalam kisaran yang sempit, biasanya berkisar antara 7,7-8,4. pH dipengaruhi oleh kapasitas penyangga (*buffer*) yaitu adanya garam-garam karbonat dan bikarbonat yang dikandungnya (Nybakken, 1992). Toleransi untuk kehidupan akuatik terhadap pH bergantung kepada banyak faktor meliputi suhu, konsentrasi oksigen terlarut, adanya variasi bermacam-macam anion dan kation, jenis dan daur hidup biota. Perairan basa (7-9) merupakan perairan yang produktif dan berperan mendorong proses perubahan bahan organik dalam air menjadi mineral-mineral yang dapat diasimilasi oleh fitoplankton.

Tidak optimalnya pH air akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangbiakan ikan. pH air berfluktuasi mengikuti kadar CO_2 terlarut dan memiliki pola hubungan terbalik. Semakin tinggi kandungan CO_2 perairan, maka pH akan menurun dan demikian pula sebaliknya. Fluktuasi ini akan berkurang apabila air mengandung garam $CaCO_3$

Saat matahari bersinar terjadi pelepasan oksigen oleh proses fotosintesis yang berlangsung secara intensif pada lapisan eufotik lebih besar daripada oksigen yang dikonsumsi melalui proses respirasi. Kadar oksigen terlarut ini dapat melebihi kadar oksigen jenuh (saturasi) sehingga perairan akan

mengalami super saturasi. Karbon berasal atmosfer dan perairan terutama lautan. Laut mengandung lima puluh kali lebih banyak daripada karbon di atmosfer. Perpindahan karbon dari atmosfer ke laut terjadi melalui proses difusi. Oleh karena itu karbon yang terdapat di laut dapat berpengaruh terhadap karbondioksida di atmosfer (Effendi, 2003).

Terkait dengan pH, hubungannya dengan karbondioksida dalam perairan dapat terjadi asidifikasi. Asidifikasi itu sendiri merupakan proses turunnya kadar pH air laut yang terjadi akibat penyerapan karbondioksida di atmosfer akibat dari kegiatan manusia (seperti penggunaan bahan bakar fosil). Proses asidifikasi secara sederhana adalah karbon dioksida dari pembakaran bahan bakar fosil terakumulasi dalam atmosfer, menyebabkan pemanasan global, kemudian berpengaruh terhadap perairan. Karbon dioksida yang diserap oleh laut kemudian bereaksi dengan air laut membentuk asam karbonat dan meningkatkan keasaman air laut. karbondioksida dapat berasal dari berbagai aktivitas, di antaranya hasil buangan industri, peternakan, kendaraan, pembukaan lahan; dapat dikatakan bahwa sesuatu yang sifatnya menghasilkan energi dapat menghasilkan gas ini. Bahkan manusia juga menyuplai CO₂ melalui proses pernapasan. Asidifikasi secara tidak langsung dapat menghancurkan ekosistem laut dan mengancam produktivitas perikanan. Hal tersebut terjadi karena berkurangnya persediaan karbonat, sebagai zat yang digunakan oleh puluhan ribu spesies hewan laut untuk membentuk cangkang dan tulang (kerangka). Dampak yang dapat ditimbulkan akibat Asidifikasi antara lain air laut menjadi korosif dan dapat melarutkan cangkang (jika keasaman lautan cukup tinggi), melemahkan pertumbuhan hewan laut dan terumbu karang beserta jutaan spesies hewan laut yang bergantung kepadanya. Asidifikasi samudra dapat mengganggu efektivitas organisme laut dalam melakukan reproduksi. Proses pengasaman tersebut dapat mengganggu indra penciuman spesies laut.

G. SALINITAS

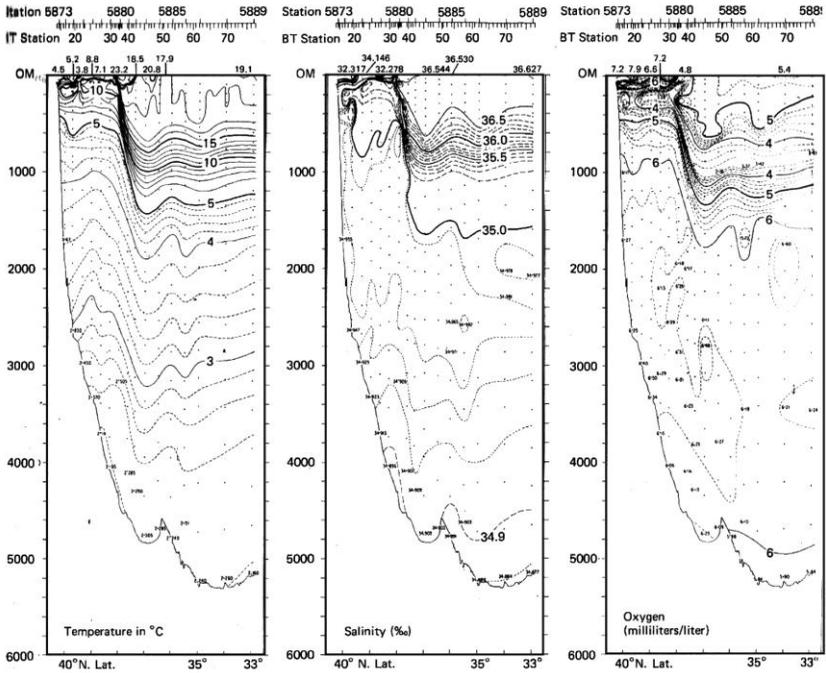
Salinitas merupakan kadar garam yang terkandung di perairan. Salinitas dapat didefinisikan menjadi jumlah total material solid terlarut dalam 1 kilogram air saat seluruh karbon dikonversi menjadi oksida, seluruh bromin dan iodin digantikan oleh klorin dan seluruh organik *matter* sudah teroksidasi (Thurman, 1993). Garam di laut berasal dari dasar laut karena proses rembesan dari kulit bumi di dasar laut yang berbentuk gas. Bersama gas ini

terlarut juga hasil kikisan kerak bumi dan air dalam perbandingan yang tetap sehingga terbentuk garam di laut. Zat-zat terlarut tersebut dapat dibagi menjadi empat kelompok (Romimohtarto dan Juwana, 1999):

1. Konstituen utama : Cl, Na.SO₂ dan Mg
2. Gas terlarut : CO₂, N₂ dan O₂
3. Unsur hara : Si, N dan P
4. Unsur runut : I, Fe, Mn, Pb dan Hg

Salinitas di laut umumnya merupakan sejumlah garam terlarut (gram) dalam 1000 gram air laut. Salinitas di laut bervariasi antara 33‰ - 38‰ dengan rata-rata adalah 35‰. Salinitas air laut mengalami perbedaan karena pengaruh evaporasi dan presipitasi, *run off* dari sungai, pendinginan maupun pencairan es. Di daerah dengan evaporasi yang tinggi (sebagai contoh Laut Merah), salinitas dapat mencapai 40‰, tetapi yang dekat dengan muara sungai akan rendah yaitu sekitar 20‰. Pada umumnya salinitas tinggi terjadi di ekuator (Bhatt, 1978).

Salinitas di perairan bervariasi tergantung kedalaman. Perubahan salinitas yang besar terjadi antara 100 sampai 1000 meter. Pada zona ini variasi salinitas yang cepat disebut dengan lapisan haloklin. Perubahan salinitas yang cepat berhubungan dengan suhu dan oksigen terlarut (Gambar 1.20).



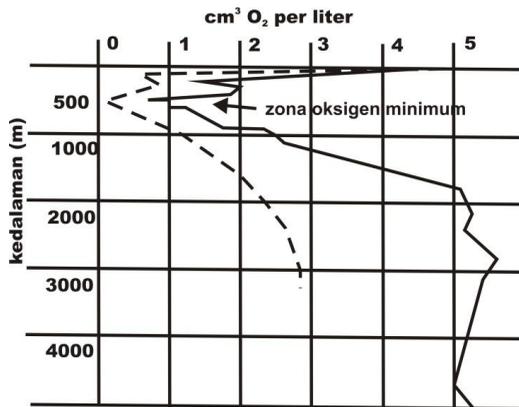
Gambar 1.20
Distribusi Salinitas, Suhu dan Oksigen Terlarut Berdasarkan Kedalaman
(Bhatt, 1978)

Pengukuran salinitas harus dilakukan dengan akurat. Salinitas laut dapat diukur dengan menggunakan *electrical conductivity* atau juga salinometer. Perairan laut mengalami pencampuran dengan baik dan kelimpahan komponen esensial relatif konstan, kondisi ini membuat pengukuran kimia pada salinitas menjadi sederhana. Adanya komposisi yang konstan, maka penting untuk mengukur konsentrasi pada satu pada salinitas pada contoh air.

H. OKSIGEN TERLARUT

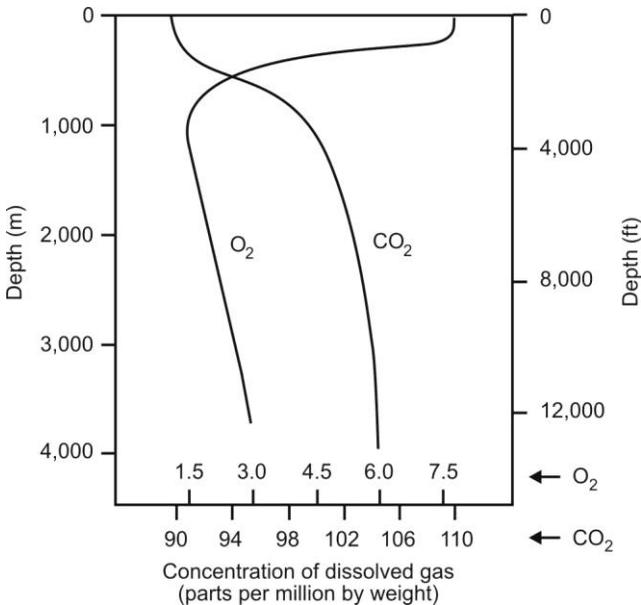
Oksigen merupakan salah satu gas yang terlarut di dalam air. Oksigen terlarut merupakan banyaknya oksigen yang terlarut dalam air. Kadar oksigen yang terlarut di perairan bervariasi, tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi dan tekanan atmosfer. Kadar oksigen terlarut semakin kecil saat suhu dan

ketinggian semakin besar, serta tekanan atmosfer semakin kecil. Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fotosintesis. Oksigen terlarut akan berkurang karena berkurangnya fotosintesis akibat terbatasnya cahaya matahari yang masuk ke perairan. Kadar terendah cahaya matahari pada kedalaman 500-1.000 m. Di bawah zona tersebut kadar oksigen akan kembali meningkat. Oleh karena itu kedalaman memberikan pengaruh terhadap kadar oksigen (Gambar 1.21).



Gambar 1.21
Pengaruh Kedalaman Terhadap Kadar Oksigen Terlarut

Sekitar 30% gas terlarut di perairan laut adalah oksigen, tetapi sekitar 100 kali bahkan lebih oksigen di atmosfer lebih besar daripada yang terlarut di lautan. Rata-rata 6 mg oksigen terlarut pada setiap liter air laut (6 per *million* oksigen per liter air laut, oleh berat). Sejumlah kecil oksigen sangat dibutuhkan oleh hewan dan organisme lain yang hidup di perairan. Sumber oksigen terlarut di laut karena aktivitas fotosintesis tanaman dan organisme lain yang menyerupai tanaman dan difusi oksigen dari atmosfer (Garrison, 2006) (Gambar 1.22).



Gambar 1.22
Konsentrasi Oksigen dan Karbondioksida Terhadap Kedalaman
(Garrison, 2006)

Oksigen di dekat permukaan melimpah karena adanya aktivitas fotosintesis oleh tanaman laut. Konsentrasi oksigen menurun seiring dengan menurunnya lapisan cahaya karena adanya respirasi organisme laut dan bakteri. Di sisi lain tanaman menggunakan karbondioksida untuk fotosintesis sehingga kadar karbondioksida di permukaan relatif rendah. Fotosintesis tidak dapat terjadi di tempat gelap, sementara itu CO₂ yang dihasilkan oleh hewan dan bakteri dihasilkan oleh kedalaman yang tidak ada cahaya. Kadar CO₂ juga meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman sebab adanya peningkatan tekanan dan penurunan suhu (Garrison, 2006).

I. NUTRIEN

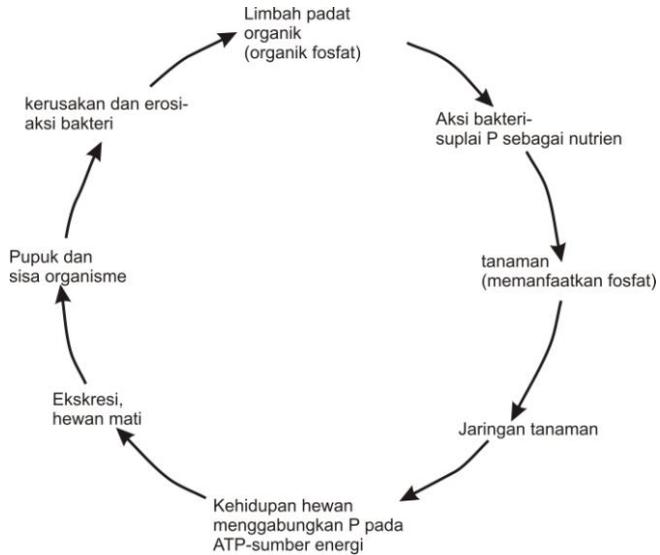
Nutrien merupakan unsur atau senyawa kimia yang digunakan untuk metabolisme atau fisiologi organisme. *Nutrien* merupakan komponen yang dibutuhkan untuk memproduksi bahan organik (Garrison, 2006). Beberapa nutrisi dibutuhkan untuk membantu pertumbuhan organisme, beberapa

menghasilkan bahan kimia yang secara langsung menjadi energi dan beberapa fungsi lain. *Nutrien inorganik* dihasilkan pada produktivitas primer termasuk nitrogen (seperti Nitrat, NO_3^-) dan Fosfor (seperti Fosfat, PO_4^{3-}). Tanaman melakukan fertilisasi membutuhkan nitrat dan fosfor. Nitrogen dan fosfor sering habis karena adanya eutrofikasi saat produksi tinggi dan reproduksi yang cepat. Sedikitnya pasokan silikat terlarut, kalsium dan *trace* elemen seperti *iron*, magnesium, *cope* yang digunakan dalam enzim, vitamin dan molekul besar lainnya. Tanaman laut tidak punya andil untuk siklus nutrisi (Garrison, 2006).

Hampir semua unsur kimia, terutama yang penting untuk kehidupan, seperti karbon, fosfor, nitrogen dan sulfur yang mengalir dalam biosfer dari lingkungan untuk organisme akan kembali ke lingkungan. Peredaran elemen ini dikenal dengan siklus biogeokimia (Modul 2). Ini merupakan serangkaian arus bolak-balik reaksi kimia organik dan anorganik dari elemen (Bhatt, 1978). Arus bolak-balik tersebut biasa disebut dengan siklus nutrisi. Di sini akan sedikit dijelaskan mengenai siklus nitrogen, fosfor, sulfur dan karbon.

1. Siklus Nitrogen

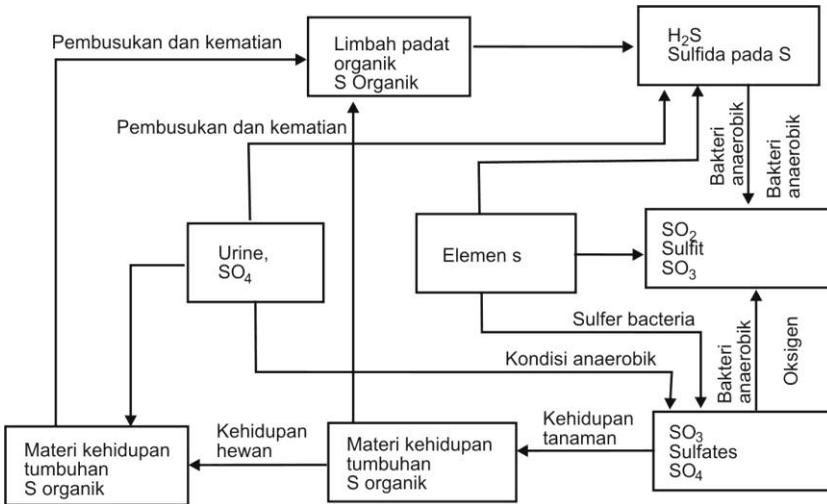
Siklus nitrogen merupakan aliran kompleks nitrogen dari lingkungan ke organisme dan kembali lagi ke lingkungan (Gambar 1.23). Pada siklus ini molekul protein dalam biota dipecah menjadi bentuk anorganik oleh *dekomposer* terutama bakteri denitrifikasi. Hasilnya menjadi nitrat, yang merupakan bentuk paling mudah dikonsumsi oleh tumbuhan hijau. Kemudian bakteri merombak nitrat menjadi gas amonia. Nitrogen pun kembali ke atmosfer dalam bentuk amonia. Bakteri kemudian memperbaiki nitrogen dan memanfaatkan nitrogen dari lingkungan yang telah disediakan oleh tanaman sebagai nutrisi (Bhatt, 1978).



Gambar 1.24
Siklus Fosfor (Bhatt, 1978)

3. Siklus Sulfur

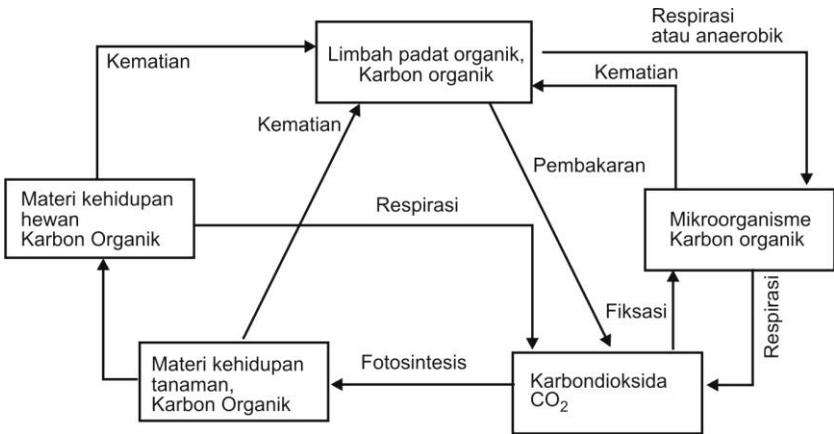
Sulfur dalam perairan merupakan sulfat, dimanfaatkan oleh tanaman dalam bentuk pengurangan. Sulfur dimanfaatkan oleh asam amino tertentu kemudian dikonversi menjadi protein. Protein dikonsumsi oleh tanaman dan hewan dan dikeluarkan dalam bentuk ekskresi. Saat limbah organik di dekomposisi oleh bakteri, terbentuk hidrogen sulfida. Beberapa hidrogen sulfida teroksidasi menjadi sulfat oleh bakteri sulfur, kemudian sisanya teroksidasi secara aerobik. Sulfat di dalam air sekali lagi dimanfaatkan oleh tanaman dan siklus sulfur pun lengkap (Bhatt, 1978) (Gambar 1.25).



Gambar 1.25
Siklus Sulfur (Bhatt, 1978)

4. Siklus Karbon

Siklus karbon diawali dengan berpindahnya karbon dari atmosfer karena fotosintesis (Gambar 1.26). Dalam proses fotosintesis, karbondioksida diserap, dan melepaskan oksigen. Karbon diambil dari atmosfer saat mereduksi bahan organik untuk digunakan oleh hewan. Bakteri dan jamur mendekomposisi sebagian besar bahan organik dari hewan dan tanaman yang mati. Produksi bahan organik yang dihasilkan sebaik produksi yang dihasilkan dari ekskresi hewan. Karbondioksida dimanfaatkan kembali kemudian kembali lagi ke atmosfer.



Gambar 1.26
Siklus Karbon (Bhatt, 1978)

Karbon dioksida ditarik dari atmosfer kemudian dilarutkan dalam bentuk karbonat dan bikarbonat dalam air khususnya di laut. Karbonat di laut di kombinasi dengan ion kalsium terlarut dan dengan kondisi sedikit alkalin (pH=7.8), presipitasi oleh kalsium karbonat. Presipitasi kalsium karbonat sebagian besar pada kondisi pH dan aktivitas biologi. Deposit biologi pada kerang, karang dan moluska. Karbon dalam bentuk karbondioksida dilepas ke atmosfer.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan hubungan masa jenis air laut dengan suhu!
- 2) Jelaskan sebaran suhu air laut secara vertikal dan geografis!
- 3) Jelaskan pola arus dan faktor-faktor yang mempengaruhi pergerakannya!
- 4) Jelaskan proses terjadi pasang surut air laut!
- 5) Jelaskan sebaran konsentrasi oksigen di perairan laut, dan hubungannya dengan karbondioksida!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk dapat menjawab pertanyaan di atas dengan baik, perhatikanlah rambu-rambu jawaban berikut.

- 1) Untuk menjawab pertanyaan ini, Anda harus mempelajari karakteristik fisik air laut, faktor lingkungan yang mempengaruhi massa jenis air laut.
- 2) Coba Anda pelajari faktor-faktor yang mempengaruhi suhu air laut, bagaimana sebaran suhu pada lapisan air yang lebih dalam. Iklim juga akan mempengaruhi suhu air laut.
- 3) Coba Anda pelajari tentang pergerakan air, faktor apa saja yang menyebabkan air bergerak dengan kecepatan dan arah tertentu.
- 4) Coba Anda baca pada bagian pasang surut yang menjelaskan naik turunnya permukaan air laut. Bagaimana perubahan permukaan air laut selalu berubah? Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhinya?
- 5) Coba Anda pelajari proses larutnya oksigen di dalam air laut! Pengikatan unsur kimia yang membentuk senyawa-senyawa tertentu menyebabkan konsentrasi oksigen berhubungan terbalik dengan karbondioksida.



RANGKUMAN

Air laut memiliki sifat fisik maupun kimia. Sifat fisik air laut terdiri dari massa jenis air laut, suhu, arus, gelombang dan pasang surut. Sementara itu sifat kimia air laut seperti pH, salinitas, oksigen terlarut dan nutrisi. Massa jenis air laut merupakan massa air laut per unit volum, biasanya satuannya adalah gram per sentimeter kubik (gr/cm^3) (Thurman, 1993). Massa jenis air laut dipengaruhi oleh temperatur, salinitas dan tekanan.

Suhu merupakan respons objek terhadap masukan atau keluaran panas (Garrison, 2006). Suhu permukaan laut dipengaruhi curah hujan, penguapan, kelembaban udara, suhu udara, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari. Secara vertikal sebaran suhu terbagi menjadi *mixed layer* atau lapisan campuran, termoklin (tengah), dan lapisan dingin (bawah). Suhu di bawah permukaan dipengaruhi kedalaman, sirkulasi udara, turbulensi, lokasi geografi, dan jarak dari sumber panas (Bhatt, 1978).

Arus dipengaruhi oleh angin. Angin mendorong permukaan air, namun air tidak berpindah dengan arah yang sama dengan angin, tetapi membentuk sudut 45° (Castro dan Huber, 2000). Air yang berada di

lapisan bawah berbelok ke kanan dari arah arus permukaan karena gaya coriolis. Arus permukaan yang dihasilkan oleh angin bukan hanya dipengaruhi oleh gaya coriolis tetapi juga dipengaruhi oleh gravitasi (Bhatt, 1978), biasa disebut arus geostropik. Tiga arus utama dunia yaitu *Antartic Circumpolar Current*, aliran air di daerah ekuator yang mengalir dari arah barat ke timur tetapi mereka dibatasi oleh arus–arus sejajar yang mengalir dari timur ke barat baik di belahan bumi utara maupun di belahan bumi selatan, dan *Gyre*.

Gelombang sebagian ditimbulkan oleh dorongan angin di atas permukaan laut dan tekanan tangensial pada partikel air. Gelombang terdapat panjang gelombang dan tinggi gelombang. Jenis gelombang yaitu gelombang pecah atau *surf*, gelombang tumpah atau *spilling breaker*, gelombang *plunging breaker* dan *surgin breaker* (Rohmimohtarto dan Juwana, 1999).

Pasang surut merupakan gerakan naik turunnya muka air laut secara periodik yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari. Jenis pasang surut di Indonesia yaitu pasut harian ganda, pasut harian tunggal, campuran dominan ganda dan campuran dominan tunggal.

Derajat keasaman (pH) berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Perubahan nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan.

Salinitas merupakan jumlah total material solid terlarut dalam 1 kilogram air saat seluruh karbon dikonversi menjadi oksida, seluruh bromin dan iodin digantikan oleh klorin dan seluruh organik *matter* sudah teroksidasi (Thurman, 1993). Salinitas di perairan bervariasi tergantung kedalaman. Perubahan salinitas yang besar terjadi antara 100 sampai 1.000 meter.

Oksigen terlarut merupakan banyaknya oksigen yang terlarut dalam air. Kadar oksigen terlarut tergantung suhu, salinitas, turbulensi dan tekanan atmosfer. Oksigen di permukaan melimpah karena adanya aktivitas fotosintesis oleh tanaman laut. Konsentrasi oksigen menurun seiring dengan menurunnya lapisan cahaya karena adanya respirasi organisme laut dan bakteri.

Nutrien merupakan komponen yang dibutuhkan untuk memproduksi bahan organik (Garrison, 2006). Beberapa nutrisi dibutuhkan untuk membantu pertumbuhan organisme, beberapa menghasilkan bahan kimia yang secara langsung menjadi energi dan beberapa fungsi lain. Nutrien anorganik dihasilkan pada produktivitas primer termasuk nitrogen (seperti Nitrat, NO_3^-) dan Fosfor (seperti Fosfat, PO_4^{3-}).

**TES FORMATIF 1** _____

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Massa jenis air laut merupakan pengukuran masa air laut pada
 - A. periode waktu tertentu
 - B. volume tertentu
 - C. luas area tertentu
 - D. suhu tertentu

- 2) Suhu menjadi faktor fisik yang sangat penting di laut. Suhu dapat mempengaruhi massa air tertentu bersama salinitas dan bersama tekanan dapat menentukan densitas air laut. Air berdensitas rendah berada di lapisan
 - A. atas bercampur dengan air berdensitas rendah
 - B. bawah dan air berdensitas tinggi akan berada di lapisan atasnya
 - C. atas dan air dengan densitas tinggi akan berada di lapisan bawahnya.
 - D. bawah bercampur dengan air berdensitas rendah

- 3) Arus air laut terjadi disebabkan oleh beberapa faktor. Arus permukaan yang dihasilkan oleh angin bukan hanya dipengaruhi oleh gaya *coriolis* tetapi juga dipengaruhi oleh gravitasi. Ketika terjadi arus yang disebabkan oleh gaya *coriolis* dan gaya gravitasi, ini disebut arus
 - A. geostropik
 - B. dingin
 - C. hangat
 - D. dasar

- 4) Gelombang merupakan permukaan air yang tidak rata yang menimbulkan riak yang disebabkan sebagian besar oleh
 - A. suhu
 - B. arus
 - C. gempa bumi
 - D. angin

- 5) Pasang surut merupakan gerakan naik turunnya muka air laut secara periodik yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari. Tipe pasang surut ditentukan oleh faktor-faktor berikut, *kecuali*
- A. bulan dan matahari
 - B. suhu dan salinitas
 - C. angin dan arus
 - D. bulan dan bumi
- 6) Keberadaan ion hidrogen menggambarkan nilai pH yang merupakan derajat keasaman. Derajat keasaman (pH) berkaitan erat dengan
- A. salinitas dan suhu
 - B. salinitas dan karbon
 - C. karbondioksida dan alkalinitas
 - D. alkalinitas dan suhu
- 7) Salinitas merupakan kadar garam yang terkandung di perairan. Zat-zat terlarut di dalam air laut yang menentukan salinitas adalah sebagai berikut, *kecuali*
- A. konstituen utama : Cl, Na₂SO₄ dan Mg
 - B. gas terlarut : CO₂, N₂ dan O₂
 - C. unsur hara : Si, N dan P
 - D. unsur logam : Zn, Fe dan Pb
- 8) Sumber oksigen terlarut dalam air laut dapat berasal dari
- A. difusi oksigen yang terdapat di atmosfer dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air
 - B. penguraian bahan organik
 - C. proses pemangsa dan hasil dari proses rantai makanan
 - D. air hujan dan sedimentasi
- 9) Nutrien merupakan unsur atau senyawa kimia yang digunakan untuk metabolisme atau fisiologi organisme dalam memproduksi bahan organik. Unsur-unsur penting dalam siklus nutrien adalah sebagai berikut, *kecuali*
- A. Nitrogen
 - B. Fosfor

- C. Carbon
- D. Silikat

- 10) Oksigen di dekat permukaan melimpah karena
- A. adanya aktivitas fotosintesis oleh alga laut (fitoplankton)
 - B. berlimpahnya sinar matahari
 - C. banyaknya tiupan angin
 - D. kelimpahan biota tinggi

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

- Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
 80 - 89% = baik
 70 - 79% = cukup
 < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

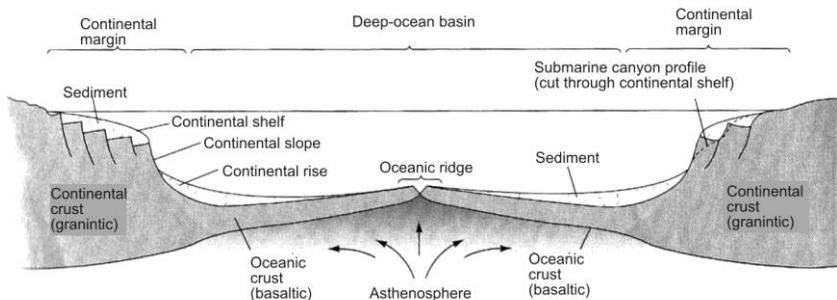
KEGIATAN BELAJAR 2

Sistem Zonasi

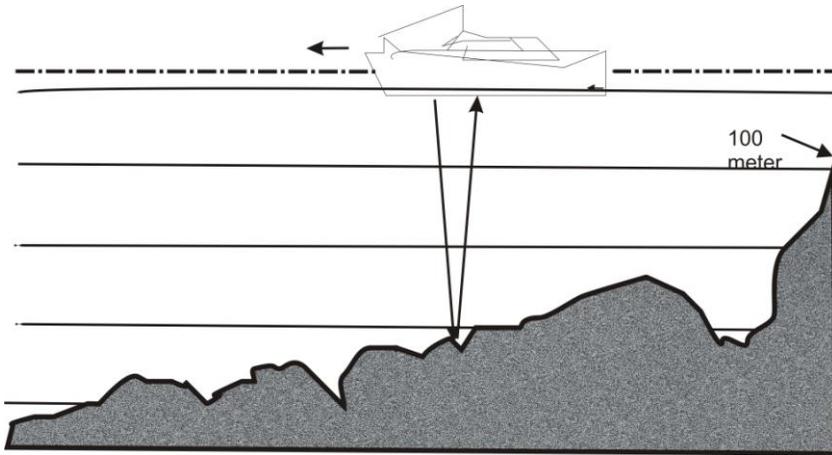
Dalam mengenal lingkungan laut perlu mengetahui tentang sistem zonasi. Pada bagian sistem zonasi ini, akan dipelajari mengenai tipologi dasar laut, sistem zonasi lingkungan secara horizontal dan sistem zonasi lingkungan secara vertikal. Tipologi dasar laut akan menjelaskan pembagian dasar laut berdasarkan tipe substrat. Pembagian laut secara horizontal adalah pembagian daerah laut berdasarkan jarak dengan garis pantai, sedangkan pembagian laut secara vertikal adalah pembagian daerah laut berdasarkan kedalaman air laut.

A. TIPOLOGI DASAR LAUT

Dasar laut merupakan hasil dari kombinasi aktivitas tektonik, proses erosi dan deposit (Garrison, 2006). Dasar laut terbagi atas Dasar Laut Tepi (*Deep ocean Margin*) dan Dasar Laut Dalam (*Deep-Ocean Basin*) (Garrison, 2006) (Gambar 1.27). Tipe topografi dasar laut biasanya ditemukan paparan (*shelf*) yang dangkal, depresi yang dalam dengan berbagai bentuk (basin, palung), berbagai bentuk elevasi berupa punggung (*rise, ridge*), gunung bawah air (*sea mount*), terumbu karang, dan sebagainya (Gambar 1.28).



Gambar 1.27
 Bagian Khas Dasar Laut (Garrison, 2006)



Gambar 1.28
Contoh Profil Dasar Laut (Nontji, 2007)

Perairan Indonesia, berdasarkan kedalaman laut terbagi menjadi dua, yaitu perairan dangkal berupa paparan dan perairan laut dalam. Dasar laut memiliki beberapa macam tipe substrat. Dasar perairan yang umum ditemui adalah lumpur, pasir, batu atau cadas dan sedimen lainnya. Berdasarkan tipe dasar tersebut, maka dasar laut terbagi menjadi (Romimohtarto dan Juwana, 1999):

1. Zona Lumpur

Zona ini terjadi karena adanya aliran air yang mengandung lumpur dari darat. Lumpur yang terbawa tersebut mengendap di perairan teluk atau estuari. Kandungan oksigen yang ada di lingkungan ini rendah karena partikel lumpur padat sehingga tidak ada pertukaran oksigen dengan udara, serta proses dekomposisi oleh detritor yang menggunakan oksigen. Organisme yang mampu hidup di zona ini adalah bakteri. Kegiatan yang terjadi di bawah lumpur merupakan kegiatan tanpa oksigen yang biasa disebut anaerobik.

2. Zona Pasir

Partikel pasir lebih besar daripada partikel lumpur. Dasar laut berpasir memungkinkan untuk pertukaran oksigen sampai lapisan bawah dasar pasir

karena air mengalir di antara partikel–partikel pasir. Hewan yang mampu hidup di zona ini dilengkapi cangkang yang kuat, mampu bergerak bersama butiran pasir atau menggali bawah permukaan untuk menghindari penggerusan.

3. Zona Cadas atau Batu

Pada zona ini, banyak biota laut yang mampu menyesuaikan diri. Oksigen di daerah cadas ini bagus. Banyak terdapat makanan dan tempat berlindung. Organisme yang hidup di sini umumnya melekat. Ada juga yang melubangi dasar cadas, melekat dengan kaki hisapnya (beberapa jenis keong), bersembunyi di sela–sela alat pelekat alga (sejenis cacing) atau melekatkan diri pada batu (seperti teritip). Jenis hewan yang hidup di zona ini didominasi oleh jenis herbivora atau *grazer* karena alga berlimpah di permukaan batu.

4. Zona Timbunan

Timbunan merupakan buatan manusia yang terdiri dari kayu darmaga, galangan kapal dan bangunan–bangunan buatan manusia lainnya. Lingkungan ini dianggap sebagai lingkungan terpisah karena menunjang jenis kehidupan yang tidak terdapat di lingkungan lain, sebagai contoh adalah *Teredo* (tiram pengebor).

Di dasar laut terdapat *Abyssal Plain* yang ditemukan pada kedalaman 3000–6000 meter. Sekitar 40% dasar laut dan ditemukan hampir di seluruh lautan dan beberapa laut di dunia. Umumnya *abyssal plain* merupakan turunan sedimen dengan pasokan yang besar. Karena pasokan sedimen yang besar tersebut menimbun dan membuat topografi berbentuk datar. Dasar laut sering dicirikan dengan sedikitnya relief yang rendah (300–600 meter) dengan diameter 7–10 kilometer. Selain *abyssal plain* juga terdapat *abyssal hill*. *Abyssal hill* dibentuk oleh kerak. Pada umumnya di Samudra Pasifik miskin pasokan sedimen (Bhatt, 1978).

B. ZONASI PERAIRAN LAUT SECARA HORIZONTAL

Perairan laut dapat terbagi secara horizontal. Secara horizontal perairan laut terbagi menjadi dua yaitu Zona neritik dan oseanik (Gambar 1.29). Zona

neritik meliputi paparan benua, sedangkan zona oseanik merupakan laut lepas.

1. Zona Neritik

Zona neritik merupakan zona yang berada di paparan benua, dihuni oleh biota laut yang berbeda dengan zona oseanik. Perbedaan tersebut disebabkan oleh kandungan (a) zat hara di zona neritik yang melimpah, (b) sifat kimia perairan neritik berbeda dengan perairan oseanik karena berbedanya zat terlarut yang dibawa ke laut dari daratan (c) perairan neritik sangat berubah-ubah baik dalam waktu maupun ruang, jika dibandingkan dengan perairan oseanik. Penembusan cahaya, kandungan sedimen dan energi fisik dalam kolom air berbeda antara zona neritik dan zona oseanik.

Zona neritik memiliki kelimpahan dan keragaman biota lebih tinggi dibandingkan dengan zona oseanik. Hal ini disebabkan zona ini lebih dinamis, nutrien berlimpah sehingga lebih subur, dan sinar matahari masuk ke kolom air sehingga fotosintesis menghasilkan makanan bagi hewan.

2. Zona Oseanik

Zona oseanik merupakan zona perairan yang terletak di luar landas benua. Zona ini umumnya memiliki kedalaman perairan yang dalam dan sinar matahari sudah sangat tipis hingga tidak ada cahaya matahari. Kandungan nutrien di zona ini rendah, sehingga kelimpahan biota tidak terlalu tinggi. Di daerah beriklim sedang yang memiliki empat musim terjadi pengangkatan massa air dari dasar laut (*upwelling*) karena perbedaan suhu pada lapisan atas dan bawah laut, sehingga zona oseanik pada daerah ini menjadi subur pada periode–periode tertentu. Hal ini tidak terjadi di perairan laut Indonesia, di mana suhu air laut relatif konstan sepanjang tahun. Kolom air di zona oseanik dibagi menjadi empat lapisan. Keempat lapisan itu antara lain: zona epipelagik, zona mesopelagik, zona batipelagik, dan zona abisopelagik.

C. ZONASI PERAIRAN LAUT SECARA VERTIKAL

Secara vertikal perairan laut terbagi atas zona fotik dan afotik jika berdasarkan pengaruh penetrasi cahaya matahari yang masuk ke kolom perairan. Zona fotik merupakan zona di mana cahaya matahari masih dapat

menembus perairan. Pada zona ini masih dapat melakukan fotosintesis. Selain itu pada zona ini juga terjadi berbagai macam proses fisik, kimia dan biologi yang dapat mempengaruhi distribusi unsur hara dalam perairan laut, penyerapan gas dari atmosfer, pertukaran gas yang dapat menyediakan oksigen bagi organisme laut. Pada umumnya zona fotik sampai kedalaman perairan 50–150 meter. Sementara itu, zona afotik merupakan zona yang sudah tidak dapat ditembus oleh sinar matahari. Zona ini berada pada keadaan gelap terus menerus, tidak mendapatkan cahaya matahari. Pada zona ini, sudah tidak dapat melakukan aktivitas fotosintesis. Selain itu, secara vertikal perairan laut dapat dibagi menjadi empat zona, yaitu zona epipelagik, zona mesopelagik, zona batipelagik, dan zona abisopelagik (Gambar 1.29). Penjelasan dari masing-masing zona tersebut akan dibahas sebagai berikut (Romimohtarto dan Juwana, 1999).

1. Zona Epipelagik

Zona yang terdiri dari permukaan hingga kedalaman 200 meter. Pada zona ini cahaya matahari masih dapat menembus perairan sehingga masih dapat melakukan fotosintesis.

2. Zona Mesopelagik

Zona mesopelagik terletak di bawah zona epipelagik hingga kedalaman 100^o meter (antara 200–1000 meter). Letak zona ini di bawah zona epipelagik menyebabkan zona ini tidak terdapat kegiatan yang menghasilkan produktivitas primer.

3. Zona Batipelagik

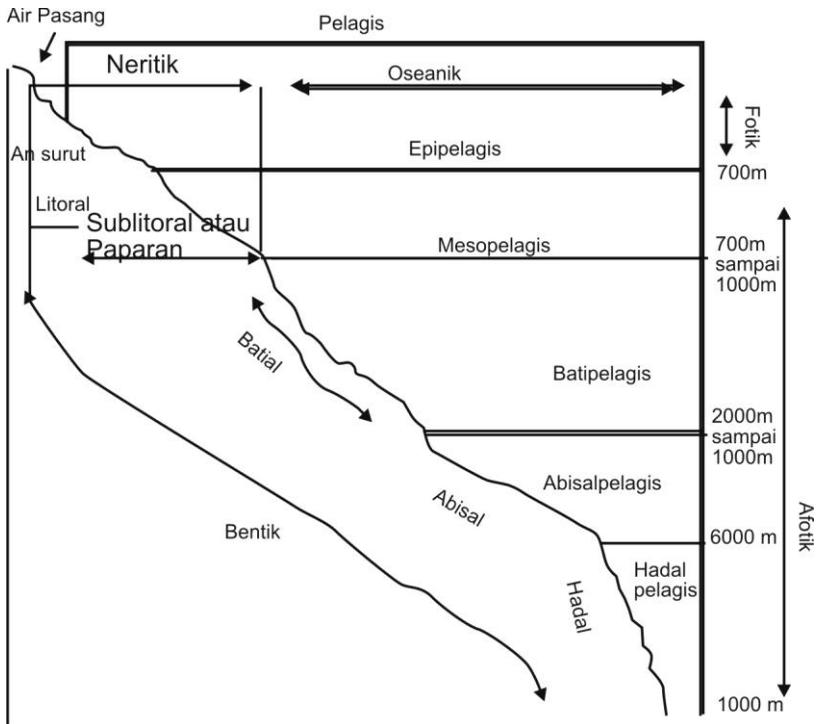
Zona batipelagik terletak pada kedalaman 1000 meter–4000 meter. Sifat-sifat fisik di zona ini relatif sama.

4. Zona Abisopelagik

Zona ini terdiri dari kedalaman 400^o meter hingga ke dasar laut. Pada zona ini tidak ada cahaya, suhunya dingin dan tekanan air tinggi. Pada zona ini tidak ada cahaya kecuali cahaya yang dihasilkan oleh hewan laut yang hidup di zona ini (bioluminesens). Tidak terjadi fotosintesis, tumbuhan yang hidup sangat sedikit bahkan tidak ada sama sekali. Zona ini memiliki kekhasan yaitu langkanya ketersediaan makanan.

Selain empat zona di atas (epipelagik, mesopelagik, batipelagik, dan abisopelagik), secara vertikal perairan laut juga dapat dibagi menjadi zona litoral, batial, abisal, dan hadal.

- a. Zona litoral, merupakan daerah yang mengalami perendaman dan pengeringan secara berkala akibat terjadinya proses pasang surut. Daerah litoral terletak antara batas tertinggi saat pasang dan batas terendah saat surut. Zona litoral merupakan peralihan antara kondisi laut dan kondisi darat sehingga berbagai macam organisme terdapat di zona ini.
- b. Zona batial, merupakan daerah yang mencakup lereng benua. Pada zona ini sinar matahari sudah tidak bisa masuk lagi. Tumbuh-tumbuhan yang hidup di dalamnya pun terbatas.
- c. Zona abisal, merupakan dataran abisal yang luas dari palung laut. Pada zona ini sudah tidak ada sinar matahari, suhu sangat rendah, tidak ada tumbuh-tumbuhan dan jumlah binatang terbatas.
- d. Zona hadal, merupakan perairan terbuka dari palung laut, terletak pada palung laut.



Gambar 1.29
Zonasi Perairan Laut Secara Vertikal dan Horizontal (Nybakken, 1992)



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan ada berapa kelompok pembagian sistem zonasi laut!
- 2) Jelaskan sistem zonasi berdasarkan tipologi dasar laut!
- 3) Jelaskan sistem zonasi berdasarkan pembagian laut secara horisontal!
- 4) Jelaskan sistem zonasi berdasarkan pembagian laut secara vertikal!
- 5) Jelaskan mengapa perairan laut Indonesia tidak sesubur di perairan laut daerah beriklim sedang!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk menjawab pertanyaan ini, Anda harus mempelajari pendahuluan sistem zonasi.
- 2) Coba Anda pelajari pembagian zona laut berdasarkan tipologi dasar laut atau tipe substrat dasar laut.
- 3) Coba Anda pelajari tentang pembagian zona laut secara horizontal dari pinggir pantai ke arah laut?
- 4) Coba Anda pelajari pembagian zona laut secara vertikal dari permukaan hingga ke dasar laut?
- 5) Coba Anda pelajari karakteristik laut di zona oseanik.

**RANGKUMAN**

Dasar laut sebagai kombinasi aktivitas tektonik, proses erosi dan deposit, terbagi atas Dasar Laut Tepi (*Deep ocean Margin*) dan Dasar Laut Dalam (*Deep-Ocean Basin*) (Garrison, 2006). Topografi dasar laut terdapat paran (*shelf*) yang dangkal, depresi yang dalam (basin, palung), elevasi berupa punggung (*rise, ridge*), gunung bawah air (*sea mount*), terumbu karang, dan sebagainya. Berdasarkan tipe dasar perairan, maka dasar laut terbagi menjadi zona lumpur (aliran air yang mengandung lumpur dari darat), zona pasir (lebih besar partikel pasir daripada partikel lumpur), zona cadas atau batu (banyak biota laut yang mampu menyesuaikan diri), serta zona timbunan (buatan manusia yang terdiri dari kayu darmaga, galangan kapal dan bangunan–bangunan buatan lainnya).

Di dasar laut terdapat *Abyssal Plain* (kedalaman 3.000-6.000 meter) dan *Abysal Hill* (dibentuk oleh kerak). Secara horizontal perairan laut terbagi zona neritik dan oseanik. Zona neritik merupakan paparan benua, sedangkan zona oseanik merupakan laut lepas. Sementara itu secara vertikal perairan laut terbagi atas zona fotik dan afotik (berdasarkan pengaruh penetrasi cahaya matahari). Selain itu, secara vertikal perairan laut dapat dibagi menjadi empat zona yaitu zona epipelagik, zona mesopelagik, zona batipelagik, dan zona abisopelagik. Selain epipelagik, mesopelagik, batipelagik, dan abisopelagik, secara vertikal perairan laut juga dapat dibagi menjadi zona litoral, batial, abisal, dan hadal.

**TES FORMATIF 2**

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Tipologi dasar laut terdiri dari
 - A. dasar berpasir dan lumpur
 - B. pinggir laut dan patahan laut
 - C. *deep ocean margin* dan *deep-ocean basin*
 - D. patahan lempengan dan cekungan

- 2) Sistem zonasi berdasar tipe dasar laut adalah
 - A. lumpur, pasir, batu atau cadas, dan timbunan
 - B. pasir, lumpur, campuran pasir-lumpur, dan timbunan
 - C. pasir, batu berlumpur, pasir berlumpur, dan timbunan
 - D. lumpur, pasir, batu atau cadas, dan campuran

- 3) Dasar laut bersubstrat lumpur umumnya berpartikel padat dan halus, dan proses penguraian organik oleh detritor tinggi, sehingga kondisi substrat dasar laut lumpur umumnya
 - A. bersifat menyimpan oksigen
 - B. tidak ada hubungannya dengan oksigen
 - C. oksigen tinggi
 - D. oksigen rendah

- 4) Jenis hewan yang paling dominan ditemukan di zona batu-cadas adalah
 - A. herbivor
 - B. karnivor
 - C. omnivor
 - D. predator

- 5) Pembagian zona neritik dan oseanik pada laut merupakan pembagian zona secara
 - A. vertikal
 - B. horizontal

- C. memanjang
 - D. sejajar pantai
- 6) Zona neritik adalah zona
- A. terletak jauh dari daratan pulau
 - B. miskin nutrisi
 - C. laut dalam
 - D. laut dangkal
- 7) Zona oseanik merupakan zona laut berupa
- A. paparan benua
 - B. perairan dangkal
 - C. luar paparan benua
 - D. perairan subur
- 8) Zona epipelagik, zona mesopelagik, zona batipelagik, dan zona abisopelagik adalah pembagian zona laut berdasarkan
- A. vertikal
 - B. horizontal
 - C. memanjang
 - D. sejajar pantai
- 9) Zona epipelagik terdiri dari zona permukaan hingga kedalaman
- A. 100 m
 - B. 200 m
 - C. 400 m
 - D. 1.000 m
- 10) Salah satu pembagian zona vertikal laut adalah zona litoral, batial, abisal dan
- A. batipelagik
 - B. supralitoral
 - C. mesopelagik
 - D. hadal

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) B. volume tertentu
- 2) C. atas dan air dengan densitas tinggi akan berada di lapisan bawahnya
- 3) A. Arus geostropik
- 4) D. Angin
- 5) B. Suhu dan salinitas
- 6) C. Karbondioksida dan alkalinitas
- 7) D. Unsur logam: Zn, Fe, dan Pb
- 8) A. difusi oksigen yang terdapat di atmosfer dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air
- 9) D. Silikat
- 10) A. Adanya aktivitas fotosintesis oleh alga laut (fitoplankton)

Tes Formatif 2

- 1) C. *Deep ocean Margin* dan *Deep-Ocean Basin*
- 2) A. Lumpur, pasir, batu atau cadas, dan timbunan
- 3) D. Oksigen rendah
- 4) A. Herbivor
- 5) B. Horizontal
- 6) D. Laut dangkal
- 7) C. Luar paparan benua
- 8) A. Vertikal
- 9) B. 200 m
- 10) D. Hadal

Glosarium

- Bioluminesens** : cahaya yang dihasilkan oleh hewan laut yang hidup di zona abisopelagik
- Fetch** : jarak di mana angin bertiup
- Gaya coriolis** : gaya yang diakibatkan oleh perputaran bumi sehingga di belahan bumi utara arus di lapisan bawah berbelok ke kanan dari arah arus permukaan. Sementara itu di belahan bumi selatan terjadi hal sebaliknya
- Gyre** : arus berputar yang terjadi di daerah subtropis, di belahan bumi utara mengalir searah jarum dan di belahan bumi selatan mengalir berlawanan jarum jam.
- Haloklin** : zona di mana terjadi perubahan salinitas yang cepat
- Massa jenis** : massa air per unit volume (gr/cm), dipengaruhi oleh suhu, salinitas dan tekanan.
- Nutrien** : unsur yang digunakan untuk metabolisme dan merupakan komponen yang dibutuhkan untuk memproduksi bahan organik
- Oksigen terlarut** : banyaknya oksigen yang terlarut dalam air, dipengaruhi oleh suhu, salinitas, turbulensi, dan tekanan atmosfer
- pH** : derajat keasaman yang digambarkan oleh keberadaan ion hidrogen
- Pycnocline** : zona perubahan massa jenis yang cepat
- Rip current** : arus sejajar pantai yang diteruskan hingga bertemu daerah yang dibatasi oleh aliran
- Salinitas** : kadar garam yang terkandung di perairan yaitu sejumlah garam terlarut (gram) dalam 1000 gram air laut.
- Termoklin** : zona di mana terjadi perubahan suhu yang cepat

Daftar Pustaka

- Bhatt J J. (1978). *Oceanography Exploring the Planet Ocean*. New York: D.Van Nostrand Company.
- Castro P. and Huber M. E. (2000). *Marine Biology, 3rd edition*. USA: Mc Graw Hill Companies.
- Effendi H. (2003). *Telaah Kualitas Air*. Yogyakarta: Kanisius.
- Garrison T. (2006). *Essentials of Oceanography, Fourth Edition*. USA: Thomson Brooks/Cole.
- <http://earth.usc.edu/classes/geol150/stott/variability/images/oceansurf/ekman2.gif>
- <http://fadliosean07.files.wordpress.com/2009/03/conveyor-belt4.jpg?w=300&h=190>
- http://www.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/EPS131/Sources/03-Horizontal-circulation-I-Coriolis/04-surface_current_map.jpg
- Hutabarat S dan Evans S. M. (1986). *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Nontji A. (2007). *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. H. M. Eidman, D. G. Bengen, Malikusworo H., dan Sukristijono S., Penerjemah. Terjemahan dari: *Marine Biology: An Ecological Approach*. Jakarta: Gramedia.
- Open University Course Team. (1989). *Waves, Tides and Shallow Water Processes*. England: Pergamon Press Association with The Open University.
- Romimohtarto K dan Juwana S. (1999). *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi-LIPI.

Thurman H V. (1993). *Essential of Oceanography*. New York-Oxford-Singapore-Sydney: Maxwell Macmillan International.

Wyrkti, K. (1961). Physical Oceanography of South East Asian Water. *Naga Report. Vol 2. Scripps Institution of Oceanography*. La Jolla, California: The University of California.