

# SMA KEBUMIHAN

## PAKET 1



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## MATERI

### A. Kristalografi

**Kristal** atau **hablur** adalah suatu benda padat homogen yang berbentuk polihedral teratur, dibatasi oleh bidang permukaan yang licin, rata yang merupakan ekspresi dari bangun atau struktur dalamnya.

Unsur simetri kristalografi Terdiri dari :

- Zona** didefinisikan sebagai satu set bidang-bidang hablur yang terletak sedemikian sehingga garis-garis potongnya saling sejajar satu sama lain. Sedangkan **sumbu zona** adalah suatu garis yang letaknya sejajar dengan garis potong dari bidang-bidang yang terletak dalam satu zona.
- Suatu hablur dikatakan memiliki **pusat** (i) jika garis yang ditarik dari setiap titik pada permukaan hablur selalu melewati pusat hablur dan menghasilkan titik-titik yang berlawanan arah dengan jarak yang sama dari pusat hablur.
- Bidang simetri** atau **cermin** merupakan bidang imajiner atau khayal yang memisahkan dua bidang yang mempunyai bentuk muka yang sama dalam ukuran dan bentuknya pada arah yang berlawanan arah serta terletak tepat diantara kedua bidang tersebut.
- Sumbu simetri** atau **sumbu lipat (n)** merupakan garis imajiner, dimana hablur dapat berotasi serta menunjukkan berapa banyak hablur tersebut dapat memperlihatkan kenampakan bidang hablur yang sama dan sebangun serta benar-benar berimpit.. Besar sudut sumbu lipat (n) =  $360^\circ/n$ , dengan nilai n: 1, 2, 3, 4, dan 6.

**Mineral** adalah suatu zat padat homogen yang terbentuk di alam (terjadi secara alamiah) dan umumnya melalui proses anorganik serta memiliki komposisi kimia tertentu dan memiliki susunan atom yang teratur (kristalin).

### B. Sifat Fisik Mineral

#### 1. Perawakan

**Perawakan** suatu mineral bukan merupakan ciri yang tetap, karena bentuk ini dipengaruhi oleh keadaan atau lingkungan pembentukannya, namun umumnya perawakan kristal tertentu sering terlihat pada mineral tertentu pula.

Beberapa istilah yang sering dipakai dalam pemerian perawakan :

- **Columnar** (meniang)
- **Tabular** (membatang)
- **Foliated**, mudah pecah menurut lembaran-lembaran tipis
- **Lamellar**, berlapis-lapis
- **Bladed**, bentuk kristal memanjang seperti pisau atau bilah papan
- **Fibrous**, menyerabut misalnya asbes
- **Acicular**, seperti jarum
- **Dendritic**, seperti cabang atau ranting pohon
- **Botryoidal**, bentuk bulat-bulat seperti anggur
- **Reniform**, bentuk bulat-bulat radial ukuran sedang
- **Mammillary**, bentuk bulat-bulat ukuran besar
- **Micaceous**, memika (mudah terkelupas menjadi lembaran-lembaran tipis)
- **Masive**, kompak tanpa bentuk yang jelas



- Oolitic, bulat-bulat kecil seperti telur ikan



## 2. Warna

**Warna** mineral merupakan sifat fisik yang pertama kali dapat kita lihat. Beberapa mineral mempunyai warna yang hampir selalu tetap, hal ini disebut idiokromatis, misalnya pada belerang (kuning), pirit (kuning), magnetit (hitam), dll. Warna yang tetap ini akibat unsur penyusunnya tetap. Beberapa mineral lain yang mempunyai variasi warna, hal ini disebut allochromatis. Variasi warna ini akibat adanya pengotoran, pengisian, atau pencampuran unsur-unsur tertentu pada mineral tersebut.

## 3. Gores (streak)

**Gores** adalah warna dari serbuk mineral. Terlihat bila mineral digoreskan pada lempeng kasar porselen meninggalkan warna goresan. Warna tidak harus selamanya sama dengan gores, sebagai contoh pirit ( $\text{FeS}_2$ ) berwarna kuning namun memiliki gores hitam.

#### 4. Kilap (luster)

**Kilap** mineral ialah kenampakan permukaan mineral karena pantulan cahaya. Kilap mineral erat hubungannya dengan daya tembus cahaya terhadap mineral, pembiasannya serta struktur kristalnya.

- Kilap logam, ditunjukkan oleh mineral-mineral yang tidak tembus cahaya (opaque) seperti pirit, wolframit, galena, dll.
- Kilap setengah logam, ditunjukkan oleh unsur-unsur setengah logam seperti selenium, bismuth, dll.
- Kilap non-logam, umumnya mineral ini dapat meneruskan cahaya.

Berikut ini beberapa istilah untuk pemerian lebih detail dari kilap non-logam :

| Kilap             | Keterangan             | Contoh Mineral                   |
|-------------------|------------------------|----------------------------------|
| Logam (metallic)  | Seperti logam terpoles | Selenium dan Bismut              |
| Tanah (dull)      | Buram seperti tanah    | Bauksit dan Kaolin               |
| Kaca (vitreous)   | Seperti pecahan kaca   | Kuarsa                           |
| Minyak (resinous) | Berminyak              | Sfalerit                         |
| Sutera (silky)    | Seperti serat benang   | Serpentin, Malachite, dan Gypsum |
| Mutiara (pearly)  | Seperti mutiara        | Talk                             |

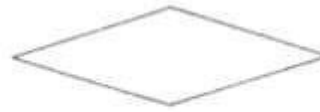
#### 5. Belahan dan pecahan (cleavage and fracture)

Belahan atau cleavage adalah kecenderungan suatu kristal yang karena dikenai gaya atau pemukulan akan pecah kesuatu arah tertentu sehingga didapatkan bidang yang rata dan licin. Belahan diperikan berdasarkan bagus tidaknya bidang permukaan yang terbelah, diantaranya :

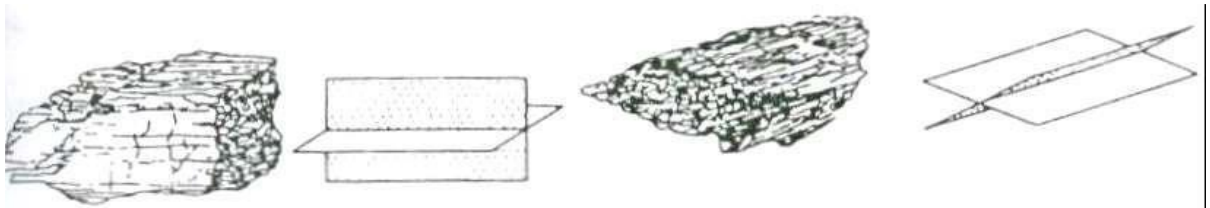
| Belahan     | Keterangan                                                                                                |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sempurna    | Bidang belahan sangat rata dan licin                                                                      |
| Baik        | Bidang belahan rata dan licin tidak sebaik yang perfect, masih dapat pecah melalui bidang lain            |
| Jelas       | bidang belah jelas tapi tidak begitu rata, tidak begitu licin dan dapat pecah pada arah lain dengan mudah |
| Tidak Jelas | Bidang belahan tidak jelas, bisa pecah ke segala arah kemungkinan membentuk fracture sama besar           |

#### 6. Pecahan atau fracture adalah kecenderungan mineral untuk pecah jika dikenai gaya atau pemukulan tanpa melalui bidang belah tertentu. Fracture dibagi menjadi :

- Conchoidal, pecah membentuk permukaan halus yang melengkung seperti kulit bawang, misalnya kuarsa
- Hackly, pecah dengan membentuk tepi yang tajam-tajam
- Even, bidang pecah agak kasar dan mendekati bidang datar
- Uneven, bidang pecahnya kasar dan tidak beraturan

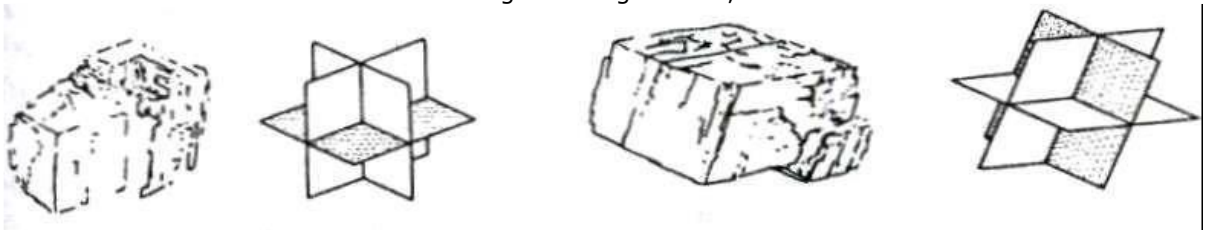


A. Belahan satu arah, contoh : Muskovit



B. Belahan dua arah saling tegak lurus, contoh : Felspar

C. Belahan dua arah saling tidak tegak lurus, contoh : Amfibol



D. Belahan tiga arah saling tegak lurus, contoh : Halit

E. Belahan tiga arah saling tidak tegak lurus, contoh : Kalsit



F. Belahan empat arah, contoh : Fluorit

G. Belahan enam arah, contoh :  
Sfalerit

## 7. Kekerasan (hardness)

**Kekerasan** mineral adalah ketahanan terhadap kikisan atau daya tahan mineral terhadap goresan (scratching) atau gosokan (abrasion).. Kekerasan ini ditentukan dengan cara menggoreskan suatu mineral yang tidak diketahui kekerasannya dengan mineral lain yang belum diketahui kekerasannya. Dengan cara ini **Mohs** membuat skala kekerasan relatif mineral yang umumnya dikenal sebagai **skala kekerasan Mohs**. Sifat ini penting untuk identifikasi mineral secara cepat. Pengukuran sederhana menggunakan kuku ( $H=2.5$ ), jarum baja ( $H=5.5$ ), dan porselen ( $H=7$ ) dalam skala Mohs.

| Skala | Kekerasan |
|-------|-----------|
| 10    | Intan     |
| 9     | Korundum  |
| 8     | Topaz     |

|   |          |
|---|----------|
| 7 | Kuarsa   |
| 6 | Ortoklas |
| 5 | Apatit   |
| 4 | Fluorit  |
| 3 | Kalsit   |
| 2 | Gypsum   |
| 1 | Talk     |

Ciri khas mineral seri Bowen dan beberapa mineral khas batuan sedimen dan metamorf.  
Secara megaskopis (pengamatan dengan mata dan loupe) :

☐ Ciri khas mineral seri Bowen :

1. Kuarsa ( $\text{SiO}_2$ )

- Tak berwarna, putih, abu-abu, merah jambu, hijau, biru
- H = 7 (kekerasan)
- Habit (perawakan) dapat berbentuk : trigonal, rombohedral, prismatic, masif, membutir-irregular, kompak dengan luster (kilap) kaca-lemah (vitreous)
- Cleavage (belahan) : irregular (tidak ada), fracture (pecahan) : conchoidal
- Asosiasi batuan : batuan beku asam – S, asam; batuan sedimen, dan batuan metamorf

2. Plagioklas ( $\text{Na, Ca}$ ) ( $\text{Al, Si}$ ) $4\text{O}_8$

- Putih, abu-abu, coklat
- H = 6 (kekerasan)
- Habit (perawakan) : triklin, prismatic, memipih, // (010), kadangkala masif membutir
- Cleavage (belahan) : sempurna dan baik (pada dua arah) dengan luster vitreous
- Asosiasi batuan : batuan beku asam – intermedier – basa – ultrabasa

3. Ortoklas/Mikroclin ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ )

- Putih – merah jambu
- H = 6 (kekerasan)
- Habit (perawakan) dan sistem : monoklin-prismatic, pipih memanjang, masif/membutir
- Cleavage (belahan) sempurna dan baik (pada dua arah) dengan luster buram
- Asosiasi batuan : Batuan beku yang kaya akan kalium

4. Olivin ( $\text{Mg, Fe}$ ) $2\text{SiO}_4$

- Hijau zaitun
- H = 6.5 tetapi mudah lapuk
- Habit (perawakan) : ortonombik, masif membutir
- Cleavage (belahan) : tak sempurna dengan pecahan sifat kaca/conchoidal, transparan translucent
- Asosiasi batuan : batuan beku basa ultrabasa, sering serpentin

5. Piroksen/Hipersten ( $\text{Mg, Fe Ca}$ ) $\text{SiO}_3$

- Coklat, hitam
- H = 6
- Bentuk : prismatic pendek, menyerat, luster agak buram
- Cleavage (belahan) : baik, saling memotong tegak lurus (90) dengan

bentuk sayatan segidelapan (eight-sided)

- Asosiasi batuan : batuan ultrabasa – basa, sering terubah khlorit

6. Hornblenda,  $\text{NaCa}_2(\text{Mg, Fe, Al})_3(\text{Al, Si})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

- Hijau, coklat, hitam
- $H = 6$
- Bentuk : monoklin-prismatik panjang (columnar), menyerat membutir
- Cleavage (belahan) : sempurna (56 dan 124) dengan sayatan segienam (six-sided)
- Asosiasi batuan : batuan beku (basasam) dan batuan metamorf

7. Golongan mika (berbentuk berlembar/memipih), antara lain :

a. Biotit,  $(\text{K}(\text{Mg, Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$  : coklat, hijau, hitam, dengan  $H = 3$ , cleavage sempurna (//). Asosiasi batuan menengah asam dan batuan metamorf

b. Muskovit,  $\text{KAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  : Bening – pucat, dengan  $H = 2.5$ , transparan. Asosiasi batuan : batuan beku asam-sangat asam, metamorf; berlembar

c. Khlorit,  $(\text{Mg, Fe, Al})_6(\text{Al, Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$  : Hijau, dengan  $H = 2$ . Sering berasosiasi dengan batuan teralterasi (batuan ubahan) dan sekis

d. Phlogopit,  $\text{K}_2\text{Mg}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$  : Coklat pucat,  $H = 2.5$ , monoklinirregular platy, belahan sempurna. Asosiasi pada batuan ultrabasa, metamorphosed dolomites

8. Golongan Felspatoid (mineral yang kekurangan  $\text{SiO}_2$ , lihat catatan dibawah), antara lain :

a. Nefelin ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) : Putih, abu-abu, coklat,  $H = 6$ , bentuk prismatic memanjang heksagonal, masif granular. Cleavage tidak sempurna dengan pecahan kaca

b. Leucit ( $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ ) : Putih, abu-abu (agak buram), isometrik,  $H = 6$ . Sering berasosiasi pada batuan vulkanik asam berupa mineral yang terisolasi (sebagai fenokris)

c. Sodalit  $\text{Na}_8(\text{AlSi}_3\text{O}_8)_6\text{Cl}_2$  : Biru, putih, merah-jambu,  $H = 6$ , masif membutir-isometrik, cleavage tidak sempurna, batuan nefelin syenit.

Catatan :

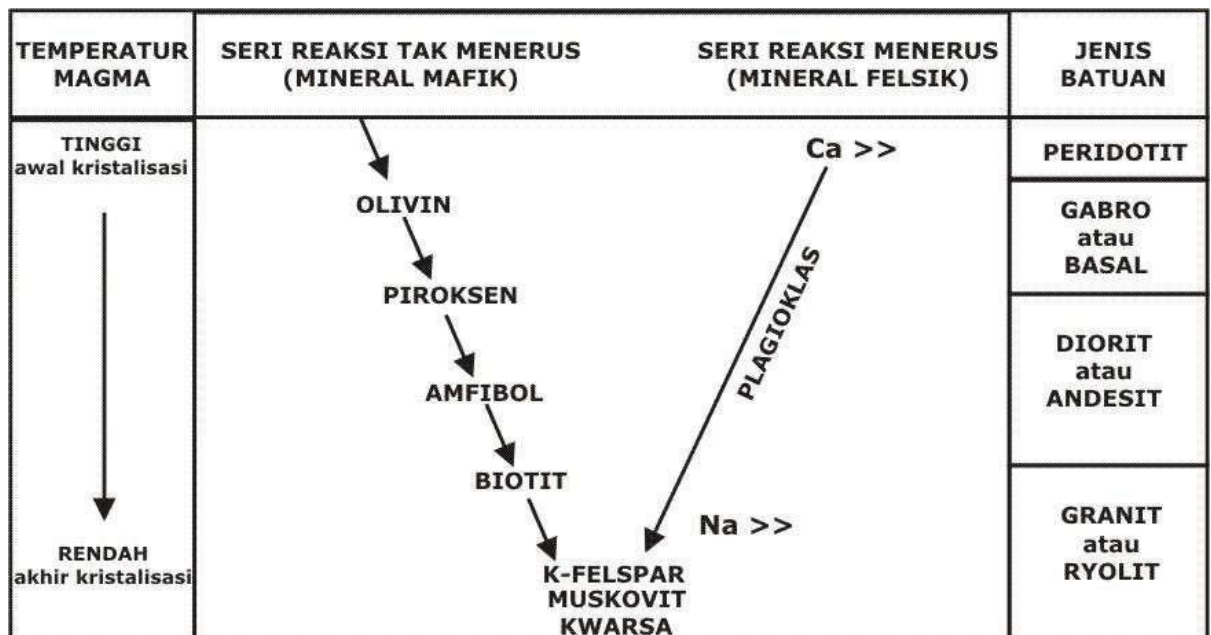
- Nefelin ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ) + Silika ( $2\text{SiO}_2$ ) Albit ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ )
- Leucit ( $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ ) + Silika ( $\text{SiO}_2$ ) Ortoklas ( $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ )

Ciri khas beberapa mineral yang sering terbentuk pada batuan sedimen

1. Pada batuan sedimen kimiawi :

- Anhidrit,  $\text{CaSO}_4$ , berat, plastis, berserabut
- Gypsum,  $\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , kristalin, bening
- Halit,  $\text{NaCl}$ , putih-bening, asin
- Silvit,  $\text{KCl}$ , bening-putih-abu-abu, isometrik, masif granular
- Tanah diatomit, cangkang-cangkang diatomea
- Rijang, merah kecoklatan, keras,  $\text{SiO}_2$ , terjadi secara kimiawi dalam air laut dingin atau berupa kumpulan cangkang radiolaria
- Aragonit,  $\text{CaCO}_3$ ,  $H = 3-4$ , ortorombik, kembar heksagonal, masif, kadang-kadang coralloid, tidak stabil

- Barit,  $\text{BaSO}_4$ , bening putih, abu-abu,  $H = 3$ , ortorombik, masif, granular dibakar hijau
- 2. Sedimen residu (hasil pelapukan) :
  - Hematit, merah – hitam, gores coklat,  $H = 6$ , trigonal, masif, kilap tanah, kadang-kadang lunak
  - Montmorilonit, lempung monoklin,  $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \times \text{H}_2\text{O}$ , putih – abu-abu – hijau,  $H = 2$ , rasa sabun
  - Kaolinit,  $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ , putih – abu-abu, lempung, triklin,  $H = 2$
  - Kalsit,  $\text{CaCO}_3$ , bening-putih,  $H = 3$ , trigonal, skalenohedralrombohedral, masif-granular, kompak, belahan sempurna, bereaksi dengan 0.1 N HCl
  - Dolomit,  $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$ , putih-kuning, merah jambu,  $H = 3-4$ , trigonal, masif-granular, belahan sempurna, bereaksi dengan 0.1 N HCl panas
  - Glaukonit,  $\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Al})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ , hijau-hitam,  $H = 2$ , monoklin, membulat panjang, pada batuan sedimen marine



## 7. Transparansi

Transparansi merupakan kemampuan mineral dalam bentuk potongan pipih untuk meneruskan cahaya. Klasifikasi derajat transparansi didasarkan atas kenampakan obyek yang terlihat akibat cahaya yang diteruskan oleh potongan mineral, seperti terlihat dibawah.

| Derajat Transparansi | Keterangan                                 |
|----------------------|--------------------------------------------|
| Transparent          | Obyek terlihat jelas                       |
| Subtransparent       | Obyek sulit terlihat                       |
| Translucent          | Obyek tak terlihat, sinar masih diteruskan |
| Subtranslucent       | Sinar diteruskan hanya pada tepi kristal   |
| Opaque               | Sinar tidak tembus                         |



## 8. Sifat dalam

**Sifat dalam** adalah sifat tertentu mineral berupa tingkat ketahanan mineral untuk hancur atau melentur ketika suatu gaya bekerja kepadanya. Beberapa istilah untuk memerikan sifat ini seperti pada Tabel dibawah.

| Sifat Dalam      | Keterangan                                     |
|------------------|------------------------------------------------|
| <i>Brittle</i>   | Mudah hancur atau pecah                        |
| <i>Elastic</i>   | Dapat dibentuk, kembali ke posisi semula       |
| <i>Flexible</i>  | Dapat dibentuk, tidak kembali ke posisi semula |
| <i>Malleable</i> | Dapat dibelah menjadi lembaran atau ditempa    |
| <i>Sectille</i>  | Dapat dipotong dengan pisau                    |
| <i>Ductille</i>  | Dapat dibentuk dengan tipis                    |

Siklus batuan menjelaskan hubungan antara tiga jenis-jenis batuan penyusun lapisan bumi-beku, sdimen, metamorf. Tidak seperti siklus hidrologi atau siklus karbon, tidak semua batu dalam siklus batuan mengalami perubahan. Ada beberapa jenis batuan yang memang sudah terbentuk demikian dari awal pembentukannya. Formasi batu yang tidak ikut berubah ini disebut kraton.

Sebelum memulai proses dalam siklus batuan, kita harus berkenalan dulu dengan magma. Karena magma lah yang menjadi dasar dari siklus batuan ini.

## C. Pengertian Magma

Magma adalah campuran dari batuan cair dan semi cair yang ditemukan di bawah permukaan bumi. Campuran ini biasanya terdiri dari empat bagian : dasar cairan sangat panas yang disebut lelehan, mineral-mineral dari kristalisasi lelehan, batuan padat yang berasal dari lingkungan sekitar serta gas terlarut.

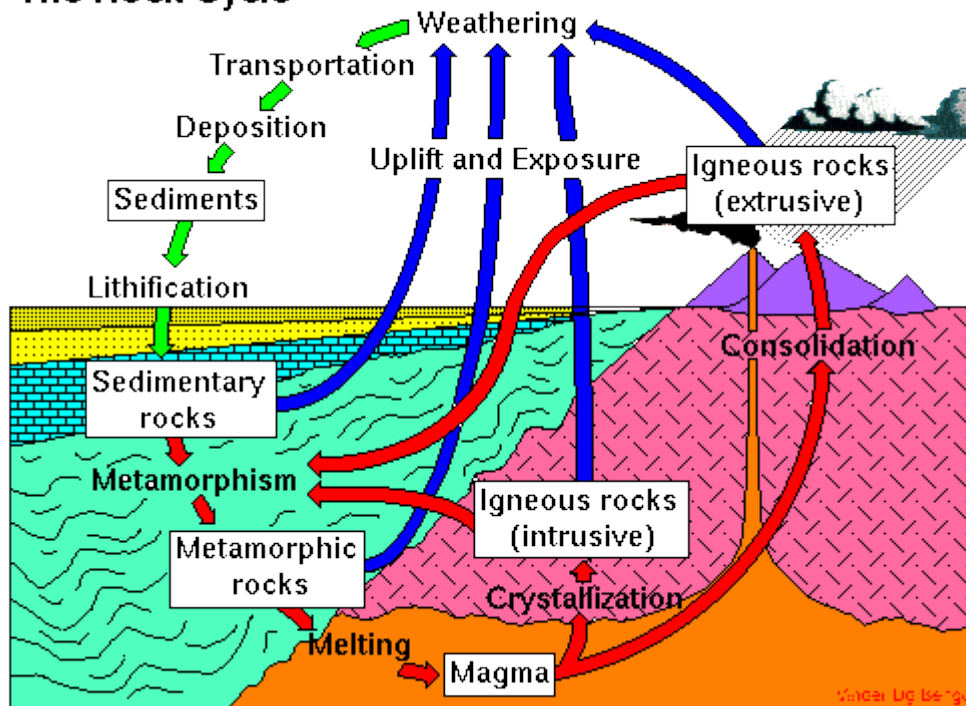
Seperti kita ketahui, bumi terdiri dari tiga lapisan umum. Yaitu inti bumi yang merupakan pusat yang super panas, mantel bumi yang tebal di tengahnya dan kerak bumi sebagai lapisan paling luar yang jadi tempat tinggal kita. (Baca juga : Struktur Bumi dan Penjelasannya)

Magma berasal dari bagian antara lapisan mantel bumi dan kerak bumi. Sebagian besar lapisan kerak bumi dan mantel bumi berbentuk padat. Keberadaan magma yang cair diantara keduanya sangat penting untuk mempelajari gejala geologis dan morfologis yang ada di mantel bumi. Karena pergerakan magma biasanya dipengaruhi oleh pergerakan lempeng di lapisan mantel bumi.

Suhu dasar magma sangat panas, yakni sekitar 700'-1.300' celcius. Suhu ekstrimnya ini membuat magma menjadi zat yang bersifat cair dan dinamis. Akibatnya magma selalu bergerak menciptakan bentang alam baru dan terlibat transformasi fisik dan kimia dalam berbagai lingkungan yang berbeda. Ada dua macam pergerakan magma yang diketahui. Yaitu intrusi dan ekstrusi. (Silahkan baca Perbedaan Intrusi dan Ekstrusi Magma)

Proses intrusi magma adalah pergerakan magma dengan gaya dan tekanan yang kurang untuk menembus lapisan kulit bumi. Sehingga, akhirnya magma membeku di bawah lapisan bumi. Sedangkan ekstrusi adalah gerakan magma dengan daya yang sangat kuat, sehingga sampai ke permukaan bumi berukanya peristiwa vulkanis. Pergerakan magma ini berperan sangat penting dalam siklus batuan.

## The Rock Cycle



### 1. Batuan Beku

Batuan beku merupakan batuan yang terjadi dari pembekuan larutan silika cair dan pijar, yang kita kenal dengan nama magma. Karena tidak adanya kesepakatan dari para ahli petrologi dalam mengklasifikasikan batuan beku mengakibatkan sebagian klasifikasi dibuat atas dasar yang berbeda-beda. Perbedaan ini sangat berpengaruh dalam menggunakan klasifikasi pada berbagai lapangan pekerjaan dan menurut kegunaannya masing-masing. Bila kita dapat menggunakan klasifikasi yang tepat, maka kita akan mendapatkan hasil yang memuaskan.

#### 1.1. Penggolongan Batuan Beku

Penggolongan batuan beku dapat didasarkan pada tiga patokan utama yaitu berdasarkan genetik batuan, berdasarkan senyawa kimia yang terkandung, dan berdasarkan susunan mineraloginya.

##### 1.1.1. Berdasarkan Genetik

Batuan beku terdiri atas kristal-kristal mineral dan kadang-kadang mengandung gelas, berdasarkan tempat terjadinya (genesis) batuan beku terbagi menjadi 3 kelompok yaitu:

- a. **Batuan beku dalam (plutonik)**, terbentuk jauh di bawah permukaan bumi. Proses pendinginan sangat lambat sehingga batuan seluruhnya terdiri atas kristal-kristal (struktur holohialin). contoh :Granit, Granodiorit, dan Gabro.
- b. **Batuan beku korok (hypabisal)**, terbentuk pada celah-celah atau pipa gunung api. Proses pendinginannya berlangsung relatif cepat sehingga batuan terdiri atas kristal-kristal yang tidak sempurna dan bercampur dengan massa dasar sehingga membentuk struktur porfiritik. Contoh batuan ini adalah Granit porfir dan Diorit porfir.
- c. **Batuan beku luar (efusif)**, terbentuk di dekat permukaan bumi. Proses pendinginan sangat cepat sehingga tidak sempat membentuk kristal. Struktur batuan ini dinamakan amorf. Contohnya Obsidian, Riolit dan Batuapung.

### 1.1.2. Berdasarkan Senyawa kimia

Berdasarkan komposisi kimianya batuan beku dapat dibedakan menjadi:

- Batuan beku ultra basa** memiliki kandungan silika kurang dari 45%. Contohnya Dunit dan Peridotit.
- Batuan beku basa** memiliki kandungan silika antara 45% – 52 %. Contohnya Gabro, Basalt.
- Batuan beku intermediet** memiliki kandungan silika antara 52%-66 %. Contohnya Andesit dan Syenit.
- Batuan beku asam** memiliki kandungan silika lebih dari 66%. Contohnya Granit, Riolit. Dari segi warna, batuan yang komposisinya semakin basa akan lebih gelap dibanding yang komposisinya asam.

Penggolongan Batuan Beku berdasarkan kandungan silika

| <u>Nama Batuan</u>      | <u>Kandungan Silika</u> |
|-------------------------|-------------------------|
| Batuan Beku Asam        | > 66%                   |
| Batuan Beku Intermediet | 52 – 66%                |
| Batuan Beku Basa        | 45 – 52%                |
| Batuan Beku Ultra Basa  | < 45%                   |

Penggolongan Batuan Beku berdasarkan kandungan mineral Mafik

| <u>Nama Batuan</u> | <u>Kandungan Silika</u> |
|--------------------|-------------------------|
| Leucocratic        | 0 – 33 %                |
| Mesocratic         | 34 – 66 %               |
| Melanocratic       | 67 – 100 %              |

### 1.1.3. Berdasarkan susunan mineralogi

Klasifikasi yang didasarkan atas mineralogi dan tekstur akan dapat mencerminkan sejarah pembentukan batuan dari pada atas dasar kimia. Tekstur batuan beku menggambarkan keadaan yang mempengaruhi pembentukan batuan itu sendiri. Seperti tekstur granular member arti akan keadaan yang serba sama, sedangkan tekstur porfiritik memberikan arti bahwa terjadi dua generasi pembentukan mineral. Dan tekstur afanitik menggambarkan pembkuan yang cepat. Dalam klasifikasi batuan beku yang dibuat oleh Russel B. Travis, tekstur batuan beku yang didasarkan pada ukuran butir mineralnya dapat dibagi menjadi :

- Batuan dalam Bertekstur faneritik yang berarti mineral-mineral yang menyusun batuan tersebut dapat dilihat tanpa bantuan alat pembesar.
- Batuan gang Bertekstur porfiritik dengan massa dasar faneritik.
- Batuan gang Bertekstur porfiritik dengan massa dasar afanitik.

- d. Batuan lelehan Bertekstur afanitik, dimana individu mineralnya tidak dapat dibedakan atau tidak dapat dilihat dengan mata biasa.

**Menurut Heinrich (1956)** batuan beku dapat diklasifikasikan menjadi beberapa keluarga atau kelompok yaitu:

- a. keluarga granit –riolit: bersifat felsik, mineral utama kuarsa, alkali felsparnya melebihi plagioklas
- b. keluarga granodiorit –qz latit: felsik, mineral utama kuarsa, Na Plagioklas dalam komposisi yang berimbang atau lebih banyak dari K Felspar
- c. keluarga syenit –trakhit: felsik hingga intermediet, kuarsa atau foid tidak dominant tapi hadir, K-Felspar dominant dan melebihi Na-Plagioklas, kadang plagioklas juga tidak hadir
- d. keluarga monzonit –latit: felsik hingga intermediet, kuarsa atau foid hadir dalam jumlah kecil, Na-Plagioklas seimbang atau melebihi K-Felspar
- e. keluarga syenit – fonolit foid: felsik, mineral utama felspatoid, K-Felspar melebihi plagioklas
- f. keluarga tonalit – dasit: felsik hingga intermediet, mineral utama kuarsa dan plagioklas (asam) sedikit/tidak ada K-Felspar
- g. keluarga diorite – andesit: intermediet, sedikit kuarsa, sedikit K-Felspar, plagioklas melimpah
- h. keluarga gabbro – basalt: intermediet-mafik, mineral utama plagioklas (Ca), sedikit Qz dan K-felspar
- i. keluarga gabbro – basalt foid: intermediet hingga mafik, mineral utama felspatoid (nefelin, leusit, dkk), plagioklas (Ca) bisa melimpah ataupun tidak hadir
- j. keluarga peridotit: ultramafik, dominan mineral mafik (ol,px,hbl), plagioklas (Ca) sangat sedikit atau absen.

## 1.2. Deskripsi Batuan

### 1.2.1. Warna Batuan

Warna batuan berkaitan erat dengan komposisi mineral penyusunnya. mineral penyusun batuan tersebut sangat dipengaruhi oleh komposisi magma asalnya sehingga dari warna dapat diketahui jenis magma pembentuknya, kecuali untuk batuan yang mempunyai tekstur gelas. Batuan beku yang berwarna cerah umumnya adalah batuan beku asam yang tersusun atas mineral-mineral felsik, misalnya kuarsa, potash feldspar dan muskovit. Batuan beku yang berwarna gelap sampai hitam umumnya batuan beku intermediet dimana jumlah mineral felsik dan mafiknya hampir sama banyak. Batuan beku yang berwarna hitam kehijauan umumnya adalah batuan beku basa dengan mineral penyusun dominan adalah mineral-mineral mafik.

### 1.2.2. Struktur Batuan

Struktur adalah kenampakan hubungan antara bagian-bagian batuan yang berbeda. pengertian struktur pada batuan beku biasanya mengacu pada pengamatan dalam skala besar atau singkapan di lapangan. pada batuan beku struktur yang sering ditemukan adalah:

- a. Masif : bila batuan pejal, tanpa retakan ataupun lubang-lubang gas
- b. Jointing : bila batuan tampak seperti mempunyai retakan-retakan. kenapa ini akan mudah diamati pada singkapan di lapangan.
- c. Vesikular : dicirikan dengan adanya lubang-lubang gas, struktur ini dibagi lagi menjadi 3 yaitu: Skoriaan : bila lubang-lubang gas tidak saling berhubungan.  
Pumisaan : bila lubang-lubang gas saling berhubungan.

Aliran : bila ada kenampakan aliran dari kristal-kristal maupun lubang gas.

- d. Amigdaloidal : bila lubang-lubang gas terisi oleh mineral-mineral sekunder.
- e. Pillow lava : Struktur akibat magma yang keluar pada zona MOR (Mid Oceanic Ridge)

### 1.2.3. Tekstur Batuan

Pengertian tekstur batuan mengacu pada kenampakan butir-butir mineral yang ada di dalamnya, yang meliputi tingkat kristalisasi, ukuran butir, bentuk butir, granularitas, dan hubungan antar butir (fabric). Jika warna batuan berhubungan erat dengan komposisi kimia dan mineralogi, maka tekstur berhubungan dengan sejarah pembentukan dan keterdapatannya. Tekstur merupakan hasil dari rangkaian proses sebelum, dan sesudah kristalisasi. Pengamatan tekstur meliputi :

#### a. Tingkat kristalisasi

Tingkat kristalisasi batuan beku dibagi menjadi:

*Holokristalin*, jika mineral-mineral dalam batuan semua berbentuk kristal-kristal.

*Hipokristalin*, jika sebagian berbentuk kristal dan sebagian lagi berupa mineral gelas.

*Holohialin*, jika seluruhnya terdiri dari gelas.

#### b. Ukuran kristal

Ukuran kristal adalah sifat tekstural yang paling mudah dikenali. Ukuran kristal dapat menunjukkan tingkat kristalisasi pada batuan. Ukuran kristal dinyatakan dalam rentang satuan Panjang.

Pembagian ukuran mineral

|              | Cox, Price, Harte | W.T.G     | Heinric    |
|--------------|-------------------|-----------|------------|
| Halus        | <1 mm             | <1 mm     | <1 mm      |
| Sedang       | 1 – 5 mm          | 1 – 5 mm  | 1 – 10 mm  |
| Kasar        | > 5 mm            | 5 – 30 mm | 10 – 30 mm |
| Sangat Kasar |                   | > 30 mm   | > 30 mm    |

#### c. Granularitas

Pada batuan beku non fragmental tingkat granularitas dapat dibagi menjadi beberapa macam yaitu:

**Equigranularitas** Disebut equigranularitas apabila memiliki ukuran kristal yang seragam. Tekstur ini dibagi menjadi 2:

- *Fenerik Granular*

bila ukuran kristal masih bisa dibedakan dengan mata telanjang

- *Afinitik*

apabila ukuran kristal tidak dapat dibedakan dengan mata telanjang atau ukuran kristalnya sangat halus.

**Inequigranular** Apabila ukuran kristal tidak seragam. Tekstur ini dapat dibagi lagi menjadi :

- *Faneroporfiritik* bila kristal yang besar dikelilingi oleh kristal-kristal yang kecil dan dapat dikenali dengan mata telanjang
- *Porfiroafinitik*, bila fenokris dikelilingi oleh masa dasar yang tidak dapat dikenali dengan mata telanjang.

**Gelasan (glassy)** Batuan beku dikatakan memiliki tekstur gelas apabila semuanya tersusun atas gelas.

d. **Bentuk Butir**

**Euhedral**, bentuk kristal dari butiran mineral mempunyai bidang kristal yang sempurna.

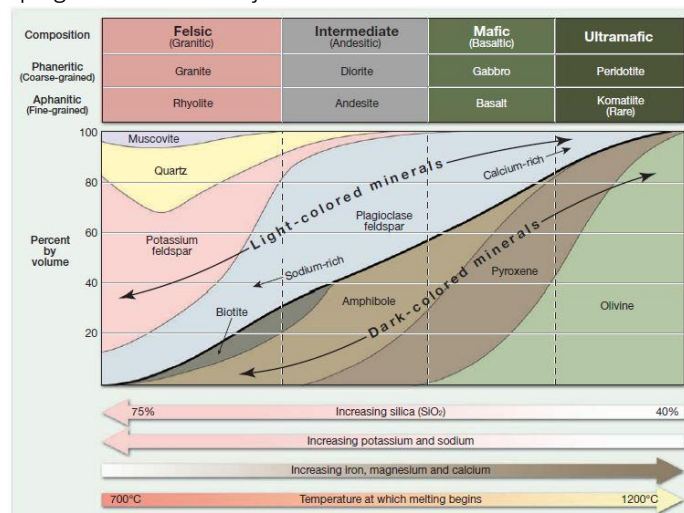
**Subhedral**, bentuk kristal dari butiran mineral dibatasi oleh sebagian bidang kristal yang sempurna.

**Anhedral**, berbentuk kristal dari butiran mineral dibatasi oleh bidang kristal yang tidak sempurna.

1.2.4. **Komposisi Mineral**

Berdasarkan mineral penyusunnya batuan beku dapat dibedakan menjadi 4 yaitu:

- Kelompok Granit – Riolit** Berasal dari magma yang bersifat asam, terutama tersusun oleh mineral-mineral kuarsa ortoklas, plagioklas Na, kadang terdapat hornblende, biotit, muskovit dalam jumlah yang kecil.
- Kelompok Diorit – Andesit** Berasal dari magma yang bersifat intermediet, terutama tersusun atas mineral-mineral plagioklas, Hornblende, piroksen dan kuarsa biotit, orthoklas dalam jumlah kecil
- Kelompok Gabro – Basalt** Tersusun dari magma yang bersifat basa dan terdiri dari mineral-mineral olivine, plagioklas Ca, piroksen dan hornblende.
- Kelompok Ultra Basa** Tersusun oleh olivin dan piroksen. mineral lain yang mungkin adalah plagiokals Ca dalam jumlah kecil.



2. **Batuan piroklastik**

Batuan piroklastik merupakan batuan hasil letusan gunung berapi akibat adanya gaya endogen. Material hasil letusan gunung berapi tersebut kemudian terendapkan sebelum mengalami transportasi (reworked) oleh air atau es. Setelah proses pengendapan mengalami



proses kompaksi (litifikasi) yang kemudian menjadi batuan piroklastik. Batuan piroklastik disebut juga batuan fragmental yang secara khusus terbentuk dari hasil kegiatan gunungapi dapat berupa aliran lava berupa produk ledakan/eksplosif dari material yang bersifat padat, cair ataupun gas yang terdapat dalam perut bumi.

Proses pembentukan batuan piroklastik diawali oleh meletusnya gunungapi, mengeluarkan magma dari dalam bumi diakibatkan dari energi yang sangat besar yaitu gaya endogen dari pusat bumi. Magma yang dikeluarkan oleh gunung itu terhempas ke udara, sehingga magma tersebut membeku dan membentuk gumpalan yang mengeras (yang kemudian disebut batu). Gumpalan tersebut memiliki tekstur dan struktur yang tertentu pula. Sedangkan batu-batu tadi yang telah mengalami proses pengangkutan (transportasi) oleh angin dan air, maka batuan tersebut disebut dengan batuan epiklastik. Batuan epiklastik ini yaitu batuan yang telah mengalami pengangkutan yang mengakibatkan terjadinya pengikisan pada batuan oleh media air dan angin yang membawanya. Batuan epiklastik ini terdapat pada dataran yang rendah, disebabkan oleh air dan angin yang membawanya ke tempat yang rendah disekitar gunung api.

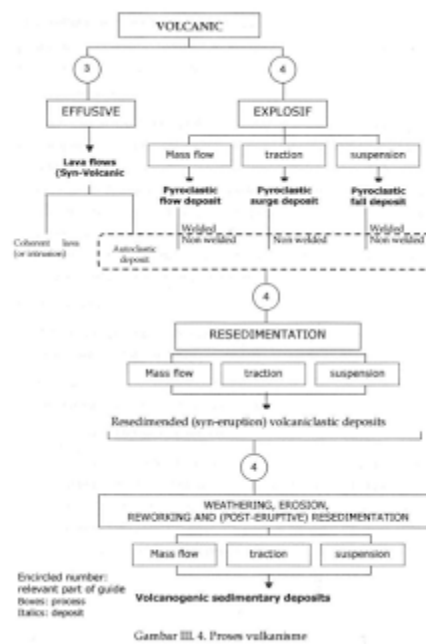
Terbentuknya batuan piroklastik diawali dengan meletusnya gunungapi yang mengeluarkan magma dari dalam bumi akibat energi yang sangat besar yaitu gaya endogen dari pusat bumi. Magma tersebut terhempas ke udara kemudian membeku dan membentuk gumpalan yang mengeras (disebut batu). Batu-batu tersebut mengalami pengangkutan (tertransportasi) oleh angin dan air yang disebut dengan batuan epiklastik. Perbedaan batuan epiklastik dan piroklastik yaitu batuan epiklastik mengalami transportasi oleh air dan angin, sedangkan batuan piroklastik terendapkan dan menjadi batuan sebelum mengalami transportasi (reworked) oleh air dan es.



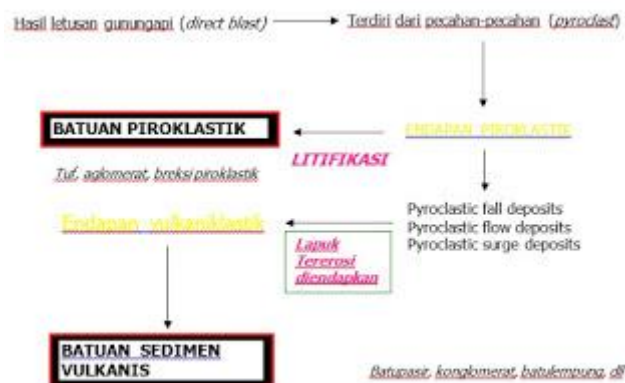
Genesa Letusan Gunung Api

### 2.1. Klasifikasi Endapan Piroklastik

Endapan piroklastik menurut Mc Phie et al (1993) adalah endapan volkaniklastik primer yang tersusun oleh partikel (piroklas) terbentuk oleh empsi yang eksplosif dan terendapkan oleh proses volkanik primer (jatuhan, aliran, surge). Proses erupsi eksplosif yang terlibat dalam pembentukan endapan piroklastik meliputi tiga tipe utama yaitu : erupsi letusan magmatik, erupsi freatik dan erupsi freatomagmatik. Ketiga tipe erupsi ini mampu menghasilkan piroklas yang melimpah yang berkisar dari abu halus (< 1/16 mm) hingga blok dengan panjang beberapa meter.



### Proses vulkanisme



### Skema Proses Pembentukan Batuan Piroklastik

#### 2.1.1. Piroklastik Jatuhan (Fall )

Endapan jatuhnya piroklastik yang terjadi dari letusan gunung api yang meledak yang kemudian terlempar pada suatu permukaan, memiliki ketebalan endapan yang relative berukuran sama. Piroklastik yang dilontarkan secara ledakan ke udara sementara akan tersuspensi, yang selanjutnya jatuh ke bawah dan terakumulasi membentuk endapan piroklastik jatuhnya. Endapan merupakan produk dari jatuhnya piroklastik dan konveksi turbulen pada erupsi kolom (Lajoie, 1984).

Pembentukan dari Endapan ini berkaitan dengan Proses Vulkanik Gunung Berapi yaitu ledakan yang Eksplosif dimana material yang ada akan dilemparkan ke udara secara sementara . Piroklastik yang ada setelah meledak dan berada di Atmosfer / Udara akan mengalami Suspensi dan kemudian akibat adanya gaya gravitasi akan jatuh kembali ke Bawah melalui Atmosfir dan membentuk Endapan piroklastik yang berada di sekitar wilayah Gunung Berapi .

Dari proses pembentukannya dapat kita simpulkan bahwa material yang paling banyak terbentuk pada proses ini adalah material yang bersifat ringan seperti Debu / Abu vulkanik (Ash ), pumice atau scoriaan. Namun dapat juga material Padat seperti Lapilli bergantung kepada jenis ledakan yang terjadi atau secara garis besar factor yang mempengaruhi Distribusi Materialnya adalah Ukuran fragmen / materialnya , kekuatan Ledakan dan juga Arah Angin. Pada Proses pembentukan Endapannya selain endapan yang tersebar secara merata di sekitar wilayah gunung Berapi dan menjauh dari pusat erupsinya, proses pembentukan endapannya tidak dipengaruhi oleh topografi alam sekitarnya tetapi akan mempengaruhi bentuk wilayah sekitar seiring dengan berjalannya waktu (membentuk bidang waktu). Pada pembentukan Endapannya akan terlihat adanya bentuk perlapisan yang baik serta pada lapisan akan terlihat struktur Butiran yang bersusun dan terdapat pemilahan Butiran, dan juga pada strata sedimen dari piroklastik terbentuk kenampakan gradasi normal dan reverse. Contoh dari Endapan ini adalah Agglomerate, breksi dan tuff .

Ciri-ciri:

- a. Sebaran mengikuti topografi
- b. Ukuran butiran menghalus, lapisan menipis menjauhi pusat erupsi
- c. Struktur :graded bedding normal dan reverse
- d. Komposisi : pumice, scoria, abu/debu, sedikit lapili
- e. Macam-macam : scoria-fall deposit, pumice-fall deposit, ash-fall deposit

**2.1.2. Piroklastik Aliran (Flow)** Endapan piroklastik yang umumnya mengalir kebawah dari pusat letusan gunung api yang memiliki kecepatan tinggi pada saat adanya longsoran. Endapan aliran ini berisikan batu yang berukuran bongkah dan abu. Piroklastik aliran adalah aliran panas dengan konsentrasi tinggi, debt permukaan, mudah bergerak, berupa gas dan partikel terdispersi yang dihasilkan oleh erupsi vulkanik (Wright et al 1981, vide Mc Phie et al 1993). Fisher & Schmincke (1984)

menyebutkan bahwa piroklastik aliran adalah aliran densitas partikel-partikel dan gas dalam keadaan panas yang dihasilkan oleh aktifitas vulkanik. Aliran piroklastik melibatkan semua aliran pekat yang dihasilkan oleh letusan atau guguran lava baik besar maupun kecil.

Jenis dari proses Endapan ini berkaitan dengan material Gas , Padat , dan Cair yang bercampur di dalamnya yang langsung keluar dari pusat Erupsi kemudian mengalami pergerakan dalam bentuk Aliran. Dimana material gas atau yang berbentuk setengah padat ini akan bergerak atau tertransportasi di atas Tanah menuruni kemiringan lereng yang ada dengan cara mengalir atau *Flow*. Material pada Batuan ini biasanya membentuk Ikatan yang terbuka sehingga Kontak antar fragmen sangat jarang terjadi. Pada Aliran Piroklastik terdapat dua buah bagian yang bergerak yaitu Aliran basal berupa Fragmen yang kasar dan besar yang bergerak di atas tanah dan Aliran Abu berupa partikel yang halus yang bergerak di atas aliran basal. Aliran abu pada umumnya jatuh di wilayah yang Luas karena merupakan material yang ringan dan melawan arah angin dari aliran Basal, hal inilah yang menyebabkan lapisan pada Endapannya ada yang bergradasi normal dan juga reverse. Hasil dari Endapan ini dapat berupa glowing avalanche, lava collapse dan hot ash avalanche.

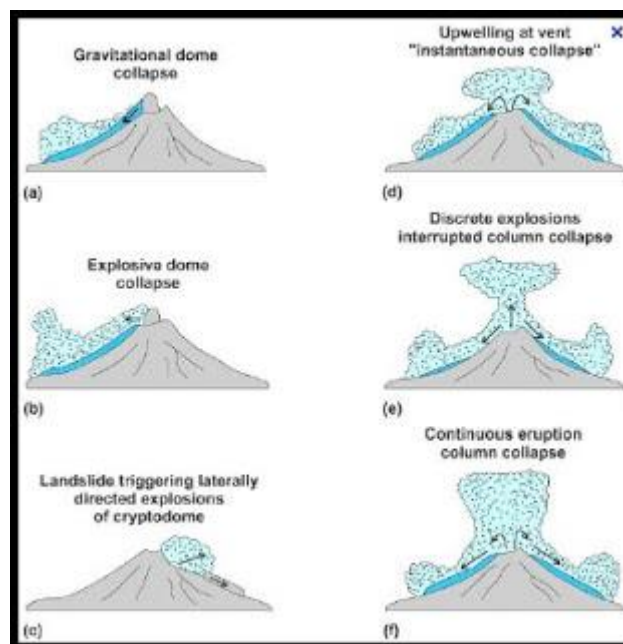
Endapan aliran dibagi menjadi:

- a. Endapan aliran debu dan balok/blok
  - Terdiri dari lapili vesikuler dan debu
  - Sorting buruk; butiran menyudut
  - Sebaran tidak merata; menebal di bagian lembah
  - Seringkali berasosiasi dengan lava riolitik, dasitik, andesitik
- b. Endapan aliran scoria
  - Didominasi oleh lapili scoria
  - Komposisi andesitik, basaltik
- c. Endapan aliran pumice
  - Komposisi dasitik, riolitik
  - Lapili, blok, pecahan gelas bertekstur pumice

|                      | Piroklastik Jatuhan                                            | Piroklastik Aliran                                                                                         |
|----------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sortasi              | Sortasi baik (well sorted)                                     | Sortasi buruk (poorly sorted)                                                                              |
| Ketebalan lapisan    | Teratur dan mengikuti permukaan yang ditutupi (mantle bedding) | Tidak teratur, menipis pada tinggian, menebal pada cekungan, menipis secara lateral terhadap batas saluran |
| Gradasi dan laminasi | Lapisan massif jarang;                                         | Lapisan massif. Gradasi                                                                                    |

|  |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | gradasi normal Jarang, tapi dapat Nadir, tidak ada struktur traksi yang tegas seperti laminasi parallel dan laminasi oblique, tetapi crude strait umum | terbalik umum pada endapan yang terakumulasi dari suspensi laminar (aliran debris dan butiran). Gradasi normal banyak dijumpai pada endapan yang berasal dari suspensi turbulen dan itu umumnya ditemukan mendasari atau menutupi bagian laminasi. |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Perbedaan yang dapat diamati dari lapisan antara endapan piroklastik jatuhan dan piroklastik aliran (Lajoie, 1984)



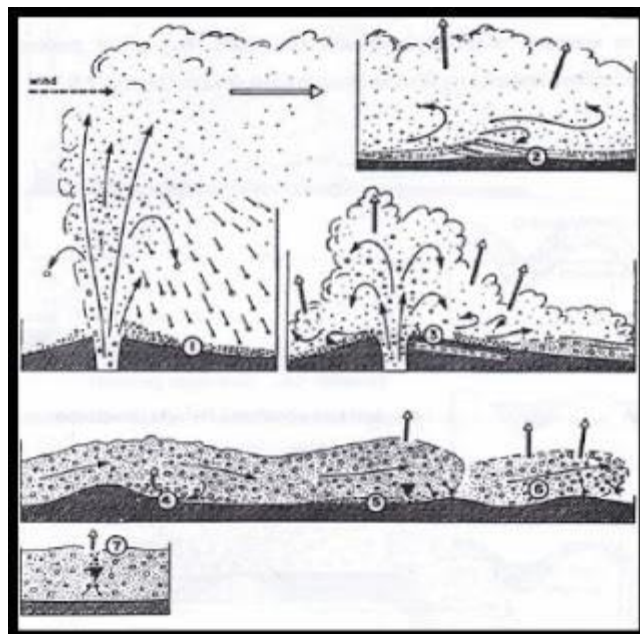
Siklus Endapan Piroklastik Aliran

### 2.1.3. Piroklastik Surge

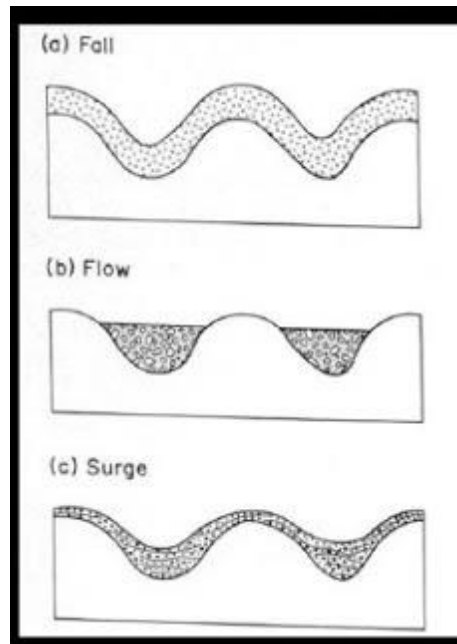
Endapan piroklastik surge dihasilkan dari letusan gunung api yang kemudian mengalir karena adanya penyatuan dari jatuhan dan aliran. Pyroclastic surge adalah batuan piroklastik yang material penyusunnya tertransport melalui permukaan tanah tetapi terjadi proses spin / turbulen (menggeling atau berputar) sehingga akibat proses spin/turbulen, material penyusunnya cenderung mengalami proses pembulatan (rounded). Pada proses terjadinya

pyroclastic surge juga terjadi Gelombang Piroklastik dimana terjadi pergolakan antara massa fluida dan gas serta adanya ledakan dari material padat berupa Fragmen batuan pada saat terjadi Aktivitas Gunung Berapi.

Kemampuan dari pergerakan Pyroclastic surge ini jauh lebih besar daripada Pyroclastic flow, Pyroclastic surge dapat bergerak sampai 1050 km/ jam dan sifatnya yang bergolak dapat memungkinkan Pyroclastic jenis ini dapat menaiki Pegunungan atau Bukit tidak hanya menuruni Lereng seperti Pyroclastic Flow. Pyroclastic Surge bias tidak dan bias juga tergantung pada Topografi wilayah di sekitarnya. terdapat dua jenis Pyroclastic Surge dapat dibagi ke dalam dua bentuk yaitu: Gelombang piroklastik yang "panas" yang terdiri dari awan kering dan batuan dan Gas yang memiliki suhu yang Tinggi bias sampai  $100^{\circ}\text{C}$  dan gelombang Piroklastik yang "dingin" atau disebut juga Basis Surge yang terdiri dari batuan, uap dan air yang memiliki suhu di bawah  $100^{\circ}\text{C}$ . Terdapat beberapa jenis Basis Surge tergantung bagaimana Asosiasinya dengan Piroklastik yang lain yaitu Endapan Base Surge bila berasosiasi dengan Endapan jatuhan , Endapan Ground Surge bila berasosiasi dengan Aliran piroklastik, Endapan Ash-Cloud Surge bila berada di atas endapan aliran piroklastik.



Siklus Endapan Surge



Klasifikasi endapan piroklastik

## 2.2. Klasifikasi Batuan Piroklastik

### 2.2.1. Klasifikasi berdasarkan asal - usul fragmen

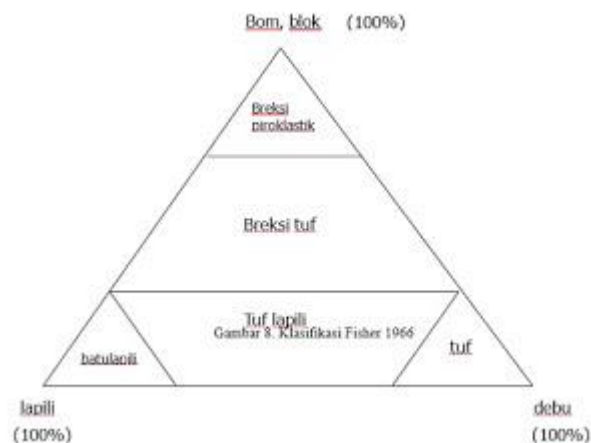
Klasifikasi batuan piroklastik dari Wenworth dan Williams (1932) dalam Pettijohn banyak dipakai, tetapi kisaran yang dipakai tidak sama antara batuan sedimen dan piroklastik :

- a. Bomb/Block  
Tersusun dari fragmen-fragmen diameter  $> 32$  mm, bentuk fragmen meruncing. Breksi Vulkanik seperti halnya aglomerat, breksi vulkanik juga dibentuk oleh material gunungapi (vulkanik)
- b. Lapili: Fragmen tersusun atas Lapili yang berukuran antara 4 mm -32 mm. Tuf (Tuff), batuan piroklastik yang berukuran halus adalah tuf (tuff). Batuan ini terdiri dari material fragmen kristal / mineral. Berdasarkan pada komponen terbanyak fragmen kristal / mineral yang dikandung, tuf dapat dibedakan atas 3 golongan sebagai berikut :
  - a. Tuf Vitric : Banyak fragmen gelas
  - b. Tuf Kristal : Banyak fragmen kristal
  - c. Tuf Lithik : Banyak fragmen batuan
- c. Tuf kasar : Fragmen-fragmen tersusun atas abu kasar dengan ukuran butir terletak antara 0,25 mm - 4 mm.
- d. Tuf halus : Fragmen-fragmen tersusun atas abu halus dengan ukuran  $< 0,25$  mm



| ukuran      | piroklas       | endapan piroklastik                       |                                     |
|-------------|----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|
|             |                | Tefra (tak terkonsolidasi)                | Batuan piroklastik (terkonsolidasi) |
| > 64 mm     | Bom, blok      | Lapisan bom / blok<br>Tefra bom atau blok | Aglomerat, breksi piroklastik       |
| 2 – 64 mm   | lapili         | Lapisan lapili atau<br>Tefra lapilli      | Batalapili (lapillistone)           |
| 1/16 – 2 mm | Abu/debu kasar | Abu kasar                                 | Tuf kasar                           |
| < 1/16 mm   | Abu/debu halus | Abu/debu halus                            | tuf halus                           |

Klasifikasi Schmid, 1981



Klasifikasi Fisher 1966

### 2.3. Struktur Batuan Piroklastik

Seperti halnya batuan vulkanik lainnya, batuan piroklastik mempunyai struktur vesikuler, scoria dan amigdaloidal. Jika klastika pijar dilemparkan keudara dan kemudia terendapkan dalam kondisi masih panas, berkecenderungan mengalami pengelasan antara klastika satu dengan lainnya. Struktur tersebut dikenal dengan pengelasan atau welded. Struktur Batuan Piroklastik yang lain adalah :

- Masif : Batuan masif bila tidak menunjukkan struktur dalam.
- Laminasi : Perlapisan dan struktur sedimen yang mempunyai ketebalan kurang dari 1 cm.
- Berlapis : Perlapisan dan struktur sedimen yang mempunyai ketebalan lebih dari 1 cm.

## 3. Petrologi Batuan Sedimen

Batuan Sedimen adalah batuan yang paling banyak tersingkap di permukaan bumi, kurang lebih 75 % dari luas permukaan bumi, sedangkan batuan beku dan metamorf hanya tersingkapsekitar 25 % dari luas permukaan bumi. Oleh karena itu, batuan sediment

mempunyai arti yang sangat penting, karena sebagian besar aktivitas manusia terdapat di permukaan bumi. Fosil dapat pula dijumpai pada batuan sedimen dan mempunyai arti penting dalam menentukan umur batuan dan lingkungan pengendapan.

Batuan Sedimen adalah batuan yang terbentuk karena proses diagenesis dari material batuan lain yang sudah mengalami sedimentasi. Sedimentasi ini meliputi proses pelapukan, erosi, transportasi, dan deposisi. Proses pelapukan yang terjadi dapat berupa pelapukan fisik maupun kimia. Proses erosi dan transportasi dilakukan oleh media air dan angin. Proses deposisi dapat terjadi jika energi transport sudah tidak mampu mengangkut partikel tersebut.



### 3.1. Proses Pembentukan Batuan Sedimen

Batuan sedimen terbentuk dari batuan-batuan yang telah ada sebelumnya oleh kekuatan-kekuatan yaitu pelapukan, gaya-gaya air, pengikisan-pengikisan angin serta proses litifikasi, diagenesis, dan transportasi, maka batuan ini terendapkan di tempat-tempat yang relatif lebih rendah letaknya, misalnya: di laut, samudera, ataupun danau-danau. Mula-mula sediment merupakan batuan-batuan lunak, akan tetapi karena proses diagenesis sehingga batuan-batuan lunak tadi akan menjadi keras.

#### A. Transportasi dan Deposisi

##### a) Transportasi dan deposisi partikel oleh fluida

Pada transportasi oleh partikel fluida, partikel dan fluida akan bergerak secara bersama-sama. Sifat fisik yang berpengaruh terutama adalah densitas dan viskositas air lebih besar daripada udara sehingga air lebih mampu mengangkut partikel yang lebih besar daripada yang dapat diangkut udara. Viskositas adalah kemampuan fluida untuk mengalir. Jika viskositas rendah maka kecepatan mengalirnya akan rendah dan sebaliknya. Viskositas yang rendah akan mengalirnya akan rendah dan sebaliknya. Viskositas yang rendah akan mengalirnya akan rendah dan sebaliknya. Viskositas yang rendah akan mengalirnya akan rendah dan sebaliknya.

##### b) Transportasi dan deposisi partikel oleh *sediment gravity flow*

Pada transportasi ini partikel sediment tertransport langsung oleh pengaruh gravitasi, disini material akan bergerak lebih dulu baru kemudian medianya. Jadi disini partikel bergerak tanpa bantuan fluida, partikel sediment akan bergerak

karena terjadi perubahan energi potensial gravitasi menjadi energi kinetik. Yang termasuk dalam sediment gravity flow antara lain adalah debris flow, grain flow dan arus turbid. Deposisi sediment oleh gravity flow akan menghasilkan produk yang berbeda dengan deposisi sediment oleh fluida flow karena pada gravity flow transportasi dan deposisi terjadi dengan cepat sekali akibat pengaruh gravitasi. Batuan sedimen yang dihasilkan oleh proses ini umumnya akan mempunyai sortasi yang buruk dan memperlihatkan struktur deformasi.

**B. Litifikasi dan Diagenesis**

Litifikasi adalah proses perubahan material sediment menjadi batuan sediment yang kompak. Misalnya, pasir mengalami litifikasi menjadi batupasir. Seluruh proses yang menyebabkan perubahan pada sedimen selama terpendam dan terlitifikasi disebut sebagai diagenesis. Diagenesis terjadi pada temperatur dan tekanan yang lebih tinggi daripada kondisi selama proses pelapukan, namun lebih rendah daripada proses metamorfisme.

Proses diagenesis dapat dibedakan menjadi tiga macam berdasarkan proses yang mengontrolnya, yaitu proses fisik, kimia, dan biologi.

Proses diagenesis sangat berperan dalam menentukan bentuk dan karakter akhir batuan sedimen yang dihasilkannya. Proses diagenesis akan menyebabkan perubahan material sedimen. Perubahan yang terjadi adalah perubahan fisik, mineralogi dan kimia. Adapun beberapa proses yang terjadi dalam diagenesis, yaitu :

- a. **Kompaksi**  
Kompaksi terjadi jika adanya tekanan akibat penambahan beban.
- b. **Authigenesis**  
Mineral baru terbentuk dalam lingkungan diagenetik, sehingga adanya mineral tersebut merupakan partikel baru dalam suatu sedimen. Mineral autigenik ini yang umum diketahui sebagai berikut: karbonat, silika, klastika, illite, gypsum dan lain-lain.
- c. **Metasomatisme**  
Metasomatisme yaitu pergantian mineral sedimen oleh berbagai mineral autigenik, tanpa pengurangan volume asal. Contoh : dolomitasi, sehingga dapat merusak bentuk suatu batuan karbonat atau fosil.
- d. **Rekristalisasi**  
Rekristalisasi yaitu pengkristalan kembali suatu mineral dari suatu larutan kimia yang berasal dari pelarutan material sedimen selama diagenesis atau sebelumnya. Rekristalisasi sangat umum terjadi pada pembentukan batuan karbonat. Sedimentasi yang terus berlangsung di bagian atas sehingga volume sedimen yang ada di bagian bawah semakin kecil dan cairan (fluida) dalam ruang antar butir tertekan keluar dan migrasi ke arah atas berlahan-lahan.
- e. **Larutan (Solution)**

- f. Biasanya pada urutan karbonat akibat adanya larutan menyebabkan terbentuknya rongga-rongga di dalam jika tekanan cukup kuat menyebabkan terbentuknya struktur iolit.

### **3.2. Deskripsi Batuan Sedimen**

#### **3.2.1. Warna**

Secara umum warna pada batuan sedimen akan dipengaruhi oleh beberapa factor, yaitu :

- a) Warna mineral pembentuk batuan sedimen  
Contoh jika mineral pembentuk batuan sedimen didominasi oleh kwarsa maka batuan akan berwarna putih.
- b) Warna massa dasar/matrik atau warna semen.
- c) Warna material yang menyelubungi (coating material).  
Contoh batupasir kwarsa yang diselubungi oleh glaukonit akan berwarna hijau.
- d) Derajat kehalusan butir penyusunnya.  
Pada batuan dengan komposisi yang sama jika makin halus ukuran butir maka warnanya cenderung akan lebih gelap.
- e) Warna batuan juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pengendapan, jika kondisi lingkungannya reduksi maka warna batuan menjadi lebih gelap dibandingkan pada lingkungan oksidasi. Batuan sedimen yang banyak kandungan material organik (organic matter) mempunyai warna yang lebih gelap.

#### **3.2.2. Tekstur**

Tekstur batuan sediment adalah segala kenampakan yang menyangkut butir sedimen seperti ukuran butir, bentuk butir dan orientasi. Tekstur batuan sedimen mempunyai arti penting karena mencerminkan proses yang telah dialami batuan tersebut terutama proses transportasi dan pengendapannya, tekstur juga dapat digunakan untuk menginterpretasi lingkungan pengendapan batuan sediment. Secara umum batuan sedimen dibedakan menjadi dua, yaitu tekstur klastik dan non klastik.

##### **3.2.2.1. Tekstur klastik**

Unsur dari tekstur klastik fragmen, massa dasar (matrik) dan semen.

Fragmen : Batuan yang ukurannya lebih besar daripada pasir.

Matrik : Butiran yang berukuran lebih kecil daripada fragmen dan diendapkan bersama-sama dengan fragmen.

Semen : Material halus yang menjadi pengikat, semen diendapkan setelah fragmen dan matrik. Semen umumnya berupa silica, kalsit, sulfat atau oksida besi.

##### **3.2.2.2. Ukuran Butir**

Ukuran butir yang digunakan adalah skala Wenworth (1922), yaitu :

| Ukuran Butir (mm) | Nama Butir                            | Nama Batuan                 |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| > 256             | Bongkah (Boulder)                     | Breksi : jika fragmen       |
| 64-256            | Berangkal (Couple)                    | berbentuk runcing           |
| 4-64              | Kerakal (Pebble)                      | Konglomerat : jika membulat |
| 2-4               | Kerikil (Gravel)                      | fragmen berbentuk membulat  |
| 1-2               | Pasir Sangat Kasar (Very Coarse Sand) |                             |
| 1/2-1             | Pasir Kasar (Coarse Sand)             |                             |
| 1/4-1/2           | Pasir Sedang (Fine Sand)              | Batupasir                   |
| 1/8-1/4           | Pasir halus (Medium Sand)             |                             |
| 1/16-1/8          | Pasir Sangat Halus (Very Fine Sand)   |                             |
| 1/256-1/16        | Lanau                                 | Batulanau                   |
| <1/256            | Lempung                               | Batulempung                 |

### 3.2.2.3. Bentuk Butir

Tingkat kebundaran butir (*roundness*)

Tingkat kebundaran butir dipengaruhi oleh komposisi butir, ukuran butir, jenis proses transportasi dan jarak transport (Boggs, 1987). Butiran dari mineral yang resisten seperti kwarsa dan zirkon akan berbentuk kurang bundar dibandingkan butiran dari mineral kurang resisten seperti feldspar dan pyroxene. Butiran berukuran lebih besar daripada yang berukuran pasir. Jarak transport akan mempengaruhi tingkat kebundaran butir dari jenis butir yang sama, makin jauh jarak transport butiran akan makin bundar. Pembagian kebundaran :

- Well rounded (membundar baik)  
Semua permukaan konveks, hampir equidimensional, sferoidal.
- Rounded (membundar)

Pada umumnya permukaan-permukaan bundar, ujung-ujung dan tepi butiran bundar.

- Subrounded (membundar tanggung)

Permukaan umumnya datar dengan ujung-ujung yang membundar.

- Subangular (menyudut tanggung)

Permukaan pada umumnya datar dengan ujung-ujung tajam.

- Angular (menyudut)

Permukaan konkaf dengan ujungnya yang tajam.

#### **3.2.2.4. Sortasi (Pemilahan)**

Pemilahan adalah keseragaman dari ukuran besar butir penyusun batuan sedimen, artinya bila semakin seragam ukurannya dan besar butirnya maka, pemilahan semakin baik. Pemilahan yaitu keseragaman butir didalam batuan sedimen klastik. beberapa istilah yang biasa dipergunakan dalam pemilahan batuan, yaitu :

Sortasi baik : bila besar butir merata atau sama besar

Sortasi buruk : bila besar butir tidak merata, terdapat matrik dan fragmen.

#### **3.2.2.5. Kemas (Fabric)**

Didalam batuan sedimen klastik dikenal dua macam kemas, yaitu :

Kemas terbuka : bila butiran tidak saling bersentuhan (mengambang dalam matrik).

Kemas tertutup : butiran saling bersentuhan satu sama lain

#### **3.2.2.6. Struktur**

Struktur sedimen merupakan suatu kelainan dari perlapisan normal batuan sedimen yang diakibatkan oleh proses pengendapan dan energi pembentuknya. Pembentukannya dapat terjadi pada waktu pengendapan maupun segera setelah proses pengendapan. (Pettijohn & Potter, 1964 ; Koesomadinata, 1981)

Pada batuan sedimen dikenal dua macam struktur, yaitu :

Syngenetik : terbentuk bersamaan dengan terjadinya batuan sedimen, disebut juga sebagai struktur primer.

Epigenetik : terbentuk setelah batuan tersebut terbentuk seperti kekar, sesar, dan lipatan.

Macam-macam struktur primer adalah sebagai berikut :

##### **A. Struktur deposisi**

- a) Perlapisan dan Laminasi

Disebut dengan perlapisan jika tebalnya lebih dari 1 cm dan disebut laminasi jika kurang dari 1 cm. perlapisan dan laminasi batuan sedimen terbentuk karena adanya perubahan kondisi fisik, kimia, dan biologi. Misalnya terjadi perubahan energi arus sehingga terjadi perubahan ukuran butir yang diendapkan. Macam-macam perlapisan dan laminasi :

- Perlapisan/laminasi sejajar (normal) Dimana lapisan/laminasi batuan tersusun secara horizontal dan saling sejajar satu dengan yang lainnya.
- Perlapisan/laminasi silang siur (Cross bedding/lamination)
- Perlapisan/batuan saling potong memotong satu dengan yang lainnya.

b) Graded bedding

Struktur graded bedding merupakan struktur yang khas sekali dimana butiran makin ke atas makin halus. Graded bedding sangat penting sekali artinya dalam penelitian untuk menentukan yang mana atas (up) dan yang bawah (bottom) dimana yang halus merupakan bagian atasnya sedangkan bagian yang kasar adalah bawahnya. Graded bedding yang disebabkan oleh arus turbid, dimana fraksi halus didapatkan di bagian atas juga tersebar di seluruh batuan tersebut. Secara genesa graded bedding oleh arus turbid juga terjadi oleh selain oleh kerja suspensi juga disebabkan oleh pengaruh arus turbulensi.

Penggolongan Bedding Menurut Ketebalan (Mc Kee and Weir, 1985)

| Ukuran <i>Bedding</i> (cm) | Nama <i>Bedding</i> |
|----------------------------|---------------------|
| >100                       | very thick bedded   |
| 30-100                     | thick bedded        |
| 10-30                      | medium bedded       |
| 3,0-10                     | thin bedded         |
| 1,0-3,0                    | very thin bedded    |
| 0,3-1,0                    | thick laminated     |
| <0,3                       | thin laminated      |

c) Ripple mark

Bentuk permukaan yang bergelombang karena adanya arus



**B. Struktur Erosi**

a) Flute cast

Bentuk gerusan pada permukaan lapisan akibat aktivitas arus

b) Groove cast

c) Channel & scour

**C. Struktur pasca Deposisi**

a) Mud cracks, Bentuk retakan pada lapisan Lumpur (mud), biasanya berbentuk polygonal.

b) Rain marks, Kenampakan pada permukaan sedimen akibat tetesan air hujan.

c) *Load cast*, Lekukan pada permukaan lapisan akibat gaya tekan dari beban di atasnya.

d) *Convolute structure*, Liukan pada batuan sedimen akibat proses deformasi.

e) *Sandstone dike and sill*, Karena deformasi pasir dapat terinjeksi pada lapisan sediment di atasnya.

**D. Karena proses biologi**

a) Track : jejak berupa tsapak organisme

b) Trail : jejak berupa seretan bagian tubuh organisme

c) Galian (burrow), adalah lubang atau bahan galian hasil aktivitas organisme.

d) Mold : cetakan bagian tubuh organisme

e) Cast : cetakan dari mold

**3.3. Klasifikasi Batuan Sedimen**

Batuan sediment berdasarkan komposisinya dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok, yaitu :

a. Batuan sediment detritus/klastik

Dapat dibedakan menjadi :

Detritus halus : batulempung, batulanau.

Detritus sedang : batupasir (greywack, feldspathic)

Detritus kasar : breksi dan konglomerat.

Komposisi batuan ini pada umumnya adalah kwarsa, feldspar, mika, mineral lempung, dsb.

b. Batuan sedimen evaporit

Batuan sedimen ini terbentuk dari proses evaporasi. Contoh batumannya adalah gips, anhydrite, batu garam.

c. Batuan sedimen batubara

Batuan ini terbentuk dari material organik yang berasal dari tumbuhan. Untuk batubara dibedakan berdasarkan kandungan unsure karbon, oksigen, air dan tingkat perkembangannya. Contohnya lignit, bituminous coal, anthracite.

d. Batuan sedimen silika

Batuan sedimen silika ini terbentuk oleh proses organik dan kimiawi. Contohnya adalah rijang (chert), radiolarian dan tanah diatomae.

e. Batuan sedimen karbonat

Batuan ini terbentuk baik oleh proses mekanis, kimiawi, organik. Contoh batuan karbonat adalah framestone, boundstone, packstone, wackstone dan sebagainya.

### 3.4. Penamaan Batuan Sedimen

Klasifikasi batuan sedimen klastik yang umum digunakan adalah berdasarkan ukuran butirnya (menurut ukuran butir dari *Wentworth*), namun akan lebih baik lagi ditambahkan mengenai hal-hal lain yang dapat memperjelas keterangan mengenai batuan sedimen yang dimaksud seperti komposisi dan strukturalnya. Misalnya batupasir silang siur, batulempung kerikil, batupasir kwarsa.

a. Batupasir kwarsa

Komposisi didominasi oleh pasir kwarsa dengan demikian berarti transportasinya lebih jauh. Kemungkinan mengandung fosil kecil sekali (fosil karbonat), jika ada kemungkinan karena semennya karbonat (gamping). Warnanya agak gelap terang, karena kwarsa berwarna putih.

b. Greywacke

Istilah pertama digunakan di pegunungan Harz (Jerman) Merupakan fragmen batuan (rock fragmen)

c. Arkose

Batupasir yang dominan tersusun oleh mineral feldspar. Oleh karena yang dominan adalah feldspar maka ia tak tahan lapuk atau tidak stabil. Ini menunjukkan bahwa batuan ini kesempatan untuk melapuk kecil, iklim eroding, relief tajam (pada daerah yang berrelief tajam).

d. Konglomerat

Batuan klastik yang mempunyai fragmen batuan dan matrik, dengan batuan fragmen membundar – sangat membundar, kerikil, kerakal, dan bongkah dapat terdiri bermacam batuan tetapi, kebanyakan biasanya kaya akan mineral kwarsa. Biasanya ruang antara kerikil dengan pasir tersementasi dengan silika, lempung, limonite atau kalsit.

e. Breccia (breksi)

Adalah jenis batuan sedimen klastik yang menyerupai konglomerat, tetapi kebanyakan fragmen batuanannya berbentuk angular sampai meruncing-runcing, ukuran umumnya berkisar dari kerakal sampai berangkal, sering diantara fragmen ini dijumpai ukuran yang lebih kecil yang disebut matrik, fragmen dan matrik penyusun breksi ini terikat dengan semen yang berupa material karbonatan atau lempungan, dari bentuk fragmen yang meruncing, dapat ditafsirkan bahwa breksi ini diendapkan dengan sumbernya, sehingga tidak terpengaruh suara fisik oleh jarak transportasi hingga ingin mencapai cekungan sedimen ukuran material penyusun breksi lebih besar dari 2 mm.

f. Batupasir

Batuan sediment klastik yang terdiri dari semen berukuran pasir, massa pasir ini umumnya adalah mineral silika, feldspar atau pasir karbonat, sedang material pengikat atau semen

berupabesi oksida, silika lempung atau kalsium karbonat. Dengan adanya perubahan yang besar dalam ukuran butirnya, maka dapat dibedakan ukurannya dari batupasir kasar sampai batulanau. Pada beberapa batuan, dijumpai ukuran butir yang beragam; jadi dapat dikatakan batupasir konglomerat atau batulanau pasiran. Warna pada batupasir, terbentuk sebagian besar oleh variasi butirnya.

g. Batulempung (dapat disebut serpih)

Adalah batuan sediment klastik yang terbentuk dari hasil pengompakan lempung dan lanau, ukuran butirnya halus sehingga batuan terlihat homogen. Batulempung adalah halus dan umumnya terasa lembut, tetapi beberapa pasir halus atau lanau kasar mungkin membuat terasa gurih.

h. Batugamping

Yang mungkin saja termasuk kedalam batuan sediment klastik atau kimiawi, umumnya terdiri dari kalsit, beberapa mempunyai impurities atau variasi bagus bahkan keduanya dalam penampakkannya. Beberapa batugamping yang berbentuk butiran halus mungkin terbentuk secara presipitasi kimia dengan batuan banyak atau sedikit organisme kecil, beberapa sedimen pada dasar laut kemungkinan tersingkap di lapisan awal pada formasi batugamping ukuran halus.

i. Dolostone

Seperti batugamping, juga merupakan batuan sedimen klastik atau kimiawi yang umumnya tersusun oleh mineral dolomite,  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ . dolomite kelihatan seperti kalsit, oleh karena itu mengapa dolomite dapat dikatakan sebagai batugamping.

#### 4. Petrologi Batuan Metamorf

##### 4.1. Pengertian Batuan Metamorf

Batuan metamorf merupakan batuan hasil malihan dari batuan yang telah ada sebelumnya yang ditunjukkan dengan adanya perubahan komposisi mineral, tekstur dan struktur batuan yang terjadi pada fase padat (*solid state*) akibat adanya perubahan temperatur, tekanan dan kondisi kimia di kerak bumi (Ehlers & Blatt, 1982).

Batuan metamorf adalah hasil dari perubahan-perubahan fundamental batuan yang sebelumnya telah ada. Panas yang intensif yang dipancarkan oleh suatu massa magma yang sedang mengintrusi menyebabkan metamorfosa kontak. Metamorfosa regional yang meliputi daerah yang sangat luas disebabkan oleh efek tekanan dan panas pada batuan yang terkubur sangat dalam.

Namun perlu dipahami bahwa proses metamorfosa terjadi dalam keadaan padat, dengan perubahan kimiawi dalam batas-batas tertentu saja dan meliputi proses-proses rekristalisasi, reorientasi dan pembentukan mineral-mineral baru dengan penyusunan kembali elemen-elemen kimia yang sebelumnya telah ada. (Graham, D.S, 1987 .)

Menurut Turner (1954, lihat Williams dkk, 1954:161-162) menyebutkan bahwa batuan metamorf adalah batuan yang telah mengalami perubahan mineralogik dan struktur oleh proses metamorfisme dan terjadi langsung dari fase padat tanpa melalui fase cair.

Perubahan temperatur dapat terjadi oleh karena berbagai macam sebab antara lain oleh adanya pemanasan akibat intrusi magmatik dan perubahan gradien geothermal. Panas dalam skala kecil juga bisa terjadi akibat adanya gesekan/friksi selama terjadinya deformasi suatu massa batuan. Pada batuan silikat batas bawah terjadinya metamorfosa umumnya pada suhu  $150^{\circ} \pm 50^{\circ} \text{C}$  yang ditandai dengan munculnya mineral-mineral Mg-carpholite, Glaucophane, lawsonite, paragonite, prehnite atau stilpnomelane. Sedangkan batas atas terjadinya metamorfosa sebelum terjadinya pelelehan adalah berkisar  $650^{\circ} - 1100^{\circ} \text{C}$ , tergantung jenis batuan asalnya (Bucher & Frey, 1994).

Aktivitas kimiawi fluida dan gas yang berada pada jaringan antar butir batuan mempunyai peranan yang penting dalam metamorfosa. Fluida aktif yang banyak berperan adalah air beserta karbon dioksida, asam hidroklorik dan hidrofluorik. Umumnya fluida dan gas tersebut bertindak sebagai katalis atau solven serta bersifat membantu reaksi kimia dan penyetimbangan mekanis (Huang, 1962).

#### **4.2. Proses Metamorfisme**

Metamorfosa adalah proses rekristalisasi di kedalaman kerak bumi (3 – 20 km) yang keseluruhannya atau sebagian besar terjadi dalam keadaan padat, yakni tanpa melalui fasa cair. Sehingga terbentuk struktur dan mineralogi baru yang sesuai dengan lingkungan fisik baru pada tekanan (P) dan temperatur (T) tertentu.

Menurut H.G.F. Winkler, 1967, metamorfisme adalah proses-proses yang mengubah mineral suatu batuan pada fase padat karena pengaruh atau tanggapan terhadap kondisi fisik dan kimia di dalam kerak bumi, dimana kondisi fisik dan kimia tersebut berbeda dengan kondisi sebelumnya. Proses-proses tersebut tidak termasuk pelapukan dan diagenesis. Batuan metamorf adalah batuan yang berasal dari batuan induk, bisa batuan beku, batuan sedimen, ataupun batuan metamorf itu sendiri yang mengalami metamorfosa.

Proses metamorfisme kadang-kadang tidak berlangsung sempurna, sehingga perubahan yang terjadi pada batuan asal tidak terlalu besar, hanya kekompakkan pada batuan saja yang bertambah. Proses metamorfisme yang sempurna menyebabkan karakteristik batuan asal tidak terlihat lagi. Pada kondisi perubahan yang sangat ekstrim, peningkatan temperatur mendekati titik lebur batuan, padahal perubahan batuan selama proses metamorfisme harus tetap dalam keadaan padat. Apabila sampai mencapai titik lebur batuan maka proses tersebut bukan lagi proses metamorfisme tetapi proses aktivitas magma.

Agen atau media yang menyebabkan proses metamorfisme adalah panas, tekanan dan cairan kimia aktif. Ketiga media tersebut dapat bekerja bersama-sama pada batuan yang mengalami proses metamorfisme, tetapi derajat metamorfisme dan kontribusi dari tiap agen tersebut berbeda-beda. Pada proses metamorfisme tingkat rendah, kondisi temperatur dan tekanan hanya sedikit diatas kondisi proses pembatuan pada batuan sedimen. Sedangkan pada proses metamorfisme tingkat tinggi, kondisinya sedikit dibawah kondisi proses peleburan batuan.

Tahap-Tahap Proses Metamorfisme

- Rekristalisasi, proses ini dibentuk oleh tenaga kristaloblastik, disini terjadi penyusunan kembali kristal-kristal dimana elemen-elemen kimia yang sudah ada sebelumnya sudah ada.
- Reorientasi, proses ini dibentuk oleh tenaga kristaloblastik, disini pengorientasian kembali dari susunan kristal-kristal, dan ini akan berpengaruh pada tekstur dan struktur yang ada.
- Pembentukan mineral-mineral baru, proses ini terjadi dengan penyusunan kembali elemen-elemen kimiawi yang sebelumnya telah ada.

#### 4.3. Tipe Metamorfosa

Bucher & Frey (1994) mengemukakan bahwa berdasarkan tatanan geologinya, metamorfosa dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

##### 1. **Metamorfosa regional/ dinamothermal**

Metamorfosa regional/dinamothermal merupakan metamorfosa yang terjadi pada daerah yang sangat luas. Metamorfosa ini dibedakan menjadi tiga, yaitu metamorfosa orogenik, *burial* dan dasar samudera(*Ocean-floor*).

###### a) **Metamorfosa Orogenik**

Metamorfosa ini terjadi pada daerah sabuk orogenik dimana terjadi proses deformasi yang menyebabkan rekristalisasi. Umumnya batuan metamorf yang dihasilkan mempunyai butiran mineral yang terorientasi dan membentuk sabuk yang melampar dari ratusan sampai ribuan kilometer. Proses metamorfosa memerlukan waktu yang sangat lama berkisar antara puluhan juta tahun.

###### b) **Metamorfosa *Burial***

Metamorfosa ini terjadi oleh akibat kenaikan tekanan dan temperatur pada daerah geosinklin yang mengalami sedimentasi intensif, kemudian terlipat. Proses yang terjadi adalah rekristalisasi dan reaksi antara mineral dengan fluida.

###### c) **Metamorfosa dasar Samudera(*Ocean-Floor*)**

Metamorfosa ini terjadi akibat adanya perubahan pada kerak samudera di sekitar punggung tengah samudera (*mid oceanic ridges*). Batuan metamorf yang dihasilkan umumnya berkomposisi basa dan ultrabasa. Adanya pemanasan air laut menyebabkan mudah terjadinya reaksi kimia antara batuan dan air laut tersebut.

##### 2. **Metamorfosa Lokal**

Metamorfosa lokal merupakan proses metamorfosa yang terjadi pada daerah yang sempit berkisar antara beberapa meter sampai kilometer saja. Metamorfosa ini dapat dibedakan menjadi :

###### a) **Metamorfosa Kontak**

Metamorfosa kontak terjadi pada batuan yang mengalami pemanasan di sekitar kontak massa batuan beku intrusif maupun ekstrusif. Perubahan terjadi karena pengaruh panas dan material yang dilepaskan oleh magma

serta kadang oleh deformasi akibat gerakan magma. Zona metamorfosa kontak disebut *contact aureole*. Proses yang terjadi umumnya berupa rekristalisasi, reaksi antar mineral, reaksi antara mineral dan fluida serta penggantian/penambahan material. Batuan yang dihasilkan umumnya berbutir halus.

**b) Pirometamorfosa/ Metamorfosa optalic/Kaustik/Thermal**

Metamorfosa ini adalah jenis khusus metamorfosa kontak yang menunjukkan efek hasil temperatur yang tinggi pada kontak batuan dengan magma pada kondisi vulkanik atau *quasi* vulkanik, contohnya pada xenolith atau pada zona dike.

**c) Metamorfosa Kataklastik/Dislokasi/Kinematik/Dinamik**

Metamorfosa kataklastik terjadi pada daerah yang mengalami deformasi intensif, seperti pada patahan. Proses yang terjadi murni karena gaya mekanis yang mengakibatkan penggerusan dan granulasi batuan. Batuan yang dihasilkan bersifat non-foliasi dan dikenal sebagai *fault breccia*, *fault gouge*, atau milonit.

**d) Metamorfosa Hidrotermal/Metasomatisme**

Metamorfosa hidrothermal terjadi akibat adanya perkolasi fluida atau gas yang panas pada jaringan antar butir atau pada retakan-retakan batuan sehingga menyebabkan perubahan komposisi mineral dan kimia. Perubahan juga dipengaruhi oleh adanya *confining pressure*.

**e) Metamorfosa Impact**

Metamorfosa ini terjadi akibat adanya tabrakan *hypervelocity* sebuah meteorit. Kisaran waktunya hanya beberapa mikrodetik dan umumnya ditandai dengan terbentuknya mineral coesite dan stishovite.

**f) Metamorfosa Retrograde/Diaropteris**

Metamorfosa ini terjadi akibat adanya penurunan temperatur sehingga kumpulan mineral metamorfosa tingkat tinggi berubah menjadi kumpulan mineral stabil pada temperatur yang lebih rendah.

#### 4.4. Mineralogi

Mineral-mineral yang terdapat pada batuan metamorf dapat berupa mineral yang berasal dari batuan asalnya maupun dari mineral baru yang terbentuk akibat proses metamorfisme sehingga dapat digolongkan menjadi 3, yaitu :

- Mineral yang umumnya terdapat pada batuan beku dan batuan metamorf seperti kuarsa, felspar, muskovit, biotit, hornblende, piroksen, olivin dan bijih besi.
- Mineral yang umumnya terdapat pada batuan sedimen dan batuan metamorf seperti kuarsa, muskovit, mineral-mineral lempung, kalsit dan dolomit.
- Mineral indeks batuan metamorf seperti garnet, andalusit, kianit, silimanit, stautolit, kordierit, epidot dan klorit.

Proses pertumbuhan mineral saat terjadinya metamorfosa pada fase padat dapat dibedakan menjadi *secretionary growth*, *concentrationary growth* dan *replacement* (Ramberg, 1952 dalam Jackson, 1970). *Secretionary growth* merupakan pertumbuhan kristal hasil reaksi kima fluida yang terdapat pada batuan yang terbentuk akibat adanya tekanan pada batuan tersebut. *Concentrationary growth* adalah proses pendesakan kristal oleh kristal lainnya untuk membuat ruang pertumbuhan. Sedangkan *replacement* merupakan proses penggantian mineral lama oleh mineral baru.

#### 4.5. Fasies Metamorfik

Konsep fasies metamorfik diperkenalkan oleh Eskola, 1915 (Bucher & Frey, 1994). Eskola mengemukakan bahwa kumpulan mineral pada batuan metamorf merupakan karakteristik genetis yang sangat penting sehingga terdapat hubungan antara kumpulan mineral dan komposisi batuan pada tingkat metamorfosa tertentu. Dengan kata lain sebuah fasies metamorfik merupakan kelompok batuan yang termetamorfosa pada kondisi yang sama yang dicirikan oleh kumpulan mineral yang tetap. Tiap fasies metamorfik dibatasi oleh tekanan dan temperatur tertentu serta dicirikan oleh hubungan teratur antara komposisi kimia dan mineralogi dalam batuan.

#### 4.6. Struktur Batuan Metamorf

Struktur batuan metamorf adalah kenampakan batuan yang berdasarkan ukuran, bentuk atau orientasi unit poligranular batuan tersebut (Jackson, 1970). Pembahasan mengenai struktur juga meliputi susunan bagian massa batuan termasuk hubungan geometrik antar bagian serta bentuk dan kenampakan internal bagian-bagian tersebut. (Bucher & Frey, 1994). Secara umum struktur batuan metamorf dapat dibedakan menjadi struktur foliasi dan nonfoliasi.

##### 4.6.1. Struktur Foliasi

Struktur foliasi merupakan kenampakan struktur planar pada suatu massa batuan (Bucher & Frey, 1994). Foliasi ini dapat terjadi karena adanya penjajaran mineral-mineral menjadi lapisan-lapisan (*gneissosity*), orientasi butiran (*schistosity*), permukaan belahan planar (*cleavage*) atau kombinasi dari ketiga hal tersebut (Jackson, 1970).

##### 1. Slaty Cleavage

Umumnya ditemukan pada batuan metamorf berbutir sangat halus (mikrokristalin) yang dicirikan oleh adanya bidang-bidang belah planar yang sangat rapat, teratur dan sejajar. Batuannya disebut slate (batusabak).

##### 2. Phylitic

Struktur ini hampir sama dengan struktur slaty cleavage tetapi terlihat rekristalisasi yang lebih besar dan mulai terlihat pemisahan mineral pipih dengan mineral granular. Batuannya disebut phyllite (filit)

##### 3. Schistosity

Terbentuk adanya susunan parallel mineral-mineral pipih, prismatic atau lentikular (umumnya mika atau klorit) yang berukuran butir sedang sampai kasar. Batuannya disebut schist (sekis).

4. *Gneissic/Gnissose*

Terbentuk oleh adanya perselingan., lapisan penjajaran mineral yang mempunyai bentuk berbeda, umumnya antara mineral-mineral granuler (feldspar dan kuarsa) dengan mineral-mineral tabular atau prismatic (mineral ferromagnesium). Penjajaran mineral ini umumnya tidak menerus melainkan terputus-putus. Batuannya disebut gneiss.

**4.6.2. Struktur Non Foliasi.**

Struktur ini terbentuk oleh mineral-mineral equidimensional dan umumnya terdiri dari butiran-butiran (granular). Struktur non foliasi yang umum dijumpai antara lain :

1. *Hornfelsic/granulose*

Terbentuk oleh mozaik mineral-mineral equidimensional dan equigranular dan umumnya berbentuk polygonal. Batuannya disebut hornfels (batutanduk)

2. *Kataklastik*

Berbentuk oleh pecahan/fragmen batuan atau mineral berukuran kasar dan umumnya membentuk kenampakan breksiasi. Struktur kataklastik ini terjadi akibat metamorfosa kataklastik. Batuannya disebut cataclasite (kataklastik).

3. *Milonitic*

Dihasilkan oleh adanya penggerusan mekanik pada metamorfosa kataklastik. Ciri struktur ini adalah mineralnya berbutir halus, menunjukkan kenampakan goresan-goresan searah dan belum terjadi rekristalisasi mineral-mineral primer. Batuannya disebut mylonite (milonit).

4. *Phyllonitic*

Mempunyai kenampakan yang sama dengan struktur milonitik tetapi umumnya telah terjadi rekristalisasi. Ciri lainnya adalah kenampakan kilap sutera pada batuan yang mempunyai struktur ini. Batuannya disebut phyllonite (filonit)

**4.7. Tekstur Batuan Metamorf**

Tekstur merupakan kenampakan batuan yang berdasarkan pada ukuran, bentuk dan orientasi butir mineral individual penyusun batuan metamorf (Jackson, 1970). Penamaan tekstur batuan metamorf umumnya menggunakan awalan *blasto* atau akhiran *blastic* yang ditambahkan pada istilah dasarnya. Penamaan tekstur tersebut akan dibahas pada bagian berikut ini.

**4.7.1. Tekstur berdasarkan ketahanan terhadap proses metamorfosa**



Berdasarkan ketahanannya terhadap proses metamorfosa ini tekstur batuan metamorf dapat dibedakan menjadi :

a. *Relict/Palimpsest/Sisa*

Tekstur ini merupakan tekstur batuan metamorf yang masih menunjukkan sisa tekstur batuan asalnya atau tekstur batuan asalnya masih tampak pada batuan metamorf tersebut. Awalan *blasto* digunakan untuk penamaan tekstur batuan metamorf ini. Contohnya adalah blastoporfiritik yaitu batuan metamorf yang tekstur porfiritik batuan beku asalnya masih bisa dikenali. Batuan yang mempunyai kondisi seperti ini sering disebut batuan metabeku atau metasedimen.

b. Kristaloblastik

Tekstur kristaloblastik merupakan tekstur batuan metamorf yang terbentuk oleh sebab proses metamorfosa itu sendiri. Batuan dengan tekstur ini sudah mengalami rekristalisasi sehingga tekstur asalnya tidak tampak. Penamaannya menggunakan akhiran blastik.

#### 4.7.2. Tekstur berdasarkan bentuk individu kristal

Bentuk individu kristal pada batuan metamorf dapat dibedakan menjadi :

- Euhedral, bila kristal dibatasi oleh bidang permukaan kristal itu sendiri
- Subhedral, bila kristal dibatasi sebagian oleh bidang permukaannya sendiri dan sebagian oleh bidang permukaan kristal disekitarnya.
- Anhedral, bila kristal dibatasi seluruhnya oleh bidang permukaan kristal lain disekitarnya.

Pengertian bentuk kristal ini sama dengan yang dipergunakan pada batuan beku. Berdasarkan bentuk kristal tersebut maka tekstur batuan metamorf dapat dibedakan menjadi :

- (1) Idioblastik, apabila mineralnya dibatasi oleh Kristal berbentuk euhedral
- (2) Hipidioblastik, apabila mineralnya dibatasi oleh kristal berbentuk subhedral
- (3) Xenoblastik, apabila mineralnya dibatasi oleh kristal berbentuk anhedral.

#### 4.8. Tekstur berdasarkan bentuk mineral

Berdasarkan bentuk mineralnya tekstur batuan metamorf dapat dibedakan menjadi :

- a. Lepidoblastik, apabila mineral penyusunnya berbentuk tabular
- b. Nematoblastik, apabila mineral penyusunnya berbentuk prismatic
- c. Granoblastik, apabila mineral penyusunnya berbentuk granular, equidimensional, batas mineralnya bersifat *sutured*(tidak teratur) dan umumnya kristalnya berbentuk anhedral.
- d. Granuloblastik, apabila mineral penyusunnya berbentuk granular, equidimensional, batas mineralnya bersifat *unsutured*(lebih teratur) dan umumnya kristalnya berbentuk anhedral.

Selain tekstur yang telah disebutkan diatas terdapat beberapa tekstur khusus lainnya yang umumnya akan tampak pada pengamatan petrografi, Yaitu:

- a. Porfiroblastik, apabila terdapat beberapa mineral yangh ukurannya lebih besar tersebut sering disebut sebagai *porphyroblasts*
- b. Poikiloblastik/*Sieve Texture* yaitu tekstur porfiroblastik dengan porphyroblasts tampak melingkupi beberapa kristal yang lebih kecil.
- c. *Mortar texture*, apabila fragmen mineral yang lebih besar terdapat pada massa dasar material yang berasal dari kirstal yang sama yang terkena pemecahan (*crushing*).
- d. *Decussate texture* yaitu tekstur kristaloblastik batuan polimeneralik yang tidak menunjukkan keteraturan orientasi.
- e. *Sacaroidal Texture* yaitu tekstur yang kenampakannya seperti gula pasir.

Batuan mineral yang hanya terdiri dari satu tekstur saja, sering disebut bertekstur *homeoblastik*, sedangkan batuan yang mempunyai lebih dari satu tekstur disebut bertekstur *heteroblastik*.

#### 4.9. Penamaan Dan Klasifikasi Batuan Metamorf

Tatanama batuan metamorf secara umum tidak sesismatik penamaan batuan beku atau sedimen. Kebanyakan nama batuan metamorf didasarkan pada kenampakan struktur dan teksturnya. Untuk memperjelas banyak dipergunakan kata tambahan yang menunjukkan ciri khusus batuan metamorf tersebut, misalnya keberadaan mineral pencirinya (contohnya sekis klorit) atau nama batuan beku yang mempunyai komposisi yang sama (contohnya granite gneiss). Beberapa nama batuan juga berdasarkan jenis mineral penyusun utamanya (contohnya kuarsit) atau dapat pula dinamakan berdasarkan fasies metamorfiknya (misalnya granulit).

Selain batuan yang penamaannya berdasarkan struktur, batuan metamorf lainnya yang banyak dikenal antara lain :

- a. Amphibolit yaitu batuan metamorf dengan besar butir sedang sampai kasar dan mineral utama penyusunnya adalah amfibol(umumnya hornblende) dan plagioklas. Batuan ini dapat menunjukkan schystosity bila mineral prismaticnya terorientasi.
- b. Eclogit yaitu batuan metamorf dengan besar butir sedang sampai kasar dan mineral penyusun utamanya adalah piroksen ompasit (diopsid kaya sodium dan aluminium) dan garnet kaya pyrope.
- c. Granulit, yaitu tekstur batuan metamorf dengan tekstur granoblastik yang tersusun oleh mineral utama kuarsa dan felspar serta sedikit piroksen dan garnet. Kuarsa dan garnet yang pipih kadang dapat menunjukkan struktur gneissic.
- d. Serpentin, yaitu batuan metamorf dengan komposisi mineralnya hampir semuanya berupa mineral kelompok serpentin. Kadang dijumpai mineral tambahan seperti klorit, talk dan karbonat yang umumnya berwarna hijau.
- e. Marmer, yaitu batuan metamorf dengan komposisi mineral karbonat (kalsit atau dolomit) dan umumnya bertekstur granoblastik.

- f. Skarn, Yaitu marmer yang tidak murni karena mengandung mineral calc-silikat seperti garnet, epidot. Umumnya terjadi karena perubahan komposisi batuan disekitar kontak dengan batuan beku.
- g. Kuarsit, Yaitu batuan metamorf yang mengandung lebih dari 80% kuarsa.
- h. Soapstone, Yaitu batuan metamorf dengan komposisi mineral utama talk.
- i. Rodingit, Yaitu batuan metamorf dengan komposisi calc-silikat yang terjadi akibat alterasi metasomatik batuan beku basa didekat batuan beku ultrabasa yang mengalami serpentinisasi.

**TABEL IDENTIFIKASI BATUAN METAMORF**

| STRUKTUR |                | CIRI LAIN                                                                                                                               | KOMPOSISI<br>MINERAL UTAMA |      |        |           |  | GENESA                                                                                                                  | NAMA BATUAN        |
|----------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------|--------|-----------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| FOLIASI  | SLATY CLEAVAGE | <ul style="list-style-type: none"> <li>Abu-abu kehitaman, hijau, merah</li> <li>Kilap suram</li> <li>Belahan berkembang baik</li> </ul> | Klorit                     | Mika | Kuarsa |           |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Metamorfosa regional</li> <li>Dari mudstone, siltstone, claystone dll</li> </ul> | BATU SABAK (SLATE) |
|          |                | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kehijauan atau merah</li> <li>Kilap sutera</li> <li>Belahan tidak berkembang baik</li> </ul>     |                            |      |        |           |  |                                                                                                                         | FILIT              |
|          | SCHISTOSE      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Foliasi kadang-kadang bergelomba</li> </ul>                                                      |                            |      |        | Amphibole |  | Metamorfosa Regional                                                                                                    | SEKIS              |

|             |          |                                                                                              |                           |  |  |           |                           |  |          |
|-------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--|--|-----------|---------------------------|--|----------|
|             |          | ng<br>– Kadang-kadang hadir garnet                                                           |                           |  |  |           |                           |  |          |
|             | GNEISSIC | Kwarsa dan feldspar nampak berselang seling dengan lapisan tipis yang kaya amphibol dan mika |                           |  |  | Pirokseen | Metamorfosa Regional      |  | GENIS    |
| NON FOLIASI |          | – Warna beragam<br>– Lebih keras dibanding kaca                                              | KWARSA                    |  |  |           |                           |  | KWARSIT  |
|             |          | – Warna gelap<br>– Berbutir halus<br>– Lebih keras dibanding gelas                           | KWARSA/MIKA               |  |  |           | Metamorfosa Termal/Kontak |  | HORNFELS |
|             |          | – Warna putih sampai dengan hitam<br>– Kadang masih terdapat                                 | DOLOMIT<br>Atau<br>KALSIT |  |  |           |                           |  | MARMER   |

|  |                                                                                                  |           |  |                   |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--|-------------------|
|  | fosil<br><br>– Lebih keras dibanding kuku jari<br><br>– Bereaksi dengan HCl                      |           |  |                   |
|  | – Hijau terang sampai gelap<br><br>– Kilap berminyak<br><br>– Lebih keras dari kuku jari         | SERPENTIN |  | SERPENTIN         |
|  | – Hitam<br><br>– Pecahan konkoidal<br><br>– Lebih keras dari kuku jari                           |           |  | “ANTRASIT E COAL” |
|  | – Abu-abu hijau sampai abu-abu biru<br><br>– Kilap berminyak<br><br>– Lebih lunak dari kuku jari | TALK      |  | SOAP STONE        |

**SOAL**

1. Dalam deret seri Bowen pada temperatur rendah, mineral yang akan terbentuk adalah Amphibole pada deret diskontinu, sedangkan pada deret kontinu akan terbentuk plagioklas kaya Na, Mineral tersebut akan terbentuk pada batuan beku yang bersifat..
  - a. Ultrabasa
  - b. Asam
  - c. Intermediet
  - d. Basa
  - e. Mafik
2. Mineral piroksen terbagi menjadi dua kelompok berdasarkan dengan sifat optiknya. Yang termasuk dalam kelompok orthopiroksen adalah...
  - a. enstatit
  - b. aegirin
  - c. hyperstene
  - d. Jawaban a dan c benar
  - e. Jawaban a dan b benar
3. Mineral-mineral yang bersifat ekonomis tinggi, seperti emas termasuk pada sistem kristal isometrik. Berikut ini merupakan mineral pembawa unsur emas, kecuali...
  - a. Electrum
  - b. Sylvanite
  - c. Calaverite
  - d. Tantalum
  - e. Maldonite
4. Sistem kristal dibagi berdasarkan jumlah sumbu kristal, letak sumbu kristal dan parameter sumbu kristal. Kristal dengan 3 sumbu yang memiliki panjang yang berbeda namun ketiganya saling tegak lurus termasuk dalam...
  - a. Orthorombik
  - b. Tetragonal
  - c. Trigonal
  - d. Heksagonal
  - e. Isometrik
5. Mineral evaporit merupakan mineral yang terbentuk hasil dari presipitasi unsur pada daerah dengan tingkat evaporasi tinggi dan jenuh akan suatu ion atau unsur yang berikatan. Mineral berikut yang terbentuk terakhir pada daerah evaporasi tinggi adalah...
  - a. Anhidrit
  - b. Halite
  - c. Gypsum
  - d. Kalsit
  - e. Aragonit

6. Mineral fosfat adalah mineral yang mengandung Anion  $\text{PO}_4^{3-}$ . mineral di bawah ini yang termasuk golongan mineral fosfat adalah...
  - a. Apatit
  - b. Galena
  - c. Gypsum
  - d. Ortoklas
  - e. Kalsit
7. Batuan metamorf dapat dicirikan dengan adanya pembentukan mineral baru dari suatu protolith yang disebut dengan mineral indeks batuan metamorf. Mineral berikut yang menjadi penciri batuan metamorf adalah...
  - a. Glaukofan
  - b. Garnierite
  - c. Hematit
  - d. Galena
  - e. Magnesit
8. Zona dimana terdapat campuran dari berbagai macam batuan dari berbagai sumber disebut dengan zona mélange. Batuan yang terbentuk pada zona melange, umumnya adalah...
  - a. Andesit
  - b. Sekis
  - c. Granit
  - d. Scalyclay
  - e. Hornfels
9. Deret bowen terbagi menjadi deret kontinu dan deret diskontinu, mineral yang termasuk dalam deret diskontinu adalah, kecuali...
  - a. Albit
  - b. Olivin
  - c. Biotit
  - d. Hornblende
  - e. Amphibole
10. Sifat dalam dalam suatu mineral yang dapat ditarik atau dibengkokkan dan mampu kembali ke bentuk semula disebut dengan...
  - a. *Sectile*
  - b. *Ductile*
  - c. *Flexible*
  - d. *Plastis*
  - e. *Brittle*
11. Dalam penamaan batupasir, Pettijohn membagi klasifikasinya berdasarkan kehadiran matriks. Dalam klasifikasi tersebut apabila terdapat batupasir dengan persentase matriks 30% dan fragmen dominannya berupa kuarsa akan dinamakan..
  - a. *Quartz arenite*
  - b. Feldspatik Arenit
  - c. Batulempung
  - d. Mudrock
  - e. Greywacke

12. Dalam identifikasi mineral, sifat fisik yang pertama kali harus diperhatikan, untuk membedakan suatu mineral adalah...
- Kemagnetan
  - Belahan
  - Pecahan
  - Kilap
  - Warna
13. Urutan tingkat metamorfisme dari yang terendah dari batuan-batuan metamorf foliasi di bawah ini adalah :
- Batusabak – filit – gneis – sekis
  - Sekis – gneis – filit - batusabak
  - Filit – sekis – gneis - batusabak
  - Batusabak – filit – sekis - gneis
  - Gneis – sekis – filit – batusabak



14. Batuan disamping memiliki komposisi dominan ortoklas, kuarsa dan muskovit serta memiliki struktur fanerik, batuan tersebut disebut dengan...
- Ryolit
  - Andesit
  - Diorit
  - Syenit
  - Granit

15. Parameter suatu batuan yang baik untuk reservoir adalah sifat sortasi dan permeabilitasnya. Batuan sedimen yang mampu menjadi reservoir yang baik untuk air tanah adalah...
- Batulempung
  - Batulanau
  - Konglomerat
  - Batupasir
  - Greywacke



16. Struktur sedimen seperti tampak pada gambar termasuk *erosional structure*, disebut dengan...

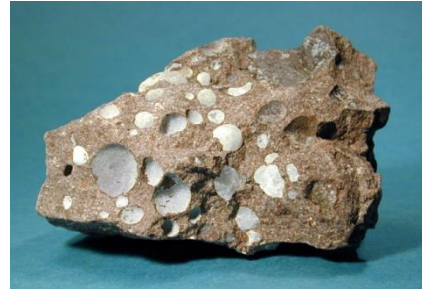
- Flute cast*
- Groove*
- Tool mark*
- Flame structure*
- Load cast*

17. Diantara batuan beku berikut yang banyak mengandung mineral olivin dan piroksen adalah
- Dunit
  - Granit



- c. Riolit
- d. Andesit
- e. Monzonit

18. Struktur tampak pada gambar terjadi karena...
- a. Penghilangan gas secara cepat di permukaan bumi
  - b. Penghilangan tekanan secara tiba-tiba
  - c. Penurunan temperatur yang cepat
  - d. Penghilangan gas yang kemudian terisi mineral sekunder
  - e. Inklusi batuan sekitarnya



19. Mineral yang mempunyai komposisi kimia sama dengan mineral kyanit tetapi bentuk kristalnya berbeda adalah...
- a. Kalkopirit
  - b. Markasit
  - c. Silimanit
  - d. Aragonit
  - e. Kaolinit
20. Batas lempeng ditandai dengan adanya aktivitas keluarnya magma dari dalam perut Bumi salah satunya pada zona MOR. Batuan yang terbentuk pada zona MOR (Mid Oceanic Ridge), umumnya adalah..
- a. Peridotit berstruktur *columnar*
  - b. Granit berstruktur *massive*
  - c. Gabro berstruktur *sheet*
  - d. Obsidian tanpa struktur
  - e. Basal berstruktur *pillow lava*
21. Contoh batuan beku yang membeku dengan sangat cepat sehingga nukleasi dari unsur-unsur penyusunnya tidak sempat terjadi adalah . . . .
- a. Basalt
  - b. Andesit
  - c. Komatit
  - d. Obsidian
  - e. Trasil
22. Mengacu pada soal no. 21, berdasarkan kenampakan pada batuanannya tekstur batuan tersebut disebut dengan . . . .
- a. Afanitik
  - b. Gelasan
  - c. Porfiritik
  - d. Faneritik
  - e. Trasilik
23. Mineral berikut ini yang tidak mungkin dijumpai pada batuan basalt adalah . . . .
- a. Feldspar

- b. Olivin
  - c. Piroksen
  - d. Hornblende
  - e. Augit
24. Kristal-kristal kalsit yang dijumpai pada rekahan batugamping atau rekahan batuan beku basaltik terbentuk melalui proses . . . .
- a. Hidrotermal
  - b. Presipitasi larutan
  - c. Evaporasi
  - d. Pembekuan magma
  - e. Jawaban a – d salah
25. Berdasarkan seri reaksi Bowen, mineral yang dijumpai pada hampir semua jenis batuan beku adalah . . . .
- a. Ortoklas
  - b. Plagioklas
  - c. Piroksen
  - d. Hornblende
  - e. Olivin
26. Pada suatu erupsi vulkanik secara eksplosif terdapat bermacam-macam proses perpindahan massa batuan dengan cara berikut ini, kecuali . . . .
- a. Mass flow
  - b. Lahar
  - c. Traksi
  - d. Suspensi
  - e. Surge flow
27. Tekstur yang dimiliki oleh batuan pada gambar di samping adalah . . . .
- a. Fanerik granular
  - b. Afanitik
  - c. Gelasan
  - d. Foliasi
  - e. Porfiritik



28. Mengacu pada soal no. 27, kemungkinan mineral yang dominan dijumpai pada batuan tersebut adalah . . . .
- a. Kuarsa, ortoklas, plagioklas Na
  - b. Plagioklas Na, plagioklas Ca, kuarsa
  - c. Plagioklas Ca, biotit, piroksen
  - d. Biotit, muskovit, olivin
  - e. Plagioklas, piroksen, Amphibole
29. Di bawah ini merupakan struktur yang mungkin terdapat dalam batuan beku, kecuali . . . .
- a. Struktur bantal
  - b. Struktur vesikuler

- c. Struktur amigdaloidal
  - d. Struktur laminasi
  - e. Struktur aliran
30. Batuan metamorf adalah batuan yang terbentuk hasil dari ubahan batuan yang ada sebelumnya tanpa mengalami perubahan komposisi kimia. Batuan metamorf yang dapat terbentuk karena metamorfisme kontak adalah . . . .
- a. Kuarsit dan gneiss
  - b. Kuarsit dan marmer
  - c. Marmer dan filit
  - d. Filit dan sekis
  - e. Gneiss dan marmer

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## **GEOLOGI STRUKTUR**

### **A. Pendahuluan**

Geologi struktur adalah bagian dari ilmu geologi yang mempelajari tentang bentuk (arsitektur) batuan sebagai hasil dari proses deformasi. Adapun deformasi batuan adalah perubahan bentuk dan ukuran pada batuan sebagai akibat dari gaya yang bekerja di dalam bumi. Secara umum pengertian geologi struktur adalah ilmu yang mempelajari tentang bentuk arsitektur batuan sebagai bagian dari kerak bumi serta menjelaskan proses pembentukannya. Beberapa kalangan berpendapat bahwa geologi struktur lebih ditekankan pada studi mengenai unsur-unsur struktur geologi, seperti perlipatan (fold), rekahan (fracture), patahan (fault), dan sebagainya yang merupakan bagian dari satuan tektonik (tectonic unit), sedangkan tektonik dan geotektonik dianggap sebagai suatu studi dengan skala yang lebih besar, yang mempelajari obyek-obyek geologi seperti cekungan sedimentasi, rangkaian pegunungan, lantai samudera, dan sebagainya.

Sebagaimana diketahui bahwa batuan-batuan yang tersingkap dimuka bumi maupun yang terekam melalui hasil pengukuran geofisika memperlihatkan bentuk arsitektur yang bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya. Bentuk arsitektur susunan batuan di suatu wilayah pada umumnya merupakan batuan-batuan yang telah mengalami deformasi sebagai akibat gaya yang bekerja pada batuan tersebut. Deformasi pada batuan dapat berbentuk lipatan maupun patahan/sesar. Dalam ilmu geologi struktur dikenal berbagai bentuk perlipatan batuan, seperti sinklin dan antiklin. Jenis perlipatan dapat berupa lipatan simetri, asimetri, serta lipatan rebah (recumbent/overtune), sedangkan jenis-jenis patahan adalah patahan normal (normal fault), patahan mendatar (strike slip fault), dan patahan naik (trustfault).

Proses yang menyebabkan batuan-batuan mengalami deformasi adalah gaya yang bekerja pada batuan batuan tersebut. Pertanyaannya adalah dari mana gaya tersebut berasal ? Sebagaimana kita ketahui bahwa dalam teori “Tektonik Lempeng” dinyatakan bahwa kulit bumi tersusun dari lempeng-lempeng yang saling bergerak satu dengan lainnya. Pergerakan lempeng-lempeng tersebut dapat berupa pergerakan yang saling mendekat (konvergen), saling menjauh (divergen), dan atau saling berpapasan (transform). Pergerakan lempeng-lempeng inilah yang merupakan sumber asal dari gaya yang bekerja pada batuan kerak bumi. Berbicara mengenai gaya yang bekerja pada batuan, maka mau tidak mau akan berhubungan dengan ilmu mekanika batuan, yaitu suatu ilmu yang mempelajari sifat-sifat fisik batuan yang terkena oleh suatu gaya.

Adapun tujuan dari mempelajari geologi struktur adalah antara lain:

1. Memberi pemahaman mengenai prinsip-prinsip dasar deformasi batuan.
2. Memberi pemahaman mengenai jenis-jenis dan mekanisme pembentukan struktur geologi dan tektonik yang terlibat dalam deformasi batuan.
3. Memperkenalkan konsep tektonik lempeng sebagai mekanisme utama asal dari sumber gaya deformasi pada batuan.
4. Mampu menafsirkan arah gaya dari deformasi batuan pada peta topografi dan singkapan batuan.

### **B. Prinsip Dasar Mekanika Batuan**

Mengenal dan menafsirkan tentang asal-usul dan mekanisme pembentukan suatu struktur geologi akan menjadi lebih mudah apabila kita memahami prinsip-prinsip dasar mekanika batuan, yaitu tentang konsep gaya (force), tegasan (stress), tarikan (strain) dan faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi karakter suatu materi/bahan.

1. Gaya (Force)

- Gaya merupakan suatu vektor yang dapat merubah gerak dan arah pergerakan suatu benda.
- Gaya dapat bekerja secara seimbang terhadap suatu benda (seperti gaya gravitasi dan elektromagnetik) atau bekerja hanya pada bagian tertentu dari suatu benda (misalnya gaya-gaya yang bekerja di sepanjang suatu sesar di permukaan bumi).
- Gaya gravitasi merupakan gaya utama yang bekerja terhadap semua obyek/materi yang ada di sekeliling kita.
- Besaran (magnitud) suatu gaya gravitasi adalah berbanding lurus dengan jumlah materi yang ada, akan tetapi magnitud gaya di permukaan tidak tergantung pada luas kawasan yang terlibat.
- Satu gaya dapat diurai menjadi 2 komponen gaya yang bekerja dengan arah tertentu, dimana diagonalnya mewakili jumlah gaya tersebut.
- Gaya yang bekerja diatas permukaan dapat dibagi menjadi 2 komponen yaitu: satu tegak lurus dengan bidang permukaan dan satu lagi searah dengan permukaan.
- Pada kondisi 3-dimensi, setiap komponen gaya dapat dibagi lagi menjadi dua komponen membentuk sudut tegak lurus antara satu dengan lainnya. Setiap gaya, dapat dipisahkan menjadi tiga komponen gaya, yaitu komponen gaya X, Y dan Z.

2. Tekanan Litostatik

- Tekanan yang terjadi pada suatu benda yang berada di dalam air dikenal sebagai tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik yang dialami oleh suatu benda yang berada di dalam air adalah berbanding lurus dengan berat volume air yang bergerak ke atas atau volume air yang dipindahkannya.
- Sebagaimana tekanan hidrostatik suatu benda yang berada di dalam air, maka batuan yang terdapat di dalam bumi juga mendapat tekanan yang sama seperti benda yang berada dalam air, akan tetapi tekanannya jauh lebih besar ketimbang benda yang ada di dalam air, dan hal ini disebabkan karena batuan yang berada di dalam bumi mendapat tekanan yang sangat besar yang dikenal dengan tekanan litostatik. Tekanan litostatik ini menekan kesegala arah dan akan meningkat ke arah dalam bumi.

3. Tegasan (Stress forces)

- Tegasan adalah gaya yang bekerja pada suatu luasan permukaan dari suatu benda. Tegasan juga dapat didefinisikan sebagai suatu kondisi yang terjadi pada batuan sebagai respon dari gaya-gaya yang berasal dari luar.
- Tegasan dapat didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada luasan suatu permukaan benda dibagi dengan luas permukaan benda tersebut: Tegasan ( $P$ ) = Daya ( $F$ ) / luas ( $A$ ).
- Tegasan yang bekerja pada salah satu permukaan yang mempunyai komponen tegasan prinsipal atau tegasan utama, yaitu terdiri daripada 3 komponen, yaitu:  $\sigma_P$ ,  $\sigma_Q$  dan  $\sigma_R$ .
- Tegasan pembeda adalah perbedaan antara tegasan maksimal ( $\sigma_P$ ) dan tegasan minimal ( $\sigma_R$ ). Sekiranya perbedaan gaya telah melampaui kekuatan batuan maka retakan/rekahan akan terjadi pada batuan tersebut.

- Kekuatan suatu batuan sangat tergantung pada besarnya tegasan yang diperlukan untuk menghasilkan retakan/rekahan.

#### 4. Gaya Tarikan (Tensional Forces)

- Gaya Tegangan merupakan gaya yang dihasilkan oleh tegasan, dan melibatkan perubahan panjang, bentuk (distortion) atau dilatasi (dilation) atau ketiganya.
- Bila terdapat perubahan tekanan litostatik, suatu benda (homogen) akan berubah volumenya (dilatasi) tetapi bukan bentuknya. Misalnya, batuan gabro akan mengembang bila gaya hidrostatiknya diturunkan.
- Perubahan bentuk biasanya terjadi pada saat gaya terpusat pada suatu benda. Bila suatu benda dikenai gaya, maka biasanya akan dilampaui ketiga fasa, yaitu fasa elastisitas, fasa plastisitas, dan fasa pecah.
- Bahan yang rapuh biasanya pecah sebelum fase plastisitas dilampaui, sementara bahan yang plastis akan mempunyai selang yang besar antara sifat elastis dan sifat untuk pecah. Hubungan ini dalam mekanika batuan ditunjukkan oleh tegasan dan tarikan.
- Kekuatan batuan, biasanya mengacu pada gaya yang diperlukan untuk pecah pada suhu dan tekanan permukaan tertentu.
- Setiap batuan mempunyai kekuatan yang berbeda-beda, walaupun terdiri dari jenis yang sama. Hal ini dikarenakan kondisi pembentukannya juga berbeda-beda.
- Batuan sedimen seperti batupasir, batugamping, batulempung kurang kuat dibandingkan dengan batuan metamorf (kuarsit, marmer, batusabak) dan batuan beku (basalt, andesit, gabro).

Penyebab deformasi pada batuan adalah gaya tegasan (gaya/satuan luas). Oleh karena itu untuk memahami deformasi yang terjadi pada batuan, maka kita harus memahami konsep tentang gaya yang bekerja pada batuan. Tegasan (stress) dan tegasan tarik (strain stress) adalah gaya-gaya yang bekerja di seluruh tempat di muka bumi.

Salah satu jenis tegasan yang biasa kita kenal adalah tegasan yang bersifat seragam (uniform stress) dan dikenal sebagai tekanan (pressure). Tegasan seragam adalah suatu gaya yang bekerja secara seimbang ke semua arah. Tekanan yang terjadi di bumi yang berkaitan dengan beban yang menutupi batuan adalah tegasan yang bersifat seragam. Jika tegasan ke segala arah tidak sama (tidak seragam) maka tegasan yang demikian dikenal sebagai tegasan diferensial.

Tegasan diferensial dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Tegasan tensional (tegasan extensional) adalah tegasan yang dapat mengakibatkan batuan mengalami peregangan atau mengencang.
2. Tegasan kompresional adalah tegasan yang dapat mengakibatkan batuan mengalami penekanan.
3. Tegasan geser adalah tegasan yang dapat berakibat pada tergesernya dan berpindahnya batuan.

Ketika batuan terdeformasi maka batuan mengalami tarikan. Gaya tarikan akan merubah bentuk, ukuran, atau volume dari suatu batuan. Tahapan deformasi terjadi ketika suatu batuan mengalami peningkatan gaya tegasan yang melampaui 3 tahapan pada deformasi batuan.

- a. Deformasi yang bersifat elastis (Elastic Deformation) terjadi apabila sifat gaya tariknya dapat berbalik (reversible).
- b. Deformasi yang bersifat lentur (Ductile Deformation) terjadi apabila sifat gaya tariknya tidak dapat kembali lagi (irreversible).
- c. Retakan / rekahan (Fracture) terjadi apabila sifat gaya tariknya yang tidak kembali lagi ketika batuan pecah/retak.

Kita dapat membagi material menjadi 2 (dua) kelas didasarkan atas sifat perilaku dari material ketika dikenakan gaya tegasan padanya, yaitu :

- a. Material yang bersifat retas (brittle material), yaitu apabila sebagian kecil atau sebagian besar bersifat elastis tetapi hanya sebagian kecil bersifat lentur sebelum material tersebut retak/pecah.
- b. Material yang bersifat lentur (ductile material) jika sebagian kecil bersifat elastis dan sebagian besar bersifat lentur sebelum terjadi peretakan / fracture.

Bagaimana suatu batuan / material akan bereaksi tergantung pada beberapa faktor, antara lain adalah:

- a. Temperatur – Pada temperatur tinggi molekul molekul dan ikatannya dapat meregang dan berpindah, sehingga batuan/material akan lebih bereaksi pada kelenturan dan pada temperatur, material akan bersifat retas.
- b. Tekanan bebas – pada material yang terkena tekanan bebas yang besar akan sifat untuk retak menjadi berkurang dikarenakan tekanan disekelilingnya cenderung untuk menghalangi terbentuknya retakan. Pada material yang tertekan yang rendah akan menjadi bersifat retas dan cenderung menjadi retak.
- c. Kecepatan tarikan – Pada material yang tertarik secara cepat cenderung akan retak. Pada material yang tertarik secara lambat maka akan cukup waktu bagi setiap atom dalam material berpindah dan oleh karena itu maka material akan berperilaku / bersifat lentur.
- d. Komposisi – Beberapa mineral, seperti Kuarsa, Olivine, dan Feldspar bersifat sangat retas. Mineral lainnya, seperti mineral lempung, mica, dan kalsit bersifat lentur. Hal tersebut berhubungan dengan tipe ikatan kimianya yang terikat satu dan lainnya. Jadi, komposisi mineral yang ada dalam batuan akan menjadi suatu faktor dalam menentukan tingkah laku dari batuan. Aspek lainnya adalah hadir tidaknya air. Air kelihatannya berperan dalam memperlemah ikatan kimia dan mengitari butiran mineral sehingga dapat menyebabkan pergeseran. Dengan demikian batuan yang bersifat basah cenderung akan bersifat lentur, sedangkan batuan yang kering akan cenderung bersifat retas.

## **1. Sesar**

### **1.1. Pengertian**

Sesar merupakan retakan yang mempunyai pergerakan searah dengan arah retakan. Ukuran pergerakan ini adalah bersifat relatif, dan kepentingannya juga relatif. Sesar mempunyai bentuk dan dimensi yang bervariasi. Ukuran dimensi sesar mungkin dapat mencapai ratusan kilometer panjangnya (sesar Semangko) atau hanya beberapa sentimeter saja. Arah singkapan suatu sesar dapat lurus atau berliku-liku. Sesar boleh hadir sebagai sempadan yang tajam, atau sebagai suatu zona, dengan ketebalan beberapa milimeter hingga beberapa kilometer.

### **1.2. Anatomi Sesar**

- Arah pergerakan yang terjadi disepanjang permukaan suatu sesar dikenal sebagai bidang sesar. Apabila bidang sesarnya tidak tegak, maka batuan yang terletak di



atasnya dikenali sebagai dinding gantung (hanging wall), sedangkan bagian bawahnya dikenal dengan dinding kaki (footwall).

- Ada dua jenis gelinciran sesar, satu komponen tegak (dip-slip) dan satu komponen mendatar (strike-slip). Kombinasi kedua-dua gelinciran dikenal sebagai gelinciran oblik (oblique slip).
- Pada permukaan bidang sesar terdapat gores-garis sesar (slicken-side) yang dicirikan oleh permukaan yang licin, pertumbuhan mineral dan tangga-tangga kecil. Arah pergerakan sesar dapat ditentukan dari arah gores garisnya.
- Menurut Anderson (1942) ada tiga kategori utama sesar, yaitu sesar normal atau sesar turun (normal fault), sesar sungkup/sesar naik (thrust fault) dan sesar mendatar (wrench fault atau strike-slip fault).
- Sesar mendatar, berdasarkan gerak relatifnya terdapat sesar mendatar dekstral atau sinistral. Sedangkan sesar transform adalah sesar mendatar yang terjadi antara dua lempeng yang saling berpapasan.
- Terdapat juga sesar jenis en echelon, sesar radial, sesar membulat dan sesar sepanjang perlapisan.

#### 1.3. Kriteria Pensesaran

Sesar yang aktif ditunjukkan oleh rayapan akibat gempa bumi dan pecahan dalam tanah. Yang tidak aktif dapat dilihat dari peralihan pada kedudukan lapisan, perulangan lapisan, perubahan secara tiba-tiba suatu jenis batuan, kehadiran milonitisasi atau breksiasi, kehadiran struktur seretan (drag-fault), bidang sesar (fault-plane).

#### 1.4. Ciri-ciri sesar

Patahan / sesar adalah struktur rekahan yang telah mengalami pergeseran. Umumnya disertai oleh struktur yang lain seperti lipatan, rekahan dsb. Adapun di lapangan indikasi suatu sesar / patahan dapat dikenal melalui :

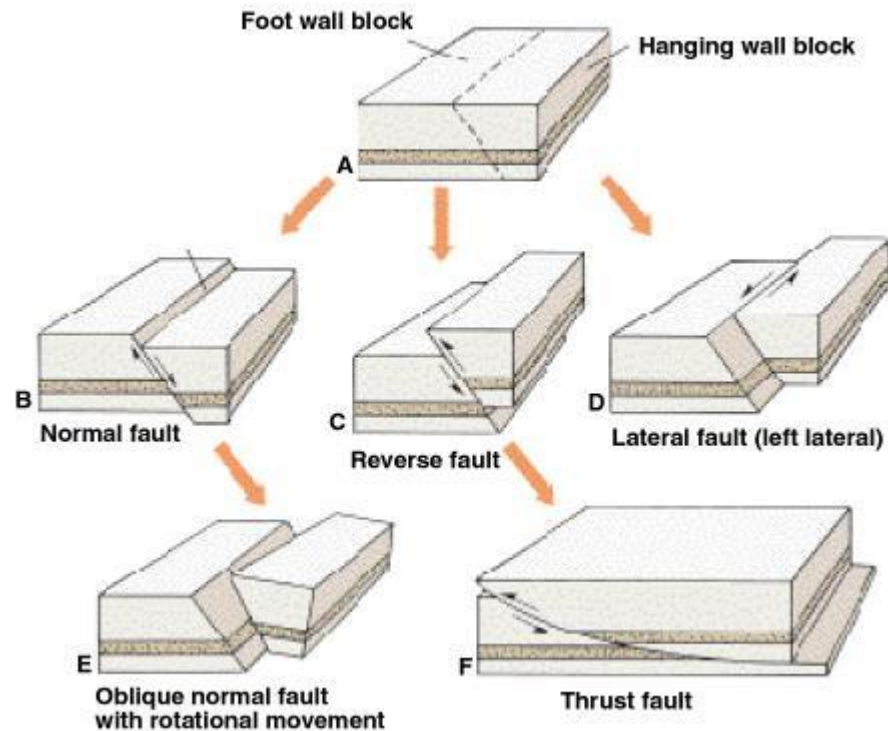
- a) Gawir sesar atau bidang sesar;
- b). Breksiasi, gouge, milonit, ;
- c). Deretan mata air;
- d). Sumber air panas;
- e). Penyimpangan / pergeseran kedudukan lapisan;
- f) Gejala-gejala struktur minor seperti: cermin sesar, gores garis, lipatan dsb.

#### 1.5. Jenis Sesar

Sesar dapat dibagi kedalam beberapa jenis/tipe tergantung pada arah relatif pergeserannya. Selama patahan/sesar dianggap sebagai suatu bidang datar, maka konsep jurus dan kemiringan juga dapat dipakai, dengan demikian jurus dan kemiringan dari suatu bidang sesar dapat diukur dan ditentukan.

- a. **Dip Slip Faults** – adalah patahan yang bidang patahannya menyudut (inclined) dan pergeseran relatifnya berada disepanjang bidang patahannya atau offset terjadi disepanjang arah kemiringannya. Sebagai catatan bahwa ketika kita melihat pergeseran pada setiap patahan, kita tidak mengetahui sisi yang sebelah mana yang sebenarnya bergerak atau jika kedua sisinya bergerak, semuanya dapat kita tentukan melalui pergerakan relatifnya. Untuk setiap bidang patahan yang mempunyai kemiringan, maka dapat kita tentukan bahwa blok yang berada diatas patahan sebagai “hanging wall block” dan blok yang berada dibawah patahan dikenal sebagai “footwall block”.

- b. **Normal Faults** – adalah patahan yang terjadi karena gaya tegasan tensional horisontal pada batuan yang bersifat retas dimana “hangingwall block” telah mengalami pergeseran relatif ke arah bagian bawah terhadap “footwall block”.
- c. **Horsts & Grabens** – Dalam kaitannya dengan sesar normal yang terjadi sebagai akibat dari tegasan tensional, seringkali dijumpai sesar-sesar normal yang berpasangan dengan bidang patahan yang berlawanan. Dalam kasus yang demikian, maka bagian dari blok-blok yang turun akan membentuk “graben” sedangkan pasangan dari blok-blok yang terangkat sebagai “horst”. Contoh kasus dari pengaruh gaya tegasan tensional yang bekerja pada kerak bumi pada saat ini adalah “East African Rift Valley” suatu wilayah dimana terjadi pemekaran benua yang menghasilkan suatu “Rift”. Contoh lainnya yang saat ini juga terjadi pemekaran kerak bumi adalah wilayah di bagian barat Amerika Serikat, yaitu di Nevada, Utah, dan Idaho.
- d. **Half-Grabens** – adalah patahan normal yang bidang patahannya berbentuk lengkungan dengan besar kemiringannya semakin berkurang ke arah bagian bawah sehingga dapat menyebabkan blok yang turun mengalami rotasi.
- e. **Reverse Faults** – adalah patahan hasil dari gaya tegasan kompresional horisontal pada batuan yang bersifat retas, dimana “hangingwall block” berpindah relatif ke arah atas terhadap “footwall block”.
- f. **A Thrust Fault** adalah patahan “reverse fault” yang kemiringan bidang patahannya lebih kecil dari 150°. Pergeseran dari sesar “Thrust fault” dapat mencapai hingga ratusan kilometer sehingga memungkinkan batuan yang lebih tua dijumpai menutupi batuan yang lebih muda.
- g. **Strike Slip Faults** – adalah patahan yang pergerakan relatifnya berarah horisontal mengikuti arah patahan. Patahan jenis ini berasal dari tegasan geser yang bekerja di dalam kerak bumi. Patahan jenis “strike slip fault” dapat dibagi menjadi 2 (dua) tergantung pada sifat pergerakannya. Dengan mengamati pada salah satu sisi bidang patahan dan dengan melihat ke arah bidang patahan yang berlawanan, maka jika bidang pada salah satu sisi bergerak ke arah kiri kita sebut sebagai patahan “left-lateral strike-slip fault”. Jika bidang patahan pada sisi lainnya bergerak ke arah kanan, maka kita namakan sebagai “right-lateral strike-slip fault”. Contoh patahan jenis “strike slip fault” yang sangat terkenal adalah patahan “San Andreas” di California dengan panjang mencapai lebih dari 600 km.
- h. **Transform-Faults** adalah jenis patahan “strike-slip faults” yang khas terjadi pada batas lempeng, dimana dua lempeng saling berpapasan satu dan lainnya secara horisontal. Jenis patahan transform umumnya terjadi di pematang samudra yang mengalami pergeseran (offset), dimana patahan transform hanya terjadi diantara batas kedua pematang, sedangkan dibagian luar dari kedua batas pematang tidak terjadi pergerakan relatif diantara kedua bloknya karena blok tersebut bergerak dengan arah yang sama. Daerah ini dikenal sebagai zona rekahan (fracture zones). Patahan “San Andreas” di California termasuk jenis patahan “transform fault”.



## 2. Kekar (fractures)

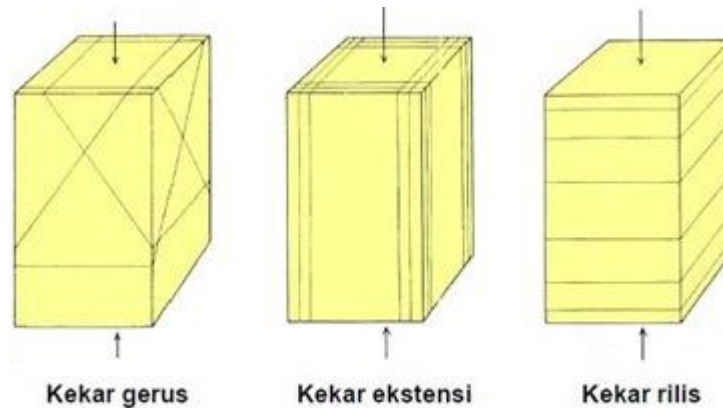
Kekar (Fractures) Kekar adalah struktur retakan/rekahan terbentuk pada batuan akibat suatu gaya yang bekerja pada batuan tersebut dan belum mengalami pergeseran. Secara umum dicirikan oleh:

- Pemotongan bidang perlapisan batuan
- Biasanya terisi mineral lain (mineralisasi) seperti kalsit, kuarsa dsb.
- kenampakan breksiasi.

Struktur kekar dapat dikelompokkan berdasarkan sifat dan karakter retakan/rekahan serta arah gaya yang bekerja pada batuan tersebut.

Kekar yang umumnya dijumpai pada batuan adalah sebagai berikut:

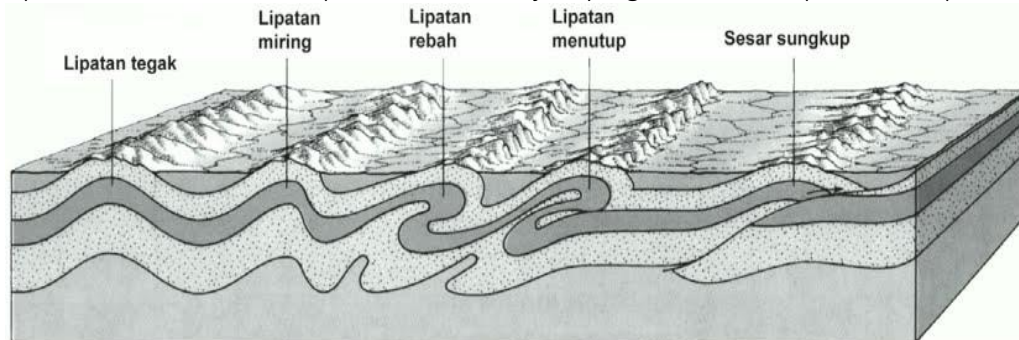
1. Shear Joint (Kekar Gerus) adalah retakan/rekahan yang membentuk pola saling berpotongan membentuk sudut lancip dengan arah gaya utama. Kekar jenis shear joint umumnya bersifat tertutup.
2. Tension Joint adalah retakan/rekahan yang berpola sejajar dengan arah gaya utama, Umumnya bentuk rekahan bersifat terbuka.
3. Extension Joint (Release Joint) adalah retakan/rekahan yang berpola tegak lurus dengan arah gaya utama dan bentuk rekahan umumnya terbuka.



### 3. Lipatan (Folds)

Lipatan adalah deformasi lapisan batuan yang terjadi akibat dari gaya tegasan sehingga batuan bergerak dari kedudukan semula membentuk lengkungan. Berdasarkan bentuk lengkungannya lipatan dapat dibagi dua, yaitu Lipatan Sinklin adalah bentuk lipatan yang cekung ke arah atas, sedangkan lipatan antiklin adalah lipatan yang cembung ke arah atas. Berdasarkan kedudukan garis sumbu dan bentuknya, lipatan dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Lipatan Paralel adalah lipatan dengan ketebalan lapisan yang tetap.
- b. Lipatan Similar adalah lipatan dengan jarak lapisan sejajar dengan sumbu utama.
- c. Lipatan Harmonik atau Disharmonik adalah lipatan berdasarkan menerus atau tidaknya sumbu utama.
- d. Lipatan Ptigmatik adalah lipatan terbalik terhadap sumbunya.
- e. Lipatan Chevron adalah lipatan bersudut dengan bidang planar.
- f. Lipatan Isoklin adalah lipatan dengan sayap sejajar.
- g. Lipatan Klin Bands adalah lipatan bersudut tajam yang dibatasi oleh permukaan planar.



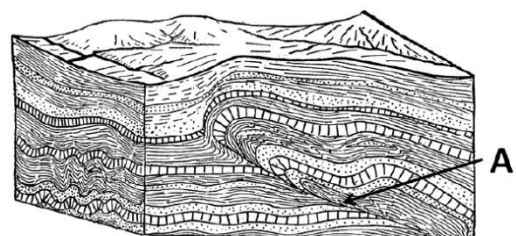
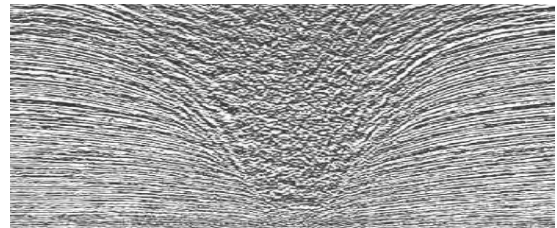
### 4. Hubungan Antara Lipatan dan Patahan

Batuan yang berbeda akan memiliki sifat yang berbeda terhadap gaya tegasan yang bekerja pada batuan batuan tersebut, dengan demikian kita juga dapat memperkirakan bahwa beberapa batuan ketika terkena gaya tegasan yang sama akan terjadi retakan atau terpatahkan, sedangkan yang lainnya akan terlipat.

Ketika batuan batuan yang berbeda tersebut berada di area yang sama, seperti batuan yang bersifat lentur menutupi batuan yang bersifat retas, maka batuan yang retas kemungkinan akan terpatahkan dan batuan yang lentur mungkin hanya melengkung atau terlipat diatas bidang patahan. Demikian juga ketika batuan batuan yang bersifat lentur mengalami retakan dibawah kondisi tekanan yang tinggi, maka batuan tersebut kemungkinan terlipat sampai pada titik tertentu kemudian akan mengalami pensesaran, membentuk suatu patahan.

SOAL

- Di titik A dijumpai batupasir dengan perlapisan  $N 50^{\circ} E/30^{\circ}$ . Pada titik B yang terletak 500 m di arah  $N 240^{\circ} E$  titik A dijumpai batulempung yang sama dengan perlapisan  $N 230^{\circ} E/30^{\circ}$ . Struktur geologi yang terdapat di daerah tersebut adalah . . . .
  - Antiklin simetris
  - Antiklin asimetris
  - Antiklin menunjam
  - Sinklin asimetris
  - Sinklin simetris
- Perhatikan rekaman seismik di samping. Struktur geologi yang terdapat pada rekaman seismik tersebut adalah . . . .
  - Antiklin
  - Sinklin
  - Diapir
  - Sesar naik
  - Sesar turun
- Arah kemiringan bidang perlapisan ditentukan oleh garis imajiner yang berorientasi . . . .
  - Tegak lurus terhadap arah jurus
  - Ke arah utara dari garis jurus
  - Sejajar dengan garis jurus
  - Sejajar dengan garis perpotongan bidang terhadap singkapan batuan
  - Tegak lurus dengan garis perpotongan bidang terhadap singkapan batuan
- Struktur geologi yang akan terbentuk apabila gaya tekanan utama  $\sigma_1$  pada arah horizontal dan  $\sigma_3$  pada arah vertical hingga batuan melampaui batas elastisnya adalah...
  - Sesar geser
  - Sesar naik
  - Sesar normal
  - Antiklin
  - Sinklin
- Struktur geologi yang ditandai dengan adanya kedudukan sumbu lipatan yang miring serta arah kemiringan sayap pada arah yang sama disebut dengan...
  - Lipatan overturned
  - Lipatan miring
  - Lipatan rebah
  - Lipatan chevron
  - Monoklin
- Sesar yang ditunjukkan oleh huruf A pada gambar di samping adalah . . . .
  - Normal fault
  - Thrust fault



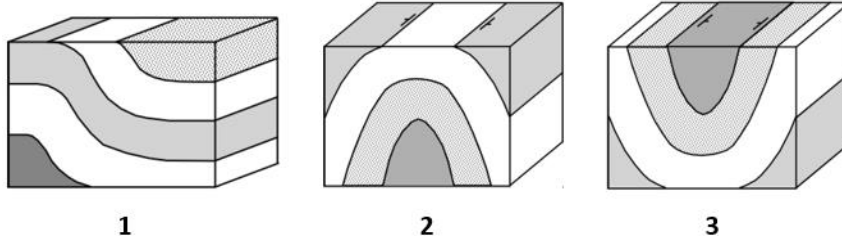
- c. Reverse fault
  - d. Sinistral strike-slip fault
  - e. Dextral strike-slip fault
7. Sepasang sesar normal berhadapan yang menyebabkan suatu blok hanging wall berada di antara dua blok foot wall disebut . . . .
- a. Graben
  - b. Horst
  - c. Sesar listrik
  - d. Sesar domino
  - e. Sesar rotasi
8. Berikut merupakan pernyataan yang benar tentang kekar gerus, kecuali . . . .
- a. Umumnya dijumpai dalam bentuk berpasangan
  - b. Bidang kekar relatif rapat
  - c. Terbentuk karena gaya kompresi
  - d. Membentuk sudut lancip
  - e. Daerah pembentukan merupakan daerah tektonik pasif
9. Sesar yang ditandai dengan bentuk strike sesar yang menyebar ke suatu pusat disebut...
- a. Sesar geser sinistral
  - b. Sesar geser dekstral
  - c. Sesar paralel
  - d. Sesar radial
  - e. Sesar enechelon
10. Lipatan memiliki satu sayap pada satu arah kemiringan disebut dengan...
- a. Lipatan asimetri
  - b. Lipatan chevron
  - c. Lipatan overturned
  - d. Lipatan rebah
  - e. homoklin
11. sesar merupakan deformasi pada batuan berupa rekahan yang mengalami pergeseran. Diantara pernyataan berikut ini yang menandai adanya sesar adalah, kecuali...
- a. adanya struktur yang tidak menerus
  - b. pola aliran sungai annular
  - c. kenampakan khusus seperti gores garis
  - d. perbedaan fasies sedimen
  - e. mineralisasi pada sepanjang zona sesar
12. Berdasarkan klasifikasi sesar Anderson (1951), pernyataan yang benar terkait klasifikasi tersebut adalah...
- a. Sesar normal;  $\sigma_1$  vertikal,  $\sigma_3$  horizontal
  - b. Sesar naik;  $\sigma_1$  vertikal,  $\sigma_3$  horizontal
  - c. Sesar geser;  $\sigma_1$  vertikal,  $\sigma_2$  horizontal
  - d. Sesar normal;  $\sigma_2$  vertikal,  $\sigma_3$  horizontal
  - e. Semua jawaban salah



13. Seorang geologist muda sedang berjalan ke arah utara menelusuri suatu sungai yang mengalir relatif lurus ke utara. Di titik A pada tebing kiri sungai dijumpai lapisan batupasir berwarna putih kekuningan dengan kedudukan perlapisan  $N 90^{\circ} E/20^{\circ}$  yang tidak menerus pada tebing kanan sungai. Pada jarak 10 meter ke arah utara dari titik A, batupasir tersebut dijumpai pada tebing kanan sungai dengan kedudukan perlapisan yang relatif sama dan tidak menerus ke tebing kiri sungai. Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan jenis sesar yang ada pada sungai tersebut adalah . . .
- Sesar turun
  - Sesar naik
  - Sesar geser sinistral
  - Sesar geser dekstral
  - Jawaban a – d salah

14. Struktur geologi dibagi menjadi dua jenis, yaitu struktur garis dan struktur bidang. Di bawah ini yang bukan termasuk dalam struktur bidang adalah . . .
- Lapisan batuan
  - Striasi
  - Kekar
  - Patahan
  - Lipatan

15. Jenis struktur geologi di bawah ini secara berurutan adalah . . .



- 1 : monoklin      2 : antiklin      3 : sinklin
- 1 : antiklin      2 : sinklin      3 : monoklin
- 1 : monoklin      2 : sinklin      3 : antiklin
- 1 : antiklin      2 : monoklin      3 : sinklin
- 1 : sinklin      2 : antiklin      3 : monoklin

16. Suatu sesar dapat terbentuk akibat gaya yang saling berpapasan membentuk serangkaian sesar yang saling sejajar pada kedua sisi bidang sesar yang disebut dengan . . .
- Graben
  - Horst
  - Sesar listrik
  - Sesar domino
  - Sesar en echelon
17. Kekar merupakan deformasi akibat adanya rekahan yang biasanya merupakan hasil dari gaya pada  $\sigma_3$ . Berikut merupakan pernyataan yang benar tentang kekar gerus, kecuali . . .
- Umumnya dijumpai dalam bentuk berpasangan
  - Bidang kekar relatif rapat
  - Terbentuk karena gaya kompresi

- d. Membentuk sudut lancip
- e. Daerah pembentukan merupakan daerah tektonik pasif

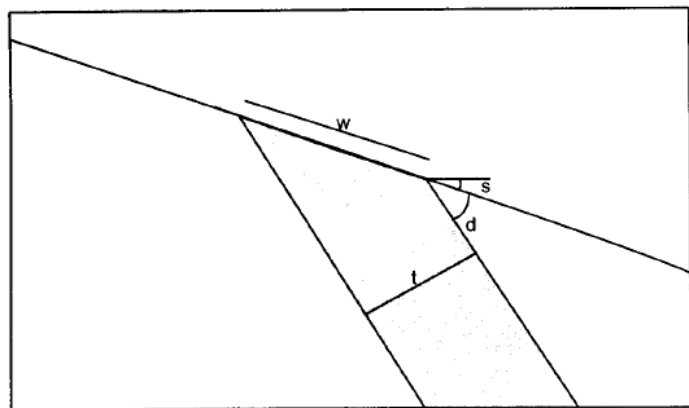
18. Struktur geologi yang ditunjukkan pada gambar di samping adalah . . . .

- a. Kekar tiang
- b. Kekar lembaran
- c. Kekar rilis
- d. Kekar ekstensi
- e. Kekar gerus



19. Dalam suatu perjalanan menuruni lereng bukit, seorang ahli geologi menemukan lapisan batupasir yang cukup tebal seperti gambar berikut:

Kemudian, dilakukan pengukuran untuk mengetahui ketebalan batupasir tersebut. Didapat data bahwa sudut kelereng ( $s$ ) adalah  $20^\circ$  dengan kemiringan lapisan batuan ( $d$ ) adalah  $35^\circ$ , panjang singkapan ( $w$ ) adalah 17 meter. Berapakah ketebalan ( $t$ ) batupasir tersebut?



- a. 4,4 meter
- b. 7,25 meter
- c. 8,5 meter
- d. 9,75 meter
- e. 13,9 meter

20. Dalam suatu pengeboran vertikal yang menembus batupasir, didapatkan perlapisan batubara pada kedalaman 15 meter. Di sebelah utara, pada titik pengeboran vertikal lainnya yang berjarak 50 meter, dijumpai pula perlapisan batubara yang sama pada kedalaman 55 meter. Topografi daerah tersebut adalah datar. Kemiringan perlapisan batubara tersebut adalah ....

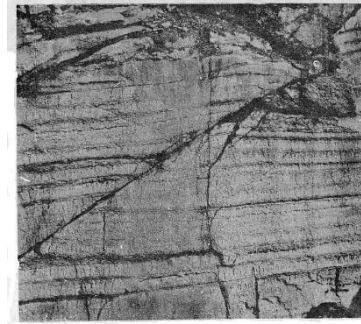
- a.  $35^\circ$
- b.  $45^\circ$
- c.  $46^\circ$
- d.  $50^\circ$
- e.  $51^\circ$

21. Seorang ahli geologi menemukan lapisan batupasir pada suatu tebing singkapan yang kedudukannya  $N 80^\circ E/70^\circ$ . Dari hasil pengukuran strike dan dip, didapatlah informasi kedudukan batupasir tersebut, yaitu  $N 260^\circ E/15^\circ$ . Jika diketahui lebar singkapan batupasir = 50 cm, maka hitunglah ketebalan lapisan batupasir tersebut.

- a. 12 cm
- b. 17 cm
- c. 40 cm



- d. 46 cm
  - e. 49 cm
22. Berikut merupakan pernyataan yang benar mengenai perbedaan flat iron dan triangular facet adalah...
- a. Triangular facet merupakan morfologi hasil erosi sungai, sedang flat iron adalah morfologi karena kehadiran kekar
  - b. Triangular facet merupakan konsekuensi geologis dari resistensi batuan sedangkan flat iron adalah konsekuensi dari frekuensi struktur
  - c. Triangular facet merupakan morfologi yang berasosiasi dengan sesar normal sedangkan flat iron adalah morfologi yang berkaitan dengan sesar pada sepanjang batas lapisan
  - d. Triangular facet merupakan bentuk morfologi yang dihasilkan melalui mekanisme sesar mendatar. Sedangkan flat iron merupakan morfologi hasil erosi pada hulu sungai.
  - e. Semua jawaban salah.
23. Pernyataan yang benar mengenai cara penentuan jenis pergerakan sesar adalah, kecuali...
- a. Lihat kenampakan hangingwall dan footwall sehingga dapat diketahui pergerakan relative antara kedua blok
  - b. Periksa keberadaan goresgaris pada sesar dan tentukan trend, plunge, serta pitch
  - c. Apabila pada suatu zona sesar, Ukur struktur penyerta seperti vein dan breksiasi.
  - d. Ukur strike dan dip per lapisan pada kedua sisi blok
  - e. Amati pergerakan lapisan penciri diantara dua footwall dan hangingwall
24. Pola aliran sungai yang menandai keberadaan struktur sesar dan lipatan secara berurutan yang benar adalah...
- a. Annular; Rectangular
  - b. Rectangular; Pinnate
  - c. Radial; Trellis
  - d. Annular; Radial
  - e. Rectangular; Trellis
25. Kekar merupakan salah satu struktur berupa rekahan yang tidak menunjukkan adanya pergeseran. Kekar ekstensi memiliki karakteristik berupa...
- a. Bidang kekar tegak lurus dengan arah  $\sigma_3$
  - b. Bidang kekar sejajar dengan arah  $\sigma_2$
  - c. Bidang kekar miring terhadap arah  $\sigma_1$
  - d. Bidang kekar sejajar arah  $\sigma_3$
  - e. Bidang kekar membentuk sudut tumpul terhadap arah  $\sigma_2$
26. Sesar yang bidangnya memiliki bentuk yang melengkung seperti busur disebut sebagai sesar...
- a. Sesar listrik
  - b. Sesar radial
  - c. Sesar en echelon
  - d. Sesar parallel
  - e. Sesar fault bend fold



27. Gambar disamping merupakan salah satu jenis sesar yang disebut sebagai...
- Reverse fault
  - Normal fault
  - Thrust fault
  - Dextral strike-slip fault
  - Sinistral strike-slip fault
28. Salah satu istilah morfologi lipatan pada pernyataan dibawah ini yang benar adalah...
- Crest, merupakan dasar lembahan padasuatu perlipatan
  - Hinge, merupakan titik tertinggi pada suatu lipatan
  - Limb, titik pusat pelengkungan lipatan
  - Trough, titik terendah dari suatu perlipatan
  - Semua jawaban salah
29. Pada suatu pengamatan lapangan di Bayat. Jerin mengamati perlapisan batulanau di titik A yang memiliki kedudukan N165E/30. Di titik B yang terletak 200 meter di arah N75E terdapat perlapisan batulanau yang sama dengan kedudukan N330E/45. Struktur geologi yang kemungkinan terbentuk pada daerah pengamatan Jerin adalah...
- Sinklin asimetri menunjam
  - Sinklin simetri tidakmenunjam
  - Antiklin asimetri tidak menunjam
  - Antiklin simetri menunjam
  - Antiklin asimetri menunjam
30. Dalam suatu pengamatan lapangan struktur di karangsambung terukur bahwa suatu sesar ditandai oleh plunge dan trend gores garis sebesar 20, N65E, sedangkan pitch sebesar 35 searah jarum jam. Sehingga bisa diasumsikan pergerakan sesarnya adalah...
- Menganan turun
  - Menganan naik
  - Naik mengiri
  - Turun menganan
  - Mengiri turun

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## **GEOMORFOLOGI**

### **A. Latar Belakang**

Geomorfologi merupakan studi yang mempelajari bentuklahan dan proses yang mempengaruhinya serta menyelidiki hubungan timbal balik antara bentuklahan dan proses-proses itu dalam susunan keruangan (Verstappen, 1983). Proses geomorfologi adalah perubahan-perubahan baik secara fisik maupun kimiawi yang mengakibatkan modifikasi permukaan bumi (Thornbury, 1970). Penyebab proses geomorfologi adalah benda-benda alam yang dikenal dengan benda-benda alam berupa angin dan air. Proses geomorfologi dibedakan menjadi dua yaitu proses eksogen (tenaga asal luar bumi) yang umumnya sebagai perusak dan proses endogen (tenaga yang berasal dari dalam bumi) sebagai pembentuk, keduanya bekerja bersama-sama dalam merubah permukaan bumi.

Bentuklahan adalah kenampakan medan yang dibentuk oleh proses-proses alam dan mempunyai komposisi serangkaian, karakteristik fisik dan visual tertentu di manapun bentuklahan ditemui (Way, 1973 dalam Van Zuidam, 1979). Bentuklahan mengalami proses perubahan secara dinamis selama proses geomorfologi bekerja pada bentuklahan tersebut. Tenaga yang bekerja disebut dengan tenaga geomorfologi yaitu semua media alami yang mampu mengikis dan mengangkut material di permukaan bumi, tenaga ini dapat berupa air mengalir, air tanah, gelombang, arus, tsunami, angin, dan gletser. Berdasarkan pada proses yang bekerja pada permukaan bumi dikenal dengan proses, fluvial, marine, eolin, pelarutan, dan proses gletser. Akibat dari adanya proses tersebut maka terjadi proses degradasi dan aggradasi. Proses degradasi menyebabkan penurunan permukaan bumi, sedangkan aggradasi menyebabkan kenaikan permukaan bumi. Pada proses degradasi didalamnya terdapat proses pelapukan, gerak massa dan erosi (Thornbury, 1970). Salah satu studi geomorfologi adalah mempelajari bentuk-bentuk erosi dan gerak massa tanah.

Faktor-faktor utama yang berpengaruh terhadap laju erosi yang terjadi adalah iklim, sifat tanah, topografi dan manajemen lahan dan tanaman (Sitamala Arsyad, 1989). Pada tanah dengan kelerengan yang tinggi, tanah akan mudah di pecah dan terangkut oleh air ke daerah di bawahnya, juga pada tanah yang kemiringan lerengnya tinggi daya rusaknya akan lebih besar karena kecepatannya tinggi. Penutupan tanah oleh tanaman penutup akan dapat berpengaruh secara langsung terhadap tanah atau memberi efek perlindungan terhadap air hujan dan daya rusak limpasan permukaan (run off). Pada kondisi tanah yang terbuka akan berpotensi mengalami erosi yang tinggi, dibandingkan dengan tanah yang terdapat tanaman penutupnya.

### **B. Bentuk- bentuk erosi menurut Sitamala Arsyad (1989) adalah:**

1. Erosi tetesan ( raindrop erosion) atau Erosi percik (splash erosion) Erosi percik merupakan erosi dari hasil percikan atau benturan air hujan secara langsung pada partikel tanah dalam keadaan basah. Besarnya curah hujan intensitas dan distribusi hujan menentukan kekuatan penyebaran hujan ke permukaan tanah, kecepatan aliran permukaan serta kerusakan erosi yang ditimbulkannya. (Hardiyatmo, 2006).
2. Erosi lembar (sheet erosion) Erosi lembar adalah pengangkutan lapisan tanah yang merata tebalnya dari suatu permukaan bidang tanah. Karena kehilangan lapisan oleh tanah adalah seragam maka bentuk erosi ini tidak segera tampak. Jika erosi telah berjalan lanjut barulah di sadari yaitu setelah tanaman mulai ditanam di atas lapisan bawah tanah (sub soil) yang tidak baik bagi pertumbuhan tanaman. Erosi lembar disebut juga dengan erosi antar alur (Sitamala arsyad, 1989).
3. Erosi alur (riil erosion) Erosi alur adalah erosi yang terjadi karena air yang terkonsentrasi dan mengalir pada tempat tertentu di permukaan air tanah sehingga pemindahan tanah lebih banyak terjadi pada suatu tempat tertentu. Alur-alur yang terjadi masih dangkal dan dapat dihilangkan dengan pengolahan tanah. Erosi alur biasanya terjadi

pada tanah yang di tanami dengan tanaman yang di tanam berbaris menurut lereng atau bekas tempat menarik balok- balok kayu. (Sitnala Arsyad,1989).

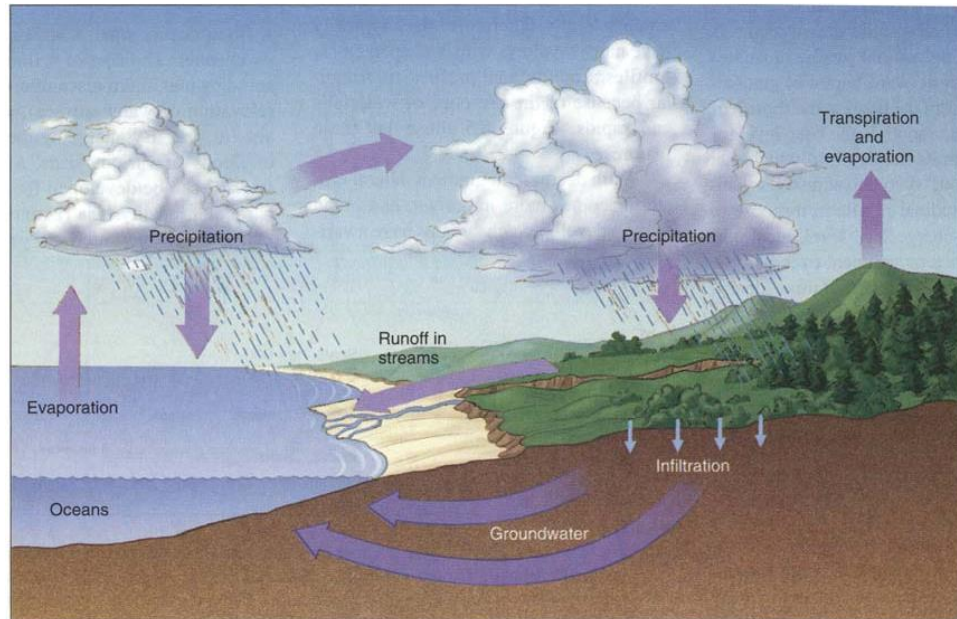
4. Erosi parit (Gully erosion) Erosi parit adalah erosi yang terjadi sama dengan erosi alur, tetap saluran yang terbentuk sudah demikian dalamnya sehingga tidak dapat dihilangkan dengan pengolahan tanah biasa sehingga semakin dalam erosi yang terjadi. Erosi Parit yang baru saja terjadi berukuran sekitar 40 cm dengan kedalaman sekitar 25 cm. Erosi parit yang telah lama terjadi berukuran sekitar 30 cm. Erosi parit dapat berbentuk V dan U, tergantung pada kepekaan erosi setratanya. Bentuk V merupakan Bentuk erosi yang umum di jumpai, tetapi pada daerah-daerah yang substratnya mudah lepas yang umumnya berasal dari batuan sedimen maka akan terjadi bentuk erosi U. Di antara bentuk tersebut bentuk U lebih sulit di perbaiki daripada bentuk V. Tanah yang telah mengalami erosi parit sangat sulit untuk di jadikan tanah pertanian (Sitnala Arsyad,1989).
5. Erosi Tebing sungai ( river bank erosion) Erosi tebing sungai atau erosi lembah adalah pengikisan tanah pada tebing-tebing sungai dan penggerusan di dasar sungai oleh air sungai atau erosi yang terjadi sebagai akibat dari pengikisan tebing sungai oleh air yang mengalir dari bagian atas tebing atau oleh terjangan aliran sungai yang kuat pada suatu belokan - belokan sungai.
6. Longsor (land slide) Longsor (land slide) adalah suatu bentuk erosi yang pengangkutan atau pemindahan tanahnya terjadi pada suatu saat dalam volume yang besar (Sinatala Arsyad,1989).
7. Erosi internal (Internal of Subsurface Erosion) Erosi internal merupakan terangkutnya butir-butir primer ke bawah ke dalam celah-celah atau pori-pori tanah sehingga tanah menjadi kedap air dan udara. Erosi internal menyebabkan menurunnya kapasitas infiltrasi tanah dengan cepat sehingga aliran permukaan meningkat yang menyebabkan terjadinya erosi lembar atau erosi alur (Sitnala Arsyad,1989).

## **1. Sungai & Dataran Fluvial**

### **1.1. Pendahuluan**

Aliran sungai merupakan agent yang sangat penting dari erosi karena sangat berperan dalam membentuk bentang alam dari hampir semua permukaan daratan dan merupakan proses geologi yang sangat signifikan. Karakteristik dari suatu individu lembah aliran dan daerah sekitarnya akan ditentukan oleh material yang berkembang didalamnya, iklim, waktu dan perubahan elevasi terhadap base level.

Aliran sungai merupakan bagian dari siklus hidrologi (Gambar 3.1). Air hujan yang sampai di permukaan (presipitasi) kembali ke laut melalui permukaan (runoff). Sebagian dari air ini kembali ke atmosfer melalui penguapan (evaporasi) dan melalui tumbuhan (transpirasi), dan sebagian menyerap kebawah sebagai air tanah. Air yang masuk dalam aliran dan menyebabkan aliran permukaan (runoff) datang dari suatu limpahan aliran, dan dari air yang bergerak kedalam tanah sebelum dikeluarkan (discharge) melalui sungai.

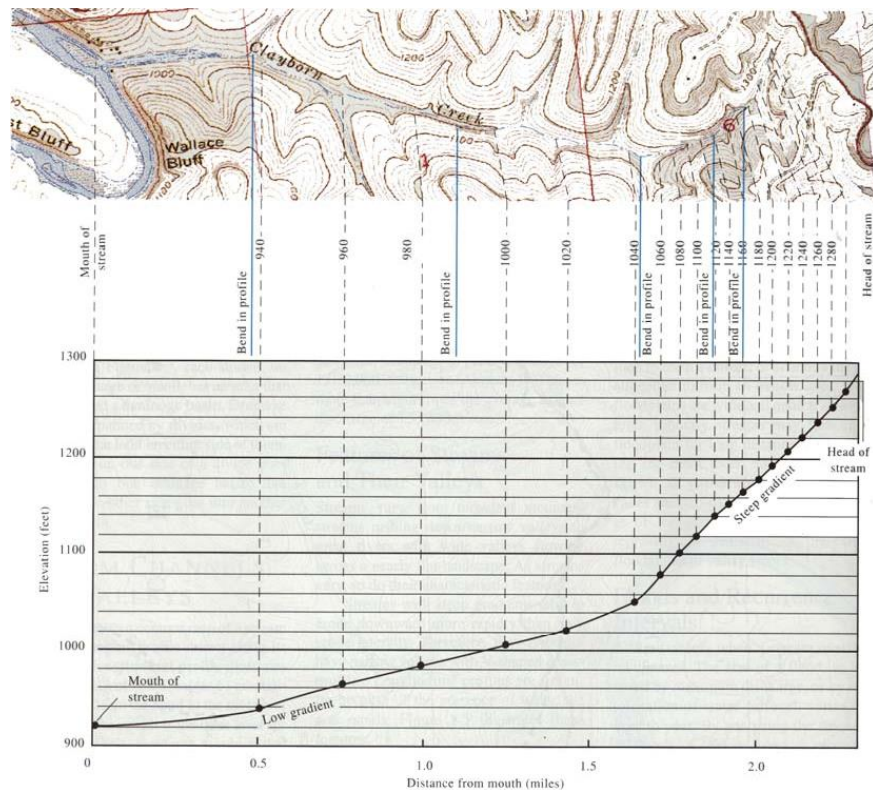


Siklus Hidrologi

#### 1.2.1. Paritan Sungai dan Lembah

Gambaran penampang topografi melalui sepanjang sungai merupakan penampang longitudinal yang memperlihatkan perubahan gradient yang menurun dari bagian hulu ke arah mulut sungai (hilir, tempat bertemunya dengan sungai besar). Mulut sungai merupakan base level dari suatu aliran sungai, yang merupakan batas erosi ke arah yang lebih dalam. Suatu sungai mengatur salurannya dan penampang longitudinalnya sebagai respon dari perubahan jumlah air yang dipindahkan (discharge), base level, kemampuan batuan yang dilaluinya untuk menahan erosi dan waktu berlansungnya proses. Idealnya penyesuaian ini akan menuju keseimbangan (balance) antara erosi dan sedimentasi sepanjang aliran sungai dan akan membuat penampang longitudinal yang teratur. Sungai yang tidak menunjukkan penampang yang teratur dari hasil erosi atau sedimentasi akan terdapat kemungkinan berikut; air terjun atau jeram yang tererosi, danau atau bendung sepanjang aliran yang terisi.





Penampang longitudinal dari sungai yang memperlihatkan perubahan gradient sungai

Ukuran dari paritan dan kecepatan dan volume air akan bertambah ke arah hilir. Jumlah volume air tiap satuan waktu (Discharge) ditentukan dengan;

Discharge = kecepatan x luas penampang paritan. (satuan  $M^3/det$ ,  $ft^3/det$ )

### 1.2.1. Sungai dan Bentuk Lembah

Suatu aliran sungai bervariasi dari mulai aliran turbulen di daerah pegunungan, melalui lembah sempit hingga sungai dengan yang lebar, sampai ke daerah dataran. Karena sifat yang beragam ini, maka suatu aliran juga menunjukkan gambaran yang karakteristik.

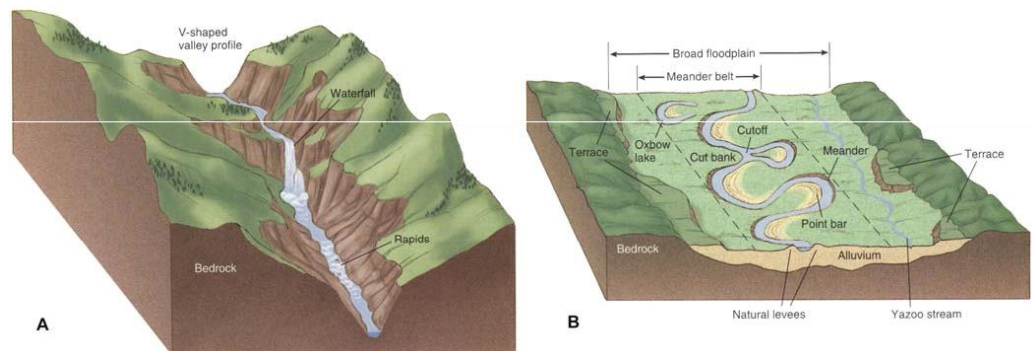
Aliran dengan bentuk lereng yang besar cenderung mengerosi ke arah bawah lebih cepat dibandingkan dengan ke arah lateral. Lembah yang dihasilkan di daerah hulu mempunyai bentuk huruf V. Dengan menurunnya gradient, erosi lateral menjadi lebih penting, dan lembah mulai berkembang.

Beberapa istilah dari bentuk-bentuk bentang alam pada aliran sungai diantaranya ditunjukkan pada

- **Floodplain** (dataran limpas banjir), merupakan wilayah yang ditempati air pada saat sungai melimpah
- **Natural levee**, pematang yang ditempati oleh endapan pada saat banjir.
- **Meander**, bentuk lengkungan dari paritan.
- **Cutbank**, hasil erosi diluar meander.
- **Point bar**, bentuk hasil pengendapan didalam meander.
- **Meander belt**, jalur didalam limpahan sungai yang terdiri

dari beberapa meander.

- **Cutoff**, pemotongan dari meander akibat perubahan aliran
- **Oxbow lake**, bentuk genangan dari meander yang sebelumnya pernah ada.
- **Yazoo stream**, bentuk atau jejak dari aliran dari cabang sungai akibat levee yang sudah terlalu tinggi dari limpahan yang lebar.
- **Stream terrace**, bentuk tangga diatas tingkat dataran limpah banjir yang terbentuk terakhir.



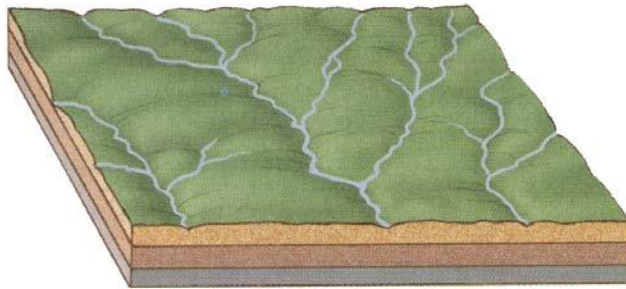
Bentuk Lembah akibat erosi dan B, bentuk-bentuk karakteristik dari system aliran

### 1.3. Pola Aliran Dan Perkembangan Lembah

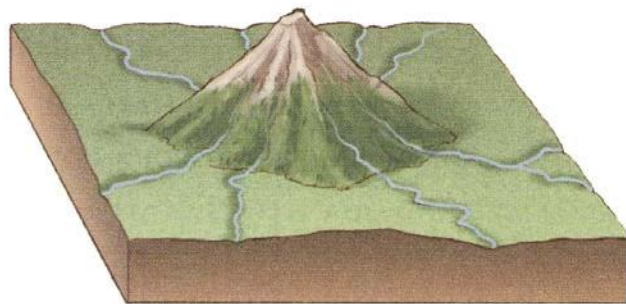
#### 1.3.1. Pola Aliran

Di daerah dengan iklim tropic dan lembab pada umumnya mempunyai bentuk perbukitan yang membulat, lereng yang tertutup tanah, bentuk punggung dan lembah, dan endapan sungai yang melimpah. Bentuk bentang alam tidak hanya dipengaruhi oleh iklim akan tetapi juga dikontrol oleh sifat dari material yang mendasarinya dan oleh perubahan dari base level. Pola erosi akan dicerminkan oleh sifat dari material dibawahnya yang tercermin dari pola alirannya (Gambar 3.4). Bila suatu wilayah terangkat atau base level turun, erosi kedasar akan bertambah, bila base level naik atau daratan turun akan terjadi pengendapan.

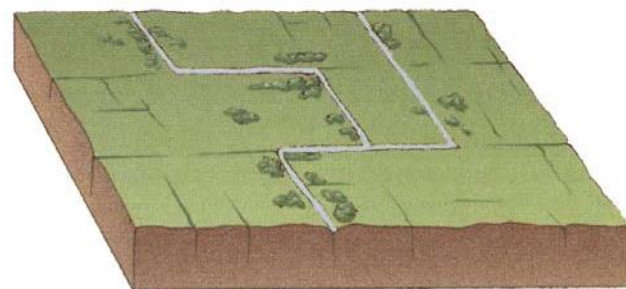




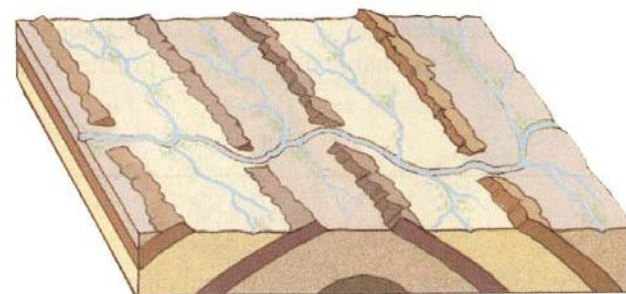
**Dendritic drainage pattern.**  
 The underlying rock or sediment is uniformly resistant to erosion. Common where sedimentary layers are horizontal.



**Radial drainage pattern.**  
 Streams radiate outward from a high area such as a volcano or dome.



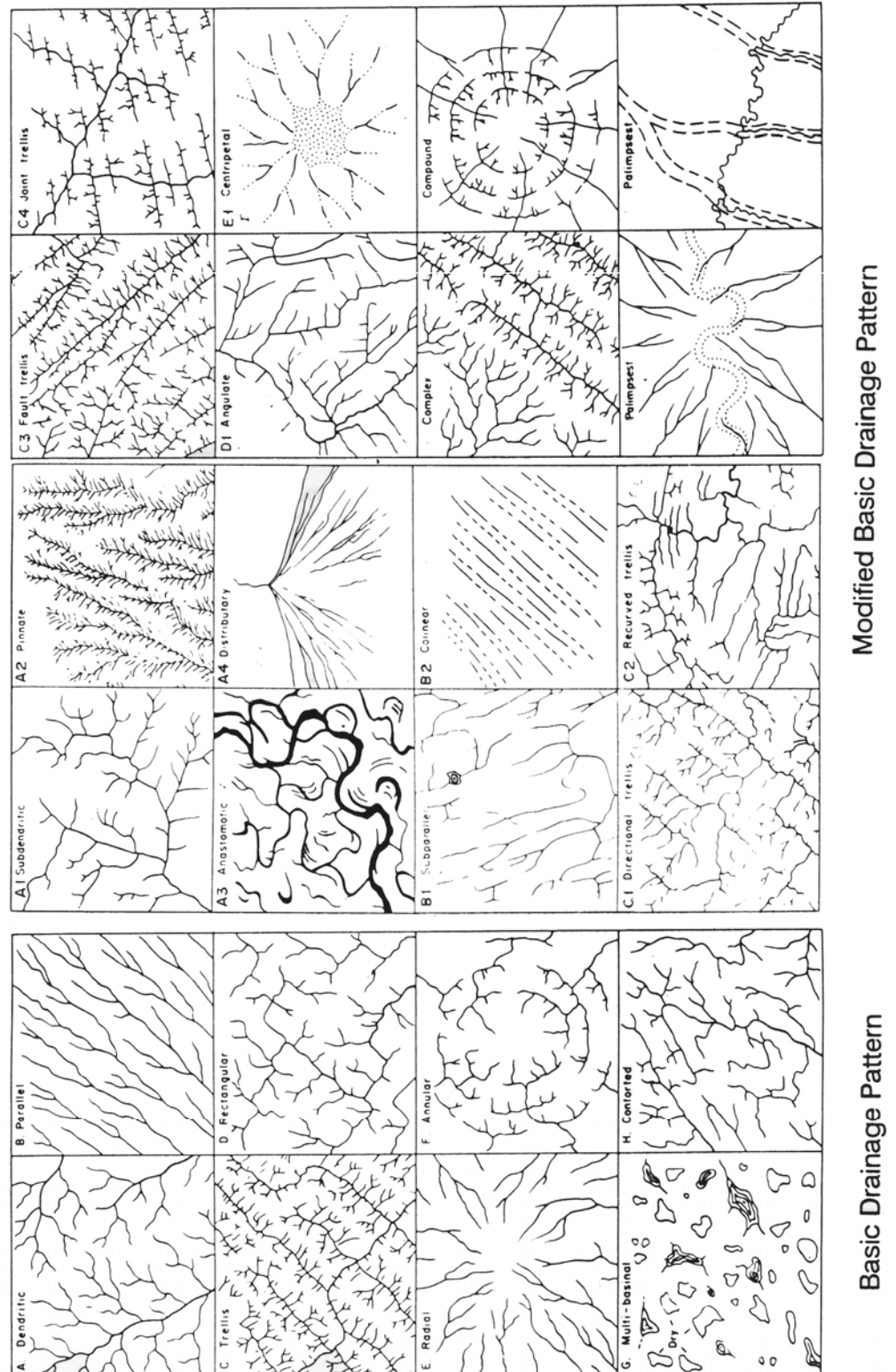
**Rectangular drainage pattern.**  
 Streams follow fractures or faults in underlying rocks. Right-angle intersections are common.



**Trellis drainage pattern.**  
 Most streams follow valleys that parallel inclined layers of rock.

Perkembangan erosi sungai dan pola aliran yang terbentuk

Berbagai jenis pola aliran dan sifat-sifat geologi yang berpengaruh ditunjukkan pada gambar



Berbagai jenis pola aliran, Keterangan geologi dan proses yang berhubungan

| <i>Basic</i>      | <i>Significance</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <i>Modified Basic</i>            | <i>Added Significance or Locale</i>                                                                                                                                |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dendritic<br>A    | Horizontal sediments or beveled, uniformly resistant, crystalline rocks. Gentle regional slope at present or at time of drainage inception. Type pattern resembles spreading oak or chestnut tree.                                                                                                                                                 | Subdendritic (1)                 | Minor secondary control, generally structural.                                                                                                                     |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Pinnate (2)                      | Fine-textured, easily erodible materials.                                                                                                                          |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Anastomotic (3)                  | Flood plains, deltas, and tidal marshes.                                                                                                                           |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Distributary (4)<br>(Dichotomic) | Alluvial fans and deltas.                                                                                                                                          |
| Parallel<br>B     | Generally indicates moderate to steep slopes but also found in areas of parallel, elongate landforms. All transitions possible between this pattern and type dendritic and trellis.                                                                                                                                                                | Subparallel (1)                  | Intermediate slopes or control by subparallel landforms.                                                                                                           |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Colinear (2)                     | Between linear loess and sand ridges.                                                                                                                              |
| Trellis<br>C      | Dipping or folded sedimentary, volcanic, or low-grade metasedimentary rocks; areas of parallel fractures; exposed lake or sea floors ribbed by beach ridges. All transitions to parallel pattern. Type pattern is regarded here as one in which small tributaries are essentially same size on opposite sides of long parallel subsequent streams. | Subtrellis                       | Parallel elongate landforms.                                                                                                                                       |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Directional Trellis (1)          | Gentle homoclines. Gentle slopes with beach ridges.                                                                                                                |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Recurved Trellis (2)             | Plunging folds.                                                                                                                                                    |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Fault Trellis (3)                | Branching, converging, diverging, roughly parallel faults.                                                                                                         |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Joint Trellis (4)                | Straight parallel faults and/or joints.                                                                                                                            |
| Rectangular<br>D  | Joints and/or faults at right angles. Lacks orderly repetitive quality of trellis pattern; streams and divides lack regional continuity.                                                                                                                                                                                                           | Angulate                         | Joints and/or faults at other than right angles. A compound rectangular-angulate pattern is common.                                                                |
| Radial<br>E       | Volcanoes, domes, and erosion residuals. A complex of radial patterns in a volcanic field might be called multiradial.                                                                                                                                                                                                                             | Centripetal                      | Craters, calderas, and other depressions. A complex of centripetal patterns in area of multiple depressions might be called multi-centripetal.                     |
| Annular<br>F      | Structural domes and basins, diatremes, and possibly stocks.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                  | Longer tributaries to annular subsequent streams generally indicate direction of dip and permit distinction between dome and basin.                                |
| Multibasinal<br>G | Hummocky surficial deposits; differentially scoured or deflated bedrock; areas of recent volcanism, limestone solution, and permafrost. This descriptive term is suggested for all multiple-depression patterns whose exact origins are unknown.                                                                                                   | Glacially Disturbed              | Glacial erosion and/or deposition.                                                                                                                                 |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Karst                            | Limestone.                                                                                                                                                         |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Thermokarst                      | Permafrost.                                                                                                                                                        |
|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Elongate Bay                     | Coastal plains and deltas.                                                                                                                                         |
| Contorted<br>H    | Contorted, coarsely layered metamorphic rocks. Dikes, veins, and migmatized bands provide the resistant layers in some areas. Pattern differs from recurved trellis (Fig. 11-17, H) in lack of regional orderliness, discontinuity of ridges and valleys, and generally smaller scale.                                                             |                                  | The longer tributaries to curved subsequent streams generally indicate dip of metamorphic layers and permit distinction between plunging anticlines and synclines. |



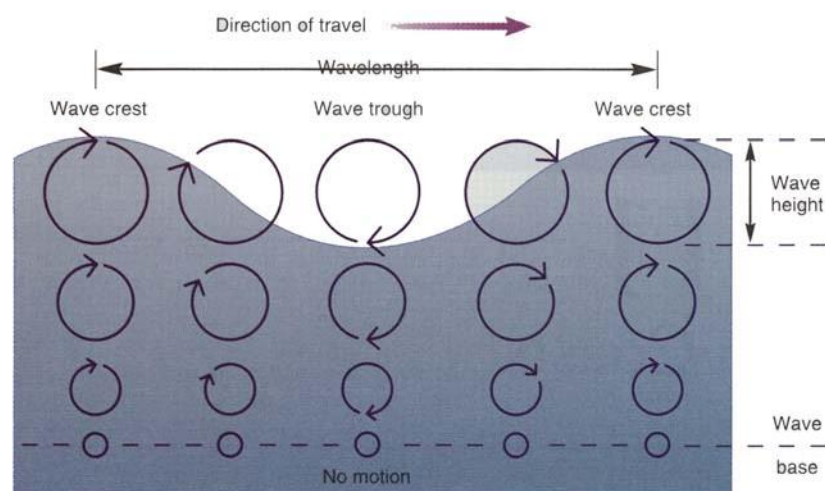
### 1.3.2. Perkembangan Lembah

Perubahan sifat aliran akan tercermin dari perkembangan bentang alam. Dengan perkembangan dari cabang-cabang sungai dan pemanjangan sungai maka daerah sekitarnya akan menjadi bagian dari sistem daerah aliran, perbukitan berkurang, daerah pemisah aliran menjadi lebih luas dan gradien sungai akan berkurang. Tahapan ini seringkali disebut sebagai Siklus Erosi yang memperlihatkan perkembangan bentang alam melalui tahap awal, menengah dan akhir yang masing-masing menunjukkan karakteristik. Namun demikian siklus erosi hanya menunjukkan penyederhanaan, karena factor pengontrol tidak selamanya tetap. Misalnya iklim tidak selalu sama dari satu tempat ke tempat lain, perubahan waktu, base level dan perubahan muka laut, serta aktifitas tektonik merupakan factor yang mempengaruhi bagaimana suatu bentang alam akan terbentuk.

## 2. Pantai

### 2.1. PENDAHULUAN

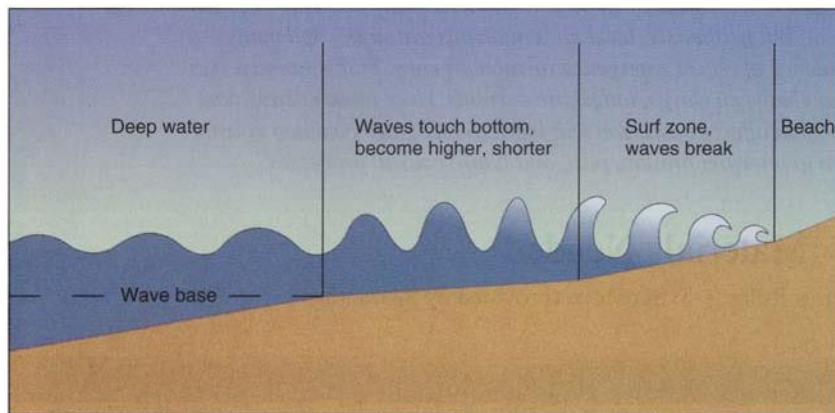
Pantai merupakan tempat interaksi antara air laut dan daratan. Gelombang, yang dihasilkan dari angin yang menerpa air laut, mempunyai peran utama dari interaksi ini. Gambar 2.1. menggambarkan suatu gelombang yang menunjukkan bagaimana pergerakan dari air laut. Pada saat puncak gelombang berjalan sepanjang air, air tersebut bergerak mundur-maju dalam gerak yang berputar. Pergerakan air menurun sampai batas dasar gelombang (wave base), dengan kedalaman kurang lebih setengah panjang gelombang.



Gambar 2.1. Penampang gelombang yang menunjukkan pergerakan dari air.

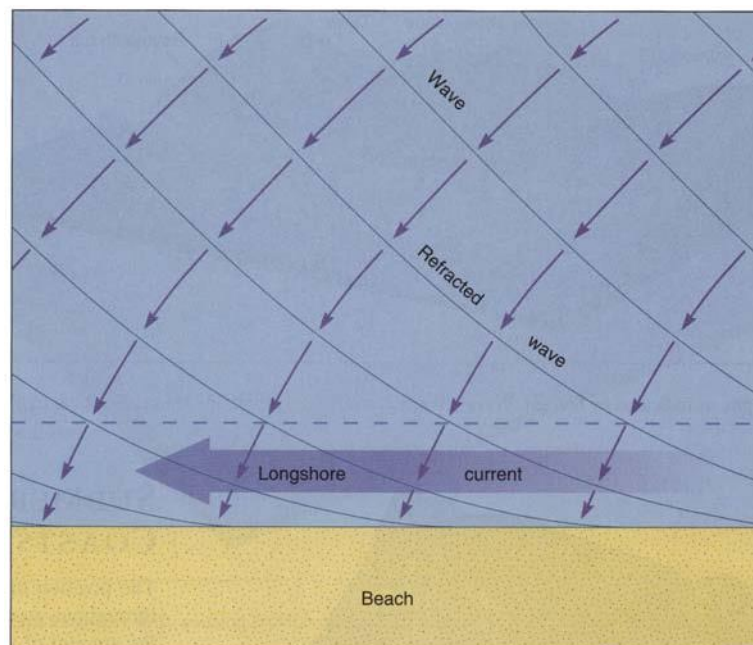
Bila gelombang mendekati pantai, maka gelombang mulai berinteraksi dengan bagian alas, bentuknya berubah dan pola pergerakan air juga berubah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Bila kedalaman air menjadi lebih dangkal dari dasar gelombang, maka gelombang akan mengerosi dan memindahkan bahan sediment dasarnya. Pada surf zone yang dangkal, bentuk air akan pecah dan akan terjadi turbulensi; butiran pasir dan kerikil akan dihempaskan dalam suspensi oleh turbulensi dan dalam pergerakan yang

hamper tetap.



Gambar 2.2 Penampang kedalaman air laut dan sifat interaksi dengan dasar pantai.

Gelombang akan menuju pantai dengan puncak gelombang umumnya membentuk sudut dengan garis pantai. Bila gelombang mulai berinteraksi dengan dasar, gelombang akan melemah, atau dibiaskan (refraksi), dan menjadi lebih sejajar dengan garis pantai, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3. Gelombang masih akan menerpa tepi pantai dengan arah menyudut. Ini akan menyebabkan air pada didalam surf zone membentuk **longshore current**, yang bergerak sepanjang tepi pantai dengan arah dorongan dari datangnya gelombang. Sedimen dari surf zone dibawa oleh arus ini yang prosesnya dikenal sebagai **longshore drift**. Energi angin ini kemudian dipindahkan melalui surf zone, tempat berlangsungnya proses erosi, transportasi dan sedimentasi, bersama untuk merubah garis pantai.



Gambar 2.3 Peta yang menunjukkan pembiasan dari gelombang yang mendekati

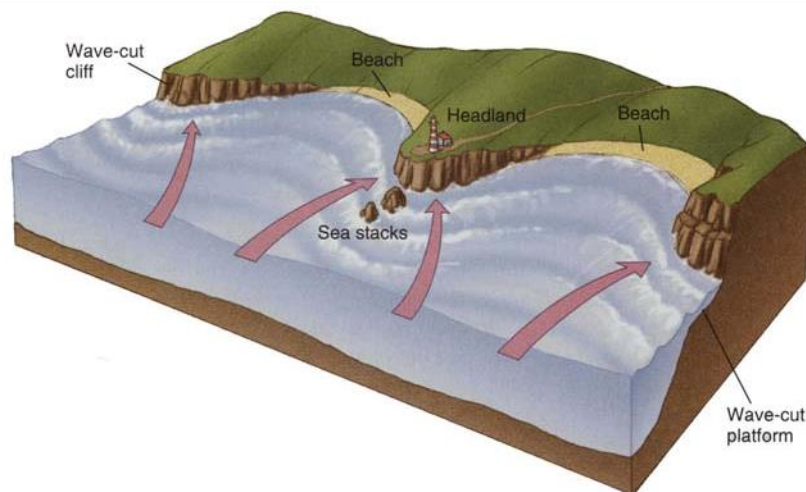
pantai.

## 2.2. Proses Perubahan Di Pantai

### 2.2.1. Erosi

Semua tempat di pantai terpengaruh proses erosi, akan tetapi intensitasnya berbeda sepanjang pantai. Bukti erosi terlihat di daerah dengan bentuk pantai yang terdiri dari batuan. Pembiasan gelombang terjadi terutama pada **headland**, tonjolan yang berupa batuan diantara teluk (lekuk) pantai. Tempat ini secara aktif tererosi membentuk gawir yang disebut **wave-cut cliffs**.

Erosi aktif terkonsentrasi disekitar bawah dan atas dari level air laut. Pengikisan dibawah gawir apabila erosi terlalu kuat akan mengakibatkan ada bagian yang jatuh meninggalkan bentuk hasil erosi yang landai yang disebut sebagai **wave-cut platform**. Bagian batuan cukup resistan terhadap erosi meninggalkan bentuk yang berada di wave-cut platform membentuk **sea stacks**.



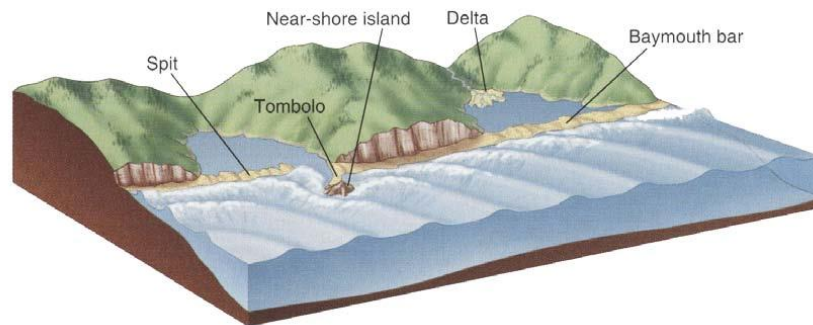
Gambar 2.4 Bagan yang menunjukkan hempasan gelombang pada batuan relative keras dan bentuk-bentuk tepi pantai yang ditimbulkan.

### 2.2.2. Pengendapan

Pada saat energi gelombang mengikis daerah headland, pengendapan terjadi di daerah teluk karena energi gelombang melemah di bagian ini. Pengendapan menghasilkan bentuk **beach**, umumnya terdiri dari endapan pasir, kerikil dan kerakal yang dierosi dari headland, dan material yang terbawa kelaut dari sungai. Perubahan ini makin lama akan mengurangi ketidakteraturan bentuk pantai.

Longshore drift membantu berperan merubah atau membuat keteraturan bentuk lurus pantai, bila longshore current memasuki bagian dalam dan kecepatan berubah, sehingga terjadi pengendapan. Bentuk ini dikenal sebagai **spit**, punggung pasir yang muncul searah dengan longshore current (Gambar 4.5). Spit yang berkembang penuh melalui mulut teluk disebut sebagai **baymouth bar**. Sedangkan punggung pasir yang menghubungkan pulau ke pantai disebut **tombolo**. Ini berkembang karena adanya pulau dan membiaskan

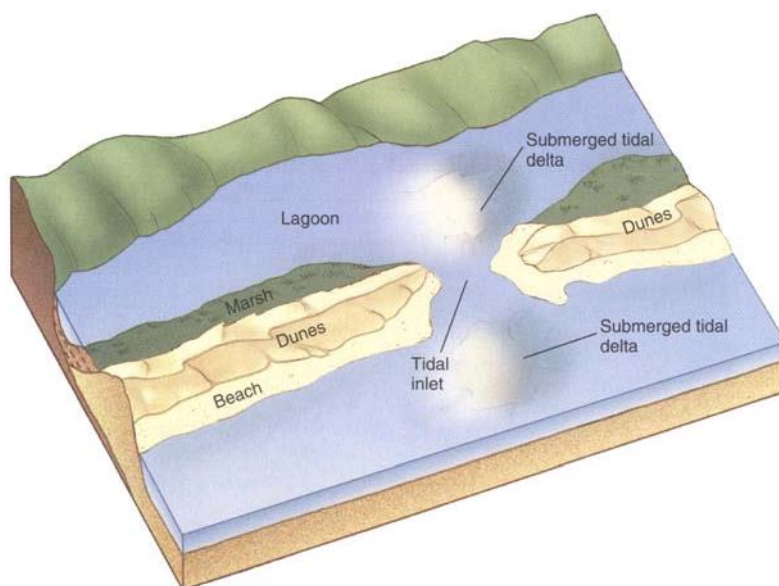
gelombang dan secara setempat membelokkan arah longshore current, atau mengurangi energi untuk membawa material.



Gambar 2.5 Bagan yang menunjukkan pengaruh bentuk pantai dan perubahan pada longshore current serta bentuk-bentuk tepi pantai yang ditimbulkan.

Sungai memberikan hampir semua sediment untuk pantai dan longshore drift. Bila arus ini kuat sediment dari sungai akan terbawa. Bila arus cukup lemah atau sediment dari sungai cukup banyak, sediment akan diendapkan dimulut sungai sebagai **delta**.

Pada daerah dengan bentuk pantai yang landai dapat berkembang pulau yang terdiri dari sandbar yang sempit, memanjang sejajar dengan pantai disebut sebagai **barrier island**, yang dipisahkan dengan daratan utama oleh lagoon (Gambar 4.6). Daerah selang antara pulau-pulau tersebut disebut sebagai **tidal inlet**, yang memungkinkan arus pasang-surut yang kuat membentuk gelombang pasang-surut. Sedimen yang dibawa oleh arus ini disebut **tidal delta**, baik learah darat maupun laut.



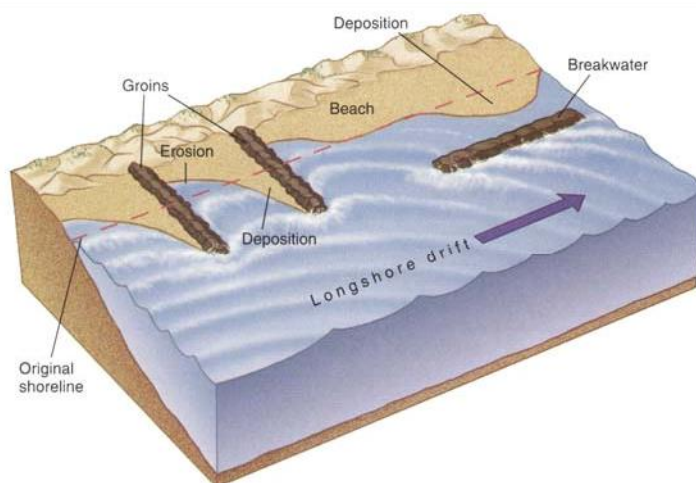
Gambar 2.6 Bagan yang menunjukkan pengaruh pasang-surut dan longshore current serta bentuk-bentuk tepi pantai yang ditimbulkan.

Perubahan pantai dapat terjadi karena aktifitas manusia untuk berbagai hal menurut kepentingannya. Namun perlu diperhatikan bahwa kekuatan proses alam akan sulit dicegah. Misalnya pencegahan erosi dapat dibuat dengan dinding penghalang badai. Walaupun demikian pantulan dari energi gelombang akan memperbesar erosi pantai didepan dindingnya, dan bentuk beach dibawahnya akan hilang. Pelindung yang dipakai untuk menahan erosi dipantai adalah bentuk groins dan breakwater (Gambar 4.7). Bentuk ini akan merubah bentuk pantai apabila peran longshore drift cukup besar.

### 2.2.3. Penurunan dan Pengangkatan Pantai

Posisi pantai berfluktuasi sepanjang waktu geologi. Ini terjadi tidak hanya karena fluktuasi air di lautan akan tetapi juga karena proses tektonik atau gaya yang lain yang membuat daratan relative turun atau naik terhadap muka laut. Perubahan yang paling menyolok terjadi pada dua juta tahun yang lalu pada glasiasi Pleistosen.

Karakteristik dari pantai yang mengalami penurunan akan tergantung pada bentuk bentang alam sebelum penurunan. Contoh pada bentuk pantai yang tidak teratur dan topografi yang berelief tinggi akan menghasilkan bentuk seperti estuarie (lembah sungai) atau fyord (lembah glasiasi).



Gambar 2.7 Bagan yang menunjukkan pengaruh pembuatan groins dan breakwater serta akibat yang ditimbulkan karena pengaruh longshore drift

Pantai yang naik umumnya terjadi di daerah tektonik aktif. Gambaran tentang pantai yang naik umumnya dicirikan dengan hadirnya teras endapan laut yang naik (marine terrace). Sebagian dari teras ini terbentuk di bawah muka laut yang disebut sebagai wave-cut platform. Teras ini merupakan hasil dari pengangkatan yang menerus, dengan pengaruh fluktuasi level air laut selama kala Pleistosen.



### 3. Delta

#### 3.1. Pendahuluan

Seperti telah dibahas sebelumnya bahwa pantai merupakan tempat interaksi antara air laut dan daratan. Bentuk dari garis pantai dan jenis bentang alam yang terjadi sepanjang pantai adalah pencerminan dari keseimbangan antara kecepatan dari pasokan sediment dan kecepatan dari olahan dan penyebaran sedimen oleh gelombang, pasang surut dan fluktuasi muka laut. Level dari muka laut tidak selalu tetap untuk periode yang lama, tetapi berfluktuasi sebagai respon dari proses tektonik dan iklim. Beberapa proses ini bersifat global dan menghasilkan fluktuasi muka laut **eustatic** sepanjang garis pantai di seluruh dunia. Misalnya rifting dan pembentukan punggung samudera akan diikuti oleh kenaikan muka laut eustatic. Pengaruh utama dari fluktuasi ini adalah kenaikan atau regresi dari pantai atau penurunan pantai atau transgresi.

Dua jenis pantai dapat didefinisikan dari sifat keseimbangan ini yaitu; pantai yang bersifat **destruktif** dan pantai yang **konstruktif**, yang fenomenanya merupakan proses erosi dan pengendapan di pantai. Bentuk pantai destruktif telah dikenal sebagai wave-cut clift, platform, terrace, sea arch dan stack. Sedangkan bentuk- bentuk pantai yang konstruktif sangat dipengaruhi oleh dominasi fluvial, gelombang pantai dan pasang surut.

#### 3.2. Pantai Konstruktif

Pantai yang konstruktif terbentuk apabila kecepatan penyediaan sediment melampaui kapasitas dari gelombang dan pasang-surut untuk menyebarkan sehingga sediment diakumulasikan sepanjang pantai. Bentuk sediment hasil dari dominasi gelombang pantai dikenal sebagai beach, barrier island, spits, baymouth bar.

##### 3.2.1. Pengaruh Sungai (Fluvial) dan Perkembangan Delta

Pantai konstruktif yang didominasi oleh pengaruh aliran sungai, akan terbentuk disekitar dimulut sungai yang besar yang berakhir pada laut yang tenang atau danau. Bentuk ini dikarakteristikan oleh hadirnya delta dengan bentuk seperti kaki burung (birdfoot deltas), yang merupakan perkembangan dari dataran alluvial yang mencapai laut atau danau.

Bentuk delta kaki burung terdiri dari rangkaian-rangkaian cabang yang disebut sebagai distributary channel, yang dibatasi oleh tinggian levee dan dipisahkan **swamp** (payau) yang luas dan dangkal dan **interdistributary bay**. Distributary channel mengisi sediment dari lembah alluvial ke garis pantai, yaitu tempat diendapkannya bahan pasir di **distributary mouth bar**, dan bahan Lumpur akan diteruskan ke laut terbuka. Daerah payau umumnya terdiri dari dataran limpahan yang mempunyai vegetasi lebat, yang merupakan akumulasi dari endapan kaya organik seperti peat (gambut) dan lignite (batubara muda). Di daerah teluk merupakan lingkungan laut dangkal yang seringkali diisi oleh bahan pasir berbentuk kipas yang disebut sebagai **crevasse splay**, didalam channel levee.

### 3.2.2. Pengaruh Gelombang dan Pasang Surut

Pantai yang didominasi gelombang dikarakteristikan oleh adanya aktifitas gelombang yang pengendapannya menghasilkan beach, barrier island, spits, baymouth bar. Bentuk beach terdiri dari daerah pengaruh gelombang antara garis pasang dan surut yang disebut sebagai **foreshore**. Sedangkan daerah yang dipengaruhi angin diatas pasang disebut sebagai **backshore**. Batas antara foreshore dan backshore umumnya ditandai oleh akumulasi pasir hasil hempasan angin yang ditumbuhi vegetasi yang disebut sebagai **foredune ridges**. Pertumbuhan ke arah pantai dari beach menghasilkan punggung yang dipisahkan oleh lekukan rendah yang disebut sebagai **cat-eye pond**.

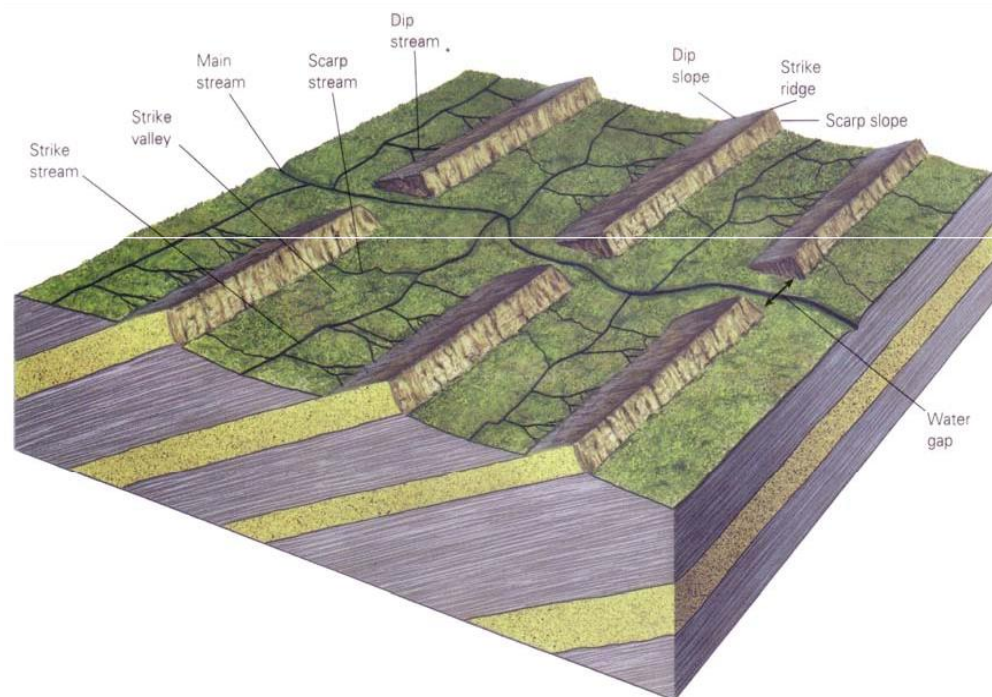
Pantai yang didominasi oleh pasang surut dikarakteristikan oleh pengaruh sediment pantai akibat pasang-surut yang diendapkan di tidal flat. Tidal flat umumnya terbentuk sepanjang bagian dalam dari estuarine dan laut terbuka sepanjang pantai macrotidal (lebih besar 4 m, Microtidal < 2 m, Mesotidal 2 – 4 m). Tidal flat umumnya luas, mempunyai relief rendah, terdiri dari endapan Lumpur dari arus pasang-surut. Tidal flat juga dipotong oleh tidal creek yang berupa pasir dan batasnya ke arah daratan ditandai oleh supratidal marsh, yang umumnya terdiri dari vegetasi yang lebat.

## 4. Pegunungan Lipatan

### 4.1. Pendahuluan

Gambaran bentang alam, bentuk dan topografi, lereng dan jejak aliran sungai, secara umum merupakan refleksi dari sifat struktur dan litologi dari batuan dasar penyusunnya. Hal ini merupakan akibat dari dua proses geologi, pelapukan diferensial dan erosi dari aliran. Pelapukan diferensial merupakan kecenderungan dari batuan pada suatu wilayah yang sama untuk lapuk dan tererosi pada kecepatan yang berbeda. Ini akan menghasilkan perbedaan pada topografi dari batuan yang tersingkap dipermukaan.

Batuan yang relatif resistan akan membentuk kubah, punggung dan bentuk topografi tinggi lainnya. Sedangkan batuan yang relatif tidak resistan cenderung tererosi lebih cepat membentuk lembah dan bentuk topografi rendah. Sifat dari kecenderungan erosi dari suatu aliran akan menghasilkan bentuk bentang alam yang berbeda, yang merupakan refleksi dari struktur dan sifat litologi dari batuan dasar (Gambar 4.1)

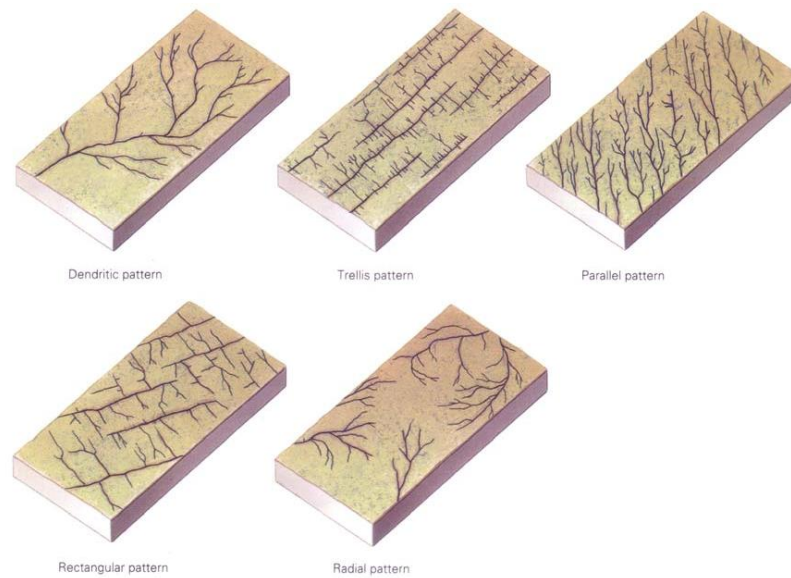


Gambar 4.1 Topografi dan Pola Aliran dari lapisan miring dari batupasir dan serpih.

Sebagai contoh pada gambar 6.1, batupasir yang resistan akan membentuk topografi tinggi dan serpih yang tak resistan akan membentuk topografi rendah. Tepian yang terangkat dari lapisan batupasir akan membentuk punggung jurus (strike ridges), "**Hogback**" atau "**Cuesta**". Lembah diantara laisan batupasir akan membentuk lembah jurus (strike valley) yang dialiri oleh aliran sejajar jurus (strike stream). Punggungan batupasir akan terdiri dari "**dip slope**" yang sejajar lapisan atas dan "**Scarp slope**" (back slope) yang berlawanan dengan kemiringan. Punggungan ini di kedua sisi akan dialiri oleh "**consequent stream**" (dip stream) dan aliran yang lebih pendek yaitu "**scarp stream**" (**obsequent stream**). Keduanya mengalir pada "**strike stream**" atau "**subsequent stream**".

#### 4.2. Pola Aliran Sungai

Pola aliran merupakan susunan atau keteraturan aliran sungai dalam suatu wilayah. Beberapa pola yang umum dijumpai diantaranya adalah; parallel, trelis, annular, rectangular, radial dan dendritic (Gambar 6.2) yang merupakan petunjuk dari struktur batuan dasar.



Gambar 4.2 Pola aliran sungai dan struktur batuan dasar

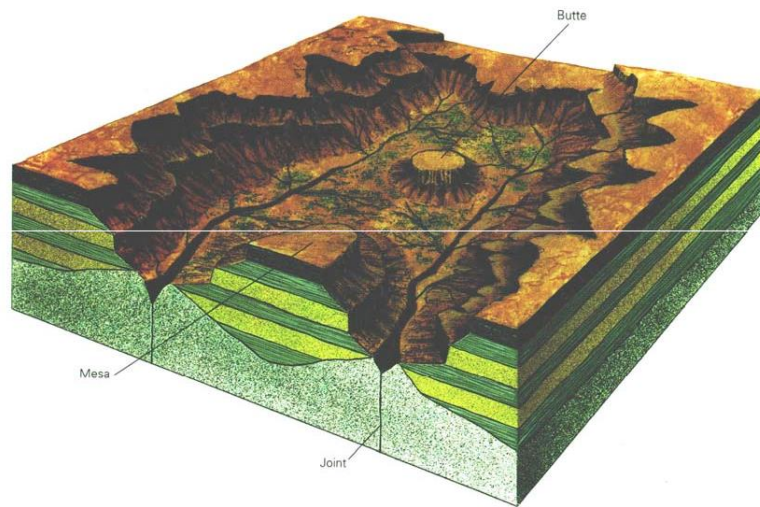
Pola paralel terdiri dari keseluruhan aliran yang sejajar. Ini umumnya didapatkan pada suatu lereng dari lapisan miring atau bidang sesar yang tersingkap. Pola trellis dan anular umumnya dijumpai pada perlapisan yang terlipat. Pola ini terdiri dari 3 aliran yaitu dip dan scarp stream yang mengalir ke arah strike stream dari punggung, dan aliran utama yang memotong perlapisan (lihat Gambar 6.1). Pola rektangular umumnya terdapat daerah jejak sesar atau rekahan, pada batuan yang beragam. Pola radial merupakan dip stream yang tersebar dari suatu pusat yang dapat berupa kubah atau bentuk kerucut gunung api. Pola dendritik terdiri dari aliran utama dengan cabang-cabang yang arahnya berbeda seperti pohon.

#### 4.3. Dataran Tinggi, Kubah Dan Pegunungan Lipatan

Ekspresi topografi dari perlapisan batuan, termasuk batuan sedimen dan vulkanik dapat membentuk topografi dan pola aliran yang karakteristik, yang dipengaruhi oleh sifat litologi dan strukturnya (lihat I & Gambar 4.2).

##### 4.3.1. Topografi Perlapisan Mendatar

Perlapisan mendatar yang terangkat mempunyai ciri relief datar yang terbatas (**Plateau**) yang dipotong oleh lembah besar dan curam. Batuan tertua tersungkap pada dasar lembah (Gambar 6.3)

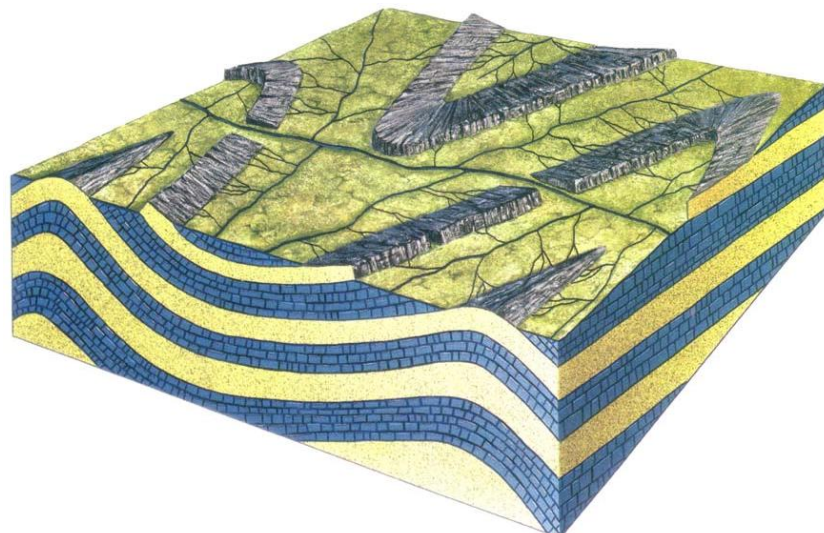


Gambar 4.3 Topografi dan pola aliran dari perlapisan horizontal

Erosi dari dataran tinggi (plato) ini akan menyisakan bentuk dataran tinggi yang kecil yang disebut **Mesa** dan bukit terisolasi yang disebut **Butte**. Singgkapan dari batuan yang resisten akan membentuk lereng terjal mengitari butte dan mesa, sedangkan batuan yang tak resisten akan membentuk lereng landai dengan endapan talus. Pola aliran yang ada umumnya dendritik atau random karena tak ada kontrol struktur.

#### 4.3.2. Topografi Perlipatan

Topografi perlipatan bervariasi terhadap geometri lipatan. Topografi dari lapisan yang tak menunjam akan mirip dengan perlapisan miring (lihat I & II). Punggungan Jurus dari lipatan yang menunjam akan terpotong dengan bentuk lembah V (Gambar 4.4).

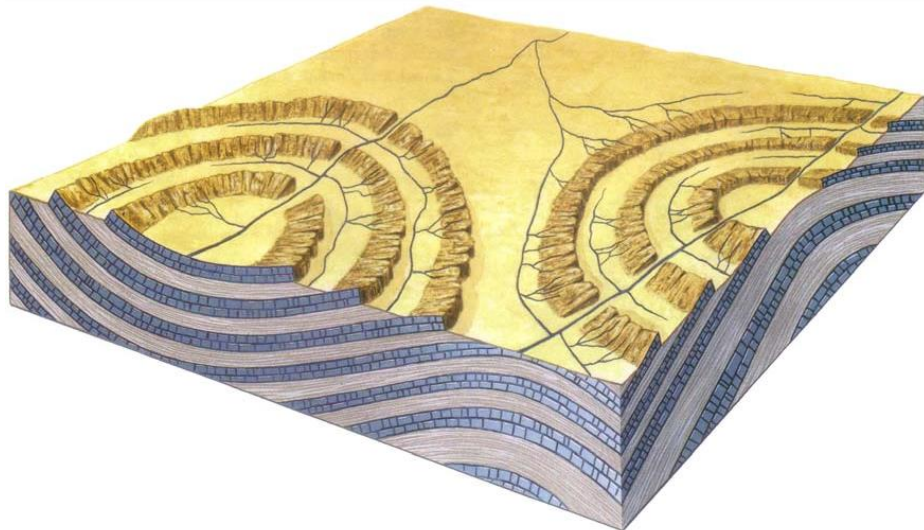




Gambar 4.4 Topografi dan pola aliran dari lipatan menunjam

#### 4.3.3. Topografi Kubah

Punggungan jurus dari kubah dan cekungan berbentuk melingkar atau elips dan konsentris mengelilingi pusat struktur (Gambar 6.5)



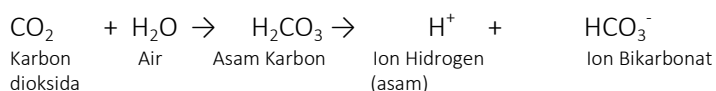
Gambar 4.5 Topografi dan pola aliran dari kubah dan cekungan

## 5. Karst

### 5.1. Pendahuluan

Pada umumnya aliran air tanah didalam akuifer (lapisan pembawa air tanah) sangat lambat. Pengecualian dari sifat ini terjadi di daerah **Karst**, yaitu tempat terjadinya pelarutan dengan skala yang besar dari batuan dasar. Pelarutan oleh air tanah ini akan menimbulkan gerak aliran cepat yang mengalir melalui rongga-rongga (cavern) dan lorong alamiah (natural tunnel) seperti ditunjukkan pada gambar 5.1.

Karst pada umumnya terjadi pada batuan gamping dan dolomite, yang mengandung mineral gampingan yang mudah larut (kalsit dan dolomite). Proses Karstifikasi dari suatu satuan batuan memerlukan aliran dari air tanah dengan volume yang besar melalui batuan dasar, karena sifat pelarutan dari mineral-mineral ini sangat rendah. Oleh karena itu proses karstifikasi umumnya terjadi di daerah yang lembab dan beriklim tropic, dengan tingkat penguapan (presipitasi) dan penurapan (recharge) air tanah yang tinggi. Namun demikian tingkat pelarutan kalsit dan dolomite dapat bertambah dengan pengaruh karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) kedalam air, yang menjadikan lebih bersifat asam mengikuti reaksi;

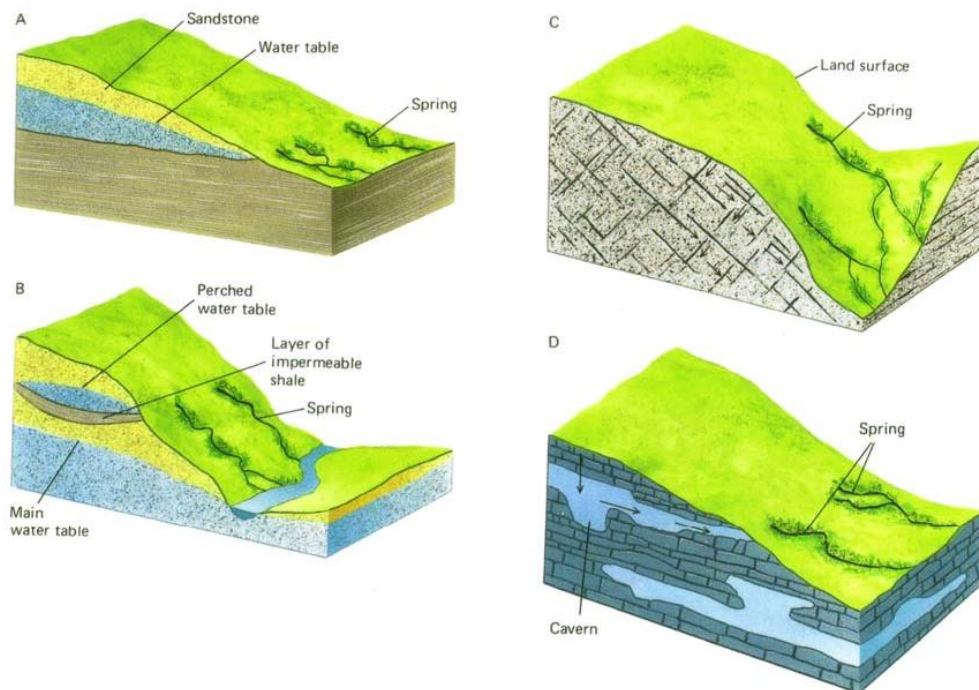


Karbon dioksida di dalam air tanah dapat berasal dari atmosfer, terutama dari gunung api dan ubahan dari fosil bahan bakar. Unsur itu juga dapat berasal dari sumber yang berasal dari kerak bumi seperti batuan plutonik dan reservoir hidrokarbon, yang melepas  $\text{CO}_2$  sebagai produk sampingan dari pematangan minyak dan gas bumi.

Proses Karstifikasi diawali dengan hadirnya rekahan, kekar dan bidang perlapisan pada batuan dasar, yang menjadikan jalan bagi batuan untuk lebih mudah meluluskan air (permeable), sehingga air tanah dapat bersirkulasi dan melarutkan menjadi jaringan rongga-rongga dan lorong (Gambar 7.1).

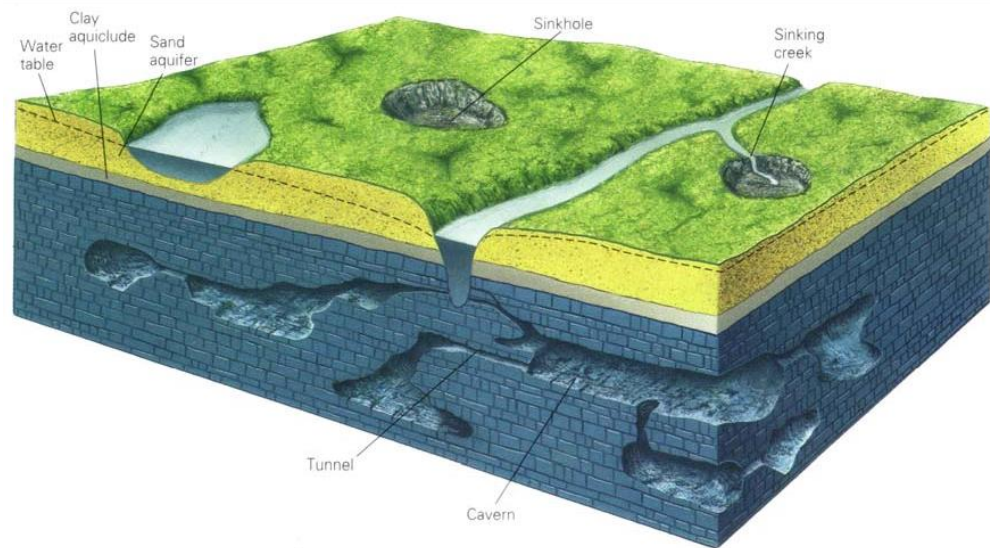
## 5.2. Bentuk Bentang Alam Karst

Daerah Karst dilimpahi oleh sungai yang mengalir dengan berbagai variasi jarak, baik di permukaan maupun di bawah permukaan. Daerah ini dicirikan pada peta topografi oleh pola aliran permukaan yang tidak teratur (terintegrasi), dan hadirnya bentuk depresi (**sinking creeks, blind valleys, sinks**) dan perbukitan (**risers, haystack hills**) (Gambar 5.2).



Gambar 5.1 Kejadian dan pergerakan air tanah. A, Air tanah pada akuifer batupasir yang didasari serpih, keluar melalui mata air dan mengalir di permukaan. B, Air tanah keluar langsung melalui aliran. C, Air tanah pada batuan rekah, keluar melalui arah rekahan pada batuan dasar. D, Air tanah pada batuan batuan dasar batugamping yang mudah larut, mengalir melalui aliran bawah permukaan, rongga dan terowongan, yang terbentuk pada lapisan yang mudah larut





Gambar 5.2 Bentuk bentang alam Karst

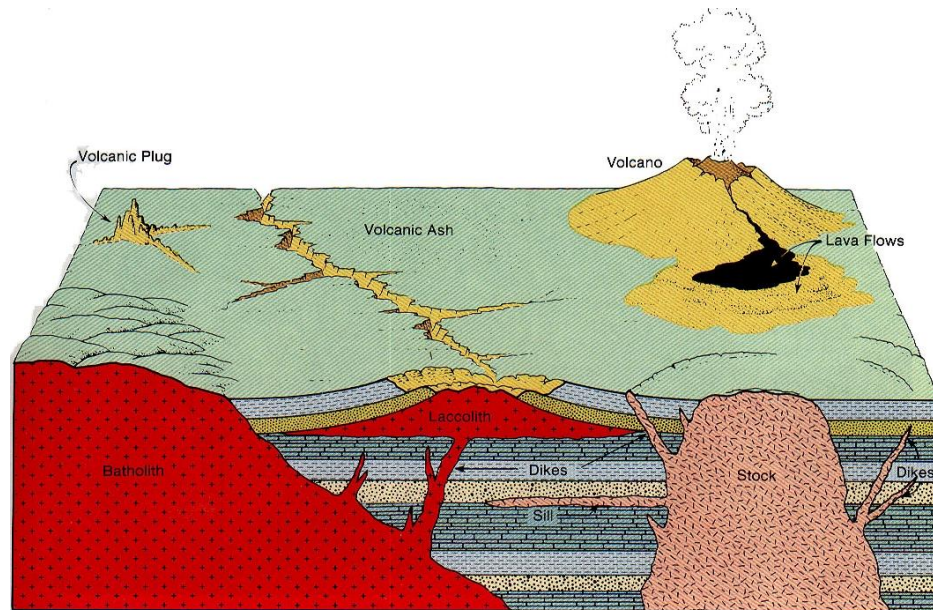
Pola aliran permukaan dari daerah karst terdiri dari beberapa amblesan (sinking creeks) yang muncul dan mengalir ke arah lembah dan berakhir ke dalam. Aliran sungai berlanjut mengalir ke bawah permukaan melalui terowongan dan rongga hingga mencapai aliran utama.

Sinks (atau sinkholes) merupakan depresi berbentuk sirkuler atau lonjong di permukaan karst. Bentuk ini dapat terbentuk dengan dua cara; runtuhnya atap dari rongga (collapse sinkholes) dan pelarutan melalui rekahan dan bidang perlapisan oleh air tanah ke arah bawah (dolines). Bila muka air tanah tinggi, aliran akan mengisi dalam bentuk „sinkhole ponds“. Haystack hills, disebut juga „pepinos“ adalah bentuk membulat hasil sisa erosi pada permukaan karst. Umumnya terdiri dari batuan yang tidak mudah larut dibandingkan batuan sekitarnya, sehingga lebih lambat untuk dilarutkan.

## 6. Intrusi Dan Gunung Api

### 6.1. Pendahuluan

Aktivitas magmatik akan menghasilkan batuan intrusif plutonik maupun batuan dari produk vulkanisme (Gambar 8.1). Beberapa bentuk batuan beku plutonik secara umum adalah batolit, stok, lakolit, sill dan dike. Batuan vulkanik mempunyai bentuk yang sangat karakteristik, disamping bentuk gunung apinya, juga ragam dari hasil erupsinya. Pada umumnya dari bentuknya terdapat dua bentuk gunung api yaitu bentuk perisai (shield) dan kerucut (cone) yang merupakan cerminan dari sifat magma atau lavanya yang encer dan pekat.

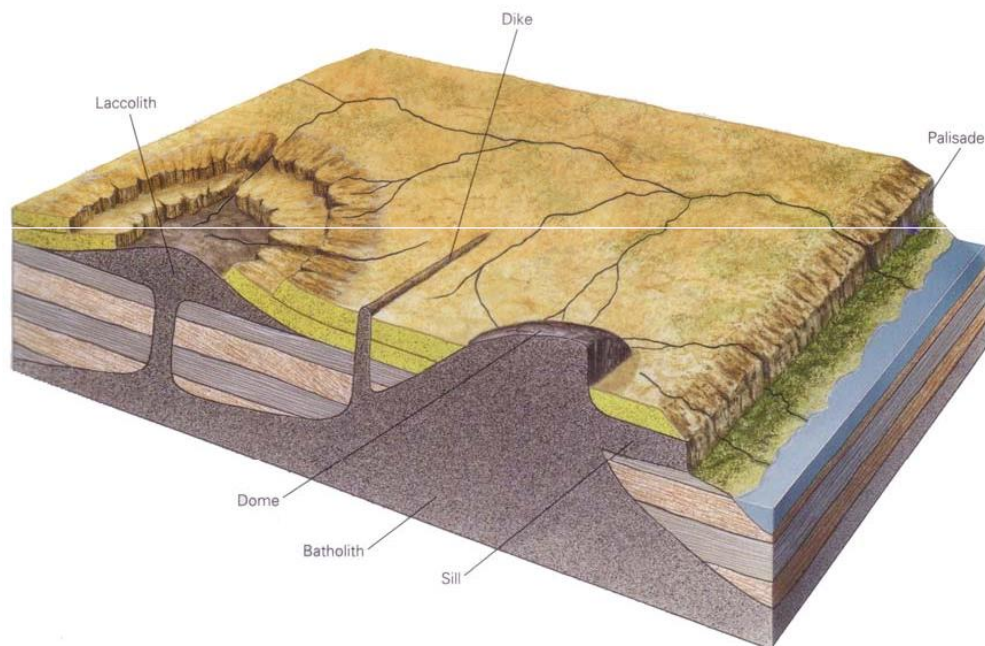


Gambar 6.1 Bagan berbagai kemungkinan bentuk dan kejadian batuan beku.

Gunung api di Indonesia umumnya berbentuk kerucut dengan variasi dari berbagai produk dan sifat erupsinya. Produk yang karakteristik diantaranya adalah sisa hasil erupsi yang besar (danau vulkanik), kaldera, endapan lahar yang luas. Disamping itu sebagian besar wilayah Indonesia merupakan bagian dari busur magmatik yang sudah ada sejak awal Tersier, sehingga berbagai kemungkinan bentuk batuan beku dan sisa dari kegiatan vulkanik akan tercermin sebagai morfologi vulkanik yang kompleks.

## 6.2. Topografi Batuan Intrusif Dan Vulkanik

Gambaran bentang alam yang dibentuk oleh batuan plutonik umumnya merupakan batuan yang resisten terhadap pelapukan dan erosi, yang menunjukkan bentuk topografi yang menonjol dan relief yang tinggi dengan lereng yang terjal. Singkapan **batolit** dan **stok** membentuk kubah yang terjal, punggung atau bentuk bukit yang sirkular atau elips, yang memotong tegas batuan sekitarnya. Singkapan dari dike berbentuk punggung tabular yang sempit, sedangkan **sill** atau **lakolit** berbentuk butte, mesa atau punggung yang sejajar lurus, yang konkordan terhadap batuan sekitarnya yang diterobos. Batuan sekitarnya cenderung membentuk topografi yang rendah dengan lereng yang lebih landai, karena pada umumnya batuan ini telah terdeformasi secara termal dan kurang resisten terhadap erosi (Gambar 6.2).



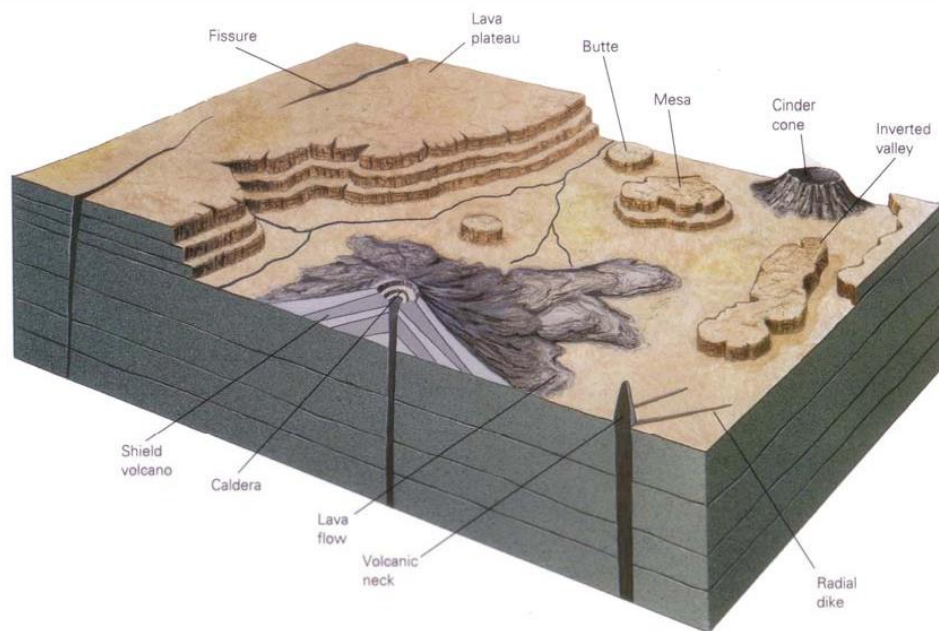
Gambar 8.2 Topografi dan Pola Aliran dari batuan plutonik

Batuan vulkanik mempunyai bentuk dan karakter yang beragam (Gambar 8.3). Hasil erupsi rekahan dari lava yang mempunyai viskositas rendah seperti **flood basalts** akan membentuk hamparan morfologi berelief rendah seperti **lava plateaus**. Pada umumnya hasil erupsi ini tidak terlalu resistan terhadap pelapukan dan erosi dan seringkali membentuk mesa dan butte. Serupa dengan ini bentuk gunung api aktif **shield** akan membentuk kubah dengan kemiringan rendah, yang merupakan merupakan bentukan dari perlapisan lava.

Bentuk **cinder cone** yang aktif umumnya berukuran kecil (ketinggian kurang dari 400 m), umumnya akan tererosi cukup cepat karena terdiri dari material piroklastik yang belum terpadatkan. Bentuk yang spesifik dari sisa hasil erosi ini adalah **volcanic neck** dan dike yang berpola radial yang terdiri dari batuan intrusif yang mengkristal di saluran erupsi (vent) dan cabang dari dike (feeder dike).

Gunung api **strato** yang aktif mempunyai bentuk menonjol dengan lereng yang landai di kaki gunung dan terjal di bagian puncaknya. Pada umumnya membentuk gunung yang besar dengan puncak yang terjal. Namun karena hasil erupsi yang cukup besar, seringkali meninggalkan bentuk torehan yang besar dari puncaknya pada sisi lerengnya.

Kepundan (**crater**) berbentuk sirkular disekeliling pusat saluran di puncak gunung api. Erupsi yang besar seringkali menyebabkan dinding dan lantai kepundan runtuh kedalam dan membentuk **Kaldera**.



Gambar 6.3 Topografi dan Pola Aliran dari batuan vulkanik

### 6.3. Pola Aliran Sungai

Pola aliran pada batuan plutonik akan tergantung pada strukturnya. Pola dendritik sangat umum bila tidak ada kontrol stuktur yang berpengaruh. Bila batuan mempunyai sruktur patahan atau kekar umumnya berpola rectangular, dan berpola radial bila berupa kubah granit yang masif.

Kerucut vulkanik dikarakteristikan oleh pola aliran yang radial yang merupakan aliran searah kemiringan kesemua arah. Pola aliran ini juga mungkin terbentuk oleh aliran yang mengalir kearah kepundan dan kalderanya.

## 7. Bentang Alam Glisial

### 7.1. Pemdahuluan

Gletser merupakan massa es yang mampu bertahan lama dan mapu bergerak karena pengaruh gravitasi. Gletser terbentuk karena salju yang mengalami kompaksi dan rekristalisasi. Gletser dapat berkembang di suatu tempat setelah melewati beberapa periode tahun dimana es terakumulasi dan tidak melebur atau hilang.

Ada dua tipe bentang alam glisial :

1. Alpine Glaciation → terbentuk pada daerah pegunungan.
2. Continental Glaciation → bila suatu wilayah yang luas tertutup gletser. Gletser terbentuk di daerah kutub yang tingkat peleburannya pada musim panas sangat kecil. Gletser terbentuk oleh akumulasi es dengan faktor-faktor pendukung sebagai berikut :
  - a. Tingginya tingkat presipitasi
  - b. Suhu lingkungan yang sangat rendah
  - c. Pada musim dingin es terakumulasi dalam jumlah besar
  - d. Pada musim panas tingkat peleburannya rendah

Benua Antartika menyimpan lebih dari 85 % cadangan es dunia, 10 % berada di Greenland dan 5 % sisanya tersebar di tempat lain di seluruh dunia. Dari fakta ini dapat disimpulkan



bahwa Antartika menyimpan cadangan air dunia dalam jumlah besar, sehingga bila es di Antartika meleleh maka muka air laut akan meningkat 60 meter (200 feet) yang dapat mengakibatkan banjir dan daratan tenggelam.

Tipe-tipe gletser :

1. Valley Glacier

Merupakan gletser pada suatu lembah dan dapat mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Pada valley glacier juga terdapat anak-anak sungai. Valley Glacier terdapat pada alpine glaciation.

2. Ice Sheet

Merupakan massa es yang tidak mengalir pada valley glacier tetapi menutup dataran yang luas biasanya > 50.000 kilometer persegi. Ice sheet terdapat pada continental glaciation yaitu pada Greenland dan Antartika

3. Ice cap

Merupakan ice sheet yang lebih kecil, terdapat pada daerah pegunungan seperti valley glacier contohnya di Laut Arktik, Canada, Rusia dan Siberia. Ice sheet dan ice cap mengalir ke bawah dan keluar dari pusat (titik tertinggi).

4. Ice berg

Ice shet yang bergerak kebawah karena pengaruh gravitasi dan akhirnya hilang / terbang dalam jumlah besar, bila mengenai tubuh air maka balok-balok es tersebut akan pecah dan mengapung bebas di permukaan air, hal ini disebut ice berg.

## 7.2. Proses Pembentukan Glatser

Snowfall terbentuk dari bubuk salju yang warnanya terang, dengan udara yang terjebak diantara keenam sisinya (snowflakes). Snowflake akan mengendap pada suatu tempat dan mengalami kompaksi karena berat jenisnya dan udara keluar. Sisi-sisi snowflakes yang jumlahnya enam akan hancur dan berkonsolidasi menjadi salju yang berbentuk granular (granular snow) lalu mengalami sementasi membentuk es gletser (glacier ice). Transisi dari bentuk salju menjadi gletser dinamakan firn.

## 7.3. Glacial Budget

1. Positive budget → bila dalam periode waktu tertentu, jumlah gletser > es yang meleleh/hilang.

2. Negative budget → bila terjadi penurunan volume gletser (menyusut).

Gletser dengan positive budget yang tertekan keluar dan ke bawah pada tepinya disebut advancing budget, sedangkan gletser dengan negative budget yang makin kecil volumenya dan tepinya meleleh disebut receding budget. Bila jumlah es yang bertambah sama dengan volume penyusutan es maka nilai advancing budget seimbang dengan receding budget, hal ini disebut balance budget.

Bagian atas glacier disebut zone of accumulation → tertutup oleh es abadi.

Bagian bawah glacier disebut zone of wastage → es hilang (mencair atau terevaporasi).

Batas antara kedua zona disebut firn limit yang pergerakannya tergantung apakah es terakumulasi atau terbang. Bila firn limit bergerak ke bawah dari tahun ke tahun, maka

disebut positive budget, bila firn limit bergerak ke atas, disebut negative budget. Bila firn limit berada di tempat yang tetap, dinamakan balanced budget.

Terminus merupakan tepi bawah gletser yang bergerak makin jauh ke bawah lembah ketika valley glacier mengalami positive budget. Bila mengalami negative budget (gletser menyusut) maka terminus bergerak ke bagian atas lembah.

Bila Ice sheet mengalami positive budget, maka terjadipenambahan volume dan terminus mengalami kemajuan dan bila meluas sampai ke laut maka volume atau jumlah ice berg di laut bebas meningkat. Penambahan dan pengurangan ice berg merupakan indikator perubahan musim. Meningkatnya jumlah dan volume ice berg menandakan suhu makin dingin dan presipitasi makin tinggi.

#### **7.4. Bentang Alam Karena Proses Erosi**

Bentang Alam Karena proses erosi yang berasosiasi dengan Alpine Glaciation.

Glacier valley → berbentuk U karena proses glasial → berbentuk V karena erosi sungai  
Lembah terbentuk karena sungai mengalami pelurusan oleh aliran air akibat hantaman massa es yang tidak fleksibel. Bentang alam akibat erosi yang terbentuk pada alpine glaciation antara lain :

- a. Truncated Spurs merupakan bagian bawah tepi lembah yang terpotong triangular faced karena erosi glasial. Makin tebal gletser makin besar erosi pada bagian bawah lantai lembah. Makin besar erosi maka mengakibatkan pendalaman lembah dan anak sungainya sedikit.
- b. Hanging valley, Ketika gletser tidak terlihat lagi, anak sungai yang tersisa menyisakan hanging valley yang tinggi diatas lembah utama. Meskipun proses glasial membentuk lembah menjadi lurus dan memperhalus dinding lembah, es menyebabkan permukaan batuan dibawahnya terpotong menjadi beberapa bagian, tergantung resistensinya terhadap erosi glasial.
- c. Rock basin lake, Air meresap pada celah batuan, membeku dan memecah batuan sehingga lapisan batuan kehilangan bagiannya, digantikan es dan ketika meleleh kembali terbentuk rock basin lake.
- d. Cirques, merupakan sisi bagian dalam yang dilingkari glacier valley, berisi gletser dari glacier valley yang tumpah ke bawah. Terbenruk karena proses glasial, pelapukan dan erosi dinding lembah.
- e. Bergschrund, merupakan batuan yang telah pecah, berguling-guling dan jatuh ke valley glacier lalu jatuh ke crevasse.
- f. Horn, merupakan puncak yang tajam karena cirques yang terpotong / ada bagian yang hilang karena erosi ke arah hulu pada beberapa sisinya.
- g. Aretes, merupakan sisi dinding lembah yang mengalami pemotongan dan pendalaman sehingga bagian tepinya menjadi tajam, karena proses frost wedging.
- h. Crevasses, merupakan celah yang lebar (terbuka). Bila celah tertutup (sempit) disebut closed crevasses.
- i. Bentang Alam Karena proses erosi yang berasosiasi dengan Continental Glaciation  
Batuan dibawah ice sheet tereosi seperti batuan di bawah valley glacier menghasilkan grooves dan striation.

#### **7.5. Bentang Alam Karena Proses Pengendapan Gletser**

- a. Till, merupakan batuan yang hancur dari dinding lembah yang terendapkan mengisi valley glacier, berasal dari ice sheet membawa fragmen batuan yang terkikis (fragmennya lancip) karena bertabrakan dan saling bergesek dengan batuan lain. Berukuran clay-boulder, unsorted.
- b. Erratic, merupakan es berukuran boulder yang tertransport oleh es yang berasal dari lapisan batuan yang jauh letaknya.
- c. Moraine, merupakan till yang terbawa jauh glacier dan tertinggal / mengendap setelah glacier menyusut. Material-material lepas yang jatuh dari lereng yang terjal sepanjang valley glacier terakumulasi pada sepanjang sisi es. Lateral Moraines → Moraines yang tertimbun sepanjang sisi gletser Medial Moraines → Gabungan anak-anak sungai yang dekat Lateral Moraines membawa gletser turun sepanjang sisi till, dari atas tampak seperti multilane highway (lintasan-lintasan pada daerah tinggi).

End Moraines → Tepi till yang tertimbun sepanjang sisi es, merupakan terminus yang tersisa yang tetap selama beberapa tahun, mudah dilihat. Valley glacier membentuk end moraines yang berbentuk seperti bulan sabit.

Bentuk-bentuk End Moraines :

- Terminal Moraines → End Moraines yang terbentuk karena terminus bergerak maju jauh dari es.
- Recessional Moraines → End Moraines yang terbentuk karena terminus tidak mengalami perubahan (tetap). Ground Moraines → Till yang tipis, seperti lapisan-lapisan karena batuan yang terseret oleh gletser lalu mengendap.



**SOAL**

1. Suatu sungai dapat mengalami peningkatan kapasitas dan kompetensi bila energi sungai tersebut meningkat. Suatu morfologi yang masih menjadi bagian dari fluvial yang ditandai dengan tanggul alam yang terpotong membentuk aliran baru disebut dengan...
    - a. Natural levee
    - b. Point bar
    - c. Crevasse splay
    - d. Meandering
    - e. Swamp
  2. Pada daerah pantai dengan longshore current yang dominan, akan menghasilkan morfologi endapan pasir pantai yang memanjang saat daratannya berakhir. Morfologi ini disebut dengan...
    - a. Natural bridge
    - b. Delta
    - c. Split
    - d. Tombolo
    - e. Sand bar
  3. Gunung api yang sudah mati dan tererosi akan meninggalkan suatu morfologi seperti intrusi batuan beku yang tinggi dengan sisi sisi yang vertikal disebut...
    - a. Volcanic neck
    - b. Fissure volcano
    - c. Aliran lava
    - d. Batholit
    - e. Hogback
  4. Morfologi seperti gambar disamping disebut dengan...
    - a. Seamount
    - b. Tombolo
    - c. Karstspit
    - d. Atoll
    - e. Fringing reef
- 
5. Daerah karst adalah daerah dengan litologi batu gamping yang mudah larut, pelarutan dari batu gamping biasanya membentuk suatu depresi dengan diameter ratusan meter hingga 1 kilometer yang disebut dengan..
    - a. Doline
    - b. Uvala
    - c. Polje
    - d. Lokva
    - e. Danau
  6. Ornamen gua pada daerah karst secara umum biasa disebut dengan speleotherms. Salah satu ornament gua yang ditandai dengan stalaktit yang bercabang horisontal disebut dengan..
    - a. Stalaktit
    - b. Helektit
    - c. Pillar

- d. Stalakmit
  - e. Smektit
7. Di daerah gurun memungkinkan terjadinya erosi oleh angin yang dapat mengikis tubuh batuan yang bagian bawahnya kurang resisten dan membentuk kenampakan seperti jamur disebut dengan..
- a. Polished
  - b. Lag gravel
  - c. Desert pavement
  - d. Yardang
  - e. Dune
8. Suatu padang pasir dengan pasokan pasir konstan dan cukup, kecepatan angin dan arah yang konstan serta tak terganggu oleh adanya vegetasi akan menghasilkan kenampakan berupa...
- a. Parabolic dune
  - b. Transversal dune
  - c. Barchan dune
  - d. Star dune
  - e. Seif
9. Gambar disamping merupakan hasil dari erosi pada bentang alam aeolian yang disebut...
- a. Desert pavement
  - b. Polish
  - c. Lag gravel
  - d. Mushroom rock
  - e. Dune
- 
10. Puncak-puncak bergerigi pada bentang alam es disebut dengan...
- a. Drumlins
  - b. Kettles
  - c. Aretes
  - d. Cirques
  - e. Gletser valley
11. Teori lempeng tektonik menegaskan bahwa kulit bumi tidak utuh, tetapi terpecah-pecah menjadi lempeng tektonik. Salah satu bukti kebenaran dari teori lempeng tektonik adalah fenomena...
- a. Pasang surut air laut
  - b. Fenomena lumpur panas lapindo
  - c. Erosi oleh angin pada bukit gundul
  - d. Tsunami
  - e. Tornado
12. Teori apungan dan pergeseran benua menjelaskan tentang pembentukan muka bumi yang telah berlangsung jutaan tahun yang lalu. Teori tersebut dikemukakan oleh...
- a. G.P. Kuiper
  - b. E.D. Suess
  - c. Van Weizsaecker
  - d. Alfred Wegener
  - e. Preston E. James

13. Gerakan saling bertumbukan antar lempeng tektonik. Tumbukan antar lempeng tektonik dapat berupa tumbukan antara lempeng benua dengan benua atau antara lempeng benua dengan lempeng dasar samudera dinamakan...
  - a. Konvergensi
  - b. Divergensi
  - c. Transform
  - d. sesar mendatar
  - e. tenaga endogen
14. interaksi antar lempeng yang terjadi pada zona MOR (Mid Oceanic Ridge) adalah...
  - a. subduction
  - b. collision
  - c. divergen
  - d. transform
  - e. obduction
15. suatu bidang yang membatasi inti bagian luar dengan inti bagian dalam adalah...
  - a. mohorovicich discontinuity
  - b. lehman discontinuity
  - c. conrad discontinuity
  - d. gutenbergs discontinuity
  - e. semua salah
16. terbentuknya kepulauan hawaii dan iceland merupakan fenomena unik yang disebabkan oleh pergerakan lempeng akibat adanya...
  - a. MOR
  - b. Hotspot
  - c. Divergen zone
  - d. Subduction
  - e. Obduction
17. Berikut ini tergolong ke dalam lempeng-lempeng besar yang ada di bumi, kecuali...
  - a. Pasifik
  - b. Eurasia
  - c. Scotia
  - d. Indo-australia
  - e. Afrika
18. Lempeng yang terbentuk hasil dari proses divergensi adalah..
  - a. Amerika utara
  - b. Amerika selatan
  - c. Antartika
  - d. Eurasia
  - e. Juan de fuca
19. Suatu teori meyakini bahwa berpisah dan menyatunya lempeng terjadi secara berulang, siklus tersebut dinamakan dengan...

- a. Siklus milankovitch
  - b. Siklus wilson
  - c. Siklus weigener
  - d. Siklus kontinental
  - e. Pole cyclic
20. Berikut ini merupakan bukti yang dapat menjadi penciri suatu zona subduksi adalah...
- a. Adanya celah di lautan yang memanjang
  - b. Terdapat magmatic arc
  - c. Banyak batuan dengan komposisi basaltis
  - d. Banyak ditemukan terumbu karang
  - e. Termasuk daerah passive margin
21. Sungai dapat diklasifikasikan menurut arah alirannya terhadap kemiringan lereng. Sungai yang memiliki arah aliran relative tegak lurus dengan arah kemiringan lereng disebut dengan...
- a. Konsekuen
  - b. Resekuen
  - c. Subsekuen
  - d. Insekuen
  - e. Anteseden
22. Proses geomorfik merupakan serangkaian proses yang berulang yang termasuk dalam proses eksogen, dimana bentangalam yang kita lihat pada saat ini merupakan hasil pembentukan atau erosi sejak zaman tersier. Proses yang mengakhiri satu proses geomorfik adalah...
- a. Erosi
  - b. Deposisi
  - c. Translasi
  - d. Penepelisan
  - e. Semua jawaban salah
23. Hasil pengendapan sedimen yang merupakan konsekuensi dari erosi oleh pencairan es pada bentang alam es dan gletser disebut dengan...
- a. Moraines
  - b. Cirques
  - c. Tills
  - d. Monadnock
  - e. Horn
24. Pelapukan adalah salah satu proses degradasi utama pada pembentukan geomorfologi yang tingkatannya berpengaruh pada...
- a. Iklim
  - b. Jenis batuan
  - c. Keberadaan struktur primer
  - d. a dan b benar
  - e. a,b, dan c benar
25. suatu sungai dibentuk berdasarkan tingkat erosinya. Sungai dapat terbentuk semakin memanjang apabila ...
- a. terdapat alur sungai baru yang terbentuk

- b. hadirnya unsur struktur pada daerah yang dilewati sungai
  - c. terjadi headward erosion (erosi ke arah hulu)
  - d. terdapat pengangkatan pada daerah disekitar sungai
  - e. semua jawaban benar
26. terdapat kaitan yang sistematis dalam proses geomorfologi yang termasuk didalamnya meliputi...
- a. ruang dan waktu
  - b. waktu dan sejarah
  - c. endogen dan eksogen
  - d. dimensi dan perkembangan
  - e. klasifikasi dan dimensi
27. daerah pada morfologi sungai dimana dapat terjadi akumulasi material organik yang cukup dominan berada pada...
- a. channel bar
  - b. meander
  - c. natural levee
  - d. yazoo stream
  - e. floodplain
28. proses geomorfik dapat terjadi mulai dari puncak-puncak gunung hingga di kedalaman laut. proses perpindahan massa secara gravity yang memungkinkan berperan pada pembentukan morfologi bawah laut berupa kipas laut dalam adalah
- a. endapan traksi
  - b. debris flow
  - c. turbidity current
  - d. rockfall
  - e. semua jawaban salah
29. gambar disamping merupakan morfologi yang berasosiasi dengan struktur geologi berupa...
- a. lipatan rebah
  - b. sesar normal
  - c. kekar gerus
  - d. sesar mendatar
  - e. lipatan chevron
30. daerah pesisir pantai yang dibatasi oleh garis pasang paling tertinggi saat purnama, dimana daerah tersebut dicirikan dengan daerah yang relative kasar dan tidak selalu basah oleh genangan laut disebut dengan...
- a. beach
  - b. shore
  - c. coast
  - d. wavecut cliff
  - e. cat eye pond



## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia





## PALEONTOLOGI

### A. Pengertian Paleontologi

**Paleontologi** berasal dari kata **paleo** yang artinya masa lampau, **onto** yang artinya kehidupan dan **logos** yang artinya adalah ilmu. Jadi secara umum paleontologi berarti ilmu yang mempelajari tentang masa lampau.

Paleontologi adalah ilmu yang luk hidup purba yang biasanya adalah dengan mempelajari fosil-fosilnya. Paleontologi adalah mempelajari fosil makhluk untuk mempelajari jejak kehidupan dan segala sesuatu tentang zaman purba. *Secara sempit*, Paleontologi dapat diartikan ilmu mengenai fosil sebab jejak kehidupan zaman purba terekam dalam fosil.

Fosil adalah sisa kehidupan purba yang terawetkan secara alamiah dan terekam pada bahan-bahan dari kerak bumi. Sisa kehidupan tersebut dapat berupa cangkang binatang, jejak atau cetakan yang mengalami pembentukan atau penggantian oleh mineral. Catatan fosil (fossil record) adalah susunan teratur di mana fosil mengendap dalam lapisan/strata, pada batuan sedimen yang menandai berlalunya waktu geologis. Semakin atas letak strata tempat fosil ditemukan, semakin muda usia fosil tersebut.

Ada bermacam-macam fosil bila ditinjau dari kejadiannya, antara lain :

1. Bagian keras yang terawetkan dan menjadi fosil seperti keadaannya semula. Misalnya: tulang, gigi, cangkang
2. Suatu rongga yang terbentuk karena bagian keras yang semula ada, terlarut oleh air dan akibatnya terbentuk rongga yang bentuknya seperti semula.
3. Hasil pembatuan
4. Awetan yang terdapat dalam lapisan seperti batu amber
5. Jejak, lubang, tempat tinggal, kotoran

Menurut Shrock & Twenhofel (1952), Paleontologi adalah ilmu yang mempelajari tentang kehidupan masa lampau dalam skala umur geologi.

### B. Konsep-Konsep Dasar Paleontologi

- Taksonomi
- Konsep Spesies
- Filogeni
- Metode Identifikasi

#### 1. Taksonomi

adalah pengelompokan organisme berdasarkan kesamaan ciri fisik tertentu. Dalam penyebutan organisme sering dipergunakan istilah taksa apabila tingkatan taksonominya belum diketahui. Unit terkecil dalam taksonomi adalah spesies, sedangkan unit tertinggi adalah kingdom. Diantara unit-unit baku dapat ditambahkan super jika terletak di atas unit baku, contoh: super kingdom, merupakan unit yang lebih tinggi dari kingdom. Jika ditambahkan sub terletak di bawah unit baku, contoh: sub filum, terdapat di bawah unit filum.

##### 1.1. Spesifikasi Nama

1. Deskriptif, Pemberian nama di dasarkan pada ciri fisik, dapat berupa:

- Bentuk tubuh: Turritella angulata, memperlihatkan bentuk tubuh turreted (meninggi) dan menyudut pada kamarnya.
  - Struktur: Tubipora musica, memperlihatkan struktur tubuh berpipa (tube) dan terangkai seperti alat musik (musica).
2. Geografis: Pemberian nama yang didasarkan pada lokasi dimana fosil tersebut pertama kali ditemukan. Contoh: Fussulina sumatrensis, Fussulina yang ditemukan di Sumatera.
  3. Personal: Mencantumkan nama penemunya.  
Contoh: Discoatermartinii, Martini adalah penemu fosil tersebut

### 1.2. Filogeni

Filogeni adalah ilmu yang mempelajari hubungan kekerabatan suatu organisme dengan organisme lainnya. Hubungan tersebut ditentukan berdasarkan morfologi hingga DNA. Filogeni sangat diperlukan dalam mempelajari proses evolusi dan penyusunan taksonomi. Evolusi sendiri dapat diartikan sebagai perubahan yang berlangsung-angsur dari suatu organisme menuju kepada kesesuaian dengan waktu dan tempat. Jadi evolusi sendiri merupakan proses adaptasi dari suatu organisme terhadap lingkungannya.

Metode Penyusunan Filogeni :

1. Fenetik, Metode penyusunan filogeni dengan pendekatan analisa numerik. Pendekatan tersebut meliputi penghitungan Indeks ketidaksamaan, Indeks keanekaragaman, Analisa pola dan berbagai indeks yang lain. Dalam pendekatan fenetik semua subyek dan faktor yang dianalisisnya kedudukan yang sama.
2. Kladistik, Metode ini muncul atas dasar pemikiran bahwa proses alamiah akan selalu mengambil jalan yang paling singkat. Dalam kladistik setiap ciri fisik mempunyai tingkatan yang berbeda

### 1.3. Metode Identifikasi

1. Morfologi. Pendekatan morfologi berupa deskriptif kualitatif. Meliputi bentuk tubuh, struktur yang biasanya berkembang, dan sebagainya.
2. Biometri, Pendekatan secara kuantitatif, yaitu berdasarkan ukuran tubuh dari suatu organisme

### C. Ruang Lingkup Paleontologi

Secara umum paleontologi dapat digolongkan menjadi dua yaitu Paleobotani ( tumbuhan ) dan Paleozoologi ( hewan ). Jadi ruang lingkup paleontologi ( terbagi dalam paleobotani dan paleozoologi ) antara lain:

#### 1. Paleobotani

Paleobotani adalah ilmu yang mempelajari fosil tumbuhan. Kajian Paleobotani meliputi aspek fosil tumbuhan, rekonstruksi taksa, dan sejarah evolusi dunia tumbuhan.

Tujuan mempelajari Paleobotani adalah:

- a. Untuk rekonstruksi sejarah dunia tumbuhan. Hal ini dapat dilakukan karena fosil tumbuhan dari suatu kolom geologis tertentu berbeda dengan yang terdapat

pada kolom geologis lainnya. Dengan demikian dapat diketahui jenis tumbuhan yang ada dari waktu ke waktu, atau dengan kata lain dapat diketahui sejarahnya, khususnya mengenai kapan kelompok tumbuhan tersebut mulai muncul di muka bumi, kapan perkembangan maksimalnya, dan kapan kelompok tumbuhan tersebut punah.

- b. Untuk keperluan analisa pola dan suksesi vegetasi dari waktu ke waktu.
- c. Untuk analisa endapan dari masa karbon (khususnya yang mengandung sisa tumbuhan), yang berpotensi dalam prediksi sifat-sifat batubara. Dengan demikian dapat diketahui macam batubara serta dari tumbuhan apa batubara tersebut berasal.
- d. Untuk dapat melakukan deduksi mengenai aspek-aspek perubahan iklim. Dengan cara ini maka dimungkinkan untuk merekonstruksi lingkungan masa lampau beserta perubahan-perubahan yang terjadi, dan juga untuk mempelajari hubungan antara tumbuhan dengan hewan yang menghuni lingkungan tersebut. Salah satu perubahan iklim yang seringkali dapat diungkap dengan pendekatan ini adalah perubahan temperatur rata-rata.

## **2. Paleozoology (hewan vertebrata dan invertebrata)**

Tujuan dari mempelajari paleozoology adalah :

- a. Rekonstruksi sejarah kehidupan pada masa lampau baik di bidang hewan dan perkembangan manusia. Proses rekonstruksi kehidupan dilakukan melalui rekonstruksi fosil karena fosil ditemukan dalam lapisan/strata geologis yang berlainan sehingga dapat diketahui perkiraan waktu munculnya dan kehidupan makhluk yang telah memfosil tersebut.
- b. Analisa pola dan suksesi suatu vegetasi dari waktu ke waktu. Kehidupan pada masa purba di mana kondisi bumi masih belum stabil sangat memungkinkan terjadinya perubahan kondisi lingkungan yang ekstrim sehingga mempengaruhi kehidupan spesies dan vegetasi tanaman
- c. Analisa mengenai aspek – aspek perubahan iklim yang terjadi. Cara ini bermanfaat untuk merekonstruksi dampak perubahan iklim pada lingkungan, mempelajari bagaimana hubungan antara hewan dan tumbuhan yang hidup pada lingkungan tersebut
- d. Analisa kehidupan biokultural manusia sejak manusia muncul di bumi, proses evolusinya melalui masa dan wilayah distribusinya seluas dan selama mungkin.
- e. Analisa proses adaptif yang dilakukan makhluk hidup terhadap perubahan kondisi lingkungan, makhluk yang mampu beradaptasi akan terus bertahan walaupun periode waktu geologis terus berjalan sedangkan yang tidak mampu beradaptasi akan punah. Proses adaptasi membuka zona adaptif yang baru yaitu suatu kumpulan kondisi hidup dan sumber daya baru yang memberikan banyak kesempatan yang sebelumnya tidak dimanfaatkan.

### **D. Ilmu yang Berkaitan dengan Paleontologi**

Sebagai satu cabang ilmu yang memiliki ruang lingkup kajian yang sangat luas, paleontologi tidak dapat berdiri sendiri dan memiliki kaitan yang sangat erat dengan cabang keilmuan yang lain antara lain adalah :

1. **Zoologi** dengan berbagai cabang keilmuannya seperti mammalogi dan primatologi membantu dalam menganalisis fosil hewan yang ditemukan, sangat berkaitan dengan paleozoologi.
2. **Morfologi** dibutuhkan sejak proses preparasi / perbaikan fosil yang ditemukan dan rekonstruksi fosil sampai ke tingkat individu.
3. **Fisiologi dan Biokimia**, ilmu ini penting untuk analisa nutrisi yang dimanfaatkan oleh manusia dan makhluk hidup zaman purba ( paleonutrisi ), proses dan siklus reproduksi, jarak imunologis serta identifikasi biokimiawi.
4. **Arkeologi** merupakan ilmu yang mempelajari kebudayaan ( manusia ) pada masa lampau melalui kajian sistematis atas data bendawi yang ditemukan. Peninggalan arkeologis ini sering disebut artefak yaitu alat yang dipakai manusia untuk mengeksploitasi lingkungan. Ilmu ini sangat berkaitan dengan paleontologi karena bermanfaat untuk mempelajari kebudayaan dan mengenali alat yang dipakai oleh manusia purba.
5. **Geologi**, ilmu yang mempelajari segala sesuatu tentang lapisan pembentuk bumi, proses pembentukannya yang menjadi acuan penentuan umur relatif suatu fosil atau artefak peninggalan manusia purba. Penentuan umur relatif berdasar skala waktu geologis dengan urutan sejarah yang konsisten dan terdiri dari empat zaman yaitu Prakambrium, Paleozoikum, Mesozoikum dan Senozoikum.
6. **Radiologi**, ilmu ini berguna dalam metode penentuan umur radiometrik yang dipakai untuk menentukan umur batuan dan fosil dalam skala waktu absolut / sebenarnya. Metode ini berdasarkan kandungan isotop suatu unsur dalam fosil yang terkumpul saat organisme masih hidup.

**Berikut beberapa pengembangan dari ilmu Paleontologi:**

- **Paleoantropologi** ( ilmu manusia purba ), Ilmu yang menyelidiki evolusi manusia sejak awal sejarah kemunculannya hingga zaman manusia logam serta variasi biologisnya dalam masa dan tempat. Hal yang dipelajari dalam paleoantropologis antara lain sisa bagian tubuh manusia.
- **Paleopatologi**, adalah ilmu yang menganalisa penyakit yang diderita manusia purba sehingga menyebabkan kematiannya. Bukti – bukti terlihat pada tulang belulang dan gigi – geligi
- **Paleofloristik**, ilmu yang mempelajari kumpulan fosil tumbuhan dalam dimensi ruang dan waktu, hal ini menggambarkan distribusi populasi tumbuhan dan migrasinya sebagai respon perubahan lingkungan di masa lampau.

#### **E. Aplikasi paleontologi**

##### **1. Menentukan Umur Relatif Batuan**

Kemunculan fosil dari zaman ke zaman selalu berbeda, sehingga fosil dapat digunakan untuk menentukan umur relatif suatu batuan sedimen. Fosil Indeks: fosil yang kemunculannya sangat spesifik mewakili suatu zaman, contoh: Ammonit pada Trias. Syarat-syarat fosil indeks: Memiliki penyebaran lateral yang luas, kisaran umurnya pendek dan mudah dikenali.

## **2. Melakukan Korelasi**

Korelasi: menghubungkan dua atau lebih satuan batuan berdasarkan kesamaan umur. Biostratigrafi adalah menyusun suatu satuan batuan berdasarkan kesamaan kandungan fosilnya. Dalam perkembangannya satuan biostratigrafi sering identik dengan umur dari batuan itu sendiri.

## **3. Menentukan Lingkungan Pengendapan**

Organisme dalam hidupnya dibatasi oleh suatu lingkungan, dimana organisme tersebut dapat beradaptasi. Dengan demikian fosil dapat dipergunakan untuk menentukan lingkungan pengendapan. Syarat: fosil terendapkan pada lingkungan dimana dia hidup (bioconose), lingkungan hidupnya sempit dan mudah dikenali. Lingkungan Pengendapan: Darat, meliputi gurun, sungai, danau, dan sebagainya. Sedangkan laut, meliputi: pantai, rawa, laut dangkal (neritik) dsb.

## **4. Mengetahui Paleoklimatologi**

Selain lingkungan hidup, organisme juga dipengaruhi oleh iklim sebagai salah satu unsur lingkungan. Contoh: Koral biasanya hidup pada iklim tropis – sub tropis.

## **F. Skala Waktu Geologi**

Waktu geologi adalah skala waktu yang meliputi seluruh sejarah geologi bumi dari mulai terbantuknya hingga saat ini. Sebelum perkembangan dari skala waktu geologi pada abad ke-19, para ahli sejarah mengetahui bahwa bumi memiliki sejarah yang panjang, namun skala waktu yang digunakan sekarang dikembangkan sejak 200 tahun terakhir dan terus-menerus diperbaiki. Skala waktu geologi membantu para ilmuwan memahami sejarah bumi dalam bagian-bagian waktu yang teratur.

Sebelum adanya pentarikan radiometri, yang mengukur kandungan unsur radioaktif dalam suatu objek untuk menentukan umurnya, para ilmuwan memperkirakan umur bumi berkisar dari 4,000 tahun hingga ratusan juta tahun. Saat ini, diketahui bahwa umur bumi adalah sekitar 4.6 milyar tahun.

**Skala Waktu Geologi**  
(International Commission on Stratigraphy, 2009)

| Eon         | Era              | Period        | Dates (m.y.) |
|-------------|------------------|---------------|--------------|
| Phanerozoic | Cenozoic         | Quaternary    | 3-0          |
|             |                  | Neogene       | 23-3         |
|             |                  | Paleogene     | 66-23        |
|             | Mesozoic         | Cretaceous    | 146-66       |
|             |                  | Jurassic      | 200-145      |
|             |                  | Triassic      | 251-200      |
|             | Paleozoic        | Permian       | 299-251      |
|             |                  | Carboniferous | 359-299      |
|             |                  | Devonian      | 416-359      |
|             |                  | Silurian      | 444-416      |
|             |                  | Ordovician    | 488-444      |
| Proterozoic | Neoproterozoic   | Cambrian      | 542-488      |
|             |                  | Ediacaran     | 635-542      |
|             |                  | Cryogenian    | 850-635      |
|             | Mesoproterozoic  | Tonian        | 1000-850     |
|             |                  | Stenian       | 1200-1000    |
|             |                  | Ectasian      | 1400-1200    |
|             | Paleoproterozoic | Calymmian     | 1600-1400    |
|             |                  | Statherian    | 1800-1600    |
|             |                  | Orosirian     | 2050-1800    |
|             |                  | Rhyacian      | 2300-2050    |
| Archean     | Paleoproterozoic | Siderian      | 2500-2300    |
|             |                  | Neoarchean    | 2800-2500    |
|             |                  | Mesoarchean   | 3200-2800    |
|             |                  | Paleoarchean  | 3600-3200    |
| Archean     | Eoarchean        | Eoarchean     | 4000-3600    |

| EON         | ERA       | PERIOD        | EPOCH       | MYA       |                                                      |
|-------------|-----------|---------------|-------------|-----------|------------------------------------------------------|
| PHANEROZOIC | CENOZOIC  | QUATERNARY    | RECENT      | 0.01      | ← ICE AGE ENDS                                       |
|             |           |               | PLEISTOCENE | 1.6       | ← ICE AGE BEGINS<br>EARLIEST HUMANS                  |
|             |           | TERTIARY      | NEOGENE     | PLIOCENE  | 5.3                                                  |
|             |           |               |             | MIOCENE   | 23.7                                                 |
|             |           |               | PALEOGENE   | OLIGOCENE | 36.6                                                 |
|             |           |               |             | EOCENE    | 57.8                                                 |
|             |           |               | PALEOCENE   | 66        | ← DINOSAUR<br>EXTINCTION<br>ROCKY MTS.<br>FORMED     |
|             | MESOZOIC  | CRETACEOUS    | 144         | ←         |                                                      |
|             |           | JURASSIC      | 208         | ←         |                                                      |
|             |           | TRIASSIC      | 245         | ←         | FIRST MAMMALS<br>PANGAEA BREAK UP<br>FIRST DINOSAURS |
|             | PALEOZOIC | PERMIAN       | 286         | ←         |                                                      |
|             |           | PENNSYLVANIAN | 320         | ←         | FIRST REPTILES                                       |
|             |           | MISSISSIPPIAN | 360         | ←         | FIRST AMPHIBIANS                                     |
|             |           | DEVONIAN      | 408         | ←         |                                                      |
|             |           | SILURIAN      | 438         | ←         | FIRST LAND PLANTS                                    |
|             |           | ORDOVICIAN    | 505         | ←         | FIRST FISH                                           |
|             |           | CAMBRIAN      | 570         | ←         |                                                      |
| PRECAMBRIAN |           | PROTEZOIC EON |             | 2500      | ← EARLIEST SHELLED<br>ANIMALS                        |
|             |           | ARCHEAN EON   |             | 3800      | ← EARLIEST FOSSIL<br>RECORDED OF<br>LIFE             |
|             |           |               |             | 4600      |                                                      |

Skala waktu geologi saat ini dibuat berdasarkan pada pentarikan radiometri dan rekaman kehidupan purba yang terawetkan di dalam lapisan batuan. Sebagian besar batas pada skala waktu geologi sekarang berhubungan dengan periode kepunahan dan kemunculan spesies baru.

### 1. Pembagian Waktu

Skala waktu geologi yang ditetapkan oleh International Union of Geological Sciences (IUGS) pada tahun 2004 membagi sejarah bumi ke dalam beberapa interval waktu yang berbeda-beda panjangnya dan terukur dalam satuan tahun kalender. Interval terpanjang adalah Kurun. Setiap Kurun terbagi menjadi beberapa Masa. Setiap Masa terdiri dari beberapa Zaman, dan Zaman terbagi menjadi beberapa Kala.



Ada tiga Kurun: Arkaikum, Proterozoikum dan Fanerozoikum. Kurun Arkaikum adalah kurun pertama, dimulai sekitar 3.8 milyar hingga 2.5 milyar tahun yang lalu. Kurun sebelum Arkaikum, dikenal sebagai Pra-Arkaikum, ditandai oleh pembentukan planet bumi. Kurun Proterozoikum dimulai sekitar 2.5 milyar tahun yang lalu hingga 542 juta tahun yang lalu. Kurun Arkaikum dan Proterozoikum juga disebut Pra-Kambrium. Kemunculan besar-besaran dari hewan invertebrata menandai akhir dari Proterozoikum dan dimulainya Kurun Fanerozoikum.

Kurun Fanerozoikum dimulai sekitar 542 juta tahun yang lalu dan berlanjut hingga sekarang. Terbagi menjadi tiga Masa: Paleozoikum (542 – 251 juta tahun yang lalu), Mesozoikum (251 – 65 juta tahun yang lalu) dan Kenozoikum (65 juta tahun yang lalu hingga sekarang).

Masa Paleozoikum terbagi menjadi enam Zaman. Dari yang tertua hingga termuda adalah Kambrium (542 – 488 juta tahun yang lalu), Ordovisium (488 – 444 juta tahun yang lalu), Silurium (444 – 416 juta tahun yang lalu), Devonium (416 – 359 juta tahun yang lalu), Karbon (359 – 299 juta tahun yang lalu), dan Permium (299 – 251 juta tahun yang lalu). Masa Paleozoikum diawali dengan kemunculan banyak bentuk kehidupan yang berbeda-beda, yang terawetkan sebagai kumpulan fosil dalam sikuen batuan di seluruh dunia. Masa ini berakhir dengan kepunahan massal lebih dari 90 persen organisme pada akhir Zaman Permium. Penyebab kepunahan pada akhir Permium ini belum diketahui pasti hingga saat ini.



Jurassic Ammonite

Masa Mesozoikum terbagi menjadi Zaman Trias (251 – 200 juta tahun yang lalu), Zaman Jura (200 – 145 juta tahun yang lalu), dan Zaman Kapur (145 – 65 juta tahun yang lalu). Masa Mesozoikum dimulai dengan kemunculan banyak jenis hewan baru, termasuk dinosaurus dan ammonite, atau cumi-cumi purba. Masa Mesozoikum berakhir dengan kepunahan massal yang memusnahkan sekitar 80 persen organisme saat itu. Kepunahan ini kemungkinan disebabkan oleh tabrakan asteroid ke bumi yang sekarang kawah bekas tabrakan ditemukan di sebelah utara Semenanjung Yucatan, Meksiko.

Masa Kenozoikum terbagi menjadi dua Zaman, Paleogen (65 – 23 juta tahun yang lalu) dan Neogen (mulai dari 23 juta tahun yang lalu hingga sekarang). Zaman Paleogen terdiri dari tiga Kala: Kala Paleosen (65 – 56 juta tahun yang lalu), Kala Eosen (56 – 34 juta tahun yang lalu) dan Oligosen (34 – 23 juta tahun yang lalu). Zaman Neogen terbagi menjadi empat Kala: Kala Miosen (23 – 5.3 juta tahun yang lalu), Pliosen (5.3 – 1.8 juta tahun yang lalu), Pleistosen (1.8 juta – 11,500 tahun yang lalu) dan Holosen (dimulai dari 11,500 tahun yang lalu hingga sekarang). Kala Holosen ditandai oleh penyusutan yang cepat dari benua es di Eropa dan Amerika Utara, kenaikan yang cepat dari muka air laut, perubahan iklim, dan ekspansi kehidupan manusia ke segala penjuru dunia.

## 2. Metode Penarikan Umur

Ahli geologi dapat menentukan umur lapisan batuan dalam bentuk umur absolut atau umur relatif. Dalam penentuan umur relatif lapisan batuan, ilmuwan menggunakan tiga prinsip sederhana. Prinsip pertama adalah **Hukum Superposisi**, yang menyatakan bahwa pada

perlapisan batuan yang tidak terganggu, lapisan batuan yang lebih muda akan berada di atas lapisan batuan yang lebih tua. Prinsip kedua adalah **Hukum Hubungan Potong-memotong**, yang menyatakan bahwa setiap kenampakan batuan atau struktur yang memotong dan mengganggu lapisan batuan selalu lebih muda daripada lapisan batuan yang dipotong tersebut.

Prinsip ketiga, yaitu **suksesi fosil**, berhubungan dengan fosil yang terekam di dalam batuan sedimen. Pemetaan mendalam di seluruh dunia menunjukkan bahwa batuan yang terbentuk pada interval waktu tertentu mengandung kombinasi fosil yang tertentu pula. Batuan Paleozoikum mengandung fosil trilobita dan graptolit, batuan Mesozoikum mengandung fosil sisa-sisa dinosaurus dan ammonite, batuan Kenozoikum mengandung fosil sisa-sisa tumbuhan bunga dan banyak fosil mamalia. Dengan menggunakan petunjuk kandungan fosil di dalam sikuen batuan, meskipun berbeda letak geografis, ahli paleontologi dapat menyimpulkan bahwa sikuen batuan yang mengandung jenis fosil yang sama kemungkinan juga memiliki umur yang sama. Ketiga metode ini digunakan untuk penentuan umur relatif pada batuan, namun tidak menunjukkan umur absolut batuan tersebut.



Fossilized Trilobites

Ahli geologi juga memiliki beberapa metode untuk menentukan umur sebenarnya dari suatu lapisan batuan. Yang paling penting adalah metode pentarikan radiometri, yang menggunakan sifat peluruhan unsur radioaktif dalam batuan untuk menentukan umurnya. Unsur radioaktif meluruh untuk membentuk isotop unsur (atom unsur yang memiliki massa yang berbeda namun memiliki sifat-sifat

kimiawi yang sama). Waktu-paruh unsur adalah waktu yang diperlukan untuk meluruhkan separuh dari atom unsur tersebut. Unsur yang berbeda memiliki waktu-paruh yang berbeda pula.

Dua macam peluruhan radioaktif yang paling banyak digunakan oleh ahli geologi adalah peluruhan Karbon-14 menjadi Nitrogen-14 dan peluruhan Potasium-40 menjadi Argon-40. Karbon-14, atau radiokarbon, digunakan pada penentuan umur material organik yang umurnya kurang dari 50,000 tahun yang lalu. Ahli geologi mengukur banyaknya kandungan Karbon-14 dan Nitrogen-14 pada kayu, arang, kertas, fosil benih dan sisa serangga, cangkang, bahkan pada air yang mengandung karbon terlarut. Rasio Karbon-14 dan Nitrogen-14 menyediakan estimasi yang bagus untuk penentuan umur dari sampel tersebut.

Ahli geologi juga dapat menggunakan Potasium-Argon untuk menentukan umur batuan yang berkisar dari 100,000 tahun yang lalu hingga setua umur bumi itu sendiri. Rasio dari Potasium-40 menjadi Argon-40 menyediakan estimasi yang bagus untuk menentukan umur batuan selama batuan tersebut tidak terpanaskan oleh temperatur di atas 125°C (257°F). Panas akan menyebabkan Argon menguap dan membuat umur batuan akan tampak lebih tua daripada sebenarnya.

Beberapa teknik non-radiometri, seperti analisis varve, dendrokronologi dan paleomagnetisme, juga dapat digunakan untuk penentuan umur absolut. Varve adalah lapisan

sedimen yang terendapkan setiap tahun pada danau glasial. Lapisan tebal dari sedimen berukuran kasar terendapkan selama musim semi oleh aliran air permukaan, dan lapisan sedimen halus yang lebih tipis terendapkan selama musim dingin, keduanya membentuk lapisan yang disebut varve. Para ahli kebumihan akan mengekstrak inti sedimen dari danau glasial ini dan menghitung berapa banyak varve pada sedimen tersebut. setiap satu varve menunjukkan umur satu tahun.

Dendrokronologi adalah teknik yang menggunakan lingkaran tahunan pada batang pohon pada iklim yang hangat untuk menentukan umur batang pohon tersebut. beberapa pohon dapat hidup hingga ribuan tahun, sehingga teknik ini berguna untuk menentukan umur pohon yang berkisar antara 3,000 hingga 4,000 tahun yang lalu. Namun, teknik ini juga digunakan pada fosil pohon dari Kala Holosen.

Paleomagnetisme melibatkan pengukuran sudut molekul magnetik pada batuan. Ketika lava masih panas, mineral magnetik di dalamnya berorientasi kepada medan magnetik bumi. Ketika lava mendingin hingga pada titik tertentu, mineral magnetik ini akan terkunci ditempatnya dalam batuan. Karena medan magnetik bumi selalu berubah orientasinya beberapa waktu sepanjang sejarah bumi, orientasi magnetik dari batuan yang membeku selama waktu yang berbeda juga akan berbeda. Ilmuwan mengetahui waktu pembalikan magnetik, sehingga orientasi magnetik dari sampel batuan dapat menunjukkan estimasi umur batuan tersebut.

## **G. Fosil Dan Proses Pemfosilan**

### **1. Fosil**

Fosil, dari bahasa Latin *fossa* yang berarti "menggali keluar dari dalam tanah". Fosil adalah semua sisa, jejak, ataupun cetakan dari manusia, binatang, dan tumbuh-tumbuhan yang telah terawetkan dalam suatu endapan batuan dari masa geologis atau prasejarah yang telah berlalu.

Fosil makhluk hidup terbentuk ketika makhluk hidup pada zaman dahulu (lebih dari 11.000 tahun) terjebak dalam lumpur atau pasir dan kemudian jasadnya tertutup oleh endapan lumpur. Endapan lumpur tersebut akan mengeras menjadi batu di sekeliling makhluk hidup yang terkubur tersebut. Dari fosil yang ditemukan, yang paling banyak jumlahnya adalah yang sangat lembut ukurannya seperti serbuk sari, misalnya foraminifera, ostracoda dan radiolarian. Sedangkan, hewan yang besar biasanya hancur bercerai-cerai dan bagian tertentu yang ditemukan sebagai fosil.

Bentuk fosil ada dua macam yaitu fosil cetakan dan jejak fosil. Fosil cetakan terjadi jika kerangka makhluk hidup yang terjebak di endapan lumpur meninggalkan bekas (misalnya tulang) pada endapan tersebut yang membentuk cetakan. Jika cetakan tersebut berisi lagi dengan endapan lumpur maka akan terbentuk jejak fosil persis seperti kerangka aslinya.

Berdasarkan ukurannya, jenis fosil dibagi menjadi :

- Macrofossil* (Fosil Besar) , dipelajari tanpa menggunakan alat bantu
- Microfossil* (Fosil Kecil), dipelajari dengan alat bantu mikroskop
- Nannofossil* (Fosil Sangat kecil), dipelajari menggunakan mikroskop khusus (dengan pembesaran hingga 1000x)

## **2. Kegunaan Fosil**

1. Untuk mengidentifikasi unit-unit stratigrafi permukaan bumi, atau untuk mengidentifikasi umur relatif dan posisi relatif batuan yang mengandung fosil. Identifikasi ini dapat dilakukan dengan mempelajari fosil indeks. Persyaratan bagi suatu fosil untuk dapat dikategorikan sebagai fosil indeks adalah : (a). terdapat dalam jumlah yang melimpah dan mudah diidentifikasi; dan (b). memiliki distribusi horizontal yang luas, tetapi dengan distribusi vertikal yang relatif pendek (kurang lebih 1 juta tahun).
2. Menjadi dasar dalam mempelajari paleoekologi dan paleoklimatologi. Struktur dan distribusi fosil diasumsikan dapat mencerminkan kondisi lingkungan tempat tumbuhan tersebut tumbuh dan bereproduksi.
3. Untuk mempelajari paleofloristik, atau kumpulan fosil tumbuhan dalam dimensi ruang dan waktu tertentu. Hal ini dapat memberikan gambaran mengenai distribusi populasi tumbuhan dan migrasinya, sebagai respon terhadap perubahan yang terjadi pada lingkungan masa lampau.
4. Menjadi dasar dalam mempelajari evolusi tumbuhan yaitu dengan cara mempelajari perubahan suksesional tumbuhan dalam kurun waktu geologi.

Persyaratan terbentuknya fosil:

- a. adanya badan air
- b. adanya sumber sedimen anorganik dalam bentuk partikel atau senyawa terlarut
- c. adanya bahan tumbuhan atau hewan (yang akan menjadi fosil)

## **3. Proses Pemfosilan atau Fosilisasi**

Fosilisasi merupakan proses penimbunan sisa-sisa hewan atau tumbuhan yang terakumulasi dalam sedimen atau endapan-endapan baik yang mengalami pengawetan secara menyeluruh, sebagian ataupun jejaknya saja. Terdapat beberapa syarat terjadinya pemfosilan yaitu antara lain:

- Organisme mempunyai bagian tubuh yang keras
- Mengalami pengawetan
- Terbebas dari bakteri pembusuk
- Terjadi secara alamiah
- Mengandung kadar oksigen dalam jumlah yang sedikit
- Umurnya lebih dari 10.000 tahun yang lalu.

Kendala pemfosilan yaitu saat organisme mati (bangkai) dimakan oleh organisme lain atau terjadi pembusukan oleh bakteri pengurai.

Suatu contoh tempat yang mendukung terjadinya proses fosilisasi adalah delta sungai, dasar danau, atau danau tapal kuda (oxbow lake) yang terjadi dari putusannya suatu meander.

Bahan-bahan yang berperan dalam fosilisasi, diantaranya :

1. Pertrifikasi, berubah menjadi batu oleh adanya bahan-bahan : silika, kalsiumkarbonat, FeO, MnO dan FeS. Bahan itu masuk dan mengisi lubang serta pori dari hewan atau tumbuhan yang telah mati sehingga menjadi keras/membatu menjadi fosil.
2. Proses Destilasi, tumbuhan atau bahan organik lainnya yang telah mati dengan cepat tertutup oleh lapisan tanah.
3. Proses Kompresi, tumbuhan tertimbun dalam lapisan tanah, maka air dan gas yang terkandung dalam bahan organik dari tumbuhan itu tertekan keluar oleh beratnya lapisan tanah yang menimbunnya. Akibatnya, karbon dari tumbuhan itu tertinggal dan lama kelamaan akan menjadi batubara, lignit dan bahan bakar lainnya.

4. Impresi, tanda fosil yang terdapat di dalam lapisan tanah sedangkan fosilnya sendiri hilang.
5. Bekas gigi, kadang-kadang fosil tulang menunjukkan bekas gigitan hewan carnivore atau hewan pengerat.
6. Koproлит, bekas kotoran hewan yang menjadi fosil.
7. Gastrolit, batu yang halus permukaannya ditemukan di dalam badan hewan yang telah menjadi fosil.
8. Liang di dalam tanah, dapat terisi oleh batuan dan berubah sebagai fosil, merupakan cetakan.
9. Pembentukan Kerak, hewan dan tumbuhan terbungkus oleh kalsiumkarbonat yang berasal dari travertine ataupun talaktit.
10. Pemfosilan di dalam Tuff, pemfosilan ini jarang terjadi kecuali di daerah yang berudara kering sehingga bakteri pembusuk tidak dapat terjadi.
11. Pemfosilan dengan cara pembekuan, hewan yang mati tertutup serta terlindung lapisan es dapat membeku dengan segera. Oleh karena dinginnya es maka tidak ada bakteri pembusuk yang hidup dalam bangkai tersebut. terakhir ini adalah nautilus.

#### 4. Jenis Fosil

##### a. Organisme itu sendiri (Fosil yang dihasilkan dari organisme itu sendiri)

Tipe pertama ini adalah binatangnya itu sendiri yang terawetkan/tersimpan. Dapat berupa tulangnya, daun-nya, cangkangnya, dan hampir semua yang tersimpan ini adalah bagian dari tubuhnya yang “keras”. Dapat juga berupa binatangnya yang secara lengkap (utuh) tersimpan. misalnya Fosil Mammoth yang terawetkan karena es, ataupun serangga yang terjebak dalam amber (getah tumbuhan).

Petrified wood atau fosil kayu dan juga mammoths yang terbekukan, and juga mungkin anda pernah lihat dalam film berupa binatang serangga yang tersimpan dalam amber atau getah tumbuhan. Semua ini biasa saja berupa asli binatang yang tersimpan.

##### b. Sisa-sisa aktifitasnya (Trace Fossil)

Secara mudah pembentukan fosil ini dapat melalui beberapa jalan, antara lain seperti yang terlihat dibawah ini. Fosil sisa aktifitasnya sering juga disebut dengan *Trace Fossil* (Fosil jejak), karena yang terlihat hanyalah sisa-sisa aktifitasnya. Jadi ada kemungkinan fosil itu bukan bagian dari tubuh binatang atau tumbuhan itu sendiri.

Penyimpanan atau pengawetan fosil cangkang ini dapat berupa cetakan. Namun cetakan tersebut dapat pula berupa cetakan bagian dalam (*internal mould*) dicirikan bentuk permukaan yang halus, atau *external mould* dengan ciri permukaan yang kasar. Keduanya bukan binatangnya yang tersimpan, tetapi hanyalah cetakan dari binatang atau organisme itu.

Trace fossil adalah suatu struktur berupa track, trall, burrow, tube, boring, yang terawatkan sebagai fosil organisme.

Kelebihan trace fossil dengan fosil kerangka :

1. Trace fossil biasanya terawetkan pada lingkungan yang berlawanan dengan pengendapan fosil kerangka misalnya perairan dangkal dengan energy tinggi, batu pasir laut dangkal dan batu lanau laut.
2. Trace fossil tidak dipengaruhi oleh diagenesa bahkan diperjelas secara visual oleh proses diagenesa.

#### H. Proses Yang Mempengaruhi Terbentuknya Fosil

1. **Histometabasis**, Penggantian sebagian tubuh fosil tumbuhan dengan pengisian mineral lain (cth : silika) dimana fosil tersebut diendapkan
2. **Permineralisasi**, masuknya mineral melalui bagian tubuh organisme
3. **Rekristalisasi**, Berubahnya seluruh/sebagian tubuh fosil akibat P & T yang tinggi, sehingga molekul-molekul dari tubuh fosil (non-kristalin) akan mengikat agregat tubuh fosil itu sendiri menjadi kristalin
4. **Replacement/Mineralisasi/Petrifikasi**, Penggantian seluruh bagian fosil dengan mineral lain
5. **Dehidrasi/Leaching/Pelarutan**
6. **Mold/Depression**, Fosil berupa hasil konservasi berupa cetakan bentuk organisme(bagian tubuh aslinya larut)
7. **Cast**, fosil berupa hasil cetakan dari mold
8. **Trail & Track**  
Trail : cetakan/jejak-jejak kehidupan binatang purba yang menimbulkan kenampakan yang lebih halus akibat seretan ekor atau bagian tubuh organisme  
Track : jejak berupa tapak kaki organisme  
Burrow : lubang-lubang tempat tinggal yang ditinggalkan binatang purba pada sedimen lunak  
Borring : lubang pemboran pada sedimen yang terlitifikasi  
Tube : struktur fosil berupa pipa

#### 5. Hukum-Hukum Stratigrafi

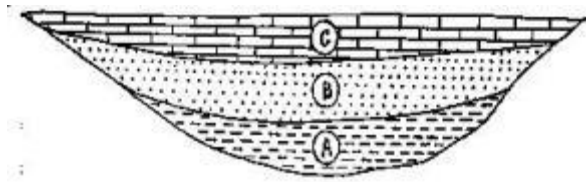
##### 6. Uniformitarianisme

*"The Present is the key to the past."* (James Hutton, 1785) Maksudnya adalah bahwa proses-proses geologi alam yang terlihat sekarang ini dipergunakan sebagai dasar pembahasan proses geologi masa lampau. Uniformitarianisme adalah peristiwa yang terjadi pada masa geologi lampau dikontrol oleh hukum-hukum alam yang mengendalikan peristiwa pada masa kini. Contoh :pembentukan endapan sediment di muara sungai yang membentuk delta, akan menghasilkan 3 bagian yang berbeda kemiringan lapisan batuan, maka bila dijumpai tipe endapan yang terdiri dari top set, bottom set, dan fore set, menunjukkan adanya proses pengendapan di muara sungai. Jadi penentuan paleogeografi bisa ditentukan berdasar pembacaan data yang terekam pada batuan. Dengan mudah kita dapat menentukan kedalaman lingkungan sediment laut berdasar keberadaan fosil organisme,terumbu karang, yang menunjukan laut dangkal, dan endapan diatome untuk laut dalam.

##### 7. Original Horizontality

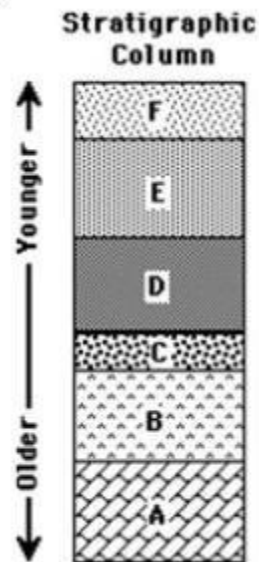
Sedimen yang baru terbentuk cenderung mengikuti bentuk dasarnya dan cenderung untuk menghorizontal, kecuali cross bedding. Hal ini karena pengaruh sedimen dikontrol oleh hukum gravitasi dan hidrolika cairan.





#### 8. Superposisi

Dalam keadaan yang tidak terganggu, lapisan paling tua akan berada dibawah lapisan yang lebih muda. Hal ini secara logis dapat dijelaskan bahwa proses pengendapan mulai dari terbebtuknya lapisan awal yang terletak di dasar cekungan, selanjutnya ditutup oleh lapisan yang terendapkan kemudian, yang tentu lebih muda dari ditutupinya.

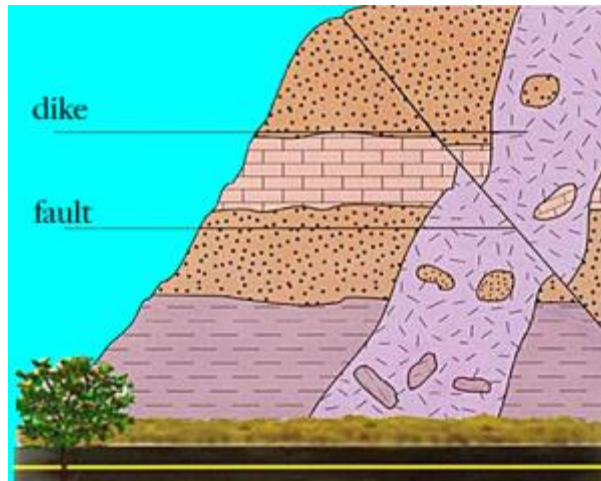


#### 9. Cross Cutting Relationship

Hukum ini menyatakan bahwa *"Batuan yang terpotong mempunyai umur geologi yang lebih tua daripada yang memotong."* Prinsip-prinsip Cross-cutting Relationship :

- Cross-cutting Relationship Stratigrafi, terjadi jika erosi permukaan atau ketidakseragaman memotong batuan yang lebih tua, struktur geologi atau bentuk-bentuk geologi yang lain.
- Cross-cutting Relationship Struktural, dimana suatu retakan yang memotong batuan yang lebih tua
- Cross-cutting Relationship Sedimentasi, terjadi jika suatu aliran telah mengerosi endapan yang lebih tua pada suatu tempat. Sebagai contoh suatu terusan atau saluran yang terisi oleh pasir.
- Cross-cutting Relationship Paleontologi, terjadi jika adanya aktivitas hewan dan tumbuhan yang tumbuh. Sebagai contoh ketika jejak hewan yang terbentuk atau terendapkan pada endapan berlebih.
- Cross-cutting Relationship Geomorfologi, terjadi pada daerah yang berliku atau bergelombang (sungai, dan aliran di sepanjang lembah).



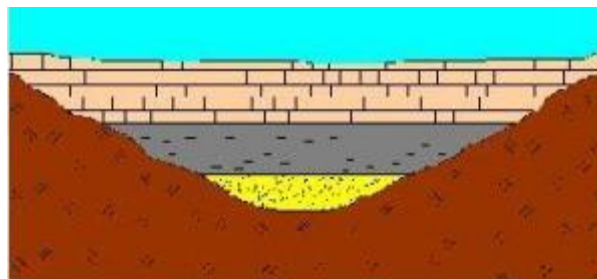


#### 10. Faunal Succesion

Fosil (fauna akan berbeda pada setiap perbedaan umur geologi, fosil yang berada pada lapisan bawah akan berbeda dengan fosil di lapisan atasnya. Fosil-fosil yang dijumpai pada perlapisan batuan secara perlahan mengalami perubahan kenampakan fisiknya (ekibat evolusi) dalam cara yang teratur mengikuti waktu geologi. Demikian pula suatu kelompok organism secara perlahan digantikan oleh kelompok organism lain. Suatu perlapisan tertentu dicirikan oleh kandungan fosil tertentu. Suatu perlapisan batuan yang mengandung fosil tertentu dapat digunakan untuk koreksi antara suatu lokasi dengan lokasi yang lain.

#### 11. Lateral Continuity

Pengendapan lapisan batuan sedimen akan menyebar secara mendatar, sampai menipis atau menghilang pada batas cekungan dimana ia diendapkan. Lapisan yang diendapkna oleh air terbentuk terus-menerus secara lateral dan hanya membaji pada tepian pengendapan pada masa cekungan itu terbentuk.



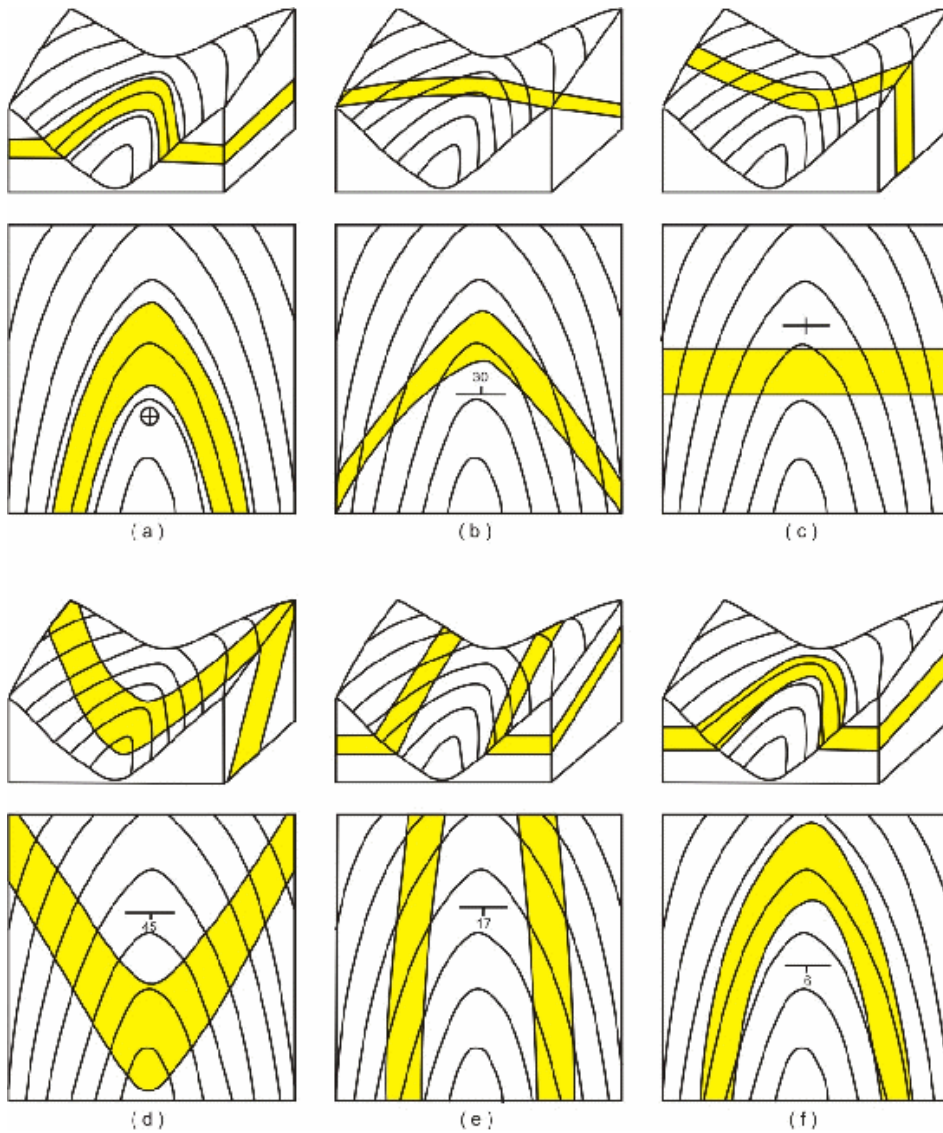
#### 12. Law of Inclusion

Suatu tubuh batuan yang mengandung fragmen dari batuan yang lain selalu lebih muda dari tubuh batuan yang menghasilkan fragmen tersebut. Batuan yang menjadi inklusi batuan lain terbentuk lebih dahulu daripada yang menginklusnya. Hampir sama seperti prinsip cross-cutting. Suatu fragmen (yang direkatkan) dalam batuan sedimen selalu lebih tua dari semen (perekatnya).

### **13. Hukum V (V Rules)**

Hukum " V" (V Rule) adalah Hukum yang menjelaskan Hubungan antara lapisan yang mempunyai kemiringan dengan bentuk topografi berelief akan menghasilkan .suatu pola singkapan yang beraturan, dimana aturan tersebut dikenal dengan hukum "V". Aturan-aturan tersebut adalah sebagai berikut :

- a) Lapisan horizontal akan membentuk pola singkapan yang mengikuti pola garis kontur.
- b) Lapisan dengan kemiringan yang berlawanan dengan arah kemiringan lereng maka kenampakan lapisan akan memotong lembah dengan pola singkapan membentuk huruf "V" yang berlawanan dengan arah kemiringan lembah.
- c) Pada lapisan tegak akan membentuk pola singkapan berupa garis lurus dimana pola singkapan ini tidak dipengaruhi oleh keadaan topografi.
- d) Lapisan yang miring searah dengan arah kemiringan lereng dimana kemungkan lapisan lebih besar daripada kemiringan lereng akan membentuk pola smgkapan dengan huruf "V" mengarah sama (searah) dengan arah kemiringan lereng.
- e) Lapisan dengan kemiringan yang searah dengan kemiringan lereng dimana besar kemiringan lapisan lebih kecil dari kemiringan lereng , maka pola singkapannya akan membentuk huruf "V" yang berlawanan dengan arah kemiringan lereng /lembah.
- f) Lapisan yang kemiringan nya searah dengan kemiringan lembah dan besarnya kemiringan lapisan sama dengan kemiringan lereng/lembah maka pola singkapan tampak



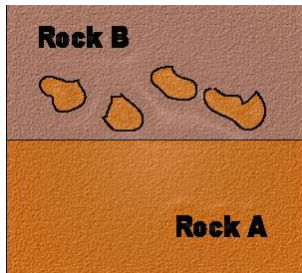
**SOAL**

1. Dalam geologi pembagian ruang dan waktu menjadi hal yang penting. Geologic time scale merupakan skala yang membagi umur bumi secara relatif berdasarkan peristiwa yang terjadi saat itu, secara berurutan skala tersebut terbagi dalam kolom..
  - a. Kurun, zaman, kala, dan masa
  - b. Kurun, masa, zaman, dan kala
  - c. Kala, zaman, masa, kurun
  - d. Kala, periode, masa, dan zaman
  - e. Kurun, zaman, masa, dan kala
2. Paleozoikum terbagi menjadi beberapa zaman. Zaman dimana pada saat itu terjadi perkembangan organisme reptile serta perkembangan daratan sehingga banyak ditumbuhi oleh tanaman darat dan transisi laut ke darat adalah..
  - a. Kambrian
  - b. Karbon
  - c. Silur
  - d. Devon
  - e. Jura
3. Dalam identifikasi fosil, dapat berupa organisme itu sendiri, sisa-sisa bagian organisme yang keras serta hasil jejak keberadaan organisme itu sendiri. Yuda dalam pengamatannya menemukan sebuah batuan dengan fosil yang berbentuk cangkang pelecypoda dengan bentuk yang sama seperti organisme aslinya, namun tidak ditemukan bahan cangkang aslinya. Selanjutnya fosil tersebut disebut dengan..
  - a. Mold
  - b. Cast
  - c. Imprint
  - d. Histometabasis
  - e. Replacement
4. Dalam masa Paleozoik terdapat zaman Karbon yang memiliki rentang waktu sekitar..
  - a. 144 – 66 juta tahun lalu
  - b. 360 - 286 juta tahun lalu
  - c. 570 – 505 juta tahun lalu
  - d. 438 – 408 juta tahun lalu
  - e. 208 – 144 juta tahun lalu
5. Jenis fosilisasi yang dicirikan dengan penggantian seluruh komposisi bagian tubuh organisme oleh mineral lain adalah ...

- a. Cast
  - b. Internal mold
  - c. Permineralisasi
  - d. Replacement
  - e. Silicified wood
6. Pembagian masa dalam skala waktu geologi didasarkan pada perkembangan jenis makhluk hidup yang diakhiri dengan adanya periode kepunahan massal. Kepunahan massal organisme terjadi pada zaman ...
- a. Karbon dan Jura
  - b. Permian dan Trias
  - c. Permian dan Cretaceous
  - d. Karbon dan Devon
  - e. Kambrian dan Cretaceous
7. Salah satu fosilisasi yang sering ditemukan terjadi pada tumbuhan berkayu adalah..
- a. Imprint
  - b. Permineralisasi
  - c. Cast
  - d. Replacement
  - e. Histometabasis
8. Fosil yang bisa menjadi penentu umur geologi tertentu disebut...
- a. Fosil indeks
  - b. Fosil jejak
  - c. *Ichnofossils*
  - d. Trails
  - e. Relief fossils
9. Fosil foraminifera yang bisa mencirikan zona atau daerah pasang surut adalah...
- a. Radiolaria
  - b. Ostracod
  - c. Globigerina
  - d. Belemnite
  - e. Ammonite
10. Di bawah ini syarat suatu organisme atau benda dapat disebut fosil adalah, kecuali...
- a. Memiliki cangkang atau bagian tubuh yang keras
  - b. Tidak terekspos ke udara
  - c. Langsung terkubur oleh sedimen halus
  - d. Berumur kurang dari 11.000 tahun lalu
  - e. Terawetkan secara alami

11. Fosil organisme Trilobit dapat mencirikan umur lapisan berumur...
  - a. Permian
  - b. Trias
  - c. Jura
  - d. Cretaceous
  - e. Semua salah
  
12. Urutan zaman yang tepat dari tua ke muda dalam masa paleozoik adalah...
  - a. Cambrian-Ordovician-Devonian-Silurian-Karbon-Perm
  - b. Cambrian-Devonian-Ordovician-Silurian-Karbon-Perm
  - c. Cambrian-Silurian-Ordovician-Devonian-Karbon-Perm
  - d. Cambrian-Ordovician-Silurian-Devonian-Karbon-Perm
  - e. Cambrian-Devonian-Silurian-Karbon-Ordovician-Perm
  
13. Ikan paus adalah salah satu organisme yang tetap hidup hingga sekarang walaupun kemunculannya terjadi pada...
  - a. Paleosen
  - b. Eosen
  - c. Oligosen
  - d. Miosen
  - e. Pliosen
  
14. Kepunahan Trilobit dan sebagian besar organisme terjadi pada zaman..
  - a. Permian
  - b. Cretaceous
  - c. Karbon
  - d. Trias
  - e. Devon
  
15. Hukum dasar stratigrafi yang mempunyai arti bahwa persebaran secara vertical terjadi juga pada penyebaran lapisan secara horizontal terutama pada tepi cekungan adalah...
  - a. Superposisi
  - b. Original Horizontality
  - c. Uniformitarianism
  - d. Lateral Continuity
  - e. Faunal Succession
  
16. Salah satu hukum dasar stratigrafi yang dicetuskan oleh Steno yang menerangkan dalam keadaan tak terganggu suatu lapisan yang ada di bawah akan berumur lebih tua dari lapisan di atasnya merupakan pengertian dari hukum ...
  - a. Lateral Continuity

- b. Superposisi
- c. Original Horizontality
- d. Faunal Succesion
- e. Cross-Cutting Relationship



17. Gambar di samping dapat ditentukan umur relatifnya berdasarkan hukum..

- a. Inklusi
- b. Cross-Cutting Relationship
- c. Uniformitarianism
- d. Strata Identified by Fossil
- e. Faunal Succesion

18. Ketidakselarasan antara lapisan batuan dapat menjadi *marker* dalam penentuan umur serta menjadi penanda adanya peristiwa (*event*) geologi tertentu. Ketidakselarasan yang dicirikan dengan adanya bidang erosi adalah...

- a. Unconformity
- b. Disconformity
- c. Angular Unconformity
- d. Paraconformity
- e. Nonconformity

19. Suatu urutan batuan memiliki fosil yang berkembang menjadi semakin kompleks ditentukan dengan hukum..

- a. Strata identified by fossil
- b. Faunal Succesion
- c. Original Horizontality
- d. Lateral Continuity
- e. Uniformitarianism



20. Jenis fosilisasi seperti pada gambar disamping disebut dengan...

- a. Imprint
- b. Permineralisasi
- c. Replacement
- d. Mold
- e. Cast

21. Stratigrafi merupakan cabang ilmu geologi yang metodenya dapat terbagi-bagi kembali menjadi beberapa subbidang. Cabang ilmu stratigrafi berdasarkan urutan kandungan fosil dalam lapisan batuan adalah..

- a. Lithostratigrafi



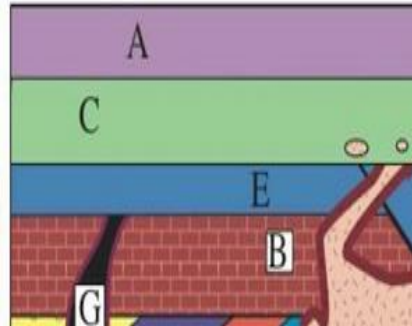
- b. Fossil stratigrafi
- c. Sekuenstratigrafi
- d. Biostratigrafi
- e. Kronostratigrafi

22. Fosil dapat terpreservasi secara baik bila terendapkan pada lingkungan yang mendukung pengawetan fosil tersebut. Lingkungan yang memungkinkan untuk ditemukannya fosil adalah...

- a. Sungai berarus deras
- b. Rawa
- c. *Submarine fan*
- d. Gunung berapi
- e. Zona subduksi

23. Urutan batuan dari tua ke muda yang benar adalah...

- a. E-C-A-B-G-I
- b. I-B-G-E-C-A
- c. G-I-B-E-C-A
- d. I-B-G-C-A-E
- e. B-G-E-I-C-A



24. Tidak semua jenis batuan bisa mengandung fosil. Batuan di bawah ini yang memungkinkan untuk ditemukannya fosil adalah

- a. Konglomerat
- b. Granit
- c. Marmer
- d. Breksi
- e. Batulempung

25. Syarat suatu fosil agar dapat dikatakan sebagai fosil indeks adalah, kecuali...

- a. Dalam jumlah banyak
- b. Penyebaran lokal
- c. Rentang umur pendek
- d. Sulit ditemukan
- e. Terfosilisasi cukup baik

26. Dalam penentuan umur geologi terdapat dua metode yaitu penentuan umur secara relative untuk menentukan mana yang lebih tua dan mana yang lebih muda serta penentuan umur

absolut yaitu mendapatkan angka pasti umur lapisan berdasarkan peluruhan unsur radioaktif. Salah satu ciri dari adanya intrusi batuan dalam penentuan umur relatif adalah...

- Ditemukannya fosil dalam batuan intrusi
- Adanya struktur perlapisan intrusi
- Batuannya memiliki struktur lava
- Adanya jejak bakar pada batuan yang diintrusi
- Terdapat batuan granit

27. Salah satu hukum dasar stratigrafi yaitu lateral continuity, berupa...

- Kesesejajaran perlapisan batuan
- Batuan akan menghampar sesuai dengan depresi yang ada
- Batuan akan terendapkan berkesinambungan secara lateral
- Bentuk yang mengikuti dasar cekungan
- Ketebalan lapisan batuan akan selalu sama

28. Diantara zaman berikut yang paling muda dalam masa mesozoikum adalah...

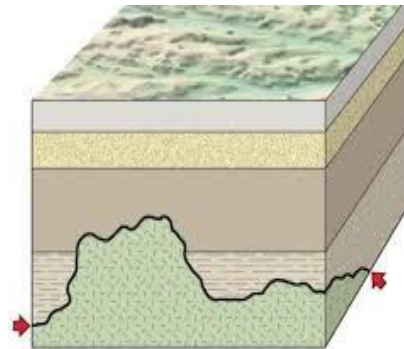
- Perm
- Cretaceous
- Karbon
- Trias
- Devon

29. Pembentukan batubara berasal dari material organik yang banyak terbentuk pada zaman...

- Kambrian
- Ordovisian
- Silur
- Devon
- Karbon

30. Ketidakselarasan batuan sesuai dengan gambar di samping adalah...

- Paraconformity
- Unconformity
- Angular unconformity
- Disconformity
- Nonconformity



## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## MATERI

### A. Awan

#### 1. Klasifikasi Awan

Dasar penamaan awan dibentuk dari empat istilah latin berikut:

- **Cirrus** : berserat atau seperti rambut
- **Cumulus** : suatu tumpukan atau timbunan
- **Stratus** : sebuah lembaran horizontal atau lapisan
- **Nimbus** : rain-bearing (penghasil hujan)

Sedangkan awalan “**Alto**” digunakan untuk mengindikasikan awan denganketinggian menengah. Istilah dan klasifikasi dasar awan pertama kali dikemukakan oleh **Luke Howard** pada tahun 1803. Tipe Awan Berdasarkan Ketinggian :

Tingkat tinggi:

- Dasar awan dibawah 6000m
- Semua berbentuk cirrus (awan es)

Tingkat menengah:

- Dasar awan 2000-6000m

Tingkat rendah:

- Dasar awan dibawah 2000m (dibawah boundary layer / lapisan batas)

#### 1.1. Awan Tingkat Tinggi



##### 1.1.1. Cirrus (Ci)

Putih, lembut, berserat dalam penampilannya. Berbentuk potongan kecil atau pita sempit. Mungkin karena coretan berbentuk koma atau “ekor kuda betina”. (cirrus uncinus) Awan cirrus dibentuk secara keseluruhan oleh kristal es. Kristal es ini tumbuh dan menguap perlahan, menuju ke tepi halus awan.



#### **1.1.2. Cirrostratus (Cs)**

Tipis, lapisan transparan atau tudung; matahari nampak jelas & bayangan semu pada permukaan. Sebuah halo dapat terlihat disekitar matahari (atau bulan). Lembaran cirrostratus dapat menutupi seluruh langit, dan dapat mencapai hingga ketebalan sekitar 1000m.

#### **1.1.3. Cirrocumulus (Cc)**

Potongan kecil atau lapisan awan putih tipis; nampak belang dan bergelombang. Belang dihasilkan dari pembalikan dalam awan, sedangkan gelombang dari gelombang gravitas.

#### **1.1.4. Aircraft contrails (condensation trail)**

Kondensasi dari pengeluaran pesawat terbang. Dapat menghilang dengan cepat, atau akan hidup sangat lama tergantung pada kondisi. Disebut juga sebagai awan buatan manusia.



### **1.2. Awan Tingkat Menengah**

#### **1.2.1. Altostratus (As)**

Lapisan awan keabu-abuan, dapat berserat atau seragam dalam penampilan. Cukup lemah perannya untuk mengaburkan matahari, namun tanpa halo.





### 1.2.2. Altocumulus (Ac)

potongan kecil berwarna putih atau abu-abu yang tersusun dalam sebuah lapisan. Bentuk dan teksturnya bermacam-macam



#### 1.2.2.1. Altocumulus lenticularis (Ac len)

Awan lenticular (berbentuk lensa) putih atau abu-abu, dibentuk dari pengangkatan udara pada penghalang topografis.



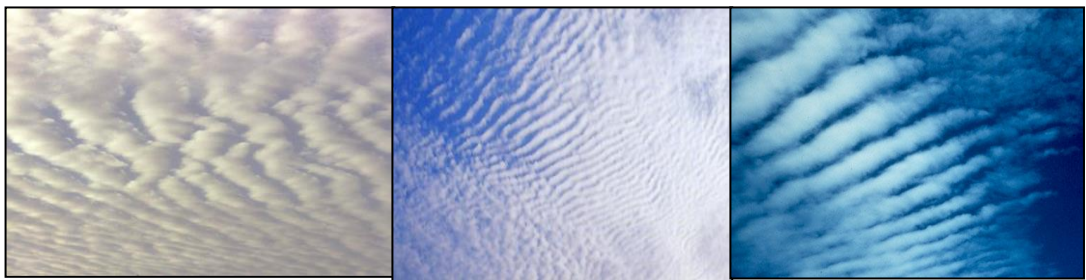
#### 1.2.2.2. Altocumulus castellanus (Ac cas)

Putih atau abu-abu, seperti awan cumulus yang pecah; bagian paling atas menyerupai kastil. Kadang tersusun dalam garis.



### 1.2.2.3. *Alto*cumulus *undulatus*(Ac und)

Potongan kecil atau lapisan awan putih/abu-abu dengan tampilan berombak atau bergelombang.



## 1.3. Awan Tingkat Rendah

### 1.3.1. *Strato*cumulus (Sc)

Lapisan awan putih atau abu-abu, biasanya berbentuk tumpukan/gundukan atau *roll* (gulungan)





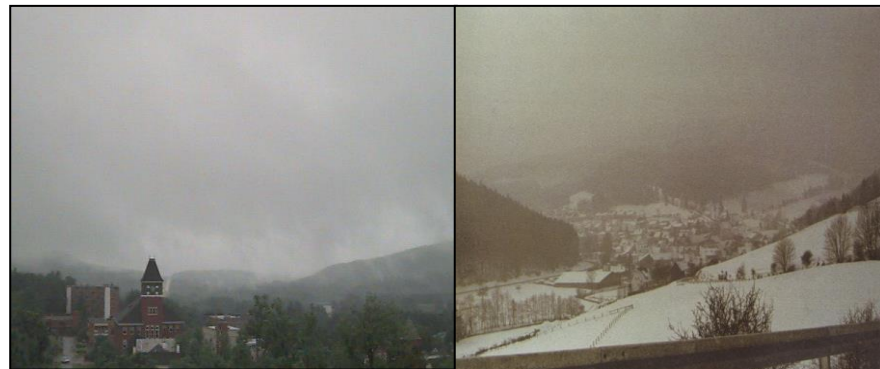
### Stratocumulus with *virga*

Helaian (seperti rambut) hujan yang jatuh, dimana terjadi penguapan dibawah awan sebelum mencapai tanah.



### 1.3.2. Nimbostratus (Ns)

Abu-abu gelap, tanpa sifat-sifat menarik, lapisan awan tebal. Berkaitan dengan presipitasi yang berkepanjangan. Pada umumnya terbentuk dalam frontal system (susunan garis



### 1.3.3. Stratus (St)

Lapisan awan abu-abu tanpa sifat-sifat menarik dengan dasar yang seragam. Seringkali dikaitkan dengan gerimis atau salju.



## 1.4. Awan Vertikal

### 1.4.1. Cumulus (Cu)

Awan padat-terpisah, berwarna putih hingga abu-abu cerah. Berbentuk gumpalan atau tumpukan (seperti kembang kol), biasanya dengan tepi yang jelas dan dasar yang rata. Area Cu seringkali semua memiliki *base* (dasar) pada ketinggian (pengangkatan kondensasi) yang sama.



#### 1.4.2. Cumulus humilis (Cu hum)

Cumulus kecil, jangkauan vertikal yang terbatas, mungkin memiliki penampilan datar. Juga disebut sebagai cumulus cuaca baik



#### 1.4.3. Cumulus mediocris

cumulus, perluasan vertikal yang *moderate* (sedang)



#### 1.4.4. Cumulus congestus

Hampan cumulus yang berjejalan (*congest*/penuh sesak) atau perluasan vertikal yang lebih besar. Dapat menghasilkan hujan



1.4.5. Proses pengangkatan awan cumulus



**1.4.6. Cumulonimbus (Cb)**

Awan besar tinggi, berdasar gelap dan samping berwarna putih. Dikaitkan dengan hujan lebat, hujan badai, dan hujan es. Seringkali memiliki bentuk puncak *anvil*.

**1.4.7. Pileus**

Awan “topi” yang terbentuk diatas *large cumulus* karena pergerakan naik pada awan konvektif membalikkan lapisan udara diatasnya (pileus adalah nama latin untuk *skull-cap*)

**1.4.8. Mammatus**

halus, berbentuk bulat, terkadang terbentuk disisi bawah cumulonimbus; dihasilkan dari *downdrafts* yang terjadi didalam awan.



## B. Presipitasi

### 1. Pendahuluan

Tetes awan membutuhkan sebuah inti kondensasi dalam pembentukannya; tumbuh kemudian terbentuk karena deposisi molekul air dari penguapan.

- Pertumbuhan dibatasi oleh penguapan superjenuh lokal
- Tingkat pertumbuhan akan menurun seiring peningkatan ukuran tetes

Tetes awan biasanya berdiameter 10-30  $\mu\text{m}$ . Pertumbuhan/evaporasi dapat terjadi dalam waktu sekitar 10 detik. Tetes hujan biasanya berdiameter 0.5 hingga 5 mm. Pertumbuhan dari penguapan akan membutuhkan waktu beberapa jam – lebih lama dari lifetime (masa hidup) awan konvektif tertentu. Agar tumbuh menjadi tetes hujan, tetes awan harus terbentuk dengan tumbukan

- Tetesan yang lebih besar jatuh lebih cepat daripada yang lebih kecil, dan dapat bertabrakan (*collide*) dengan yang lebih kecil
- Proses dihasilkannya jumlah tetes yang cukup besar masih menjadi topik aktif penelitian

Kristal es menghasilkan proses yang lebih efisien

- Tekanan uap jenuh diatas es lebih rendah daripada diatas air, kristal es tumbuh ketika pengeluaran tetes air
- Jika kristal es mengenai tetes, tetes membeku
- Setelah cukup besar, tetes kristal es -atau rumpun kristal- terakhir jatuh dan semua terkumpul. Pertumbuhan pesat pada “butiran hujan es lembut” (*graupel*) karena *riming*
- Graupel jatuh dari awan, mencair sebelum mencapai permukaan sebagai hujan

### 2. Efek Radiatif Awan

Awan memainkan peranan kontrol yang penting dalam neraca radiasi global. Awan berperan dalam 3 hal:

- Pemantulan radiasi (gelombang pendek) matahari yang masuk
- Penyerapan baik itu radiasi (gelombang panjang) matahari maupun infra merah (yang masuk dan keluar bumi)
- *Emission* (pengeluaran) radiasi infra merah (keatas dan kebawah)
- *Altitude*, tipe, dan ketebalan awan, bersama awan diatas dan dibawahnya menentukan pengaruh lokal baik itu menghangatkan atau mendinginkan udara beserta permukaan dibawahnya.

### 3. Transpor Vertikal

Awan konvektif tebal memainkan peranan penting dalam pencampuran udara pada boundary layer (lapisan batas) – bersama dengan kelembaban, partikel aerosol, dan gas (baik polutan alami maupun buatan manusia) – naik menuju troposfer bebas.

### 4. Chemistry

Kehadiran awan menghasilkan lingkungan dimana didalamnya “reaksi kimia fasa cair” dapat terjadi dalam atmosfer. Partikel aerosol dalam awan secara pokok dapat dimodifikasi

- Reaksi fasa cair dengan gas dapat larut dalam tetesan
- Tumbukan tetes-tetes awan dapat menggabungkan banyak partikel aerosol



- Aerosol dengan sifat kimia yang berbeda dapat bereaksi
- Saat penguapan tetes, partikel tunggal aerosol terbentuk, memuat bahan dari seluruh tetes yang berkontribusi

### C. Observasi

Waktu observasi di dunia serempak pada : 0000, 0600, 1200, 1800 UTC.

Beberapa stasiun mencatat lebih sering : setiap 3 jam atau 1 jam sekali, beberapa yang lain seperti pada waktu di atas.

Dua ketetapan utama dalam pengukuran :

- Observasi permukaan
- Observasi udara atas (radiosonde)

#### 1. Observasi Permukaan

Pengukuran2 dasar:

- Temperatur, suhu dew-point, tekanan, curah hujan, kecepatan dan arah angin.
- Observasi manual dari tutupan awan dan cuaca yang terjadi sekarang (pada saat pengukuran): tipe hujan, visibilitas,...
- Pengukuran otomatis sinar matahari dan radiasi IR, visibilitas

#### 2. Sumber-sumber data

- 2.1. Pengukuran berdasarkan permukaan
  - Observasi permukaan
  - Radiosonde
- 2.2. Remote Sensing
  - Satelit
  - Radar profilers, lidar, sodar
- 2.3. Analisis Model Numerik  
sangat berhubungan dengan peramalan

#### 3. Inside of Stevenson screen

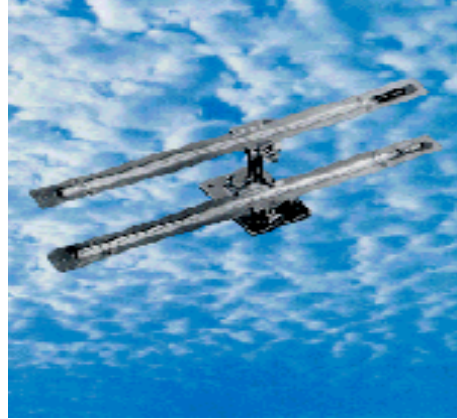
- Dry and Wet Bulb Thermometers
- Maximum Thermometer
- Minimum Thermometer
- Thermograph
- Hygrograph



**Dry and Wet Bulb Thermometers**



**Max and Min Thermometer**



**Thermohygrograph**



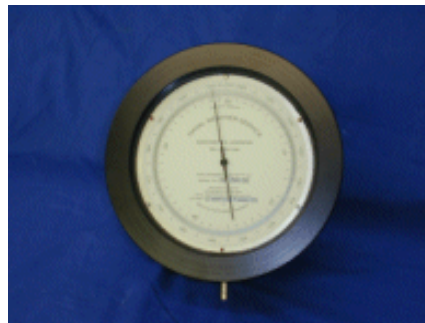
**Psikrometer**



**Barograph**



**Aneroid Barometer**





Barometer Kew/Fortin



Rain Gauge / Penakar Hujan



Penakar Hujan Belfort



Champbellstoke



Pyranometer – solar radiation



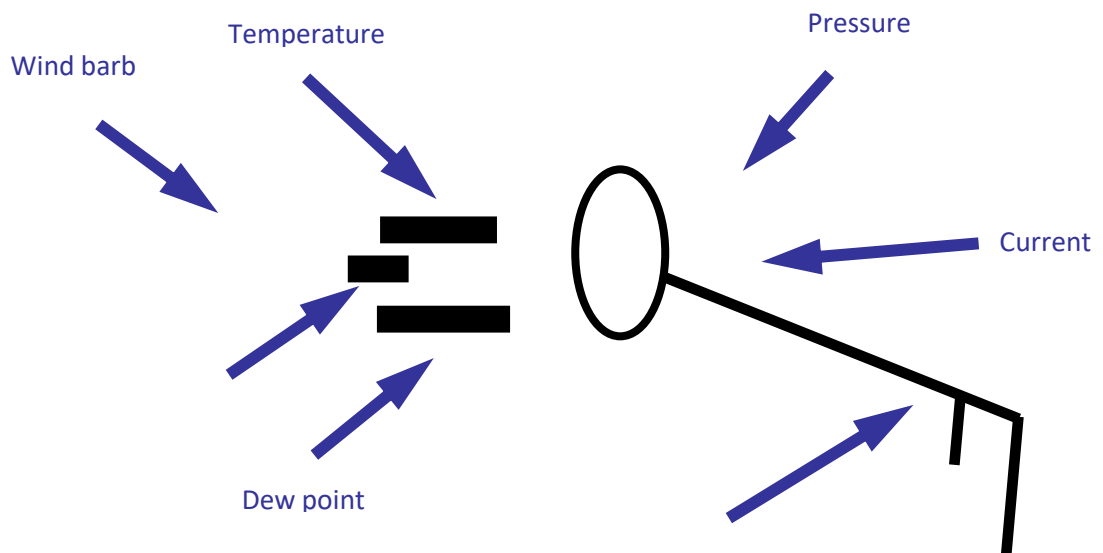
Pyrgeometer – infra red radiation



Panci Penguapan



Anemometer



#### D. Meteorologi, Cuaca, & Iklim

##### 1. Meteorologi

Meteorologi adalah ilmu yang mempelajari fenomena atmosfer – termasuk dinamika, fisika dan kimia atmosfer. (asal kata *meteōros/Yunani* – ‘lofty’ – ‘melayang’). Secara umum meteorologi dapat dikatakan suatu kajian dinamika dan termodinamika atmosfer yang mempengaruhi kehidupan manusia.

##### 2. Cuaca

Keadaan/kondisi sesaat atmosfer, terutama berkaitan dengan pengaruhnya terhadap kegiatan manusia. Variabilitas jangka pendek atmosfer dengan skala waktu menit hingga bulan. Definisi populernya: *temperatur, angin, kelembaban, presipitasi, perawanan, kecerahan, dan jarak pandang*.

Kategori individual/kombinasi fenomena atmosfer yang menggambarkan kondisi atmosfer pada waktu observasi.

### 3. Iklim

- a. Deskripsi statistik kondisi atmosfer jangka panjang, rata-rata dalam periode waktu tertentu (30 tahun menurut ketentuan WMO)

Mengapa belajar meteorologi?

- a. Peringatan Cuaca ekstrem
- b. Pertanian  
Waktu tanam, panen dsb untuk menghindari cuaca jelek yang merusak/membahayakan ketahanan pangan
- c. Transportasi & Pelayaran  
Pelayaran, penerbangan, road gritting, peringatan banjir,...
- d. Komersial

### 1. Temperatur

Kelvin (K) : (SI unit) perlu dalam perhitungan Derajat Celcius (°C) : (non-SI) digunakan untuk menyatakan temperatur secara umum

Derajat Fahrenheit (°F) : (nonSI) umum dipakai di USA.

0 K = -273.15 °C

Konversi:

$$T_{\text{Kelvin}} = T_{\text{Celcius}} + 273.15$$

Gradien vertikal:

tipikal  $\sim 0.01$  °C  $\text{m}^{-1}$

secara bisa lebih besar, seperti, inversi temperatur lapisan batas dengan harga sampai dengan  $\sim 0.2$  °C  $\text{m}^{-1}$

Gradien horizontal :

Untuk skala sinoptik biasanya  $< 1$  °C per 100 km ( $0.01$  °C  $\text{km}^{-1}$ ), sampai dengan  $\sim 5$  °C per 100 km dalam daerah front

Efek lokal (seperti pemanasan matahari) dapat menyebabkan gradien yang besar untuk skala kecil

### 2. Tekanan

Satuan SI untuk tekanan adalah Pascal (Pa), Tekanan atmosfer dinyatakan dalam hectopascal (hPa) = seratus Pascal.

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$$

Tekanan sering juga dinyatakan dalam millibars (mb)(nonSI)

$$1 \text{ mb} = 1 \text{ hPa}$$

Tekanan muka laut = 1013.25 mb = 1013.25 hPa

Ada perbedaan yang sangat kontras antara gradien horizontal dan vertikal untuk variabel cuaca seperti tekanan dan temperatur. Secara umum gradien vertikal jauh lebih besar dari gradien horizontal

### Tekanan

Gradien vertikal:

$\sim 0.14 \text{ mb m}^{-1}$

Gradien horizontal :  $< 0.1 \text{ mb km}^{-1}$

(typikal  $\sim 0.01 \text{ mb km}^{-1}$ )

### 3. Kecepatan Angin

Meter per detik ( $\text{m s}^{-1}$ ) (unit SI) –  
digunakan dalam sains dan juga umum

Knots (kt) = mil-laut per jam

$= 0.514 \text{ m s}^{-1} \approx 0.5 \text{ m s}^{-1}$

Kilometer per jam (kph) =  $0.278 \text{ m s}^{-1}$

Mil per jam (mph) =  $0.447 \text{ m s}^{-1}$

### 4. Arah Angin

Menurut konvensi Meteorologi arah angin menyatakan **DARI MANA** angin itu datang. Dinyatakan dalam derajat dari Utara – Arah kompas ketika menghadap kearah angin datang. Oleh karena variabilitas angin sangat tinggi (gustiness) hanya arah angin secara umum yang dinyatakan: utara (northerly), timuran (easterly), baratan (westerly) dst.

### 5. Kelembaban

**Kelembaban Relatif :**

*dinyatakan dalam persen (%) (non-SI)*

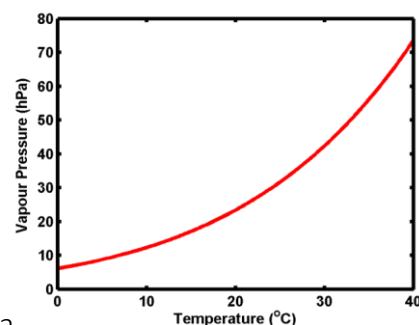
= jumlah uap air dalam udara

dinyatakan dalam persentase

jumlah maksimum yang mungkin

pada suatu temperatur tertentu.

Sangat berguna untuk menentukan dimana kabut atau awan akan terbentuk, kondensasi uap air ke bentuk butir awan/kabut terjadi jika



RH mencapai nilai 100%

**6. Titik Embun**

adalah temperatur dimana parcel udara dengan kandungan uap air konstan harus didinginkan pada tekanan tetap untuk menjadi jenuh

**7. Depresi titik embun**

adalah perbedaan temperatur parsel udara dengan temperatur titik embunnya.

**Perbandingan Campuran (Mixing Ratio)**

Perbandingan masa uap air terhadap masa udara kering

**Kelembaban Spesifik (Specific Humidity)**

Perbandingan masa uap air terhadap masa udara lengas.

**Kelembaban absolut atau densitas uap (Absolute Humidity or Vapour Density)**

Masa uap air per satuan volume udara lengas.

**E. Pembagian Ruang-Waktu**

● **Lokal** (skala mikro)

- Waktu: beberapa jam ~1 hari
- Jarak: <2 km
- Fenomena: konveksi lokal, kumulus kecil, kabut, sungai kecil, variasi angin permukaan

● **Regional** (skala meso)

- Waktu: jam sampai beberapa hari
- Jarak: beberapa km ~ 100 km
- Fenomena: thunderstorms, front, angin darat-angin laut

● **Skala besar** (skala sinoptik)

- Waktu: lebih dari ~10 days
- Jarak: beberapa 100 km ~ beberapa 1000 km
- Fenomena : sistem tekanan tinggi dan rendah

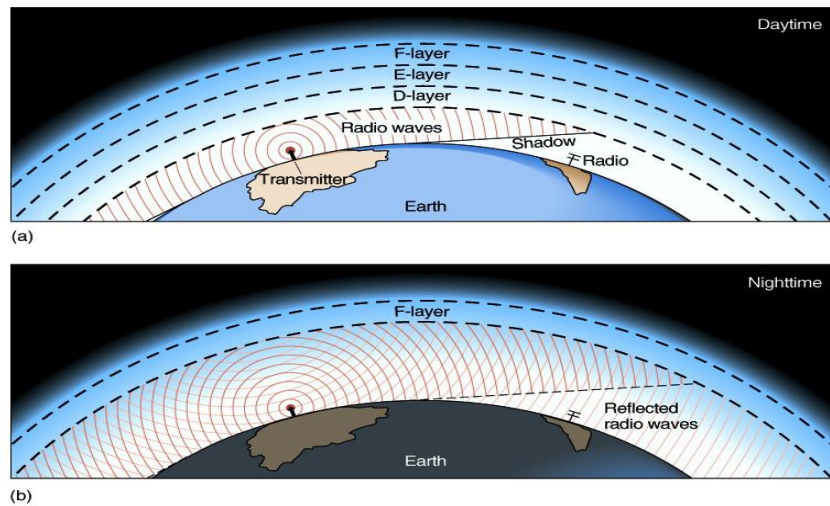
**F. Struktur Vertikal Atmosfer**

a. Berdasarkan Profil Temperatur

- troposfer
- stratosfer
- mesosfer
- Termosfer

b. Berdasarkan Propertis Elektrik: Ionosfer

- mulai bagian atas mesosfer sampai dengan Termosfer
- tiga lapisan : D, E dan F
- lapisan D hanya ada pada siang hari dan menyerap gelombang radio AM
- aurora borealis and aurora australis



## 1. TROPOSFER

- Bagian terbawah atmosfer
- Tebal ~8km di kutub, ~16km di equator. Ketebalan bervariasi terhadap ruang dan waktu.
- Lapisan dimana fenomena cuaca terjadi. Sebagian besar uap air atmosfer terkonsentrasi pada lapisan bawah troposfer.
- Temperatur menurun dengan ketinggian
- Bagian atas dibatasi oleh lapisan inversi atau lapisan isothermal yang disebut lapisan *Tropopaus*.
- Tropopause berfungsi sebagai langit-langit (lid), yang mencegah pertukaran udara antara troposfer dan stratosfer.

## 2. Lapisan Batas

- merupakan Sublapisan troposfer
- bersentuhan langsung dengan permukaan – dipengaruhi secara langsung oleh gaya gesek permukaan
- didominasi oleh turbulensi dan proses pertukaran panas, kelembaban, dan momentum dengan permukaan



- sifat fisik (seperti ketebalan, suhu, ....) mengalami variasi harian yang besar.
- variasi ketebalan dari beberapa 10 meter (pada kondisi sangat stabil), sampai ~2km diatas lautan tropis.
- temperatur berkurang dengan ketinggian.
- bagian atas dibatasi oleh inversi temperatur yang membatasi pencampuran dengan troposfer bebas diatasnya.
- N.B. Lapisan batas yang terdefinisi dengan baik tidak selalu ada

### 3. STRATOSFER

- Mulai dari puncak troposfer sampai dengan ~50 km.
- Secara umum, temperatur bertambah dengan ketinggian pada musim panas – Suhu terendah pada tropopause equatorial. Pada musim dingin memiliki struktur yang lebih kompleks
- Mengandung mayoritas ozon atmosfer ( $O_3$ ). Mengabsorpsi radiasi ultraviolet sehingga menghasilkan suhu maximum di stratopaus (kadang2 mencapai  $0^{\circ}C$ ).
- Interaksi dengan troposfer sangat terbatas dan masih sangat kurang dimengerti.

### 4. MESOSFER

- Di mesosfer udara bercampur secara relatif dan suhu menurun dengan ketinggian
- Disini, atmosfer mencapai suhu terdinginnya ~  $-90^{\circ}C$
- Pada lapisan ini meteor terbakar ketika memasuki atmosfer bumi



### 5. TERMOSFER

Merupakan lapisan yang terekspos secara langsung terhadap radiasi Matahari dan karena itu merupakan lapisan yang dipanasi oleh Matahari. Udara sangat tipis

sehingga penambahan kecil energi akan menyebabkan peningkatan suhu secara signifikan. Suhu di termosfer sangat bergantung pada aktivitas Matahari (suhu dapat mencapai nilai 1,500°C atau lebih). Temperatur tidak dapat diukur secara langsung, tetapi dengan cara mengukur tekanan atmosfer terhadap satelit dan menghitung suhu dari persamaan gas ideal. Termosfer juga mencakup wilayah atmosfer bumi yang disebut Ionosfer, dalam wilayah mana atmosfer dipenuhi dengan partikel bermuatan. Peningkatan temperatur dapat menyebabkan molekul udara terionisasi. Pesawat Ulang-alik mengorbit Bumi pada lapisan Termosfer.

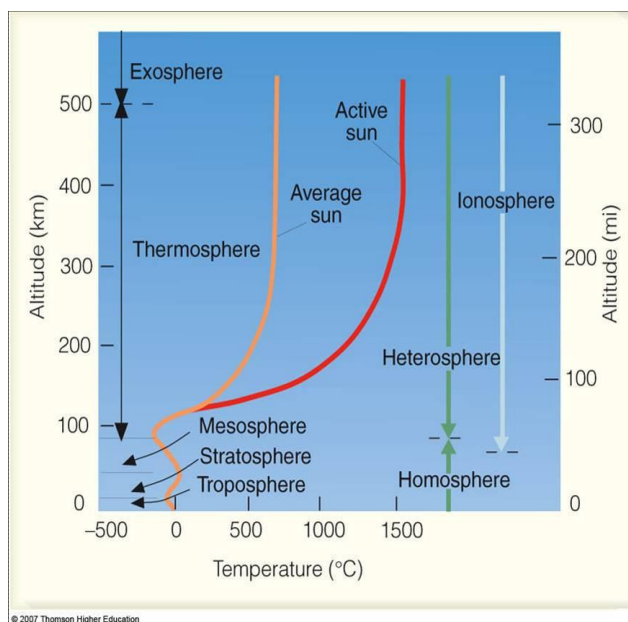
## 6. Ionosfer

Merupakan daerah atmosfer atas yang mengalami elektrifikasi sehingga mengandung sejumlah besar konsentrasi ion (partikel bermuatan) dan elektron bebas.

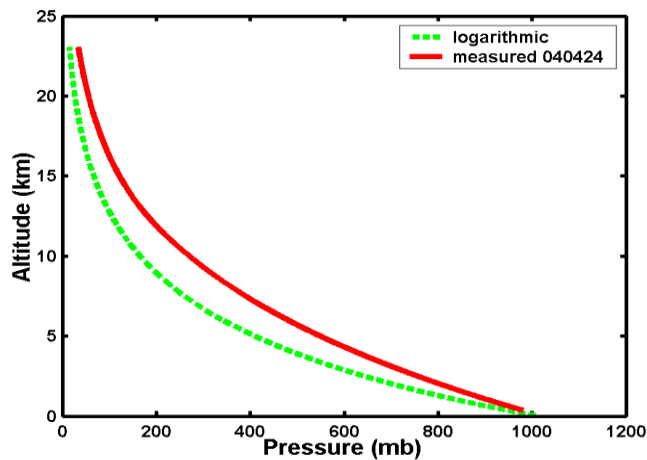
### Catatan:

Partikel bermuatan bisa karena kehilangan elektron (muatan + ) atau mendapatkan elektron (muatan - )

Ionosfer sangat penting dalam proses penalaran gelombang radio.



- Tekanan pada sembarang titik adalah akibat dari berat udara dalam kolom di atasnya
- Gaya tekanan ke atas sebanding dengan gaya berat udara di atasnya
- Berkurang secara logaritma dengan ketinggian



## SIRKULASI

- » *Angin*
- » *Gaya Coriolis*
- » *Sirkulasi global*

## SIRKULASI UMUM ATMOSFER

### Tekanan Udara

- Tekanan Udara (TU): tekanan yg diberikan udara krn beratnya pada tiap 1 cm<sup>2</sup> bidang mendatar dari permukaan bumi.
- Diukur dlm milibar tekanan baku pd permukaan laut dgn *Barometer air raksa* atau *Barometer aneroid* (1 atm = 760 mm Hg = 1.013,25 mb).
- TU paling besar di permukaan laut, semakin ke atas makin menurun, udara makin tipis.
- TU turun 1/30 x setiap naik 300 m pd atmosfer bawah (= turun 1 mm Hg tiap naik 11 m).
- Faktor yang mempengaruhi sebaran tekanan udara sama dengan faktor yang mempengaruhi suhu

### Pengaruh lintang bumi :

- Tek.udara rendah sepanjang lingkaran equator → *doldrum*
- Tek.udara tinggi sepanjang lintang 25°-35° → *sub tropical high*
- Tek.udara rendah sepanjang lintang 60°-70° → *sub polar low*
- Tek.udara tinggi pada lintang kutub dingin → *cold polar high*
- Di benua pd musim dingin membentuk pusat tekanan udara tinggi; dan sebaliknya
- ANGIN : pergerakan udara pada arah horisontal (arah vertikal → aliran udara). Bertiup dari tekanan udara tinggi ke tekanan udara rendah

- Nama angin sesuai dengan *arah datangnya* angin.
- BUYS-BALLOT: di BBU arah angin berbelok ke kanan & di BBS arah angin membelok ke kiri.
- Rotasi bumi membiaskan haluan angin : *Gaya CORIOLIS*; gaya makin besar ke arah kutub (di equator tidak ada  $\approx 0$ ); kec. angin bertambah, gaya makin besar.

### Sel Hadley

Sistem angin dunia (sel *Hadley*) :

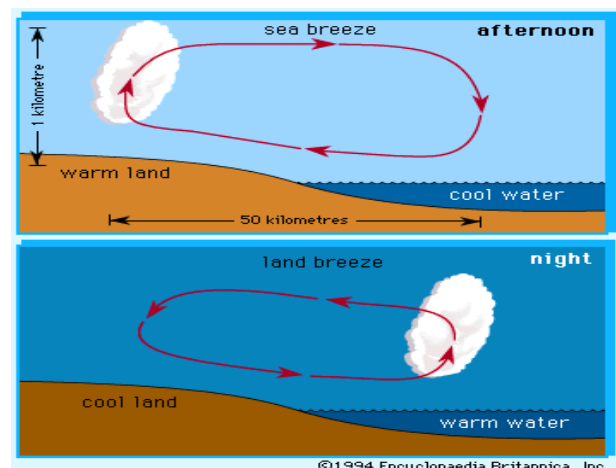
- Doldrums bertekanan rendah
- Angin Pasat Timur-laut & Angin Pasat Tenggara
- Garis lintang kuda bertekanan tinggi
- Angin Barat
- Angin Timur kutub

### Perbedaan di darat & laut

- Angin laut  
(siang  $T_{\text{darat}} > T_{\text{laut}}$ ;  
TU darat < TU laut).
- Angin darat  
(malam  $T_{\text{darat}} < T_{\text{laut}}$ ;  
TU darat > TU laut)

sifat

pemanasan

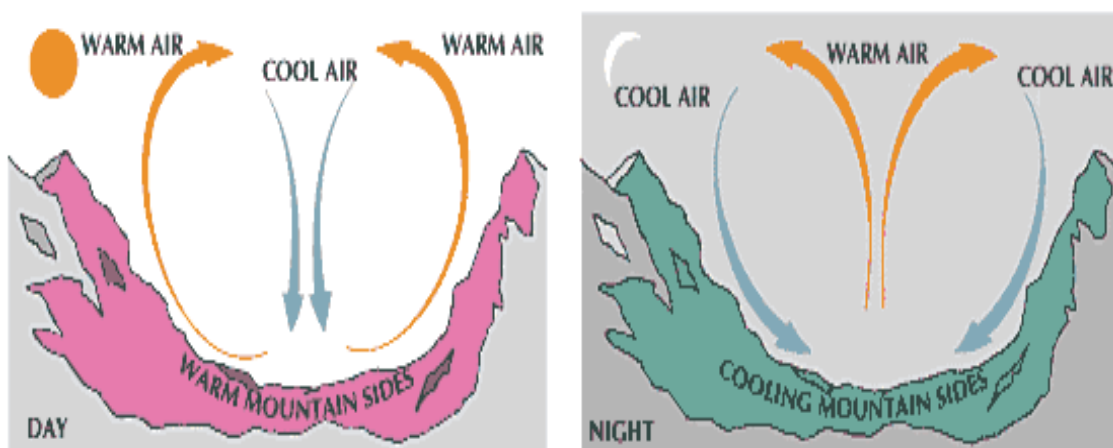


sifat

pemanasan

### Perbedaan di lereng & lembah

- Angin lembah (siang  $T_{\text{lereng}} > T_{\text{lembah}}$ ; TU lereng < TU lembah)
- Angin gunung (malam  $T_{\text{lereng}} < T_{\text{lembah}}$ ; TU lereng > TU lembah)



- Sistem angin yg terjadi antara benua & samudera : Angin Musim (*Monsoon*);  
arah berubah setiap musim tergantung letak Matahari.

- Matahari di BBU, T-Asia > T-Australia;  
TU Asia < TU Australia:  
angin dari Australia ke Asia; & *sebaliknya*.

- Angin lokal: angin panas (*Sirocco, Föhn*),  
angin dingin (*Norther*).

Kecepatan angin dipengaruhi oleh :

- **Gradien tekanan horisontal :**  
perubahan tekanan per satuan jarak dgn arah horisontal &  $\perp$  *isobar*;  
gradien >>, kecepatan angin >>.
- **Letak geografis :**  
pd grad. tekanan yg sama,  
kec. angin di equator >> kec. angin di lintang besar;
- **Ketinggian tempat :**  
pd grad. tekanan yg sama, makin tinggi tempat kec. angin >>.
- **Waktu :**  
pd grad. tekanan yg sama, kec. angin di permukaan bumi pd siang hari >> kec. angin pd malam hari.
- **Gradien tekanan :**  
mb/100 km ; Kecepatan angin : km/jam, mil/jam, dsb.

Kecepatan angin Skala Beaufort

| Skala | Kecepatan angin (km/jam) |                  | Gejala alam                          |
|-------|--------------------------|------------------|--------------------------------------|
| 0     | 1                        | <i>Calm</i>      | asap naik tegak lurus                |
| 1     | 1 – 5                    | <i>Light air</i> | arah angin dilihat dari gerakan asap |

|    |           |                        |                                              |
|----|-----------|------------------------|----------------------------------------------|
| 2  | 6 – 11    | <i>Light breeze</i>    | angin sepoi basah, <i>wind vane</i> bergerak |
| 3  | 12 - 19   | <i>Gentle breeze</i>   | daun bergerak konstan                        |
| 4  | 20 - 28   | <i>Moderate breeze</i> | debu, kertas terbang, ranting bergerak       |
| 5  | 29 - 38   | <i>Fresh breeze</i>    | dahan bergerak, glb kecil di perm. air darat |
| 6  | 39 - 49   | <i>Strong breeze</i>   | cabang bergerak, sulit membuka payung        |
| 7  | 50 - 61   | <i>Moderate gale</i>   | pohon bergerak, orang sulit berjalan         |
| 8  | 62 - 74   | <i>Fresh gale</i>      | ranting patah                                |
| 9  | 75 - 88   | <i>Strong gale</i>     | genting terbang                              |
| 10 | 89 - 102  | <i>Whole gale</i>      | pohon tumbang, bangunan rusak berat          |
| 11 | 103 - 117 | <i>Storm</i>           | Transportasi berhenti total                  |
| 12 | > 117     | <i>Hurricane</i>       | Pohon besar tumbang, gedung roboh            |

- Angin dengan gerakan berbentuk spiral memutar ke dalam → *Siklon*;  
memutar ke luar → *Antisiklon*.
- *Siklon*: pusat tekanan udara rendah dikelilingi area bertekanan udara makin tinggi (*konvergen*);  
di BBU arahnya berlawanan jarum jam, di BBS searah jarum jam.
- *Antisiklon*: pusat tekanan udara tinggi dikelilingi area bertekanan udara makin rendah (*divergen*);



di BBU searah jarum jam, di BBS berlawanan jarum jam.

#### Beberapa jenis angin

- **Angin Bahorok** adalah angin Fohn yang bertiup di daerah dataran rendah Deli Utara, Sumatra Utara. Karena datangnya dari arah kota Bohorok, maka dinamakan Angin Bohorok. Bohorok terletak pada arah barat-barat-laut dari Medan.
- **Angin Fohn** adalah angin yang bertiup di bagian belakang atau di bagian bawah angin gunung atau pegunungan dengan sifat panas, kering, kencang dan ribut. Hal ini disebabkan oleh udara yang dipaksa secara mekanik menaiki dan melewati puncak dan kemudian menuruni lereng bagian belakang gunung. Udara yang turun ini mengalami pemanasan adiabatik.
- **Angin Gending** adalah angin Fohn yang berhembus dari gunung dan pegunungan di sebelah tenggara menuju Probolinggo, Jawa Timur. Dinamakan demikian karena datangnya dari arah kota Gending.
- **Angin Geostrofik** adalah angin teoretis dengan gaya yang bekerja kepadanya hanya gaya gradien tekanan dan gaya coriolis yang sama besar dan berlawanan arahnya. Angin ini bertiup sejajar dengan isobar yang lurus dengan laju konstan. Angin nyata akan mendekati angin geostrofik pada ketinggian jauh dari permukaan bumi, dengan tidak ada gaya gesekan, yaitu kira-kira di atas ketinggian 1000 m dari permukaan bumi.

#### G. GERAK ATMOSFER

##### 1. Gaya gradien tekanan horizontal

adalah gaya utama penggerak angin. dimana  $P$  adalah tekanan,  $\rho$  adalah densitas udara, dan  $x$  adalah jarak. Karena itu gaya akan berbanding terbalik dengan jarak antar isobar, tegak lurus terhadap isobar dan mengarah dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Gaya tekanan akan mempercepat gerak partikel udara ke arah tekanan rendah.

##### 2. Gaya coriolis

adalah gaya yang diperkenalkan untuk menjelaskan penyimpangan gerak objek pada suatu bingkai referensi yang berputar, seperti bumi misalnya, Gaya coriolis bekerja tegak lurus terhadap arah gerak dan sumbu rotasi bingkai referensi

Bumi berbentuk bola → lebih kompleks dari piringan.

Di atmosfer, kita hanya tertarik terhadap komponen **horizontal** gaya coriolis yang besarnya (per unit masa):

$$2\omega V \sin\phi$$

$\omega$  = kecepatan sudut bumi

$V$  = kecepatan angin

$\phi$  = lintang

Karena itu maksimum di kutub dan nol di equator dan pembelokan ke kanan di BBU, dan ke kiri di BBS

### 3. Gaya gradien tekanan = gaya coriolis

Kecepatan angin Geostropik berbanding lurus dengan gradien tekanan dan bergantung terbalik dengan lintang.

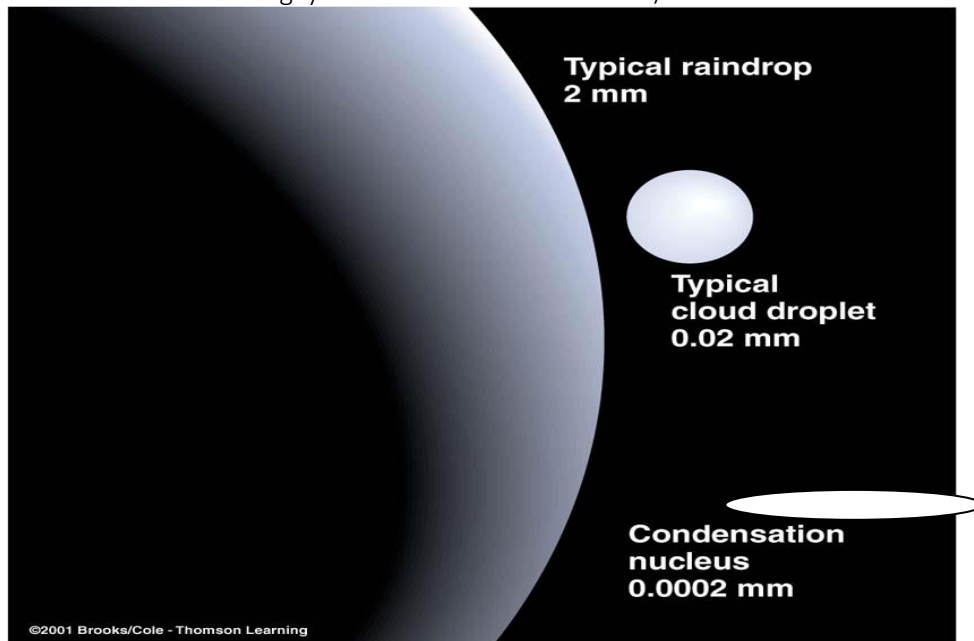
- ⇒ Untuk gradien tekanan yang
  - konstan, kecepatan angin
  - geostropik berkurang kearah
  - kutub.

N.B.

Perubahan densitas udara  $\rho$  sangat kecil pada lintang yang tetap, dan diasumsikan konstan, tetapi berkurang secara signifikan dengan pertambahan ketinggian.

- ⇒ gaya gradien tekanan untuk
  - gradien tekanan tertentu
  - bertambah dengan ketinggian.
- ⇒ kecepatan angin geostropik
  - bertambah dengan ketinggian.

Aliran Geostropik merupakan aproksimasi untuk observasi angin di atmosfer bebas, kecuali disekitar ekuator dimana gaya coriolis mendekati nilai nol/zero

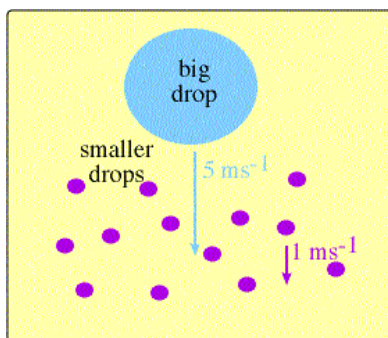


Tetes kabut dan awan terbentuk oleh agregasi molekul uap air melalui proses kondensasi pada inti kondensasi awan yang higroskopis

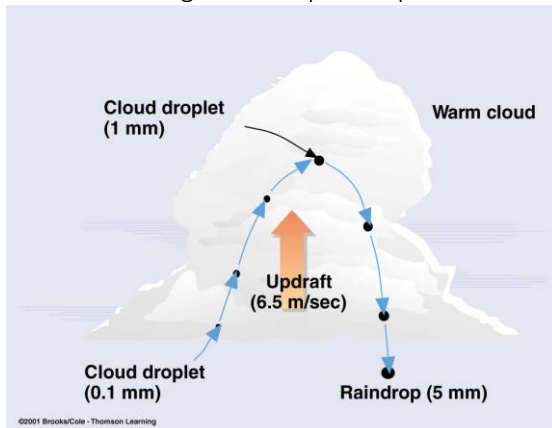
Pada RH 75% - 80% kebanyakan inti kondensasi mulai tumbuh. Saat RH mendekati 100%, inti kondensasi yang lain menjadi teraktifasi.

Awalnya, tetes kecil tumbuh dengan cepat dalam suatu parcel udara yang mendingin, tetapi saat menjadi besar, laju pertumbuhannya menurun dengan cepat sehingga proses pertumbuhan kondensasi ini menjadi demikian lambat untuk menghasilkan tetes air berukuran tetes hujan (butuh waktu berhari-hari)

Dalam 'awan panas', tetes hujan dapat tumbuh melalui proses tumbukan dan tangkapan (**collision and coalescence**). Dalam proses ini, tetes besar yang jatuh akan bertambah besar akibat tumbukan dengan tetes2 kecil dalam lintasan jatuhnya. Mekanisme ini bekerja karena tetes besar jatuh lebih cepat daripada tetes kecil.



Updraft dalam awan cenderung menahan tetes jatuh untuk naik. Tetes dengan kecepatan terminal kurang dari kecepatan updraft akan diangkat ke level yang lebih tinggi ke dalam awan.



**SOAL**

1. Alat –alat meteorologi apa sajakah yang biasa ditempatkan dalam sangkar stefenson
  - a. Termohigrograf, termometer tanah, termometer max-min
  - b. Termohigrograf, evaporimeter, termometer bola basah-bola kering
  - c. Piche evaporimeter, champbell stokes, termohigrograf
  - d. Termometer max-min, termohigrograf, psikrometer
  - e. Evaporimeter, termometer max-min, termometer tanah
2. Lapisan atmosfer dimana meteor akan terbakar saat memasuki bumi adalah..
  - a. Troposfer
  - b. Stratosfer
  - c. Mesosfer
  - d. Termosfer
  - e. Homosfer
3. Permukaan bumi terlindungi dari sinar Ultra Violet karena adanya lapisan ozon yang terkonsentrasi pada ketinggian...
  - a. 2 dan 10 km
  - b. 5 dan 15 km
  - c. 15 dan 25 km
  - d. 15 dan 35 km
  - e. 20 dan 25 km
4. Tetes hujan terbentuk dari tumbukan dan penggabungan tetes awan yang memiliki diameter...
  - a. 0.02 mm
  - b. 0.2 mm
  - c. 2 mm
  - d. 0.1 mm
  - e. 1 mm
5. Pernyataan yang benar terkait pembentukan tetes hujan secara collisions-coalescence adalah...
  - a. Terjadi pada awan dingin
  - b. Melibatkan tetes air lewat dingin
  - c. Tidak memerlukan inti kondensasi
  - d. Tetes besar memiliki kecepatan terminal besar
  - e. Semua jawaban benar
6. Awan noctilucent merupakan awan yang paling tinggi terbentuk di atmosfer, awan tersebut hanya bisa terjadi pada lapisan..
  - a. Termosfer
  - b. Mesosfer
  - c. Stratosfer
  - d. Troposfer
  - e. Ionosfer
7. Hasil presipitasi es yang biasanya menempel pada ranting tumbuhan, atau benda padat lainnya disebut dengan...
  - a. Sleet

- b. Graupel
  - c. Rime ice
  - d. Snowflakes
  - e. Hail
8. Fenomena hujan seperti gambar disamping disebut dengan..
- a. Shower
  - b. Drizzle
  - c. Snow
  - d. Virga
  - e. Rime ice
- 
9. Fenomena langit yang terjadi di kutub utara/selatan bumi akibat pengaruh medan magnet bumi adalah...
- a. Virga
  - b. Meteor shower
  - c. Aurora
  - d. Halo
  - e. Thunderstorm
10. Jenis awan yang biasanya mampu menghasilkan halo adalah...
- a. Nimbostratus
  - b. Cumulonimbus
  - c. Stratocumulus
  - d. Altocumulus
  - e. Sirostratus
11. Ciri-ciri yang benar saat awan cumulonimbus sudah memasuki tahap matang adalah...
- a. Mulai ada downdraft yang kuat
  - b. Menimbulkan drizzle
  - c. Tersisa hanya downdraft
  - d. Pertumbuhan vertikal awan dimulai
  - e. Semua salah
12. Campbell stokes adalah alat meteorologi yang digunakan untuk mengukur..
- a. Temperatur permukaan bumi
  - b. Radiasi matahari
  - c. Energi matahari
  - d. Tutupan awan
  - e. Lama penyinaran matahari
13. Panas yang ditransfer ke dalam atau menembus atmosfer di bumi dengan cara...
- a. Hamburan dan pantulan
  - b. Konduksi
  - c. Pemanasan laten
  - d. a dan b benar
  - e. a, b dan c benar

14. hasil presipitasi es berupa hail terkadang bisa menghasilkan ukuran yang besar dan berlapis, hal ini disebabkan oleh..
  - a. downdraft yang kuat dan stabil
  - b. hail mengalami updraft yang berulang hingga akhirnya jatuh
  - c. awan cumulonimbus berkembang baik dan bertahan lama
  - d. updraft terjadi di seluruh bagian awan
  - e. adanya pasokan presipitasi yang banyak
15. Alat meteorologi untuk mengukur evapotranspirasi adalah
  - a. Lisimeter
  - b. Panci penguapan
  - c. Higrometer
  - d. Psikrometer
  - e. Evapotransmeter
16. Pak Bani adalah seorang nelayan tradisional yang tinggal di daerah cilincing jakarta utara, beliau dalam mencari ikan memanfaatkan saat-saat terjadinya pasang surut laut. Untuk meningkatkan pendapatan mencari ikan beliau harus mengukur pasang surut yang terjadi dengan alat bernama
  - a. Tide staff
  - b. Tide meter
  - c. Tide gauge
  - d. a dan b benar
  - e. a dan c benar
17. rata-rata ketebalan troposfer di kutub adalah...
  - a. 5 km
  - b. 8 km
  - c. 10 km
  - d. 12 km
  - e. 15 km
18. Jenis awan yang mampu menghasilkan hujan dengan intensitas sedang dengan durasi yang lama adalah...
  - a. Nimbostratus
  - b. Altocumulus
  - c. Cumulonimbus
  - d. Stratocumulus
  - e. Sirocumulus
19. El nino dan La Nina merupakan fenomena meteorologi yang mempengaruhi posisi sel udara yang melintang di ekuator yang disebut dengan..
  - a. Sel Hadley
  - b. Sel Walker
  - c. Sel Ferrel
  - d. Sel Kutub
  - e. Semua salah
20. Ketinggian ideal anemometer agar hasil perhitungannya akurat adalah
  - a. 7 meter



- b. 10 meter
  - c. 11 meter
  - d. 15 meter
  - e. 25 meter
21. Besarnya perbandingan antara massa uap air dalam volume udara lengas disebut dengan..
- a. Kelembapan nisbi
  - b. Kelembapan spesifik
  - c. Kelembapan mutlak
  - d. Mixing ratio
  - e. Kelembapan absolut
22. Hujan yang diakibatkan oleh naiknya udara disebut dengan...
- a. Hujan orografis
  - b. Hujan fohn
  - c. Hujan zenital
  - d. Drizzle
  - e. Hujan konveksi
23. Awan yang terbentuk di belakang gunung akibat dari efek fohn adalah...
- a. Stratocumulus Mammatus
  - b. Altostratus lenticularis
  - c. Sirostratus spissatus
  - d. Altocumulus undulatus
  - e. Cumulus humilis
24. Dampak fenomena El Nino terhadap kondisi cuaca global adalah...
- a. Melemahnya angin pasat timuran
  - b. Menguatnya sirkulasi walker
  - c. Melemahnya monsoon
  - d. Jawaban a dan b benar
  - e. Jawaban a dan c benar
25. Faktor yang mempengaruhi jumlah radiasi yang masuk ke Bumi adalah...
- a. Jarak Matahari – Bumi
  - b. Derajat lintang
  - c. Rotasi bumi
  - d. Jawaban a dan b benar
  - e. Jawaban a, b, dan c benar
26. Daerah pertemuan angin yang merupakan pita berangin tenang disebut dengan...
- a. Jetstream
  - b. Doldrum
  - c. Pasat
  - d. Konvergension zone
  - e. Turbulen zone
27. Nama alat ukur pada gambar di samping adalah
- a. Higrometer



- b. Termometer ruangan
- c. Barometer aneroid
- d. Psikrometer
- e. Anemometer

Peta sinoptik di bawah untuk soal 7-9



28. Arah angin adalah ke..
- a. Barat laut
  - b. Timur laut
  - c. Barat daya
  - d. Tenggara
  - e. Selatan
29. Suhu udara adalah..
- a. 15°C
  - b. 22°C
  - c. 30°F
  - d. 15°F
  - e. Tidak ada informasi
30. Berapa nilai tekanan udaranya..
- a. 978,5 mb
  - b. 785,0 mb
  - c. 1097,85 mb
  - d. 785,9 mb
  - e. Tidak ada informasi



@alc\_indonesia

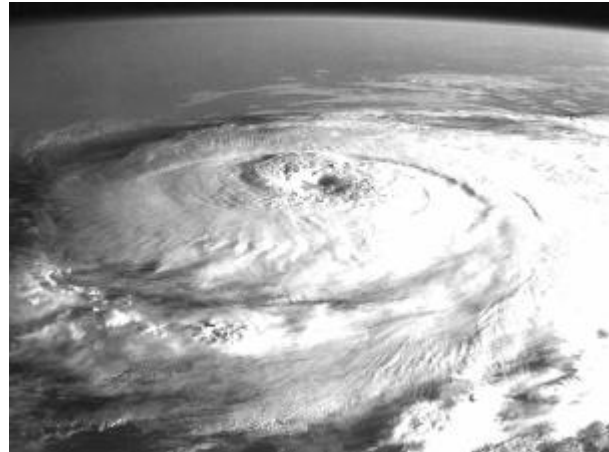


## DINAMIKA ATMOSFER

### 1. Siklon Tropis

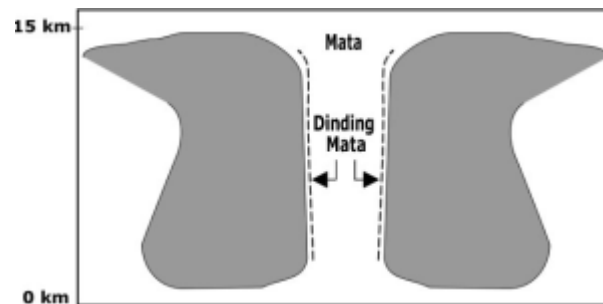
#### 1.1. Pendahuluan

Siklon Tropis (Tropical Cyclone) merupakan istilah dalam meteorologi untuk suatu daerah bertekanan sangat rendah yang ditopang oleh angin yang berputar dengan kecepatan lebih dari 118 km/jam. Dilihat dari atas, siklon tropis tampak seperti pusaran awan yang bergerak dengan diameter ratusan kilometer. Bagian tengah siklon tropis disebut mata dengan diameter antara 10 hingga 100 kilometer dan



Gambar 1. Foto udara siklon tropis

menjulang dengan ketinggian mencapai 12 – 15 km. Pada bagian mata ini, keadaan cuacanya cerah dengan angin yang relatif tenang. Mata siklon tropis di kelilingi oleh dinding mata berupa angin yang bergerak spiral dari bawah ke atas dan dipenuhi awan-awan. Pada dinding mata ini keadaan cuaca sangat buruk dengan hujan lebat, badai guruh serta tiupan angin sangat kencang.



Gambar 2. penampang dalam struktur siklon

#### 1.2. Terbentuknya Siklon Tropis

Siklon tropis terbentuk di atas laut di daerah tropis. Beberapa kondisi yang menyebabkan siklon tropis terbentuk, diantaranya:

- Samudera atau laut yang luas dengan suhu permukaan laut yang cukup panas, yaitu di atas 26° C.
- Siklon tropis tidak terbentuk di atas daratan.
- Daerah tropis dengan lintang minimal 5° atau sekitar 500 km dari khatulistiwa.
- Sebelum terjadi siklon tropis di suatu daerah, terdapat gangguan cuaca di daerah tersebut.

- e. Kelembapan udara pada permukaan sampai ketinggian 6 km cukup besar.
- f. Kecepatan angin relatif tinggi.
- g. Pembentukan silon tropis terjadi ketika:
  - 1) Suhu permukaan laut yang panas (di atas  $26^{\circ}\text{C}$ ) menyebabkan tekanan di atas permukaan laut tersebut menjadi rendah.
  - 2) Adanya pusat bertekanan rendah ini menimbulkan angin yang bergerak dari yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah tersebut.
  - 3) Gaya Coriolis menyebabkan angin yang menuju daerah tekanan rendah dibelokkan dan pada jarak tertentu angin tersebut naik ke atas secara spiral.
  - 4) Udara basah yang terbawa oleh angin yang bergerak ke atas tersebut kemudian berkondensasi (mengembun), membentuk awan sambil melepaskan panas laten.
  - 5) Panas laten menyebabkan udara disekitarnya memuai dan terdorong keluar dari pusat badai. Hal ini menyebabkan tekanan di lapisan bawah terus berkurang sehingga angin bergerak masuk lebih cepat dan lebih banyak uap air yang terbawa.
  - 6) Siklus ini terus berulang membuat badai lebih hebat sampai ada faktor yang membuatnya lemah.

### 1.3. Fase Pertumbuhan Siklon Tropis

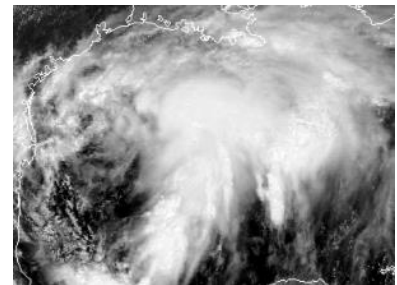
Pembentukan siklon tropis mengalami beberapa tahap, yaitu depresi tropis, badai tropis dan kemudian siklon tropis.

#### 1. Gangguan Tropis

Ditandai dengan gangguan atmosfer, mulai terbentuknya perawanan dengan awan-awan konvektif. Belum ada pusat sirkulasi, namun terkadang sudah mulai terbentuk sabuk perawanan spiral

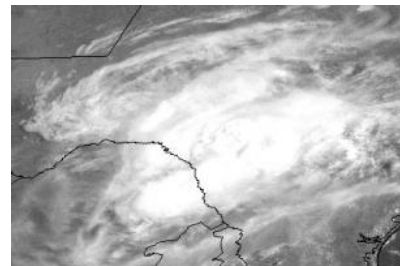
#### 2. Depresi Tropis

Jika angin di atas permukaan yang masuk berkecepatan antara 37–63 km per jam (20-34 knot) maka disebut depresi tropis. Bentuknya belum mempunyai mata dan tidak berpilin.



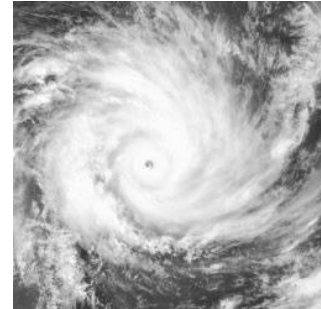
#### 3. Badai Tropis

Jika kecepatan angin terus meningkat mencapai antara 64-118 km per jam (35-64 knot), depresi tropis tumbuh menjadi badai tropis. Bentuk sikloniknya (berpilin) sudah mulai terbentuk namun belum memiliki mata.



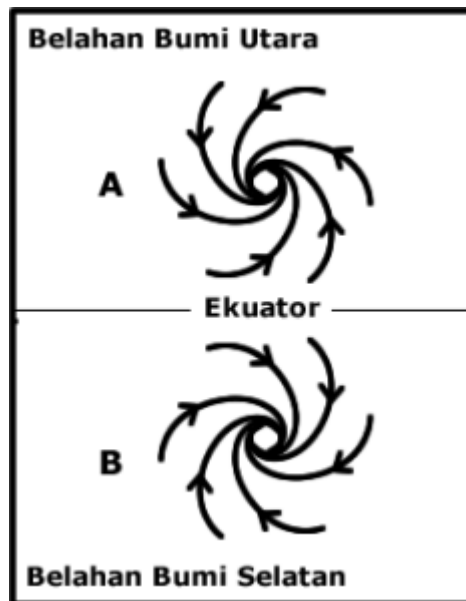
#### 4. Siklon Tropis

Jika kecepatan angin mencapai lebih besar dari 118 km/jam ( $>64$  knot), maka badai tropis tumbuh menjadi siklon tropis. Mata dan pusaran angin sudah terbentuk. Depresi Tropis



##### 1.4. Rotasi

Arah rotasi atau putaran pada siklon tropis tergantung pada daerah pembentukannya. Di belahan bumi bagian selatan, arah rotasi searah dengan putaran jarum jam. Sedangkan di belahan bumi bagian utara, arah rotasi berlawanan arah dengan putaran jarum jam. Arah rotasi tersebut dipengaruhi oleh gaya Coriolis.



Gambar 3. arah putaran siklon pada BBU dan BBS

Arah putaran siklon tropis. Di belahan bumi bagian selatan (B) searah dengan putaran jarum jam. Di belahan bumi bagian utara (A) berlawanan arah dengan putaran jarum jam.

##### 1.5. Pelemahan

Siklon tropis merupakan sistem yang besar terdiri dari angin, awan, dan badai guruh. Sumber energi utamanya adalah panas laten yang dilepaskan oleh proses kondensasi

(pengembunan) uap air menjadi awan. Berkurangnya proses kondensasi dan panas laten menyebabkan kekuatan siklon tropis melemah. Oleh karena itu, siklon tropis dapat lenyap jika:

- Siklon tropis bergerak memasuki daratan. Ketika memasuki daratan, pasokan uap air berkurang sehingga mengurangi penguapan yang selanjutnya kondensasi dan panas laten ikut berkurang.
- Siklon tropis bergerak menjauhi daerah tropis. Di luar tropis, suhu relatif lebih dingin sehingga proses penguapan berkurang.
- Dari mulai pembentukannya, siklon tropis dapat terus hidup dari beberapa jam hingga dapat bertahan sampai 2 minggu.

## 1.6. Terjadinya Siklon

### 1.6.1. Wilayah Terbentuknya Siklon Tropis

Siklon tropis terbentuk di lautan tropis. Wilayah pembentukan siklon tropis tersebut dibagi menjadi 6 bagian, yaitu: 1) Samudera Atlantik Utara, 2) Samudera Pasifik Utara bagian Timur, 3) Samudera Pasifik Utara bagian Barat, 4) Samudera Hindia Utara, 5) Samudera Hindia Selatan bagian Barat, 6) Samudera Hindia Selatan bagian Timur dan 7) Samudera Pasifik Selatan bagian Barat.



*Gambar 4. daerah yang memungkinkan menjadi tempat pembentukan atau pertumbuhan siklon*

### 1.6.2. Waktu Terjadinya Siklon Tropis

Siklon tropis terjadi secara musiman. Waktu kejadiannya tergantung pada tempat. Peluang waktu terjadinya siklon tropis di beberapa daerah di berikan pada tabel berikut.

Samudera Atlantik Utara antara Juni – November  
 Samudera Pasifik Utara bagian Timur antara Mei – November  
 Samudera Pasifik Utara bagian Barat antara April – Januari  
 Samudera Pasifik Selatan bagian Barat antara Oktober – Mei  
 Samudera Hindia Utara antara April – Desember  
 Samudera Hindia Selatan antara Oktober – Mei

## 1.7. Penamaan Siklon Tropis

Di tempat yang berbeda, siklon tropis dikenal dengan istilah yang berbeda. Di samudera Hindia (Indonesia, India, Srilangka) dikenal sebagai “Siklon Tropis” atau Badai Siklon. Di



samudera Atlantik dan Pasifik sebelah timur (Amerika) dikenal sebagai “Hurricane”. Di Samudera Pasifik Utara bagian Barat (Filipina, Cina, Jepang) dikenal dengan istilah “Typhoon”.

Siklon tropis (Hurricane, Typhoon) yang terbentuk pada suatu waktu di suatu tempat diberi nama untuk memudahkan mengingat dan mengenalnya. Nama-nama tersebut dipakai berdasarkan abjad dan terus di ulang. Yaitu, misalkan suatu waktu terbentuk siklon tropis dan diberi nama Alex, kemudian terjadi lagi siklon tropis, siklon tropis ini diberi nama Bessi, kemudian terjadi lagi siklon tropis diberi nama Clancy dan seterusnya sampai nama-nama dalam tabel tersebut habis digunakan untuk kemudian kembali ke awal.

Jika suatu saat suatu siklon dengan nama tertentu dianggap sangat merusak, maka nama siklon tersebut dihilangkan dari daftar dan diganti dengan nama lain yang berawalan sama. Misalkan, Oscar terjadi sangat merusak, maka nama Oscar diganti dengan nama lain yang berawalan “O”, bisa saja Obelix misalnya.

Indonesia melalui BMG (Badan Meteorologi dan Geofisika) telah dipercaya oleh WMO (Badan Meteorologi Dunia) untuk memantau kejadian siklon tropis yang terbentuk di samudera Hindia dan sekaligus diberi wewenang untuk memberi nama siklon tropis – siklon tropis tersebut. Sehingga di tahun-tahun mendatang, nama-nama khas Indonesia mungkin akan digunakan dalam penamaan siklon tropis yang terbentuk di samudera Hindia.

## **2. Tornado**

### **2.1. Pendahuluan**

Tornado adalah di antara badai paling kejam di Bumi, dengan potensi untuk menyebabkan kerusakan yang sangat serius. Perubahan lapisan udara merupakan pemicu lahirnya tornado. Dalam hal ini jika lapisan udara dingin berada diatas lapisan udara panas, udara panas naik dengan kecepatan 300-an km/jam, udara yang menyusup dari sisi inilah yang mengakibatkan angin berputar sehingga membentuk tornado, dan bila sudah sempurna maka sebuah tornado bisa memiliki kecepatan hingga 400 km/jam serta lebar cerobong antara 15 - 365 meter.

### **2.2. Proses Pembentukan Tornado**

Berikut ini gambaran proses terjadinya badai tornado:

Udara panas yang terus menerus menghantam bumi akan menyebabkan suhu tanah meningkat. Dan ketika suhu panas meningkat, udara panas dan lembab yang ada di udara akan mulai naik dan semakin naik.



Ketika udara panas, udara lembab dan dingin memenuhi udara kering, dan terangkat ke atas, kemudian akan masuk ke lapisan udara atas. Pada fase ini sebuah awan petir mulai tercipta.



Pergerakan udara keatas yang terjadi sangat cepat dan adanya angin dari sisi samping menyebabkan arah yang berbeda dan membentuk sebuah pusaran.



Sebuah kerucut hasil putaran udara yang berpilin tersebut mulai terbentuk dan terlihat dari awan ke permukaan tanah. Seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



### 2.3. Skala Fujita

Masalah utama untuk mengukur kekuatan tornado adalah hancurnya setiap peralatan pengukur. Para ahli cuaca mengandalkan varian dari apa yang disebut sebagai skala Fujita sejak 1971. Skala ini merupakan terobosan yang dipelopori Theodore Fujita dari Universitas Chicago.

Fujita mengategorikan tornado dalam lima skala, mulai dari EF0 sebagai simbol kekuatan rendah sampai EF4 yang menghancurkan dan EF5 sebagai luar biasa. Ukuran tersebut pertama kali dipublikasikan dalam jurnal ilmiah *Gale*.

Selama hampir tiga dekade, skala Fujita menjadi ukuran yang dianggap efektif untuk mengetahui kekuatan badai yang merusakkan bangunan dan tumbuhan. Namun, badai besar, terutama di Jarrel, Texas, pada 1997 dan di Moore, Oklahoma, pada 1999 memperlihatkan ukuran tersebut sudah tak lagi memadai.

#### 2.3.1. Peningkatan skala Fujita

Karenanya, pada 2007 skala Fujita ditingkatkan lagi dengan pengukuran kecepatan yang lebih mendetail. Peningkatan pengukuran yang baru, memasukkan 28 indikator kerusakan, dengan mencantumkan batas bawah dan batas atas angin yang dapat menyebabkan kerusakan tersebut.

Peningkatan skala Fujita memunculkan angka-angka sebagai berikut, berurutan dari level rendah sampai tertinggi:

- EF0, tornado berkecepatan 105-137 kilometer per jam
- EF1, tornado berkecepatan 138-177 kilometer per jam
- EF2, tornado berkecepatan 178-217 kilometer per jam
- EF3, tornado berkecepatan 218-266 kilometer per jam
- EF4, tornado berkecepatan 267-322 kilometer per jam
- EF5, tornado berkecepatan lebih dari 322 kilometer per jam

| Scale | Wind speed |         | Relative frequency | Potential damage                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
|-------|------------|---------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|       | mph        | km/h    |                    |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |
| EF0   | 65–85      | 105–137 | 53.5%              | Minor or no damage.<br>Peels surface off some roofs; some damage to gutters or siding; branches broken off trees; shallow-rooted trees pushed over.<br>Confirmed tornadoes with no reported damage (i.e., those that remain in open fields) are always rated EF0.   |  |
| EF1   | 86–110     | 138–178 | 31.6%              | Moderate damage.<br>Roofs severely stripped; mobile homes overturned or badly damaged; loss of exterior doors; windows and other glass broken.                                                                                                                      |  |
| EF2   | 111–135    | 179–218 | 10.7%              | Considerable damage.<br>Roofs torn off well-constructed houses; foundations of frame homes shifted; mobile homes completely destroyed; large trees snapped or uprooted; light-object missiles generated; cars lifted off ground.                                    |  |
| EF3   | 136–165    | 219–266 | 3.4%               | Severe damage.<br>Entire stories of well-constructed houses destroyed; severe damage to large buildings such as shopping malls; trains overturned; trees debarked; heavy cars lifted off the ground and thrown; structures with weak foundations are badly damaged. |  |
| EF4   | 166–200    | 267–322 | 0.7%               | Extreme damage.<br>Well-constructed and whole frame houses completely leveled; cars and other large objects thrown and small missiles generated.                                                                                                                    |  |
| EF5   | >200       | >322    | <0.1%              | Total Destruction.<br>Strong-framed, well-built houses leveled off and foundations swept away; steel-reinforced concrete structures are critically damaged; tall buildings collapse or have severe structural deformations.                                         |  |

*Gambar 5. Skala Fujita (skala klasifikasi Tornado)*

### 3. Iklim

#### 3.1. Macam-macam klasifikasi iklim.

Berdasarkan cara penentuan criteria klasifikasinya maka klasifikasi iklim dapat dibagi menjadi:

##### 1. Klasifikasi iklim secara genetic

yaitu klasifikasi iklim yang mendasarkan kriterianya pada faktor-faktor iklim peyebab seperti aliran masa udara, zona-zona angin, benua dan lautan atau perbedaan penerimaan radiasi surya. Umumnya menghasilkan klasifikasi daerah yang luas tetapi kurang teliti.

##### 2. Klasifikasi iklim secara empiric

yaitu klasifikasi iklim yang kriterianya didasarkan pada hasil pengamatan yang teratur terhadap unsur-unsur iklim.menghasilkan daerah klasifikasi yang sempit dan lebih teliti.

##### 3.1.1. Klasifikasi secara genetic.

###### a. Klasifikasi iklim menurut daerah penerimaan radiasi surya

Ini adalah klasifikasi iklim yang paling sederhana menurut ahli yunani kuno. Yang membagi bumi menjadi lima wilayah yaitu tropika, dua iklim subtropika dan dua iklim kutub. Yang masing-masing dibatasi oleh empat garis astronomi parallel (garis lintang). iklim tropis berada pada 23,5 LU-23,5 LS, iklim kutub berada 66,5 LU/LS sampai kutub. Sedangkan iklim subtropik berada antara iklim tropika dan iklim kutub.

###### b. Klasifikasi iklim berdasarkan sirkulasi udara

Dasar penentuan iklim pada klasifikasi ini adalah pada sirkulasi udara yang dapat menghubungkan dengan iklim wilayah sesuai dengan zona angin dan masa udara. Tahun 1950 Fohn mengusulkan klasifikasi iklim berikut berdasarkan aliran angin dan karakteristik hujan:

| no | Tipe iklim                                               | Sifat-sifat                                    | Tipe vegetasi                          |
|----|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1  | Zona equatorial (Equatorial Westerly)                    | Basah terus-menerus                            | Hutan hujan tropis, hujan monsoon      |
| 2  | Zona tropika (Tropical winter Trade)                     | Hujan musim panas                              | Savanna, hutan kering                  |
| 3  | Zona Subtropika kering (sub tropical dry)                | Kering                                         | Stepa, gurun stepa, gurun              |
| 4  | Zona hujan winter sub-tropika (sub tropical winter rain) | Hujan musim dingin                             | Pohon berdaun keras                    |
| 5  | Zona ekstra tropika (extra tropical westerly)            | Hujan sepanjang tahun                          | Pohon berdaun lebar dan hutan campuran |
| 6  | Zona sub polar                                           | Hujan sepanjang tahun terbatas                 | Hutan conifer                          |
| 7  | Zona boreal                                              | Hujan musim panas                              | Tundra                                 |
| 8  | Zona kutub                                               | Hujan musim panas, salju musim dingin terbatas | Gurun es                               |

### 3.1.2. Klasifikasi Iklim secara empiric

Perbedaan iklim di setiap negara banyak dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya lokasi negara, kedudukan matahari, luas darat dan luas laut, topografi, dll. Faktor-faktor itu biasa disebut pengendali iklim. *Pengendali iklim* dapat mengatur keberadaan unsur-unsur atau elemen-elemen iklim di suatu wilayah. Ada dua faktor pengendali iklim, yaitu:

#### a. Faktor Luar Bumi

Faktor pengendali iklim dari luar bumi ialah matahari. Sinar matahari adalah sebagai sumber panas atau energi bagi bumi. Panas matahari atau energi mampu mempengaruhi keberadaan dan perkembangan terhadap: angin, awan, hujan, temperatur, tekanan udara, dll. Kedudukan matahari terhadap bumi atau sebaliknya, sepanjang tahun tidak sama, tetapi selalu bergeser. Hal ini dapat terjadi karena rotasi dan revolusi oleh bumi terhadap matahari, sehingga luasan daerah di bumi yang mendapat energi selalu berubah, baik kuantitas, kualitas, dan lama waktunya. Kedudukan matahari terhadap bumi berpengaruh besar bagi pembagian daerah iklim di bumi.

#### b. Faktor Dalam Bumi

Faktor pengendali iklim dari dalam bumi ditentukan oleh manusia dan faktor fisis daerah bersangkutan. Pengendali iklim oleh manusia tidak banyak merubah keadaan dan perkembangan iklim, tetapi hanya mampu memperkecil pengaruh iklim, seperti membuat hujan buatan. Keadaan fisis daerah yang berperan sebagai pengatur iklim adalah:

1. Garis Lintang
2. Bentuk muka bumi
3. Topografi
4. Daerah tekanan udara
5. Permukaan tanah
6. Luas darat dan laut

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan penggunaan klasifikasi iklim adalah :

- Tujuan klasifikasi iklim dibuat untuk : pertanian, kelautan, penerbangan dll
- Luas cakupan wilayah klasifikasi iklim : makro, meso, dan mikro.
- Latar belakang pembuatan klasifikasi iklim
- Ada tiga klasifikasi iklim yang biasa digunakan di Indonesia, antara lain :
- Koppen digunakan untuk iklim pada tumbuhan/vegetasi
- Schmidt-Ferguson digunakan untuk iklim kehutanan dan perkebunan.
- Oldeman digunakan untuk iklim lahan pertanian pangan.

a. Klasifikasi Schmidt & Fergusson

Schmidt dan Fergusson menggunakan dasar adanya bulan basah dan bulan kering seperti yang dikemukakan oleh Mohr. Perbedaan terdapat pada cara mencari bulan basah dan bulan kering. Hal ini juga merupakan alasan pembagian iklim tersendiri untuk Indonesia. Menurut Mohr bulan basah dan bulan kering berdasarkan Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Klasifikasi bulan menurut Mohr

| Jenis bulan  | Curah hujan/bulan |
|--------------|-------------------|
| Bulan basah  | ≥ 100             |
| Bulan lembab | 60-100            |
| Bulan kering | ≤ 60              |

Schmidt dan Fergusson mendapatkan bulan basah dan bulan kering bukan mencari harga rerata curah hujan untuk masing-masing bulan tetapi dengan cara tiap tahun adanya bulan basah dan bulan kering dihitung kemudian dijumlahkan untuk beberapa tahun kemudian direrata. Hal ini mengingat, jika digunakan harga rerata masing-masing bulan adanya bulan basah dan bulan kering yang tiap tahun bergeser kemungkinan sekali tidak nampak pada harga rerata bulan basah.

$$Q = \frac{\text{Jumlah rerata bulan kering}}{\text{Jumlah rerata bulan basah}}$$

Jumlah rerata bulan kering dan bulan basah didapat dari data hujan seluruh Indonesia antara tahun 1921 – 1940 dengan menghilangkan tempat-tempat yang mempunyai data sepuluh tahun.

Berdasarkan besarnya nilai Q, Schmidt dan Fergusson menentukan tipe hujan di Indonesia, yang disajikan pada Tabel 1.2.

| Golongan | Nilai Q ( % )       | Uraian            |
|----------|---------------------|-------------------|
| A        | $0 < Q < 0,143$     | Sangat basah      |
| B        | $0,143 < Q < 0,333$ | Basah             |
| C        | $0,333 < Q < 0,600$ | Agak basah        |
| D        | $0,600 < Q < 1,000$ | Sedang            |
| E        | $1,000 < Q < 1,670$ | Agak kering       |
| F        | $1,670 < Q < 3,000$ | Kering            |
| G        | $3,000 < Q < 7,000$ | Sangat kering     |
| H        | $7,000 < Q$         | Luar biasa Kering |

Tabel 1.2. Klasifikasi iklim menurut Schmidt-Fergusson

b. Klasifikasi Koppen

Dasar klasifikasi Koppen adalah rerata curah hujan dan temperatur bulanan maupun tahunan. Tanaman asli dilihat sebagai kenampakan yang terbaik dari keadaan iklim sesungguhnya, sehingga batas iklim ditentukan dengan batas hidup tanaman. Koppen mengenalkan bahwa daya guna hujan terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman tidak tergantung pada hanya jumlah hujan tapi juga tergantung pada intensitas evaporasi yang menyebabkan hilangnya air yang cukup besar, baik dari tanah maupun dari tanaman.. Hubungan intensitas evaporasi dan daya guna hujan ditunjukkan dengan hubungan antara hujan dan temperatur. Misalnya: jumlah hujan yang sama yang terjadi di daerah iklim panas atau terpusat pada musim panas yang berarti evaporasi besar, adalah kurang bagi tanaman daripada yang jatuh di daerah beriklim sejuk. Walaupun demikian metode untuk mengukur daya guna hujan ini tidak begitu memuaskan.

Koppen menggunakan simbol-simbol tertentu untuk mencirikan tipe iklim. Tiap tipe iklim terdiri dari kombinasi dan masing-masing huruf mempunyai arti sendiri-sendiri. Koppen membagi bumi dalam 5 kelompok iklim, yaitu :

**A. Iklim Hujan Tropika (*Tropical Rainy Climates*)**

Iklim ini diberi simbol A. Daerah yang mempunyai temperatur bulan terdingin lebih besar daripada 18°C (64°F) termasuk iklim ini yang dibagi menjadi beberapa tipe iklim, yaitu:

1) Tropika Basah (Af)

Daerah yang termasuk tipe iklim ini harus memenuhi syarat di atas dan daerah bulan terkering hujan rerata lebih besar dari 60 mm.

2) Tropika Basah (Am)

Jumlah hujan pada bulan-bulan basah dapat mengimbangi kekurangan hujan pada bulan kering. Tipe ini memiliki bulan-bulan basah dan bulan-bulan kering. Bulan-bulan kering dapat diimbangi oleh bulan basah, sehingga pada daerah-daerah yang demikian basah terdapat hutan yang cukup lebat.

3) Tropika Basah Kering (Aw)

Jumlah bulan basah tidak dapat mengimbangi kekurangan hujan pada bulan kering sehingga vegetasi yang ada adalah padang rumput dengan pepohonan yang jarang.

**B. Iklim Kering (*dry climate*)**

35% of Earth's land surface , evaporation exceeds precipitation

1) Iklim steppe (Bs) : desert / precipitation < 1/2 evaporation



- 2) Iklim padang pasir (Bw) : precipitation > 1/2 evaporation

**C. Iklim sedang (*humid mesothermal climate*)**

27% of Earth's total surface area , 55 % of world's population , Warmest month > 50 degrees F, Coldest month > 32 degrees F but < 64.4 degrees F

- 1) Iklim sedang dengan musim panas yang kering (Cs – dry summer subtropical climate) : Dry summer / "Mediterranean"
- 2) Iklim sedang dengan musim dingin yang kering (Cw) : winter dry period
- 3) Iklim sedang yang lembab (Cf) : no dry season / all months > 1.2 in. precip.

**D. Iklim dingin (*humid microthermal climate*)**

21% of Earth's land surface (7% total surface) , warmest month > 50 deg F , coldest month < 32 deg F , great variability in temperature , snow climates , only in mountains in the southern hemisphere

- 1) Iklim dingin dengan musim dingin yang kering (Dw) : dry winter
- 2) Iklim dingin tanpa pernah kering (Df) : no dry period

**E. Iklim kutub (*polar*)**

warmest month below 50 degrees F

- 1) Iklim tundra (Et) : tundra and ice cap
- 2) Iklim es- salju abadi (Ef) : cold, ice climates

**c. Klasifikasi Oldeman**

Sistem klasifikasi iklim menurut Oldeman digunakan terutama pada lahan padi sawah lahan kering. Atas dasar pertimbangan bahwa curah hujan lebih besar atau sama dengan 200 mm per bulan dianggap cukup untuk usaha padi sawah, sedang untuk tanaman palawija curah hujan minimal 100 mm per bulan dianggap cukup. Umur padi sawah diperkirakan cukup selama 5 bulan. Oldeman membagi beberapa zone agroklimat seperti yang disajikan pada Tabel 3.1.

| Zone | Kriteria                   |                             |
|------|----------------------------|-----------------------------|
|      | Bulan Basah ( <200 mm/bln) | Bulan Kering ( <100 mm/bln) |
| A    | > 9                        | -                           |
| B1   | 7 – 9                      | < 2                         |
| B2   | 7 – 9                      | 2 – 4                       |
| C1   | 5 – 6                      | < 2                         |
| C2   | 5 – 6                      | 2 – 4                       |
| C3   | 5 – 6                      | 5 – 6                       |
| D1   | 3 – 4                      | < 2                         |
| D2   | 3 – 4                      | 2 – 4                       |
| D3   | 3 – 4                      | 5 – 6                       |
| D4   | 3 – 4                      | > 6                         |
| E1   | < 3                        | < 2                         |
| E2   | < 3                        | 2 – 4                       |
| E3   | < 3                        | 5 – 6                       |
| E4   | < 3                        | > 6                         |

Tabel 3.1 Klasifikasi iklim menurut Oldeman

#### 4. Massa Udara

##### 4.1. Definisi

Masa udara didefinisikan sebagai sekelompok besar udara dimana suhu, kelembaban, dan stabilitas hidrostatiknya relatif seragam pada arah horizontal. Kawasan sumber diartikan sebagai permukaan yang homogen dimana massa udara terbentuk. Diseluruh muka bumi kawasan sumber diklasifikasi menjadi empat lokasi, yaitu :

1. Samudera-samudera tropis dan subtropis hangat.
2. Padang pasir continental subtropis yang panas.
3. Samudera lintang tinggi yang relatif dingin.
4. Benua lintang tinggi yang dingin dan kawasan es/salju.

Dari empat kawasan sumber terbentuk empat kelas massa udara, yaitu :

1. Maritim tropis (mT)
2. Kontinental tropis (cT)
3. Maritim polar (mP)
4. Kontinental polar dan artik (cP dan cA)

##### 4.2. Karakteristik Fisik Massa Udara

Dari keempat kelas tersebut mempunyai karakteristik fisik seperti suhu, kelembaban spesifik, stabilitas yang berbeda-beda.

Karakteristik Fisik Massa Udara

| Massa Udara | Suhu (oC) | Kelembaban Spesifik (g/kg) | Stabilitas                            | Kawasan Sumber                                                  |
|-------------|-----------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| mT          | 22 – 30   | 15 – 20                    | Stabilitas bersyarat                  | Samudera tropis, Subtropis, Amazone, Congo basin, Asia tenggara |
| cT          | 30 – 42   | 5 – 10                     | Stabil bersyarat, lapse rate 0 – 3 km | Gurun subtropis, Sahara, dan Gurun Australia                    |

|                       |                  |                |                                            |                                                       |
|-----------------------|------------------|----------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| mP Winter<br>; Summer | 0 – 0 ;<br>2 – 4 | 3 – 8 ; 5 – 10 | Stabil bersyarat                           | Samudera pada<br>lintang 45 – 50<br>derajat dan Kutub |
| cP Winter             | -35 –<br>-20     | 0,2 – 0,6      | sangat stabil<br>(inversi di<br>permukaan) | Benua pada lintang<br>45 – 50 derajat                 |
| summer                | 5 – 15           | 4 – 9          | Stabil/stabil<br>bersyarat                 |                                                       |
| cA Winter             | -55 –<br>-35     | 0,05 – 0,2     | sangat stabil<br>(inversi 0 – 2<br>km)     | Antartika, Artik, dan<br>Greenland                    |

#### 4.3. Modifikasi Massa Udara

Massa udara adalah sekelompok massa yang bergerak dinamis, sehingga akan selalu bergerak dari kawasan sumber (asal terciptanya) ke lokasi yang lain. Perpindahan ini akan membawa konsekuensi terjadinya modifikasi. Modifikasi yang terjadi melalui dua cara, yaitu (1) akan terjadi permukaan lembab dan panas, (2) menjadi stabil (turun) atau menjadi tidak stabil (udara bergerak naik). Modifikasi yang terjadi tergantung pada wilayah yang dilewati bila wilayah yang dilewati hangat, maka massa udara akan termodifikasi menjadi hangat dan dituliskan pada huruf ketiganya huruf w, jika udara melewati lokasi yang dingin maka huruf ketiganya menjadi c. Setelah terjadinya pencampuran massa udara, maka udara akan mengalami dua hal, yakni menjadi tidak stabil atau stabil sehingga huruf keempatnya menjadi u untuk yang tidak stabil dan s untuk yang stabil. Peristiwa modifikasi massa udara secara simbolik dapat dituliskan sebagai berikut :

mT → mTw → mTws atau mTwu → mTc → mTcs atau mTcu

cT → cTw → cTws atau cTwu → cTc → cTcs atau cTcu

mP → mPw → mPws atau mPwu → mPc → mPcs atau mPcu

cP → cPw → cPws atau cPwu → cPc → cPcs atau cPcu

Keterangan : makna empat simbol huruf mT<sub>u</sub> adalah massa udara dari maritim tropis yang melewati lokasi yang hangat sehingga menjadi tidak stabil (u).

#### 4.4. ITCZ dan FRONT

ITCZ merupakan singkatan dari *Inter-Tropical Convergence Zones* merupakan tempat bertemunya dua massa udara yang memiliki sifat dan kekuatan yang sama, sehingga menjadi lokasi yang selalu identik dengan akan terjadinya konvergensi (naiknya massa udara) lalu tekanan udara menjadi rendah dikenal dengan istilah siklon yang pada akhirnya menjadi wilayah tempat semua angin akan bergerak ke arah ITCZ. Dampak yang terjadi adalah wilayah ini akan menjadi wilayah yang bercuaca buruk akan terbentuk awan besar yang berkembang vertikal (Cumulonimbus, Cb), sehingga akan terjadi hujan badai besar dengan angin dan petir. Pergerakan ITCZ pada Januari (terjauh ke selatan) dan Juli (terjauh ke utara).



Gambar 6. Posisi ITCZ bulan Januari dan Juli

Pada gambar terlihat bahwa ITCZ bergerak mengikuti lintasan semu matahari, sehingga akan melintasi ekuator sebanyak dua kali setahun dengan inklinasi terjauh 23,5derajat lintang utara dan selatan.

Front didefinisikan sebagai kawasan transisi tempat bertemunya dua massa udara yang berbeda sifat dan kekuatannya. Lokasi kejadian di lintang tinggi, sekitar 66,5derajat lintang utara dan selatan. Awal pembentukan, perkembangan, hingga penguatan front dikenal dengan istilah **Frontogenesis**, sedangkan fase akhir pelenyapan atau penghancuran front dikenal sebagai **Frontolisis**. Front sama halnya dengan ITCZ merupakan siklon (pusat tekanan rendah) sehingga mengakibatkan cuaca buruk.

##### 4.4.1. Jenis – Jenis Front

Berdasarkan hasil akhir dari pertempuran dua massa udara, mana yang menjadi dominan akan dijadikan nama dari front tersebut, sehingga diklasifikasikan menjadi lima (5) jenis front, yaitu :

1. Front dingin : massa udara dingin menggilas massa udara panas.
2. Front panas : massa uadar panas mendesak massa udara dingin.
3. Front campuran : front dingin dan front panas bertemu sehingga front dingin akan lebih cepat mengambil alih lokasi front panas.

4. Front quasi stasioner : apabila dua massa udara baik dingin maupun panas masing-masing tidak cukup kuat untuk saling mendesak, sehingga tidak jelas mana yang mendominasi.
5. Siklon frontal : adalah siklon ekstratropis yang mengandung sistem frontal.

#### 4.4.2. Ciri – Ciri Front

- a. Sepanjang garis front terjadi angin yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- b. Sepanjang front terdapat perbedaan suhu yang tajam.
- c. Cuaca buruk seperti hujan badai 2 jam pada front dingin, hujan gerimis yang lama (2 hari) pada front panas dan adanya kabut pada awal pembentukan front.
- d. Pada lokasi dekat front beda suhu T dan Td (suhu titik embun) kecil bahkan hampir sama.
- e. Garis isobar (garis-garis yang menghubungkan lokasi-lokasi yang memiliki tekanan udara yang sama) berbentuk patahan dan patahan terjadi pada lokasi siklon (tekanan rendah)

#### 4.4.3. Ciri Front Dingin dan Front Panas

| Indikator                                 | Front Dingin                                                                                               | Front Panas                                                                                             |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pada zona transisi                        | Mempunyai slope 1 : 80 hingga 1 : 150                                                                      | Slope antara 1: 120 hingga 1 : 300                                                                      |
| Proses kejadian front                     | Seperti skop membongkar tanah, udara panas terdesak, cepat, sehingga membentuk cuaca buruk dan squall line | Seperti udara naik pegunungan akan terbentuk kabut yang seringkali membuat hujan gerimis berkepanjangan |
| Awan-awan yang terbentuk                  | Cu (Cumulus) dan Cb (Cumulonimbus)                                                                         | Virus, Cirrocumulus, Cirrostratus, Altocumulus, dan Altostratus serta Nimbostratus, dan Cumulus         |
| Indikator selama front hingga berakhirnya | Hujan badai sangat besar, guntur, dan kilat selama 2 – 3 jam                                               | Hujan gerimis hingga sedang yang berlangsung lama 2 – 3 hari                                            |

#### 4.3. Perbedaan Siklon dan Antisiklon

Siklon didefinisikan sebagai pusat tekanan rendah semi permanen di suatu wilayah dibandingkan wilayah disekitarnya, sedangkan antisiklon diartikan sebagai pusat tekanan udara tinggi semi permanen di suatu wilayah dibandingkan wilayah sekitarnya.

| Antisiklon                                                                                                                                                     | Siklon                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pusat tekanan udara tinggi semi permanen, simbol H                                                                                                             | Pusat tekanan udara rendah semi permanen, simbol L                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Terbentuk disuatu wilayah yang sedang berlangsung musim winter                                                                                                 | Terbentuk disuatu wilayah yang sedang berlangsung musim summer                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Pola angin divergen (massa udara turun)                                                                                                                        | Pola angin konvergen (massa udara naik)                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Cuaca cerah                                                                                                                                                    | Cuaca berkabut                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| sulit terbentuk awan sehingga jarang atau tidak hujan                                                                                                          | Terbentuk awan-awan berpotensi sebagai hujan                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Bila terjadi polusi udara akan terperangkap di dekat permukaan. Contoh kejadian di kota London pada Desember 1952, sebanyak 5000 penduduk tewas karena polutan | Akibat gaya coriolis akan terjadi badai tropis dengan kecepatan angin 60 km/jam hingga menjadi siklon tropis lebih dari 120 km/jam dikenal sebagai Hurricane atau Typhoon, dilaut dapat terjadi kecepatan angin sebesar lebih dari 250 km/jam. Contoh di Bangladesh pada November 1970, sebanyak 20000 penduduk tewas akibat diterjang siklon tropis |

Pusat antisiklon tetap : 23,5derajat  
LU/LS di darat pada wilayah gurun  
dan di laut pada lintang kuda dan  
90derajat Kutub utara/selatan  
dingin dan kering

Pusat siklon tetap : di ekuator 0derajat : ITCZ dan di  
66,5derajat LU/LS



### SOAL

1. Gas di atmosfer memiliki konsentrasi yang berbeda serta memiliki karakteristiknya masing-masing. Gas di atmosfer yang dapat diikat oleh akar tanaman untuk meningkatkan kesuburan tanaman adalah..
  - a.  $N_2$
  - b.  $O_2$
  - c.  $O_3$
  - d. Ar
  - e. H
2. Adanya sirkulasi atmosfer akan menyeimbangkan penyebaran massa udara di bumi. Daerah Afrika bagian utara merupakan penyumbang massa udara bertipe..
  - a. mT (Maritime Tropical)
  - b. cT (Continental Tropical)
  - c. mP (Maritime Polar)
  - d. cP (Continental Polar)
  - e. mC (Maritime Continental)
3. Tornado merupakan salah satu bencana Meteorologi akibat adanya pertemuan udara yang menciptakan pipa vortex serta adanya...
  - a. Gangguan atmosfer akibat pengarus siklon
  - b. Updraft yang mendorong pipa vortex
  - c. Front yang berkembang
  - d. Downdraft yang melemah
  - e. Semua jawaban benar
4. Sirkulasi termohalin atau *Great Ocean Conveyor Belt System* Hubungan antara pola sirkulasi arus global dengan kondisi atmosfer (cuaca) pada daratan Inggris adalah...
  - a. Musim dingin yang tidak terlalu dingin/ekstrim
  - b. Adanya angin kuat yang memicu gelombang besar
  - c. Melemahnya angin geostrofik di atas daratan Inggris
  - d. Perawanan luas yang menutupi langit disaat musim panas
  - e. Angin baratan yang melemah
5. Daerah bertipe iklim steppa peralihan antara iklim gurun dan iklim lembab dalam pembagian iklim secara empiric menurut Koeppen adalah...
  - a. Af
  - b. Am
  - c. Bs
  - d. Cfw
  - e. Df
6. Yang dimaksud bulan kering menurut Mohr adalah...
  - a. Jumlah rata-rata curah hujan kurang dari 60 mm
  - b. Jumlah rata-rata curah hujan 60-80 mm
  - c. Jumlah rata-rata curah hujan 80-100mm
  - d. Jumlah rata-rata curah hujan kurang dari 30mm

- e. Jumlah rata-rata curah hujan lebih dari 100mm
- 7. Gangguan atmosfer dan adanya wilayah konvektif dengan awan-awan kumulunimbus merupakan salah satu ciri pembentukan siklon yang sudah memasuki tahap...
  - a. Tahap Pembentukan
  - b. Tahap *Mature*
  - c. Tahap *Imature*
  - d. Tahap pelemahan
  - e. Tahap peluruhan
- 8. Gas-gas atau senyawa yang berfungsi sebagai rumah kaca diantaranya, kecuali..
  - a. Ozon
  - b. Metana
  - c. *CloroFluoroCarbon*
  - d. Sulfur Dioksida
  - e. Krypton
- 9. Setiap gas di atmosfer memiliki waktu hidup/siklus masing-masing di atmosfer. Untuk gas  $N_2$  akan menyelesaikan satu siklus pada system bumi selama...
  - a. 10 Hari
  - b. 1 tahun
  - c. 6 tahun
  - d. 10 tahun
  - e. 1 juta tahun
- 10. Radiasi inframerah yang dipancarkan oleh bumi akan mengalami, kecuali..
  - a. Penyerapan oleh lapisan Ozon
  - b. Reradiasi oleh awan
  - c. Diteruskan oleh atmosfer
  - d. Dipantulkan oleh awan dan aerosol
  - e. Dibiaskan oleh partikel gas atmosfer
- 11. Pernyataan yang benar terkait fluktuasi temperature di lintang tinggi(kutub) adalah...
  - a. Fluktuasi temperature tahunan kecil
  - b. Fluktuasi harian besar
  - c. Fluktuasi temperature tahunan lebih kecil dibanding fluktuasi temperature harian
  - d. Fluktuasi temperature tahunan besar
  - e. Fluktuasi temperature harian mengecil secara periodic
- 12. Ion-ion yang biasanya terkandung dalam air hujan diantaranya, kecuali...
  - a.  $Na^+$
  - b. Bikarbonat
  - c.  $Ca^{2+}$
  - d.  $HSO_4^-$
  - e.  $SO_4^{2-}$
- 13. Iklim di dunia akan saling mempengaruhi di berbagai belahan bumi akibat adanya sirkulasi udara secara global. Sirkulasi global tersebut terjadi salah satunya karena...
  - a. Angina pasat dan antipasat yang dominan
  - b. Adanya pola sirkulasi arus yang berbeda
  - c. Distribusi daratan dan lautan yang seragam

- d. Adanya pengaruh aktivitas matahari
  - e. Perbedaan pancaran sinar matahari di berbagai lintang
14. Kondisi yang menandai atau memungkinkan terjadinya siklon tropis adalah...
- a. Berada di daerah sekitar lintang  $0^{\circ}$ - $10^{\circ}$  LU/LS
  - b. Atmosfer yang kering dan stabil
  - c. Perawanan altocumulus atau altostratus
  - d. Suhu muka laut cenderung hangat (sekitar  $26^{\circ}\text{C}$ )
  - e. Adanya perubahan angin terhadap ketinggian
15. Angin teoritis karena adanya kesetimbangan antara gaya gradient tekanan adalah ...
- a. Angin gradient
  - b. Angin geostrofik
  - c. Angin pasat
  - d. Angin antipasat
  - e. Angin baratan
16. Terdapat beberapa penyebab perubahan iklim yang memunculkan berbagai teori berbeda. Salah satu teori perubahan iklim yang benar adalah, kecuali...
- a. Teori hanyutan benua
  - b. Teori meteoric
  - c. Teori Gunung Berapi
  - d. Teori Sunspot
  - e. Teori Karbondioksida
17. Sinar ultraviolet merupakan salah satu gelombang radiasi yang dipancarkan oleh matahari. Sinar UV yang berbahaya karena dapat memicu kanker adalah...
- a. UV A
  - b. UV B
  - c. UV C
  - d. UV D
  - e. Semua benar
18. Front yang ditandai dengan adanya perawanan berurutan dari nimbrostratus hingga sirostratus meliputi wilayah yang luas adalah...
- a. Front Dingin
  - b. Front Hangat
  - c. Front Oklusi
  - d. Front Anabatic
  - e. Front Katabatic
19. Susut suhu atmosfer secara vertikal untuk kondisi adiabatik jenuh adalah....
- a.  $1^{\circ}\text{C}/\text{km}$
  - b.  $6,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$
  - c.  $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$
  - d.  $6,5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$
  - e.  $10^{\circ}\text{C}/1\text{km}$
20. Salah satu wilayah penghasil massa udara bertipe cP atau Continental Polar adalah...
- a. Siberia
  - b. Alaska

- c. Afrika Utara
  - d. Pasifik
  - e. Greenland
21. Siklon tropis akan melemah karena beberapa factor diantaranya, kecuali....
- a. Adanya Jetstream
  - b. Mulai memasuki wilayah daratan
  - c. Tubuh perairan menjadi dingin
  - d. Adanya siklon lain yang saling meniadakan
  - e. Atmosfer menjadi stabil
22. Pada peta sinoptik, ciri-ciri yang menandakan adanya siklon adalah...
- a. Adanya pusat tekanan rendah dominan
  - b. Isobar yang nampak renggang
  - c. Suhu yang dingin di pusat isobar
  - d. Terdapat beberapa isobar lengkung
  - e. Angin prevailing yang melemah
23. Pertemuan massa udara dingin dan panas yang seimbang akan menciptakan Front...
- a. Dingin
  - b. Panas
  - c. Stasioner
  - d. Anafront
  - e. Katafront
24. Simbol peta sinoptik disamping menandakan kondisi cuaca berupa...
- a. Snow Shower
  - b. Siklon
  - c. Tornado
  - d. Thunderstorm
  - e. Rain Shower
25. Fenomena gelombang yang terbentuk di atmosfer akibat adanya pusat massa udara dingin(kutub) yang dikelilingi massa udara panas/hangat adalah....
- a. Gelombang Front
  - b. Gelombang Stasioner
  - c. Gelombang Panas
  - d. Gelombang Rossby
  - e. Jetstream
26. Pada pembagian iklim matahari, iklim yang ditandai dengan adanya 4 musim dengan musim dingin yang tidak terlalu dingin dan musim panas tidak terlalu panas adalah
- a. Iklim Tropis
  - b. Iklim Subtropis
  - c. Iklim Sedang
  - d. Iklim Kutub
  - e. Iklim Gurun
27. Para ahli berikut ini yang membuat klasifikasi iklim secara genetic adalah...
- a. Mohr
  - b. Junghunh



- c. Koeppen
  - d. Strahler
  - e. Thornwait
28. Junghunh membagi iklim menjadi 4 bagian berdasarkan pada elevasi dan dominasi vegetasi. Daerah dengan ketinggian sekitar 2500mdpl dengan dominasi tanaman teh, kina dan kopi termasuk ke dalam...
- a. Daerah Tropis/panas
  - b. Daerah Sedang
  - c. Daerah Sejuk
  - d. Daerah Dingin
  - e. Daerah Kering
29. Gambar citra satelit disamping menunjukkan pertumbuhan siklon tropis yang sudah mencapai tahap....
- a. Gangguan tropis
  - b. Depresi tropis
  - c. Badai tropis
  - d. Siklon tropis
  - e. Taifun
30. Skala untuk mengukur kekuatan Tornado adalah skala Fujita. Tornado dengan kecepatan 250 km/jam masuk dalam kategori...
- a. EF0
  - b. EF1
  - c. EF2
  - d. EF3
  - e. EF4



## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## MATERI

### 1. Sistem Bumi

#### 1.1. Pendahuluan

Sekarang, para ilmuwan cenderung mempelajari Bumi dengan pendekatan yang menyeluruh atau holistik. Pendekatan yang holistik ini memandang Bumi sebagai suatu sistem alam yang terdiri dari Geosfer, Hidrosfer, Atmosfer dan Biosfer. Manusia termasuk bagian yang integral dari Sistem Bumi. Pendekatan ini didasarkan pada kombinasi kedalaman pengetahuan dan pengamatan yang luas meliputi banyak hal (komprehensif), dan mengarahkan kita pada solusi masalah-masalah lingkungan yang dihadapi Bumi.

Disiplin ilmu yang mempelajari Sistem Bumi adalah Earth Sciences (Ilmu Kebumihan). Disiplin ini memiliki berbagai aspek lingkungan yang luas, seperti:

- 1) Saling mempengaruhi di antara dua sistem alam (tidak termasuk manusia).
- 2) Pengaruh intervensi manusia terhadap alam seperti merubah komposisi atmosfer yang menyebabkan polusi udara, pemakaian sumber alam yang berlebihan atau intervensi terhadap proses pantai yang menyebabkan terjadinya perubahan keseimbangan.
- 3) Kemampuan melakukan peramalan terhadap kejadian berbagai fenomena alam seperti banjir, badai, gempa bumi, erupsi gunungapi, dan gerakan tanah..
- 4) Mempertgunakan lingkungan fisik untuk memproduksi energi dari berbagai sumber konvensional seperti bahan bakar fosil dan material organik, dan sumber-sumber energi alternatif seperti energi matahari, angin, gelombang, arus, nuklir dan kimia.
- 5) Pengembangan berbagai sumberdaya alam secara berkelanjutan.
- 6) Perubahan iklim global.

Selanjutnya, pengembangan pengetahuan yang dalam (*insight*) tentang lingkungan memerlukan tiga pemahaman utama, yaitu:

- 1) Kita hidup di dalam suatu dunia yang bersiklus yang tersusun dari berbagai sub-sistem (Geosfer, Hidrosfer, Atmosfer dan Biosfer) yang hadir bersama sebagai hasil dari pergerakan material dan energi yang melaluinya.
- 2) Manusia adalah bagian yang integral dari sistem alam dan dengan demikian harus bertindak mengikuti hukum alam yang bersiklus.

#### 1.2. Konsep Sistem Bumi

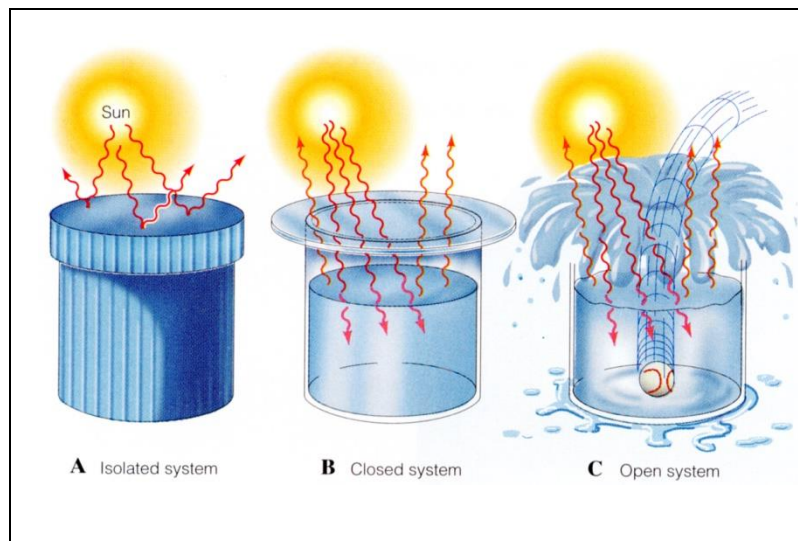
Konsep system adalah suatu cara untuk menguraikan suatu masalah yang besar dan rumit menjadi masalah-masalah yang lebih kecil dan lebih mudah dipelajari. Sistem dapat dikatakan sebagai suatu bagian dari alam universal yang dapat diisolasi dari bagian alam universal yang lain untuk keperluan observasi dan mengukur perubahan. Dengan mengatakan bahwa sistem adalah bagian dari alam yang universal, maka berarti dapat didefinisikan sesuai dengan kehendak si pengamat. Kita dapat memilih



batasan-batasan sistem sesuai dengan kemudahan penelitian kita. Dengan demikian, sistem bisa kecil dan bisa pula besar, bisa sederhana dan bisa pula kompleks atau rumit.

Selanjutnya, mengatakan bahwa suatu sistem terisolasi dari alam universal di sekitarnya berarti bahwa suatu sistem harus mempunyai batas yang memisahkannya dari sekelilingnya. Berdasarkan kondisi batasnya, sistem dapat dibedakan menjadi tiga (Gambar 1):

- 1) **Sistem terisolasi** yaitu sistem dengan batas yang mengisolasi sistem dari lingkungan sekitarnya sehingga tidak dapat terjadi pertukaran energi atau materi antara sistem itu dengan lingkungannya. Di dalam dunia nyata sistem jenis ini tidak ada, karena tidak ada batas yang benar-benar dapat mengisolasi secara sempurna sehingga energi tidak dapat masuk ataupun lepas.
- 2) **Sistem tertutup** yaitu sistem dengan batas yang memungkinkan untuk terjadinya pertukaran energi, tetapi tidak memungkinkan pertukaran materi antara sistem dengan lingkungannya. Bumi adalah contoh alam dari sistem tertutup ini.
- 3) **Sistem terbuka** yaitu sistem dengan batas yang memungkinkan terjadinya pertukaran energi dan materi melintasi batas. Sub-sistem Bumi merupakan contoh alam dari sistem terbuka ini.



Gambar 1. Gambaran macam-macam sistem. Sumber: Skinner dan Porter (2000), Gambar 1.17.

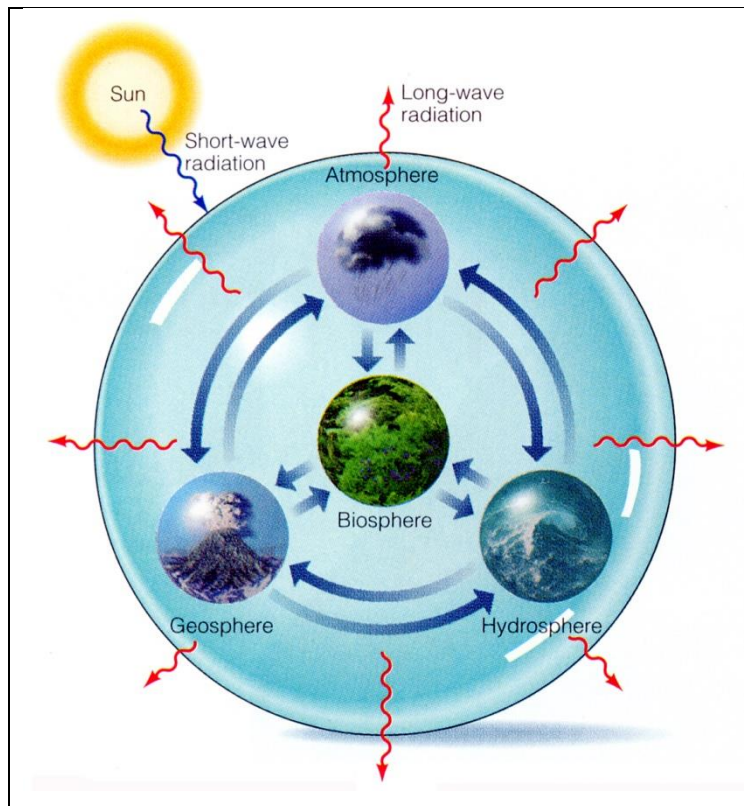
Dengan beberapa pengecualian yang sangat terbatas, dapat dikatakan bahwa Sistem Bumi adalah sistem tertutup. Energi dapat masuk dan meninggalkan Bumi. Massa Bumi hampir konstan. Pengecualian terjadi pada sejumlah kecil meteorit yang sampai ke Bumi dari ruang angkasa dan sejumlah kecil gas yang lepas dari atmosfer ke ruang angkasa.

Sebagai suatu sistem, Bumi memiliki empat reservoir raksasa yang menampung materi, dan setiap reservoir itu adalah suatu sistem terbuka karena baik materi maupun energi dari setiap reservoir itu dapat masuk dan keluar. Ke-empat reservoir Bumi itu yang merupakan suatu sub-sistem Bumi adalah:

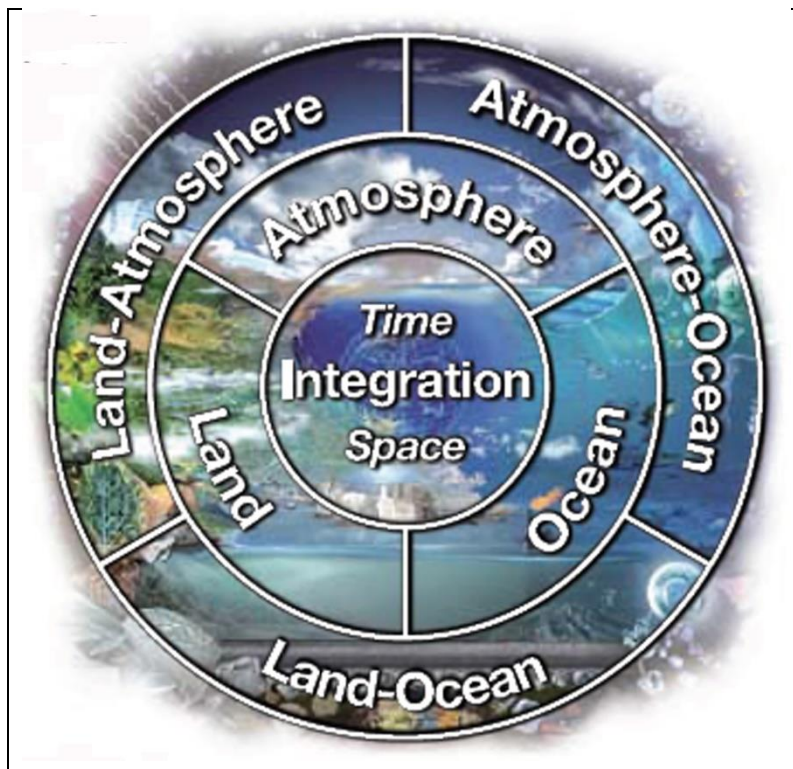
- 1) **Atmosfer**, yaitu campuran gas yang mengelilingi Bumi. Gas-gas yang dominan adalah nitrogen, oksigen, argon, karbon dioksida, dan uap air.
- 2) **Hidrosfer**, yaitu seluruh air yang ada di Bumi, meliputi samudera, danau, sungai, air bawah tanah, dan seluruh salju dan es, dengan pengecualian uap air di dalam atmosfer.
- 3) **Biosfer**, yaitu seluruh organisme yang ada di Bumi, termasuk juga berbagai material organik yang belum mengalami dekomposisi.
- 4) **Geosfer**, yaitu bagian Bumi yang padat, dan terutama tersusun oleh batuan dan regolit (partikel-partikel batuan lepas yang menutupi bagian Bumi yang padat).

Model dari Sistem Bumi dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa Bumi sebagai suatu benda langit yang merupakan salah satu anggota dari Sistem Tata Surya merupakan suatu sistem tertutup. Bumi menerima pancaran radiasi gelombang pendek dari Matahari dan kembali memancarkan radiasi gelombang panjang ke ruang angkasa. Sementara itu, sub-sistem Bumi merupakan sistem terbuka yang diantara seamannya dapat terjadi pertukaran energi dan materi.

Komponen fisik dari Sistem Bumi terdiri dari sub-sistem Daratan (Geosfer), Lautan/Air (Hidrosfer), dan Udara (Atmosfer). Setiap komponen tersebut berinteraksi satu sama lain sehingga di dalam Sistem Bumi terdapat interaksi Daratan-Lautan, Daratan-Udara, dan Lautan-Udara. Secara visual, kondisi keberadaan dari ketiga komponen Sistem Bumi itu dan interaksinya dapat digambarkan sebagai model seperti Gambar 3. Semuanya terintegrasi dalam Ruang dan Waktu.



Gambar 2. Model Sistem Bumi. Bumi sebagai benda angkasa merupakan sistem tertutup, sedang sub-sistem Bumi yang terdiri dari atmosfer, hidrosfer, biosfer dan geosfer merupakan sistem terbuka. Sumber: Skinner dan Porter (2000), Gambar 1.19.



Gambar 3. Model Sistem Bumi yang memperlihatkan hubungan dan interaksi di antara sub-sistem fisik. Sumber: Global Change News Letter no. 68, Feb. 2007.

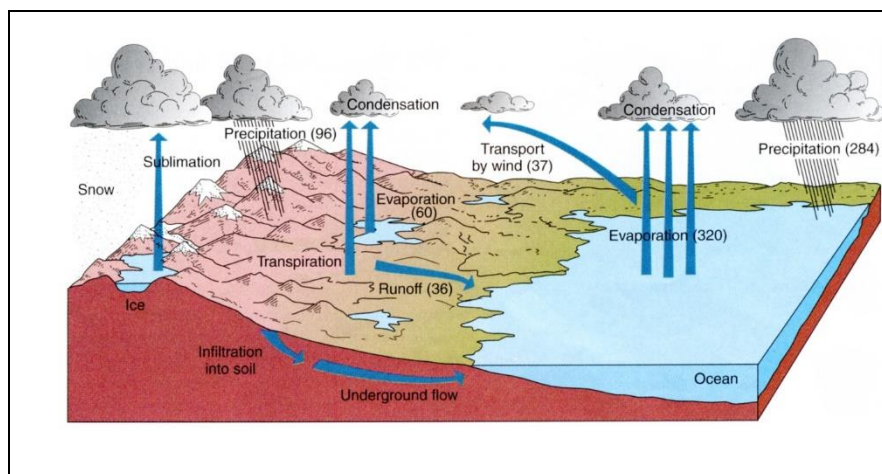
## 2. Pergerakan Material Dan Energi Di Bumi

Pergerakan material di Bumi terjadi dalam bentuk pergerakan bersiklus<sup>1</sup>. Hal ini berarti bahwa pergerakan terjadi secara kontinyu atau terus menerus. Gambaran ini memberikan kerangka yang baik yang dapat membantu kita mempelajari bagaimana materi dan energi tersimpan dan bagaimana keduanya digerakkan dalam suatu siklus dari satu reservoir ke reservoir yang lain oleh sistem Bumi. Ada dua aspek yang penting bagi gerakan bersiklus, yaitu (1) reservoir tempat material berada, dan (2) aliran atau fluks material-material dari reservoir yang satu ke reservoir yang lain.

Ada tiga siklus yang sangat penting yang menggerakkan material dan energi di Bumi, yaitu:

- 1) **Siklus hidrologi**. Siklus ini menggerakkan air di dalam hidrosfer. Keberadaan siklus ini ditunjukkan oleh adanya hujan, salju dan aliran air sungai. Siklus ini terjadi dari hari ke hari dan jangka panjang.
- 2) **Siklus batuan**. Siklus ini menggambarkan berbagai proses yang membentuk, memodifikasi, mendekomposisi, dan membentuk kembali batuan oleh proses-proses internal dan eksternal Bumi.
- 3) **Siklus tektonik**. Siklus ini berkaitan dengan pergerakan dan interaksi antar lempeng-lempeng litosfer, dan proses di bagian dalam Bumi yang dalam yang mengendalikan pergerakan lempeng-lempeng litosfer.

Ketiga siklus tersebut berkaitan erat satu sama lain melalui proses-proses fisika, kimia dan biologi. Pentingnya ketiga siklus itu akan terlihat bila membicarakan **siklus biogeokimia** dari unsur-unsur kimia yang penting bagi kehidupan seperti karbon, oksigen, nitrogen sulfur, hidrogen dan fosfor.

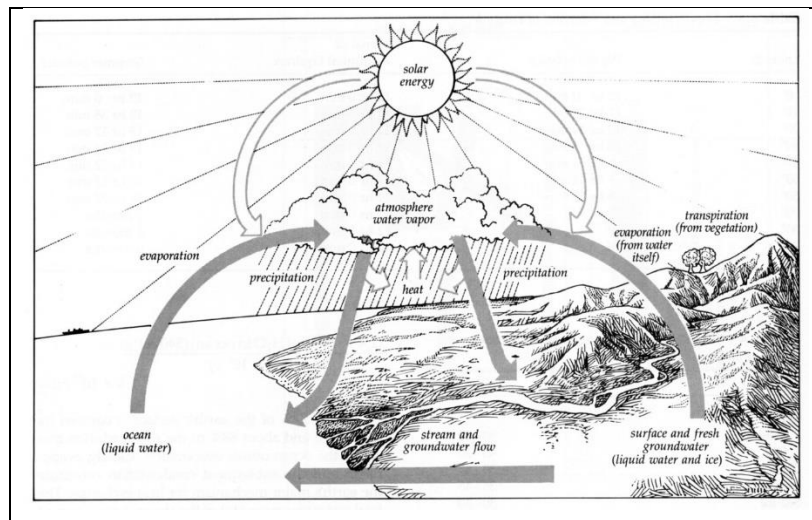


Gambar 4B. Siklus hidrologi dan transfer material tahunan. Sumber: Duxbury et al. (2002).

### 2.1. Siklus Hidrologi

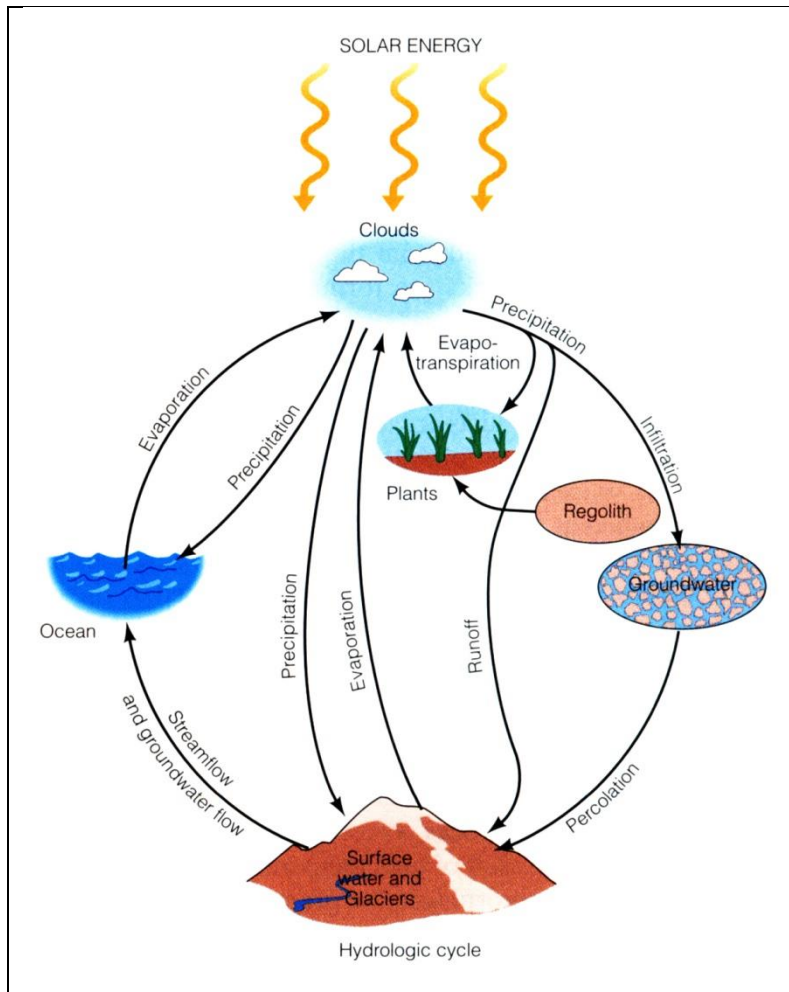
<sup>1</sup> Uraian tentang tiga siklus utama di Bumi ini dikutip dari Skinner dan Porter (2000).

Siklus hidrologi adalah fenomena yang terutama terjadi di atmosfer dan digerakkan oleh panas dari Matahari yang menguapkan air dari samudera dan daratan (Gambar 4A). Uap air yang dihasilkan bergerak naik masuk ke atmosfer dan kemudian bergerak bersama aliran udara. Dalam perjalanannya bersama aliran udara, beberapa bagian uap air mengalami kondensasi dan kemudian mengalami presipitasi dalam bentuk hujan atau salju dan kembali ke samudera atau daratan Gambar 4B. Air hujan yang jatuh ke daratan dapat mengalir masuk kedalam aliran sungai, meresap ke dalam tanah, atau menguap kembali ke udara untuk bergerak kembali dalam siklus. Sebagian air yang di dalam tanah diserap oleh tanaman, dan kemudian mengembalikan air itu ke atmosfer melalui daun dengan proses transpirasi. Salju dapat tetap berada di daratan selama satu atau dua musim dan bisa lebih lama hingga mencair dan airnya mengalir meninggalkan salju. Berbagai reservoir dan alur pergerakan air dalam siklus hidrologi adalah seperti pada Gambar 4C.



Gambar 4A. Siklus hidrologi (panah abu-abu) dan energi Matahari (panah putih). Sumber: Ingmanson dan Wallace (1985).





Gambar 4C. Siklus hidrologi.  
 Menggambarkan proses dan pergerakan air dari reservoir satu ke reservoir yang lain. Sumber: Skinner dan Porter (2000)

### 3. Sistem Bumi Dan Sistem Planet Pada Umumnya

#### 3.1. Keistimewaan Bumi

Ada dua hal utama yang membedakan antara Bumi dengan planet-planet yang lain di dalam Sistem Tata Surya, yaitu:

- 1) Bumi memiliki air dalam jumlah besar dan membentuk sub-sistem hidrosfer sedang planet-planet yang lain tidak memiliki air. Dengan kata lain, hidrosfer hanya dijumpai di Bumi dan tidak dijumpai di planet-planet yang lain.
- 2) Di Bumi terdapat fenomena tektonik lempeng sedang di planet-planet yang lain tidak ada. Fenomena tektonik lempeng mengindikasikan bagian internal Bumi yang cair dan memiliki energi panas yang tinggi.

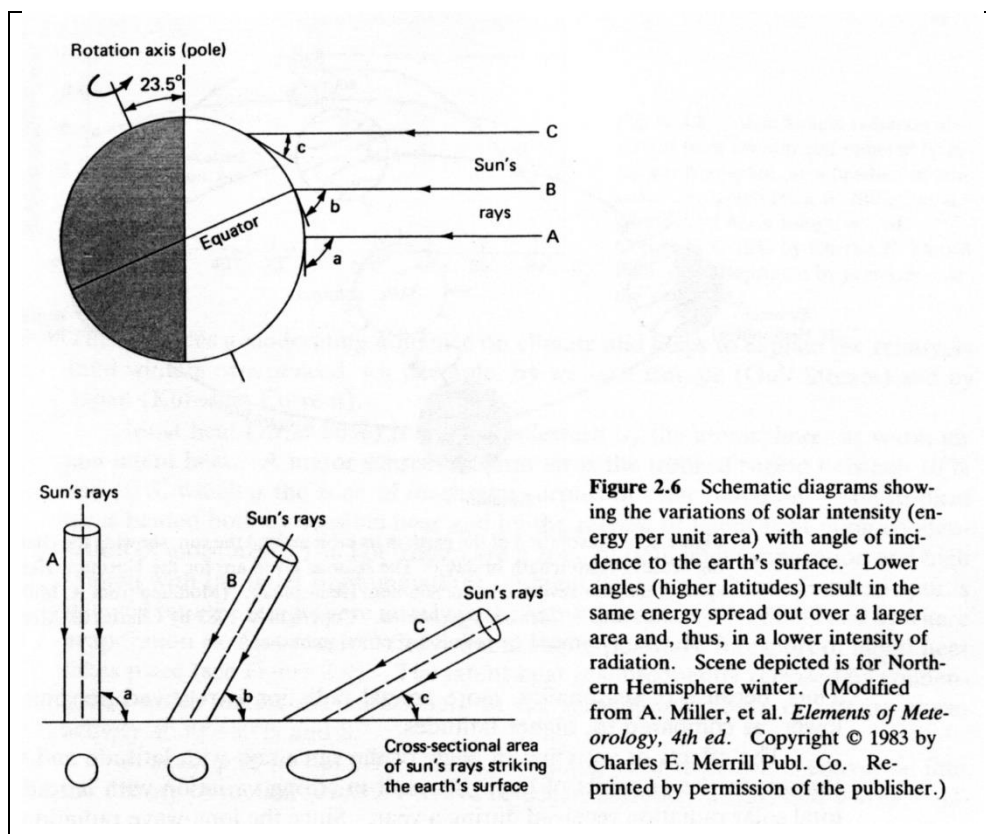
Berlangsungnya siklus hidrologi, siklus batuan dan siklus tektonik di Bumi berkaitan erat dengan keberadaan dua hal tersebut. Siklus hidrologi tidak dapat berlangsung bila di Bumi tidak ada hidrosfer, sedang siklus batuan dan tektonik tidak dapat berlangsung bila tidak ada tektonik lempeng. Dengan demikian, bila keberadaan

hidrosfer dan tektonik lempeng hanya ada di Bumi, maka ketiga siklus tersebut hanya berlangsung di Bumi dan tidak dapat berlangsung di planet-planet yang lain.

### 3.2. Sistem Bumi dan Matahari dan Sirkulasi Atmosfer

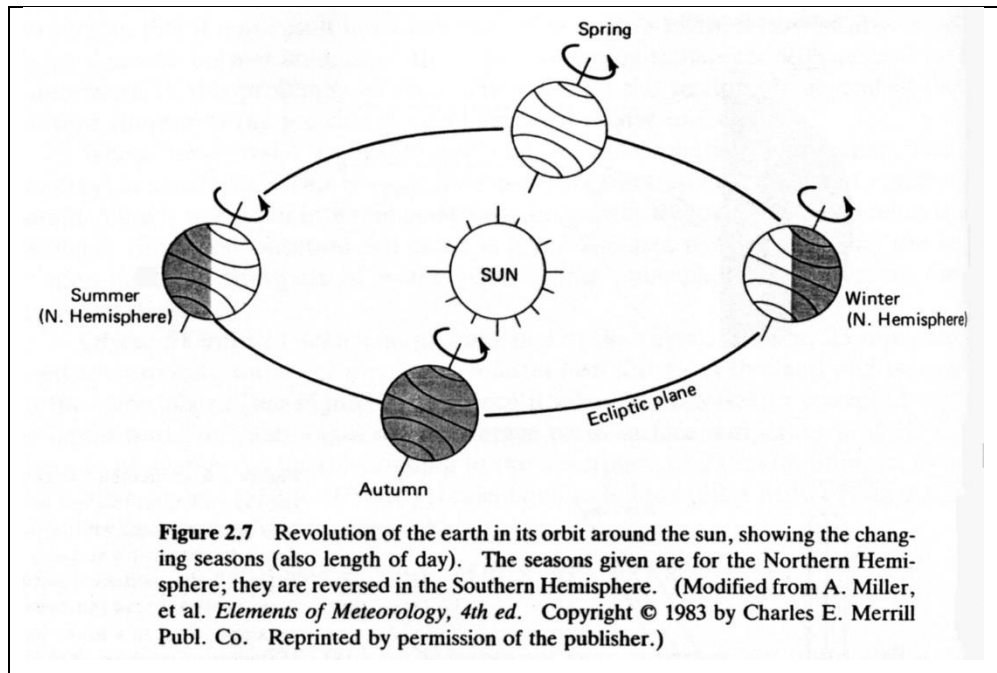
Bumi berbentuk oblate spheroid, yang berarti diameter ekuator lebih panjang daripada diameter kutub. Bumi berotasi pada sumbunya dari barat ke timur, dan Bumi berrevolusi mengelilingi Matahari dengan orbit yang berbentuk elips. Pada titik terdekat – yang disebut perihelion, jarak Bumi dan Matahari 147.000.000 km dan terjadi pada bulan Juli, sedang pada titik terjauh – yang disebut aphelion, berjarak 150.000.000 km dan terjadi pada bulan Januari. Fakta lain adalah bahwa sumbu rotasi Bumi membentuk sudut  $23,5^\circ$  terhadap bidang orbit Bumi.

Bentuk bumi bulat menyebabkan penyerapan radiasi sinar Matahari oleh Bumi berkurang sesuai dengan perubahan posisi lintang dari ekuator ke kutub (Gambar 8). Selanjutnya, posisi sumbu rotasi Bumi yang menyudut  $23,5^\circ$  terhadap bidang orbit Bumi menyebabkan terjadinya variasi penyinaran tahunan di permukaan Bumi (Gambar 9). Variasi pemanasan Bumi ini mengendalikan sirkulasi samudera dan atmosfer, dan juga siklus hidrologi.



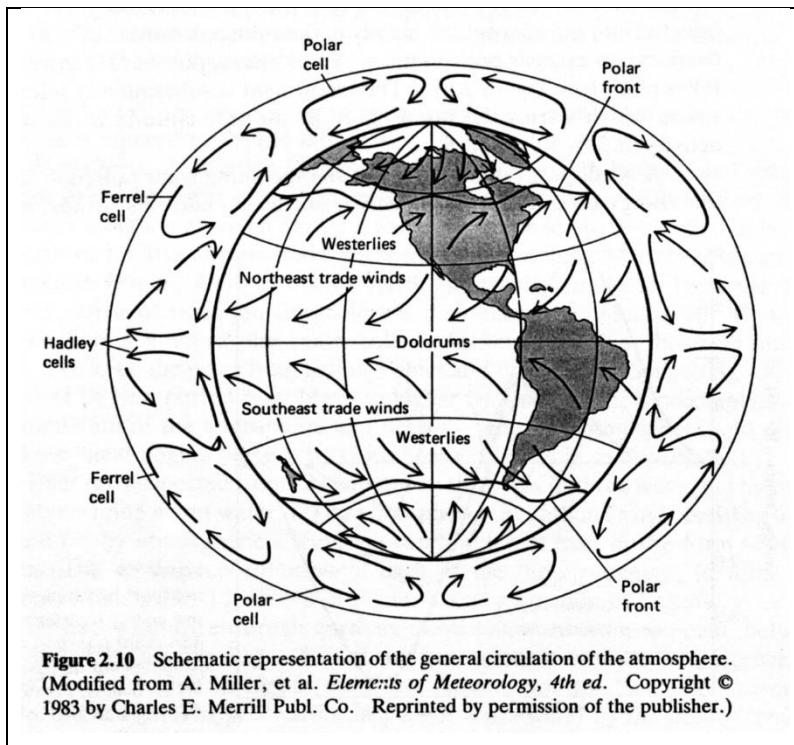


Gambar 8. Variasi intensitas penyinaran Matahari terhadap permukaan Bumi sebagai akibat dari perbedaan posisi lintang. Perbedaan intensitas penyinaran itu menyebabkan perbedaan energi panas dari Matahari yang diterima oleh Bumi sesuai dengan posisi lintang suatu tempat di permukaan Bumi. Sumber: Berner dan Berner (1987).



Gambar 9. Gerak revolusi Bumi terhadap matahari dan posisi sumbu rotasi Bumi yang membentuk sudut 23,5o terhadap bidang orbit Bumi menyebabkan perubahan musim sepanjang tahun. Sumber: Berner dan Berner (1987).

Sirkulasi atmosfer adalah konsekuensi dari ketidakseimbangan panas di permukaan Bumi yang terjadi karena perbedaan intensitas penyinaran yang telah dibicarakan di atas, dan gerak rotasi Bumi. Gambaran umum sirkulasi atmosfer yang menunjukkan angin rata-rata tahunan disajikan dalam Gambar 10.

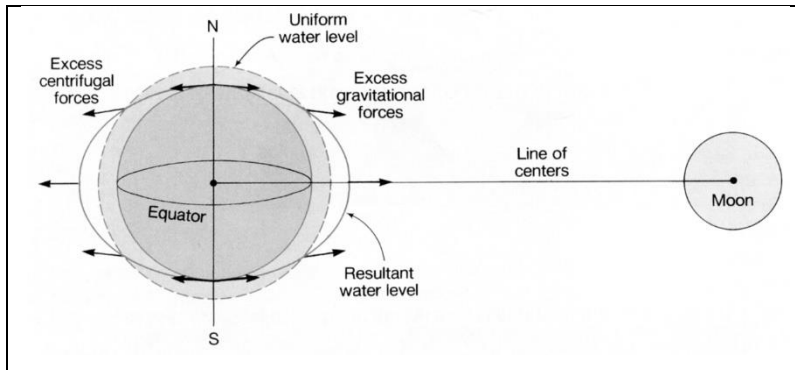


Gambar 10. Gambaran umum sirkulasi atmosfer. Sumber: Berner dan Berner (1987).

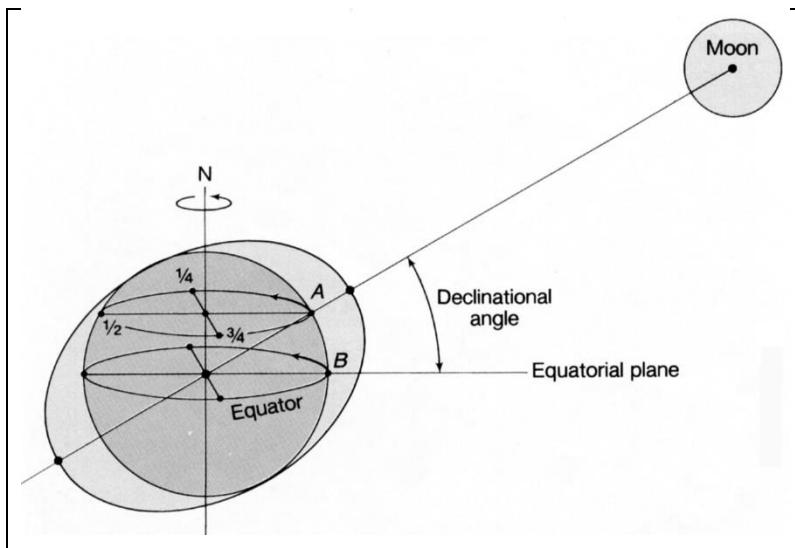
### 3.3. Sistem Bumi dan Bulan

Bumi dikelilingi oleh Bulan dengan orbit yang ellips. Pada titik terdekat, yang disebut perigee, jarak Bulan adalah 384.000 km, sedang pada jarak terjauh, yang disebut apogee, adalah 406.700 km. Fakta yang lain adalah bidang orbit Bulan menyudut sebesar  $5^{\circ} 9''$  terhadap orbit Bumi.

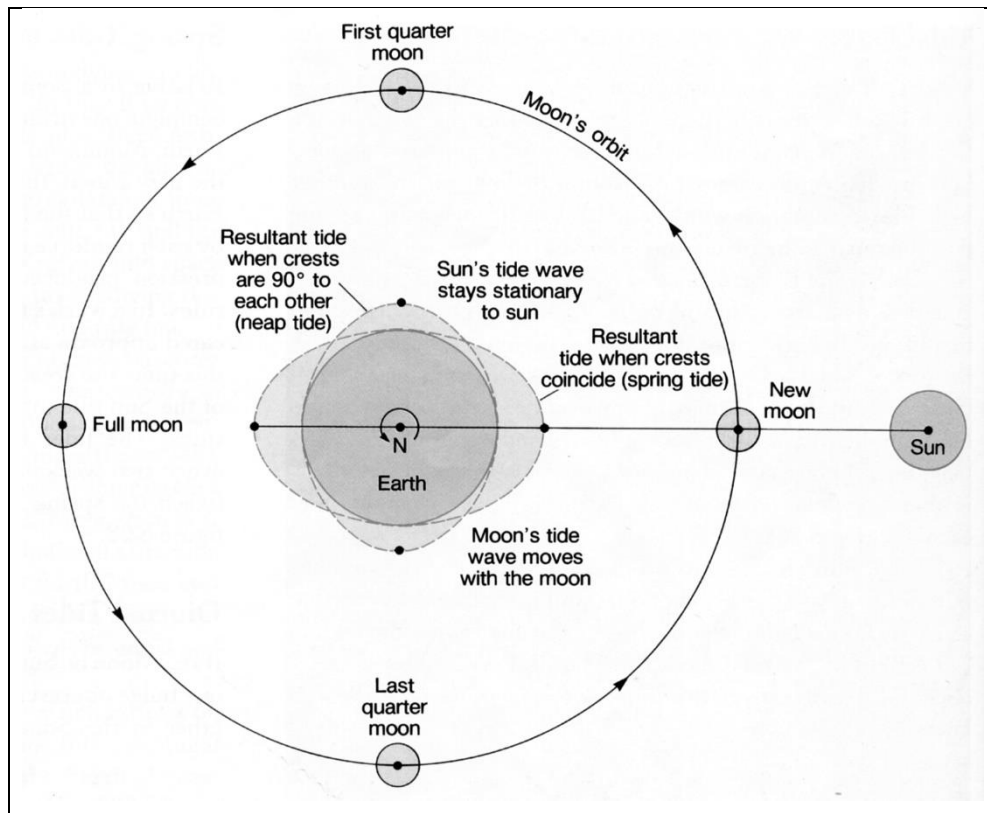
Efek utama dari adanya Bulan yang mengelilingi Bumi adalah terjadinya pasang surut muka laut. Pasang surut terjadi sebagai efek dari gaya gravitasi dan sentrifugal dari Bulan yang mengelilingi Bumi (Gambar 11). Matahari juga mempengaruhi pasang surut laut, tetapi pengaruh Bulan terhadap pasang surut lebih besar dari pada pengaruh Matahari, karena jarak Bulan ke Bumi lebih dekat daripada jarak Matahari ke Bumi. Konfigurasi posisi Bumi, Bulan dan Matahari mempengaruhi ketinggian muka laut pada saat pasang surut (Gambar 12). Sementara itu, deklinasi Bulan maka puncak surut tidak terjadi pada posisi lintang yang sama (Gambar 13).



Gambar 11. Distribusi gaya penyebab pasang surut di Bumi.  
 Sumber: Duxbury et al. (2002).



Gambar 12. Pengaruh deklinasi Bulan yang menyebabkan posisi puncak pasang surut yang berbeda. Sumber: Duxbury et al. (2002).



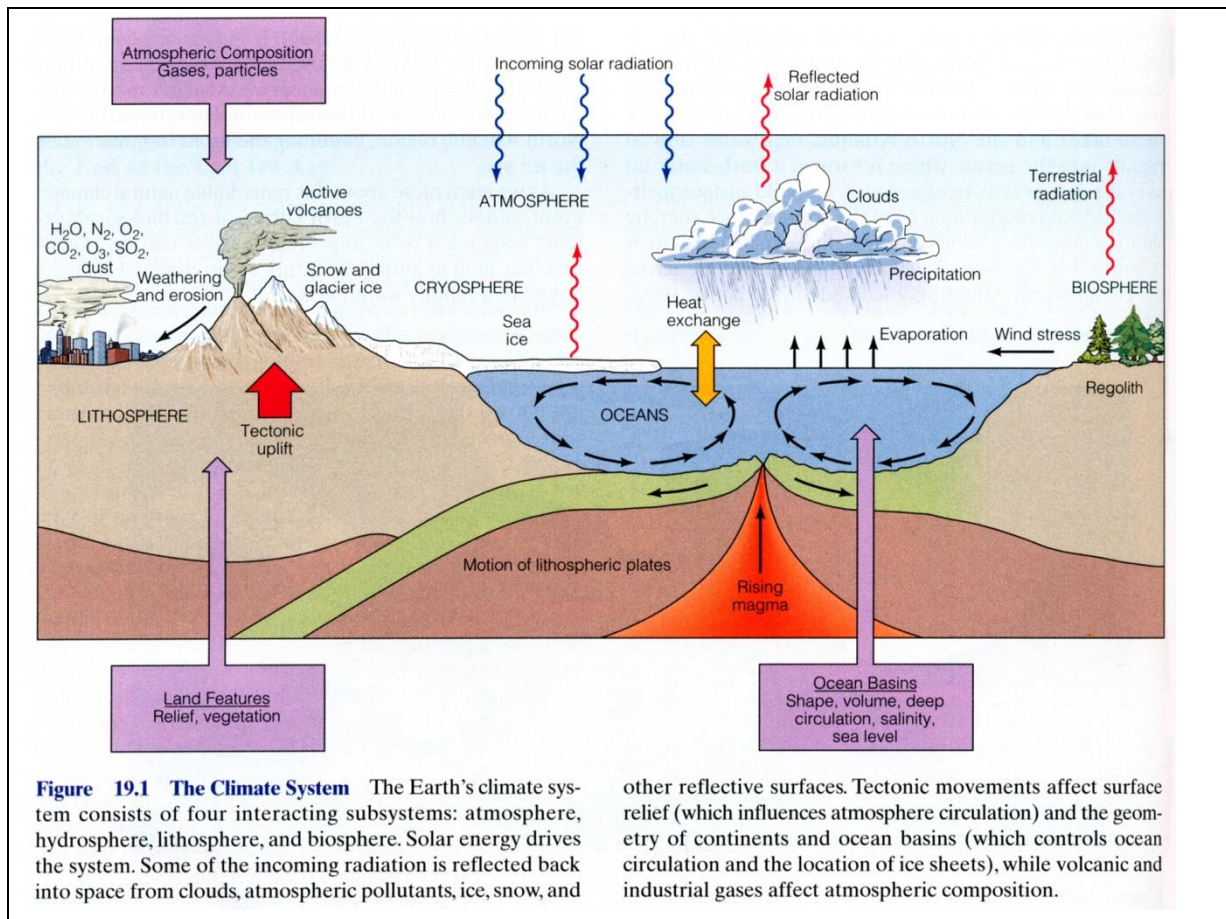
Gambar 13. Pengaruh posisi Bulan terhadap pasang surut di Bumi. Sumber: Duxbury et al. (2002).

#### 4. Sistem Iklim Bumi

Iklim dapat didefinisikan sebagai pola cuaca dari suatu kawasan dalam jangka panjang. Adapun cara sederhana untuk menggambarkan iklim adalah kondisi curah hujan dan temperatur udara sepanjang waktu. Unsur-unsur lain yang berguna untuk menggambarkan iklim adalah tipe dan waktu terjadinya (timing) curah hujan, banyak penyinaran matahari, rata-rata arah dan kecepatan angin, kondisi cuaca ekstrim, dan kondisi geografi lokal. Dengan demikian, kondisi iklim suatu kawasan ditentukan antara lain oleh:

- 1) Posisi lintang, temperatur suatu tempat di permukaan Bumi ditentukan oleh posisi lintang dari tempat itu.
- 2) Elevasi, temperatur suatu tempat di permukaan Bumi juga ditentukan oleh elevasi tempat tersebut. Zona iklim secara garis besar bertepatan dengan kisaran elevasi.
- 3) Kedekatannya dengan samudera atau tubuh air yang besar, temperatur permukaan laut mempengaruhi temperatur daratan.
- 4) Arus samudera, transfer energi panas di samudera terjadi karena oleh arus samudera.
- 5) Topografi, variasi topografi lokal menyebabkan variasi iklim lokal.
- 6) Vegetasi, tipe vegetasi penutup lahan dan perubahan musimannya mempengaruhi kondisi iklim.
- 7) Arah tiupan angin, angin membawa massa udara dengan karakteristik tertentu..

Oleh karena itu adalah tepat bila dikatakan bahwa Sistem Iklim Bumi merupakan hasil interaksi dari sub-sistem atmosfer, hidrosfer, geosfer dan biosfer. Secara skematis, gambaran itu dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Sistem Iklim Bumi merupakan hasil interaksi dari sub-sistem atmosfer, hidrosfer, geosfer (litosfer) dan biosfer. Energi matahari menggerakkan sistem iklim. Beberapa rasiasi sinar Matahari yang masuk dipantulkan kembali ke ruang angkasa oleh awan, bahan pencemar atmosfer, es, salju dan berbagai permukaan lainnya yang dapat memantulkan energi. Gerakan tektonik mempengaruhi relief permukaan Bumi sehingga mempengaruhi sirkulasi atmosfer, dan mempengaruhi bentuk geometri benua dan cekungan samudera sehingga mempengaruhi pola sirkulasi samudera dan lokasi es di permukaan laut. Sementara itu, gas-gas vulkanik dan buangan industri mempengaruhi komposisi atmosfer. Sumber: Skinner dan Porter (2000).



#### 5. Morfologi Bawah Laut

Seperti halnya bentuk muka bumi di daratan yang beraneka ragam, bentuk muka bumi di lautan juga beragam. Bedanya bentuk muka bumi di lautan tidak seruncing dan sekasar relatif di daratan.

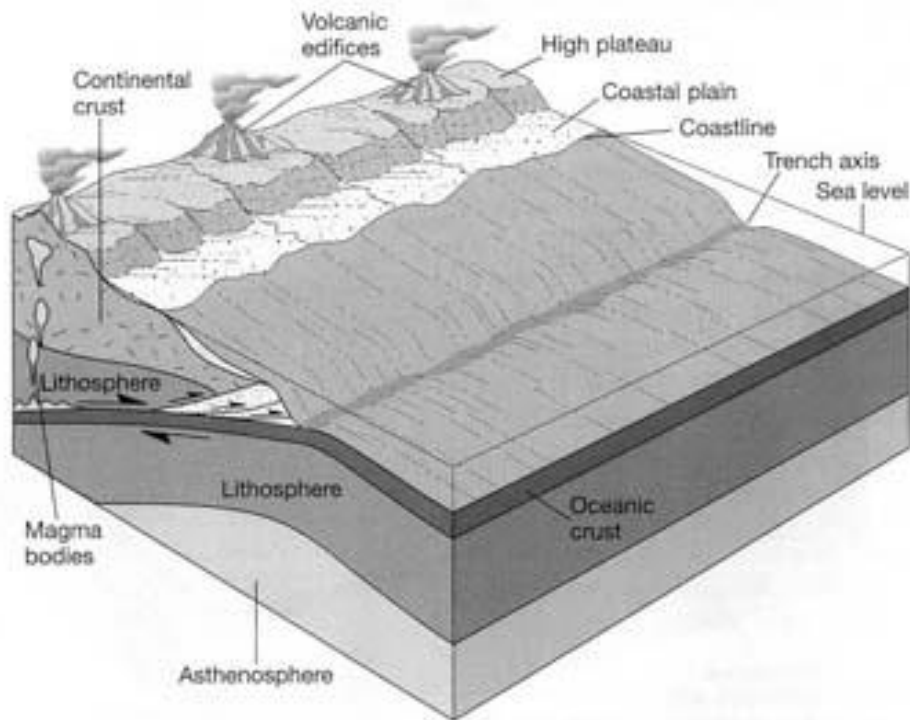
Kadaan ini akibat dari erosi dan pengupasan oleh arus laut.

Bentuk-bentuk muka bumi di lautan adalah sebagai berikut :

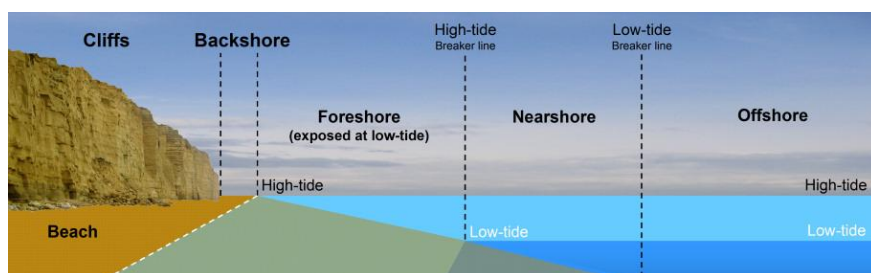
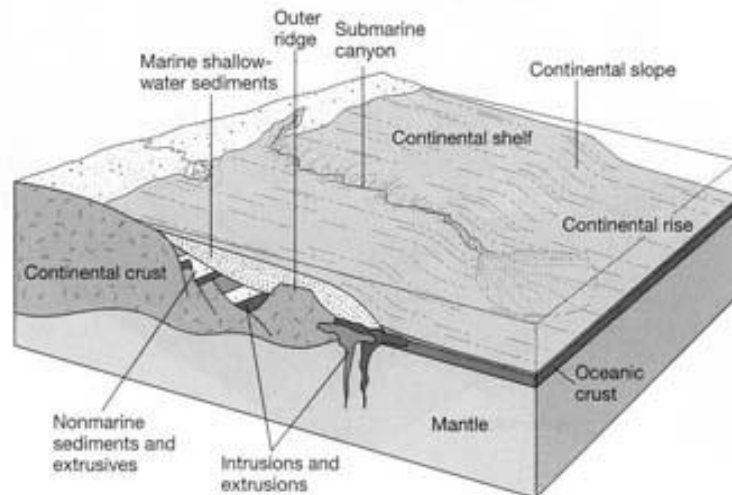
1. Landas kontinen (continental shelf), yaitu wilayah laut yang dangkal di sepanjang pantai dengan kedalaman kurang dari 200 meter, dengan kemiringan kira-kira 8,4 %. Landas kontinen merupakan, dasar laut dangkal di sepanjang pantai dan menjadi bagian dari daratan. Contohnya Landas Kontinental Benua Eropa Barat sepanjang 250 km ke arah barat. Dangkalannya sahul yang merupakan bagian dari benua Australia dan Pulau Irian, landas kontinen dari Siberia ke arah laut Arktik sejauh 100 km, dan Dangkalannya Sunda yang merupakan bagian dari Benua Asia yang terletak antara Pulau Kalimantan, Jawa dan Sumatra.
2. Lereng benua (continental slope), merupakan kelanjutan dari continental shelf dengan kemiringan antara 4 % sampai 6 %. Kedalaman lereng benua lebih dari 200 meter.
3. Dasar Samudra (ocean floor), meliputi:
  - a. **Deep Sea Plain**, yaitu dataran dasar laut dalam dengan kedalaman lebih dari 1000 meter.
  - b. **The Deep**, yaitu dasar laut yang terdalam yang berbentuk palung laut (trench).

Pada ocean floor terdapat relief bentukan antara lain:

1. Gunung laut, yaitu gunung yang kakinya di dasar laut sedangkan badan puncaknya muncul ke atas permukaan laut dan merupakan sebuah pulau.  
Contoh: gunung Krakatau.
2. Seamount, yaitu gunung di dasar laut dengan lereng yang curam dan berpuncak runcing serta kemungkinan mempunyai tinggi sampai 1 km atau lebih tetapi tidak sampai ke permukaan laut.  
Contoh: St. Helena, Azores dan Ascension di laut Atlantik.
3. Guyot, yaitu gunung di dasar laut yang bentuknya serupa dengan seamount tetapi bagian puncaknya datar. Banyak terdapat di lautan Pasifik.
4. Punggungan laut (ridge), yaitu punggung pegunungan yang ada di dasar laut.  
Contoh: punggung laut Sibolga.
5. Ambang laut (drenpel), yaitu pegunungan di dasar laut yang terletak diantara dua laut dalam.  
Contoh: ambang laut sulu, ambang laut sulawesi.
6. Lubuk laut (basin), yaitu dasar laut yang bentuknya bulat cekung yang terjadi karena ingresi.  
Contoh: lubuk laut sulu, lubuk laut sulawesi.
7. Palung laut (trog), yaitu lembah yang dalam dan memanjang di dasar laut terjadi karena ingresi.  
Contoh: Palung Sunda, Palung Mindanao, Palung Mariana.



Atlantic-type continental margin, also called a passive margin.









SOAL

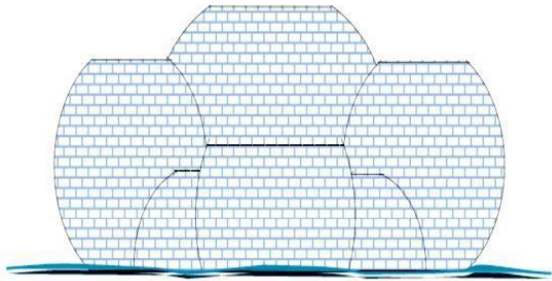
1. Berikut ini adalah ion yang turut berperan pada kadar garam pada air laut, kecuali ..
  - a.  $\text{Cl}^-$
  - b.  $\text{Na}^+$
  - c.  $\text{SO}_4^{2-}$
  - d.  $\text{Sr}^{2+}$
  - e. CO
2. Gelombang *tsunami* tidak dirasakan oleh penumpang kapal yang berada di tengah lautan, karena:
  - a. Panjang gelombang besar dan amplitudo gelombang kecil
  - b. Gelombang tsunami hanya terbentuk di dekat pantai
  - c. Getaran gempa bumi penyebab tsunami tidak dapat merambat melalui air
  - d. Gelombang akibat tiupan angin lebih dominan
  - e. Gerak kapal yang mengikuti gerak gelombang
3. Berdasarkan kondisi tektonik posisinya Pulau Nias tepat terdapat di daerah subduksi, maka akibat adanya subduksi tersebut akan terdapat kondisi perairan laut yang sempit tetapi sangat dalam yang dinamakan...
  - a. Danau laut
  - b. Palung (*Trench*)
  - c. *Sea mount*
  - d. Guyot
  - e. *Table mount*



4. Berdasarkan gambar di atas, gelombang pecah tersebut terjadi pada daerah dengan ciri-ciri sebagai berikut
  - a. Gelombang pada kondisi perairan laut dalam dengan kondisi kecepatan angin besar.
  - b. Gelombang pada kondisi perairan laut dangkal dengan kondisi kecepatan angin kecil
  - c. Gelombang pada kondisi perairan laut dalam dengan periode gelombang yang relatif panjang
  - d. Gelombang pada kondisi perairan laut dangkal dengan tinggi gelombang besar
  - e. Gelombang pada kondisi perairan laut dalam dengan tinggi gelombang yang relatif kecil

5. Suhu air laut bervariasi sesuai dengan kedalaman lautnya, pernyataan di bawah ini yang paling benar adalah
  - a. Di permukaan air laut suhu air laut pada dasarnya tidak terlalu panas, akan tetapi semakin dalam suhunya semakin panas, sehingga tidak terbentuk termoklin
  - b. Di permukaan air laut suhu air laut tidak terlalu dingin tetapi semakin ke arah dalam semakin dingin, sehingga terbentuk termoklin
  - c. Di permukaan air laut suhu air laut panas sedang, sedangkan semakin ke arah dalam semakin dingin, sehingga tidak terbentuk termoklin
  - d. Di permukaan air laut suhu air laut lebih panas dibandingkan dengan suhu air di air laut yang semakin dalam, sehingga terbentuk lapisan termoklin
  - e. Di permukaan air laut suhu air laut dingin sedang, sedangkan semakin ke arah dalam semakin panas, sehingga terbentuk termoklin.
6. Salinitas air laut akan maksimum di daerah:
  - a. Kutub utara
  - b. Kutub selatan
  - c. Equator ( $0^\circ$ )
  - d. Subtropis (sekitar  $25^\circ$  LU dan  $25^\circ$  LS)
  - e. Subpolar (sekitar  $75^\circ$  LU dan  $75^\circ$  LS)
7. Sedimen pelagik umumnya ditemukan terendapkan di samudera bagian:
  - a. dataran abisal
  - b. pematang tengah samudera
  - c. pesisir
  - d. barrier reef
  - e. guyot
8. Gelombang perairan dalam dapat terjadi apabila
  - a. kedalaman dasar laut lebih kecil dari kedalaman gerak orbital partikel air
  - b. kedalaman dasar laut lebih dari setengah panjang gelombang
  - c. gerak orbital partikel air dapat menyentuh dasar laut
  - d. kedalaman dasar laut lebih dari seperduapuluh panjang gelombang
  - e. panjang gelombang selalu sama dengan kedalaman dasar laut
9. Faktor yang menyebabkan suatu daerah terkena gelombang tsunami adalah...
  - a. Kondisi kemiringan pantai terjal dan daratan tinggi serta gelombang tinggi
  - b. Kondisi kemiringan pantai landai dan daratan rendah serta gelombang rendah
  - c. Kondisi gelombang tinggi kemiringan pantai tinggi dan daratan rendah
  - d. Kondisi gelombang tinggi kemiringan pantai terjal dan daratan tinggi
  - e. Kondisi gelombang tinggi dan kemiringan pantai landai serta daratan rendah
10. Berikut ini yang tidak termasuk unsur jejak (trace elements) penyusun air laut adalah...
  - a. Fosfor
  - b. Nitrogen
  - c. Litium
  - d. Fluor
  - e. Rubidium

11. Profil salinitas dan temperatur terhadap kedalaman akan maksimum pada daerah..
  - a. Tropis
  - b. Atlantic
  - c. Pasific
  - d. Arctic
  - e. Kutub
12. Yang termasuk faktor memanasnya samudra diantaranya, kecuali..
  - a. Radiasi sinar matahari
  - b. Kondensasi uap air
  - c. Konduksi panas dari atmosfer
  - d. Evaporasi
  - e. Pemanasan matahari
13. Lapisan di laut dimana salinitas meningkat secara derastis terhadap kedalaman dinamakan...
  - a. Haloklin
  - b. Termoklin
  - c. Pknoklin
  - d. Monoklin
  - e. Saliklin
14. Pada gambaran grafis di bagian bawah terdapat mikro atol yang sudah muncul ke permukaan. Apabila diperhatikan, sudah terjadi pengangkatan sebanyak:



- a. 3 kali
  - b. 4 kali
  - c. 5 kali
  - d. 6 kali
  - e. 2 kali
15. Zona di laut dalam dimana karbonat larut dalam air disebut..
    - a. CCD (Carbonate Compensation Depth)
    - b. CCD (Carbon Compensation Depth)
    - c. CCD (Carbonate Concentration Depth)
    - d. CCD (Carbon Concentration Depth)
    - e. CCD (Carbonate Carbon Depth)
  16. Dibawah ini adalah organisme nekton yang hidup di laut, kecuali ...
    - a. Fitoplankton
    - b. Udang

- c. Cumi-cumi
  - d. Kuda laut
  - e. Paus
17. Di bawah ini adalah pernyataan yang salah, yaitu ...
- a. Semakin besar tingkat penguapan air laut maka semakin tinggi kadar garamnya
  - b. Semakin rendah kadar air tawar yang mengalir ke dalam laut, maka akan semakin tinggi kadar garamnya
  - c. Semakin tinggi kadar hujan maka akan semakin besar kadar garamnya
  - d. Semakin tinggi tingkat pencairan es maka kadar garamnya semakin rendah
  - e. Kadar garam air laut seringkali tidak merata, arus laut dapat meratakan kadar garam pada air laut
18. Berikut ini adalah yang mempengaruhi warna air laut adalah ...
- a. Salinitas garam
  - b. Jenis endapan
  - c. Gelombang
  - d. Luas laut
  - e. Cuaca
19. Organisme bawah laut yang bagian tubuhnya tersusun oleh silika, adalah ...
- a. Foraminifera
  - b. *Globigerina*
  - c. Ballanus
  - d. Ostrakoda
  - e. Radiolaria
20. Morfologi dasar laut yang terbentuk akibat adanya sedimentasi dari daratan yang melalui celah bawah laut adalah...
- a. *Mid ocean ridge*
  - b. *Trench*
  - c. Gunung api bawah laut
  - d. *Deep-sea fan*
  - e. *Submarine canyon*
21. Studi mengenai bentukan kontur bentukan dasar laut disebut dengan istilah ...
- a. Oseanografi
  - b. Batimetri
  - c. Geomorfologi bawah laut
  - d. Geografi
  - e. Oseanologi
22. Laut dapat berwarna coklat, coklat muda, coklat kekuningan, atau biru kecoklatan, bila
- a. banyak muatan suspensi di dalam air laut
  - b. terjadi pemantulan spektrum warna coklat
  - c. laut tertutup bayangan awan

- d. organism pada zona tersebut sangat banyak
  - e. temperature pada zona tersebut lebih rendah
23. Fenomena gelombang stasioner, yaitu gelombang yang tidak memperlihatkan gerakan maju dari bentuk gelombang yang terjadi disebut sebagai
- a. Seiche
  - b. Tsunami
  - c. Difraksi
  - d. gelombang internal
  - e. fetch
24. Cepat rambat gelombang perairan dalam dengan periode 6 sekon dan kedalaman 16 meter adalah...(g = 9,8 m/s<sup>2</sup>)
- a. 3,8 m/s
  - b. 4,2 m/s
  - c. 5,3 m/s
  - d. 6,2 m/s
  - e. 9,3 m/s
25. Unsur kalsium termasuk dalam unsur terlarut dalam air laut yaitu unsur..
- a. Mayor
  - b. Minor
  - c. Mega
  - d. Jejak
  - e. Utama
26. Morfologi laut yang berasosiasi dengan pembentukan Atoll adalah...
- a. Seamount
  - b. Ocean basin
  - c. Island arc
  - d. Guyot
  - e. Palung
27. Warna di laut biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut ini, kecuali...
- a. Pantulan warna langit
  - b. Banyaknya vegetasi
  - c. Blooming algae
  - d. Cuaca
  - e. Ada tidaknya organisme
28. Bagian dari benua yang dicirikan dengan kelerengannya yang landai adalah..
- a. Continental shelf
  - b. Continental slope
  - c. Continental rise
  - d. Ocean basin
  - e. Seamount
29. Organisme yang hidupnya di dasar laut dan menambat pada suatu substrat pada dasar laut disebut dengan..
- a. Nekton
  - b. Neuston



- c. Plankton
  - d. Bentos sesil
  - e. Bentos vagile
30. Gas terlarut yang bisa menjadi racun bagi organisme adalah..
- a. CO<sub>2</sub>
  - b. H<sub>2</sub>O
  - c. H<sub>2</sub>S
  - d. H<sub>2</sub>
  - e. CO

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

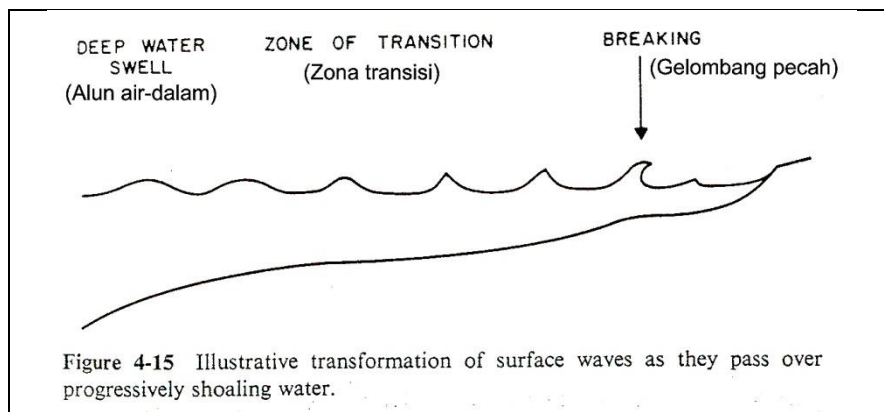
@alc\_indonesia



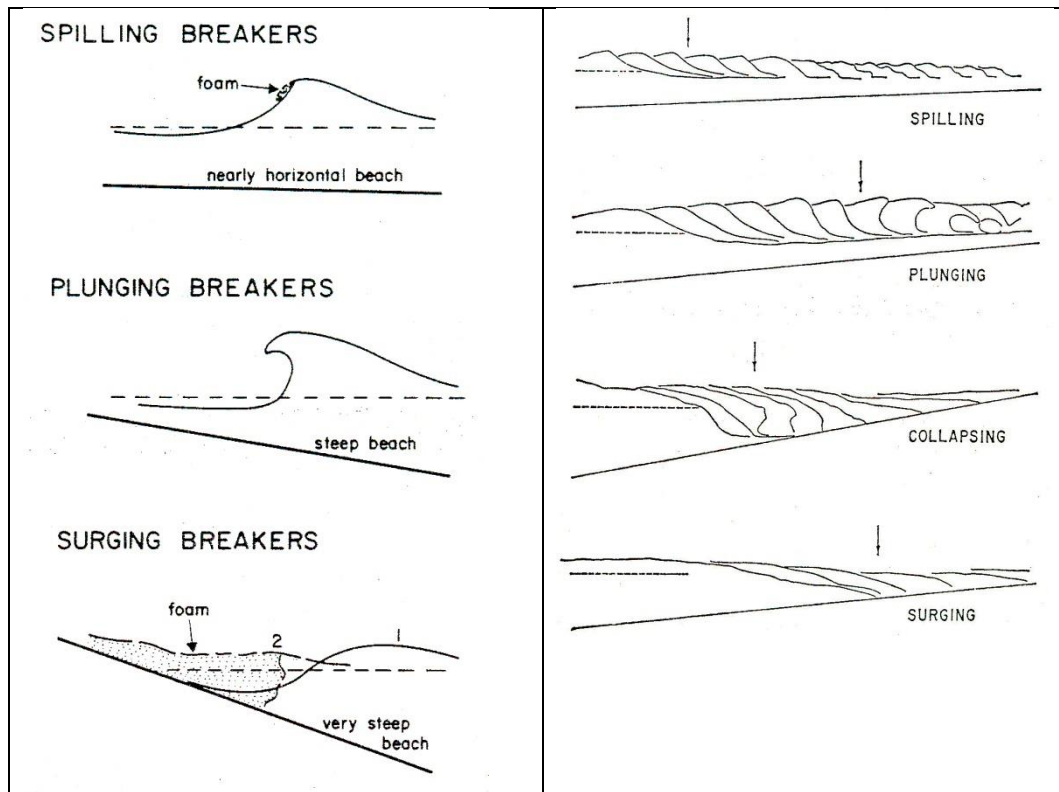
## DINAMIKA AIR LAUT

### 1. Gelombang Pecah

Bila gelombang dari laut dalam menuju ke pantai, maka ketika gelombang itu memasuki perairan dangkal, akan terjadi perubahan bentuk. Perubahan bentuk itu mulai terjadi ketika kedalaman air sama dengan  $\frac{1}{2}$  panjang gelombang, dan mulai berubah secara tegas ketika kedalaman air  $\frac{1}{4}$  panjang gelombang (batas air dalam menurut teori gelombang Airy). Perubahan bentuk yang terjadi pada gelombang itu adalah **kecepatan dan panjang gelombang berkurang, tinggi gelombang bertambah**, sedang **periode gelombang tetap**. Di bagian perairan yang tidak jauh di belakang zona tempat gelombang pecah (*breaker zone*), puncak-puncak gelombang menjadi bertambah runcing dan dipisahkan oleh lembah yang relatif datar (Gambar 3). Akhirnya, gelombang pecah setelah menjadi sangat curam dan tak stabil. Gelombang menjadi tidak stabil karena kecepatan gerakan partikel-partikel air di puncak gelombang melebihi kecepatan fase gelombang.



Gambar 3. Gambaran transformasi gelombang dari perairan dalam ketika mendekati pantai. Dikutip dari Komar (1976) dengan modifikasi..



Gambar 4. Macam-macam gelombang pecah di pantai. Gambar sebelah kiri adalah tiga tipe gelombang pecah yang mudah di kenal. Gambar sebelah kanan diperoleh dari rekaman film, dan menunjukkan adanya satu jenis pecahan transisi, jenis Collapsing, antara Plunging dan Surging. Tanda panah menunjukkan titik awal pecahnya gelombang. Dari Komar (1976).

Dikenal ada empat tipe gelombang pecah (Gambar 4), yaitu:

- 1) *Spilling breaker*. Pecahan gelombang jenis ini terjadi bila gelombang menjalar di pantai dengan dasar yang landai. Pada pecahan jenis ini, puncak gelombang yang tidak stabil turun sebagai “white water” (gelembung-gelembung dan buih).
- 2) *Plunging breaker*. Pecahan jenis ini terjadi bila gelombang menjalar di pantai yang miring. Pada pecahan jenis ini, gelombang yang mendekat ke pantai memiliki lereng depan yang menghadap ke daratan menjadi vertikal, puncak gelombang kemudian menggulung ke depan, dan akhirnya menghunjam ke depan.
- 3) *Surging breaker*. Pecahan jenis ini terjadi bila lereng pantai sangat curam. Pada pecahan jenis ini, puncak gelombang naik seperti akan menghunjam ke depan, tetapi kemudian dasar gelombang naik ke atas permukaan pantai sehingga gelombang jatuh dan menghilang.
- 4) *Collapsing breaker*. Pecahan ini adalah bentuk menengah antara pecahan tipe *plunging* dan *surging*.

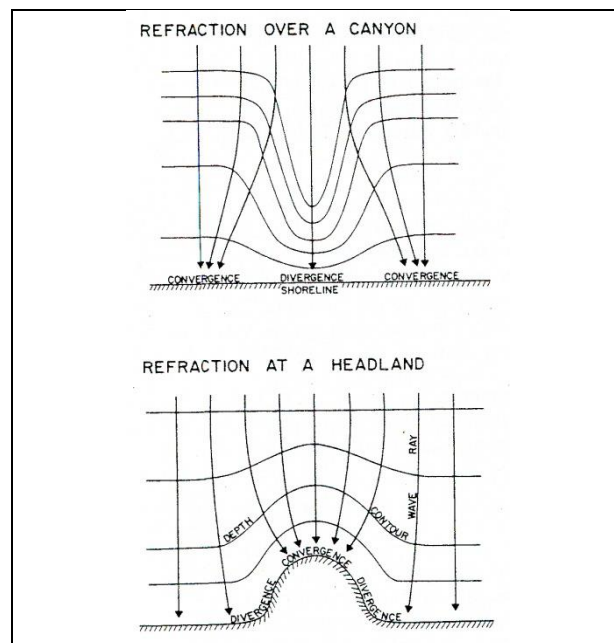
Tipe gelombang pecah di atas, dari urutan satu sampai tiga adalah tiga macam gelombang pecah yang umum mudah dikenal. Adapun tipe gelombang yang ke-empat, adalah tipe gelombang pecah transisi antara *plunging breaker* dan *surging breaker*. Tipe ini ditemukan oleh Galvin tahun 1968 yang mempelajari gelombang mempergunakan film berkecepatan tinggi (Komar, 1976).

### 1.1. Refraksi Gelombang

Ketika gelombang air dalam memasuki **perairan dangkal**, gelombang itu mengalami refraksi (*refraction*, Gambar 5), yang menyebabkan arah rembatan gelombang berubah sesuai dengan berkurangnya kedalaman air. Keterkaitan antara perubahan arah dengan perubahan kedalaman dapat kita lihat pada hubungan antara kedalaman air dan kecepatan gelombang seperti terlihat pada persamaan (9). Karena sifat tersebut, maka ketika memasuki perairan dangkal gelombang akan membelok ke bagian perairan yang lebih dangkal. Perubahan arah gelombang itu terjadi sedemikian rupa sehingga puncak gelombang cenderung sejajar dengan garis kontur kedalaman.

Topografi dasar laut yang tidak teratur dapat menyebabkan gelombang mengalami refraksi yang sangat rumit dan menghasilkan variasi tinggi gelombang dan energi di sepanjang pantai. Gelombang akan mengalami refraksi dan divergensi di atas perairan yang dalam di atas palung-palung pantai (Gambar 5, atas) sehingga di bagian pantai yang berhadapan dengan palung akan terjadi pengurangan tinggi gelombang. Sementara itu, di pantai yang terletak di kedua sisinya terjadi konvergensi dan gelombang menjadi lebih tinggi.

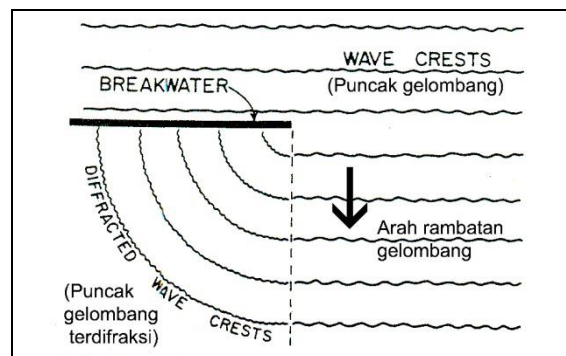
Bila gelombang mendekati suatu tanjung (*headland*), maka gelombang akan mengalami refraksi dan konvergensi atau dibelokkan ke arah tanjung tersebut, sehingga energi gelombang terkonsentrasi ke arah tanjung atau *headland* itu (Gambar 5, bawah).



Gambar 5. Pola divergen (atas) dan konvergen (bawah) pada gejala refraksi gelombang di daerah palung dan tanjung. Dari Komar (1976).

## 1.2. Difraksi Gelombang

Gejala difraksi gelombang terjadi apabila gelombang melewati suatu penghalang, seperti pulau, tanjung atau bangunan teknik di pantai. Apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan, maka gelombang akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk ke daerah terlindung (daerah bayangan atau *shadow zone*) di belakang rintangan. Dalam difraksi terjadi transfer energi yang sejajar dengan puncak gelombang atau tegak lurus dengan arah penjarangan gelombang (Gambar 6). Transfer energi itu menyebabkan terjadinya gelombang di daerah bayangan meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah bayangan.



Gambar 6. Difraksi gelombang di daerah bayangan suatu penghalang gelombang di lepas pantai. Dari Komar (1976).

## 1.3. Jenis-jenis Gelombang Menurut Penyebabnya

Gelombang dapat terjadi karena berbagai sebab alamiah. Berdasarkan faktor yang menyebabkan timbulnya gelombang dan karakter gelombang yang terjadi, gelombang dapat dibedakan menjadi beberapa macam. Berikut ini akan diuraikan secara singkat mengenai macam-macam gelombang tersebut.

### 1.3.1. Gelombang karena tiupan angin (*wind-generated wave*).

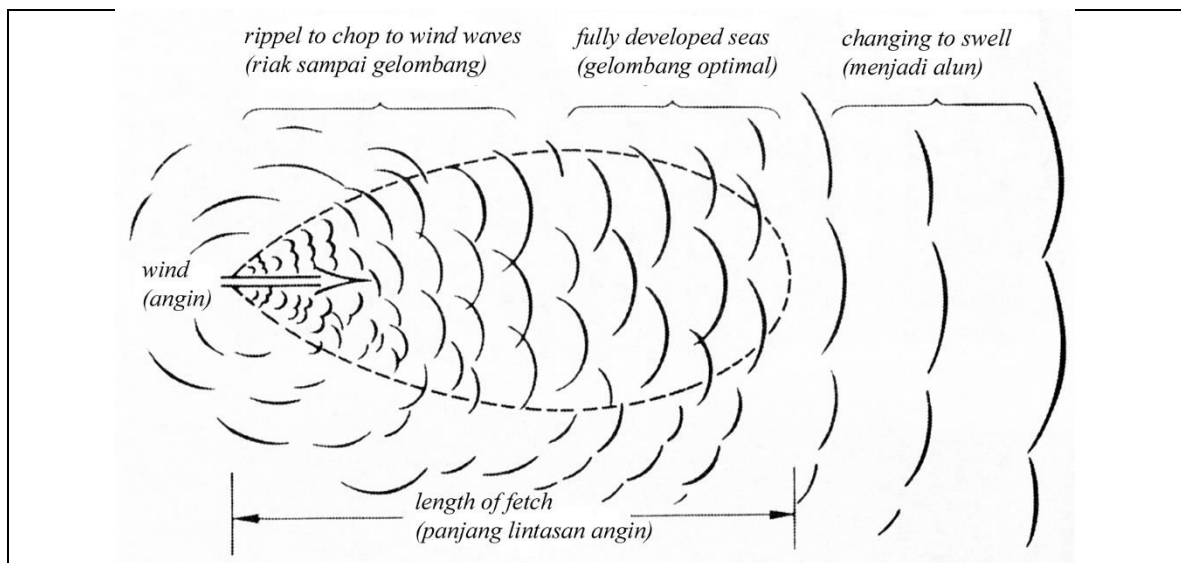
Gelombang ini terjadi di permukaan laut karena angin yang bertiup di atas permukaan laut. Bila angin bertiup melintasi permukaan laut, maka akan terjadi transfer energi dari angin ke laut, dan di bidang antar-mukanya (*interface*, permukaan laut) terjadi gelombang. Ada hubungan antara kecepatan angin dengan energi gelombang, panjang gelombang, tinggi gelombang, dan periode gelombang. Di perairan dalam faktor lain yang berpengaruh terhadap gelombang adalah konstansi tiupan angin (*wind constancy*) dan lama tiupan angin (*wind duration*). Tabel 4.1 memperlihatkan hubungan antara kecepatan angin dan panjang *fetch* dengan berbagai parameter gelombang.

Dari tabel tersebut terlihat bahwa angin dengan kecepatan tertentu dapat menghasilkan gelombang dengan ketinggian dan periode yang lebih tinggi bila *fetch* diperpanjang. Selanjutnya, bila angin yang bertiup di atas permukaan laut tidak memenuhi waktu minimum, maka ketinggian dan periode gelombang optimum tidak akan tercapai.

Tabel 4.1. Waktu minimum dan kondisi yang diperlukan untuk menghasilkan karakteristik yang optimum gelombang. Dikutip dari Swan, (1983)

| Panjang fetch (km)                | 8   | 80   | 800   |
|-----------------------------------|-----|------|-------|
| <b>Kecepatan angin 25 km/jam</b>  |     |      |       |
| Tinggi gelombang (m)              | 0,5 | 1,0  | 1,4   |
| Periode (dt)                      | 2,7 | 4,0  | 5,0   |
| Durasi (jam)                      | 2,2 | 14,2 | 103,0 |
| <b>Kecepatan angin 50 km/jam</b>  |     |      |       |
| Tinggi gelombang (m)              | 1,1 | 2,6  | 4,9   |
| Periode (dt)                      | 4,0 | 6,4  | 9,0   |
| Durasi (jam)                      | 1,6 | 9,2  | 61,0  |
| <b>Kecepatan angin 100 km/jam</b> |     |      |       |
| Tinggi gelombang (m)              | 2,4 | 6,1  | 13,7  |
| Periode (dt)                      | 5,8 | 9,7  | 15,0  |
| Durasi (jam)                      | 1,1 | 6,3  | 44,0  |

(Generalisasi nilai-nilai dari kurva peramalan gelombang laut dalam yang dikembangkan oleh Bretschneider dari U.S. Coastal Engineering Research Center)



Gambar 6A. Gelombang samudera karena tiupan angin badai. Pada dasarnya badai bertiup melingkar, dan gelombang sesungguhnya bergerak menjauhi pusat lingkaran angin ke segala arah. Gambar di atas hanya menggambarkan pembentukan gelombang pada satu arah. Garis putus-putus adalah batas relatif dari sistem angin. Dikutip dari Ingmanson dan Wallace (1985) dengan modifikasi.

Gambaran mekanisme terjadinya gelombang karena tiupan angin diberikan oleh Ingmanson dan Wallace (1985) berikut (Gambar 6A). Bayangkan suatu permukaan laut yang licin tanpa angin dan tanpa gelombang sama sekali. Selanjutnya bayangkan angin secara bertahap bertiup menggerakkan permukaan air. Angin yang bertiup (*breeze*) dengan kecepatan 0,5 knot dapat menimbulkan riak (*ripples*, rippel) dipermukaan laut. Rippel terbentuk sebagai respon permukaan laut atas variasi tekanan angin yang bergerak dipermukaan laut dan respon atas gaya gesekan yang timbul dari angin terhadap permukaan laut. Rippel menyebabkan makin banyak bagian permukaan laut



yang terbuka terhadap tiupan angin, dan kemudian gesekan dan tekanan secara bertahap meningkatkan ukuran rippel menjadi gelombang kecil. Permukaan laut menjadi berombak (*choppy*) dengan gelombang bergerak secara garis besar dalam arah yang sesuai dengan tiupan angin. Bila kecepatan angin meningkat, maka tinggi gelombang rata-rata pun juga meningkat. Selanjutnya, lamanya angin bertiup serta panjang lintasan angin (*fetch*) mempengaruhi ukuran gelombang. Kemudian, bila tiupan angin berhenti atau gelombang keluar dari sistem tiupan angin (*storm system*), maka gelombang berubah menjadi alun (*swell*). Alun terus bergerak, dan bila mencapai pantai akan mengalami perubahan dan menjadi gelombang pecah seperti yang telah diuraikan sebelumnya di depan.

### 1.3.2. Gelombang internal (*internal wave*).

Gelombang ini terjadi di dalam laut, terjadi di antara dua massa air laut yang berbeda densitasnya. Kehadiran gelombang ini tidak terlihat langsung secara visual di permukaan laut. Kehadirannya dapat diketahui dari pengamatan secara sistimatis terhadap berbagai parameter air laut – seperti temperatur, salinitas dan densitas; atau gerakan perlahan dari “*slick*” di permukaan laut. *Slick* tersebut dapat tersusun oleh plankton, sedimen berbutir halus, atau air permukaan laut yang tercemar.

### 1.3.3. Gelombang Badai (*storm surge* atau *storm wave*)

Gelombang ini terjadi karena tiupan angin badai. Fenomena gelombang ini umum terjadi di daerah Subtropis dimana badai sering terjadi. Di daerah pesisir, gelombang ini dapat menyebabkan air laut naik ke daratan, dan menimbulkan kerusakan.

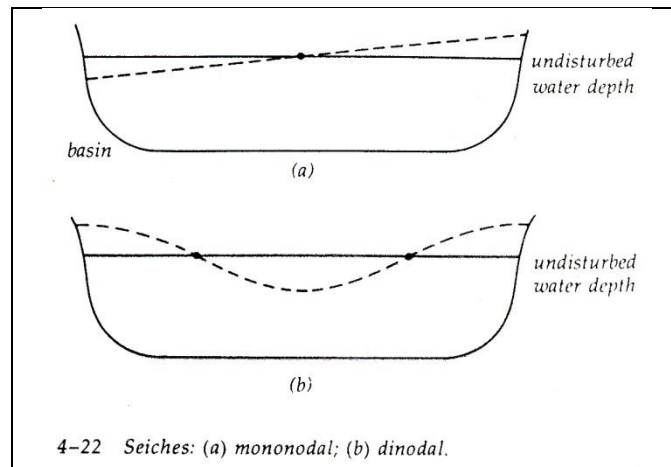
### 1.3.4. *Seiche*.

Fenomena *seiche* adalah fenomena gelombang stasioner, yaitu gelombang yang tidak memperlihatkan gerakan maju dari bentuk gelombang yang terjadi. Pada gelombang jenis ini, di tempat-tempat tertentu, permukaan air akan tetap stasioner sementara permukaan air yang lainnya bergerak naik turun (Gambar 7). Gelombang ini umumnya terjadi di perairan tertutup, seperti danau; atau perairan semi tertutup, seperti teluk. Di danau, *seiche* terjadi karena tiupan angin badai, atau perubahan tekanan udara (atmosfir) yang cepat. Di daerah teluk, *seiche* dapat terjadi karena pasang surut atau tsunami.

Di danau, periode dominan dari gelombang *seiche* dapat dihitung sebagai lebar danau dengan jarak  $L$ . Bila kita memandang tinggi air maksimum sebagai puncak gelombang *seiche*, maka gelombang harus berjalan sejauh  $2L$  sebelum puncak berikutnya terlihat. Selanjutnya, karena sebagian besar danau lebih dimensi lebarnya lebih besar daripada dalamnya, maka *seiche* merupakan gelombang perairan dangkal yang merambat dengan kecepatan  $\sqrt{gH}$ . Dengan demikian periode gelombang *seiche* adalah:

$$T = 2L\sqrt{gH} \dots\dots\dots(15)$$

Rumus tersebut dikenal sebagai Formula Merian (Beer, 1997).



Gambar 7. Dua macam pola fenomena seiche. Dari Ingmanson dan Wallace (1973).

#### 1.3.5. Gelombang karena longsoran (*landslide surge* atau *landslide wave*)

Gelombang jenis ini terjadi karena batuan atau es yang dalam jumlah besar longsor dan masuk ke laut.

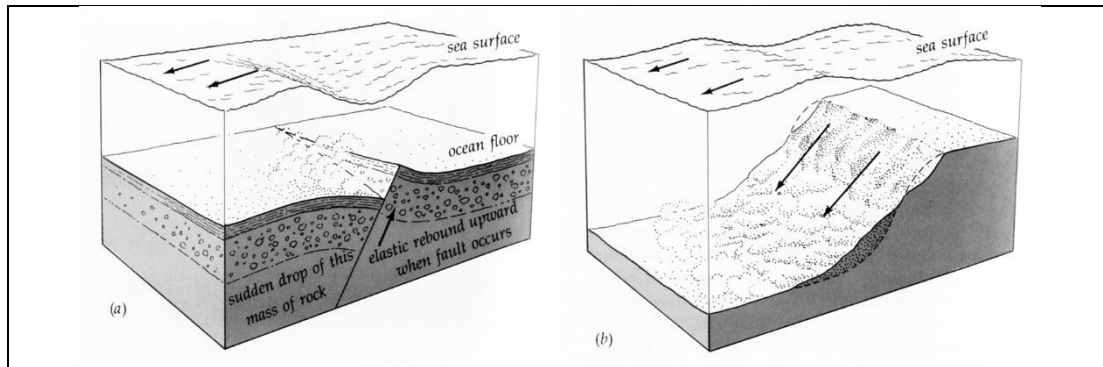
#### 1.3.6. Tsunami atau *seismic wave*

Tsunami sering disebut gelombang pasang (*tidal wave*), tetapi sesungguhnya gelombang ini tidak ada hubungannya dengan pasang surut air laut. Tsunami disebut juga sebagai *seismic wave* karena kejadiannya dicetuskan oleh gerakan kerak bumi yang cepat dan tiba-tiba. Tsunami dapat terjadi karena: (1) gempa bumi yang berasosiasi dengan terjadinya patahan vertikal di dasar laut, atau (2) longsoran di dasar laut (Gambar 8), atau (3) letusan gunungapi di laut. Tsunami adalah gelombang yang sangat panjang. Panjangnya dapat mencapai 240 km, dan dapat merambat dengan kecepatan 760 km/jam. Di daerah pesisir, gelombang tsunami yang naik ke darat dapat mencapai ketinggian 30 meter dan masuk ke darat sampai 3,5 km. Indonesia sangat berpotensi terkena bencana tsunami (Tabel 4.2). Kejadian tsunami yang terkenal di Indonesia terjadi tahun 1883, yaitu tsunami yang terjadi karena letusan Gunung Krakatau. Sementara itu, tsunami yang terjadi karena gempa antara lain terjadi di Flores tahun 1992, Banyuwangi 1994, Biak 1996, dan Aceh 2004. Contoh dari tsunami yang terjadi karena longsoran bawah laut adalah tsunami yang terjadi pada tahun 1988 di sebelah utara Papua New Guinea (Synolakis dan Okal, 2002).

Tsunami adalah gelombang yang memiliki panjang gelombang yang sangat panjang, dapat mencapai 240 km. Dengan panjang gelombangnya yang sedemikian besar itu, maka meskipun di samudera yang memiliki kedalaman rata-rata 4600 m, gelombang tsunami relatif masih sangat panjang. Dengan demikian maka gelombang tsunami akan berkelakuan seperti gelombang perairan dangkal (Ingmanson dan Wallace, 1985), yang kecepatannya tergantung pada kedalaman air seperti ditunjukkan oleh persamaan (9).

Beberapa tsunami terdiri dari satu paket yang terdiri dari tiga atau empat gelombang dengan interval kedatangan setiap gelombang sekitar 15 menit (Ingmanson dan Wallace, 1985). Gelombang yang pertama belum tentu yang paling besar. Sebelum

gelombang tsunami mencapai pantai, biasanya air laut di dekat pantai tertarik ke laut sehingga dasar laut tersingkap ke udara.

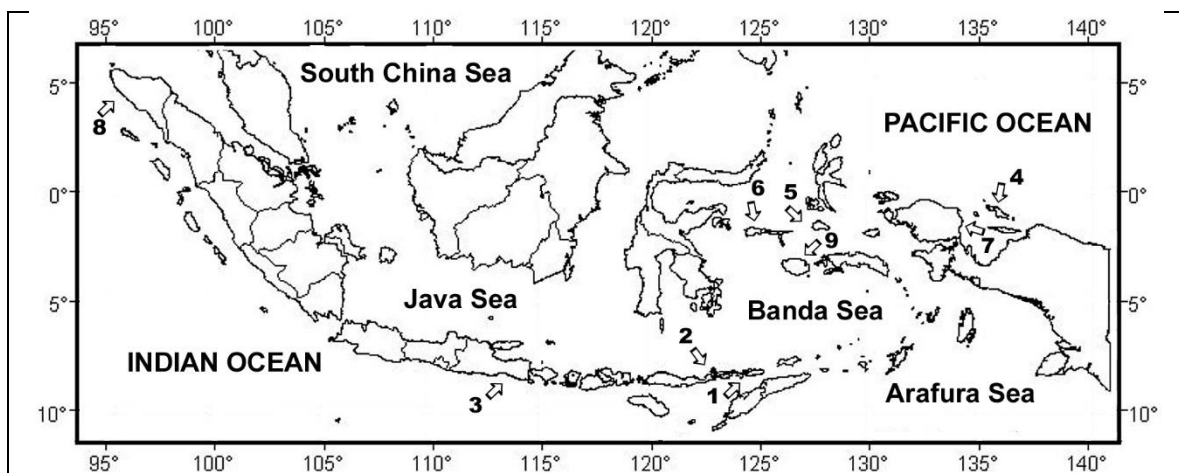


Gambar 8. Gambaran dua pencetus tsunami. (a) patahan bawah laut, (b) longsor bawah laut. Dari Ingmanson dan Wallace (1985).

Tabel 4.2. Kejadian tsunami di Indonesia dalam periode 1990 – 2006.

| No. | Lokasi                         | Tahun | Kawasan |
|-----|--------------------------------|-------|---------|
| 1.  | Alor, Nusa Tenggara            | 1991  | Timur   |
| 2.  | Flores, Nusa Tenggara          | 1992  | Timur   |
| 3.  | Banyuwangi, Jawa Timur         | 1994  | Barat   |
| 4.  | Biak, Papua                    | 1996  | Timur   |
| 5.  | Obi, Maluku                    | 1998  | Timur   |
| 6.  | Banggai, Maluku                | 2000  | Timur   |
| 7.  | Manokwari, Papua               | 2002  | Timur   |
| 8.  | Aceh, Nanggroe Aceh Darussalam | 2004  | Barat   |
| 9.  | Buru, Maluku                   | 2006  | Timur   |
| 10. | Pangandaran, Jawa Tengah       | 2006  | Barat   |

Sumber: Diolah dari Fauzi dan Ibrahim (2002), Gambar 1; Setyawan (2002). Nomor urut 8 - 10 dari penulis.



Gambar 8A. Penyebaran peristiwa tsunami di Indonesia periode 1990-2006. Data dari Tabel 4.2.

#### 1.4. Tipe-tipe Gelombang Menurut Periodenya

Gelombang di permukaan laut dapat juga diklasifikasikan secara memuaskan berdasarkan pada periode gelombangnya (Beer, 1997) seperti diperlihatkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Tipe-tipe gelombang permukaan. Dikutip dari Beer (1997) dengan modifikasi

| Periode (T) | Tipe Gelombang    | Kenampakan Umum sebagai |
|-------------|-------------------|-------------------------|
| <1 detik    | Capillary waves   | Ripples, Riak           |
| ~ 1 detik   | Wind waves (chop) | Gelombang               |
| ~ 10 detik  | Swell             | Breakers, Alun          |
| Menit       | Seiches           | Gelombang pelabuhan     |
| Jam         | Pasang surut      | Pasang surut            |

Angin adalah pembangkit utama gelombang maupun alun. *Wind waves* atau *chop* atau gelombang memiliki panjang gelombang yang pendek, melonjak-lonjak (*bumpy*), puncak-puncak gelombang tajam, dan tampak pada kondisi berangin. *Swell* atau alun adalah gelombang yang bergerak lambat, bergerak dengan tenang (*gently rolling waves*) dan menghempas ke pantai meskipun pada kondisi laut yang tenang. Alun dihasilkan oleh badai yang terjadi sangat jauh dari daerah pengamatan gelombang. Sebagai contoh, alun di pantai California adalah hasil dari badai di sekitar Selandia Baru. Di pihak lain, *wind waves* atau *chop* terjadi karena tiupan angin yang keras yang dihasilkan oleh angin lokal. Sementara itu, *capillary waves* atau *ripple* atau riak terbentuk pada gelombang besar, meskipun saat itu tidak ada angin, dan tampak sangat bila ada angin.

## 2. PASANG SURUT

### 2.1. Penyebab Pasang Surut

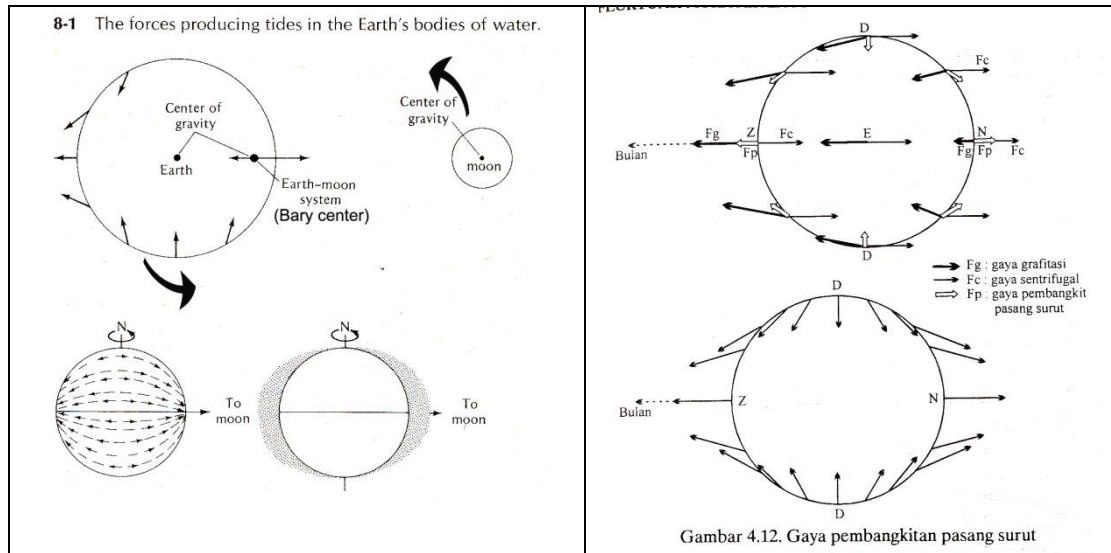
Pasang surut adalah gerak fluktuasi muka air laut karena pengaruh gaya gravitasi Matahari dan Bulan. Jarak yang lebih dekat antara Bulan dan Bumi dibandingkan dengan jarak Matahari dan Bumi, menyebabkan gaya gravitasi Bulan berpengaruh lebih besar terhadap pasang surut dibandingkan gaya gravitasi Matahari. Besarnya gaya gravitasi Bulan yang berpengaruh terhadap pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar dari pada gaya gravitasi Matahari.

Bumi dan Bulan bersama-sama ber-revolusi mengelilingi "*bary center*", yaitu titik pusat gravitasi bersama di antara dua benda langit (Gambar 9). Di dalam sistem Bumi – Bulan, *bary center* terletak sekitar 1718 km dari permukaan Bumi. Gaya gravitasi Bulan menyebabkan air laut di Bumi menggelembung ke arah luar pada sisi Bumi yang menghadap ke arah Bulan. Pada sisi sebaliknya, gaya sentrifugal yang terjadi karena gerak Bumi menyebabkan terjadi gelembungan ke arah luar yang ke-dua. Dengan demikian, Bumi memiliki dua gelembungan atau air pasang yang terlihat pada garis lurus terhadap Bulan, dan air surut yang terjadi pada sisi arah garis yang tegak lurus terhadap Bulan.

Bumi berbentuk spheroid, artinya adalah diameter ekuatorial lebih besar dari pada diameter polar (kutub). Bumi ber-revolusi pada sumbunya sehari sekali terhadap matahari. Lama satu **hari matahari** (*solar day*) adalah 24 jam, 0 menit, dan 0 detik.

Posisi bumi tidak tepat di pusat orbit Bulan yang berbentuk ellips. Jarak rata-rata Bulan terhadap Bumi adalah 384.404 km, pada **perigee** (titik terdekat) jarak Bulan adalah 356.400 km, dan pada **apogee** (titik terjauh) adalah 406.700 km. Panjang waktu satu **hari bulan** (*lunar day*) adalah 24 jam dan 50,47 menit.

Orbit Bumi mengelilingi matahari juga berbentuk ellips. Jarak rata-rata bumi terhadap pusat Matahari adalah 150.000.000 km. Jarak terdekat pada posisi perihelion yang terjadi pada bulan Januari adalah 147.000.000 km, dan jarak terjauh pada aphelion terjadi pada bulan July yaitu 153.000.000 km. Panjang satu orbit yang disebut dengan **tropical year** adalah 365 hari, 5 jam, 48 menit, dan 46 detik.

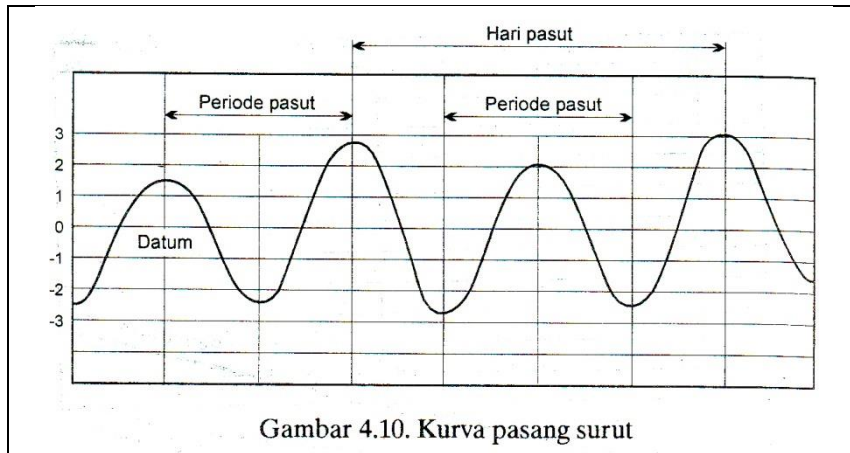


Gambar 9. Gaya-gaya yang menghasilkan pasang surut di Bumi. Gambar kiri: dari Weisberg dan Parish (1974), dengan modifikasi; gambar kanan: dari Triatmodjo (1999).

Selanjutnya, adalah fakta bahwa bidang orbit bulan miring terhadap bumi dengan sudut  $5^{\circ}9'$  dan sumbu rotasi Bumi miring terhadap bidang orbit Matahari sebesar  $23^{\circ}27'$ . Dengan demikian deklinasi Bulan terhadap ekuator berkisar dari  $28^{\circ}36'$  sampai  $18^{\circ}18'$ , dan pasang surut bervariasi sesuai dengan deklinasi itu.

## 2.2. Kurva Pasang Surut

Gambaran kondisi pasang surut dapat ditampilkan secara visual dalam bentuk kurva pasang surut. Kurva tersebut menggambarkan ketinggian air laut pada suatu waktu tertentu. Sumbu x menunjukkan waktu, sedang sumbu y menunjukkan ketinggian muka laut (Gambar 10). Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal yang diukur dari puncak air tertinggi sampai posisi air terendah. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air tertinggi (atau terendah) sampai ke muka air tertinggi (atau terendah) berikutnya. Periode ketika muka laut bergerak naik disebut periode pasang, sedang periode ketika muka laut bergerak turun disebut periode surut.

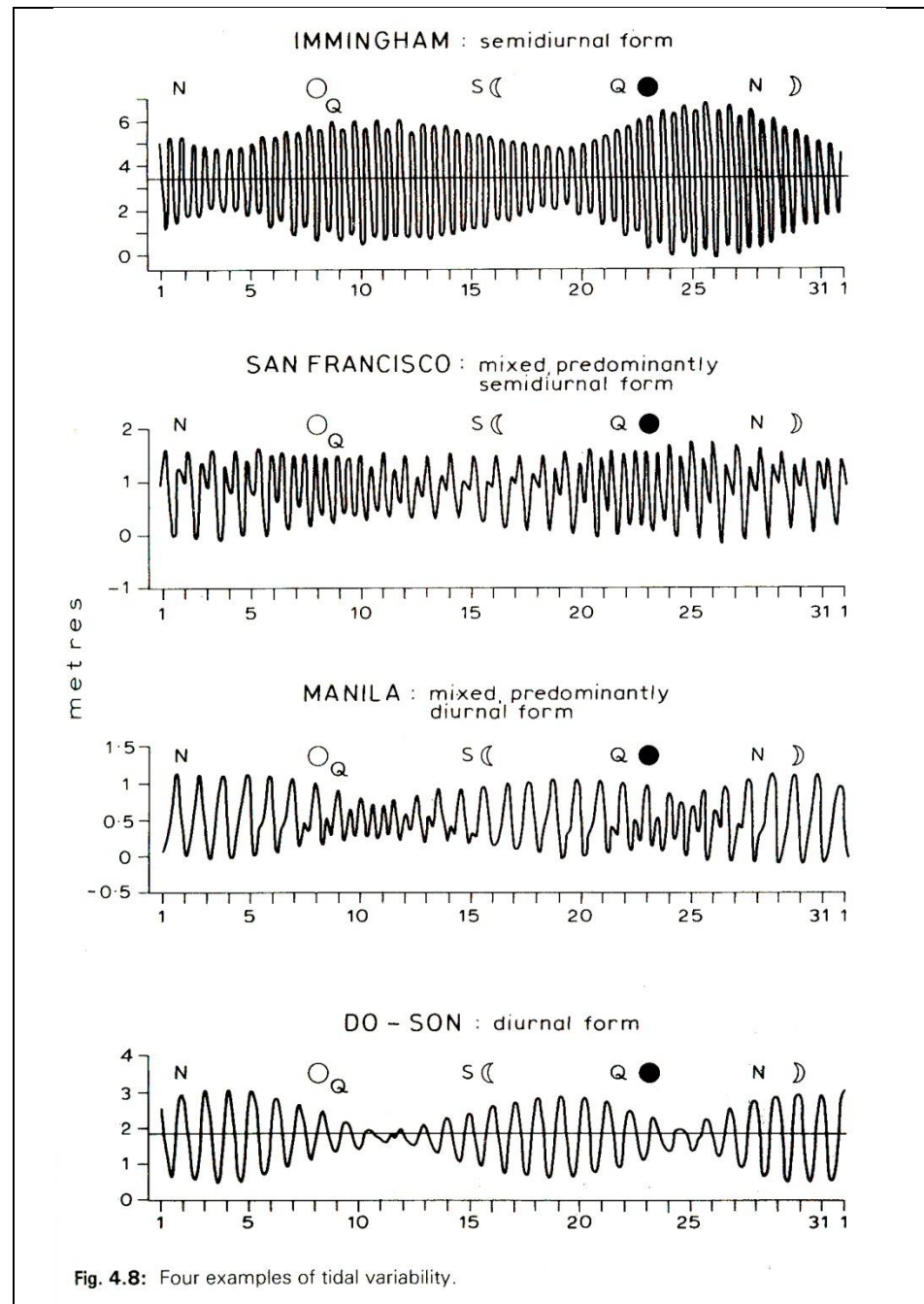


Gambar 10. Kurva pasang surut. Dari Triatmodjo (1999).

### 2.3. Tipe-tipe Pasang Surut

Tipe pasang surut yang terjadi di bumi tidak sama di semua tempat. Perbedaan tipe pasang surut ini terjadi karena: (1) bentuk dan konfigurasi cekungan yang mempengaruhi gerakan air, (2) kondisi topografi dasar laut lokal, dan (3) pengaruh efek Coriolis.





Gambar 11. Contoh empat tipe pasang surut. Dari Pethick (1992).

Secara umum, ada 4 tipe pasang surut (Gambar 11), yaitu:

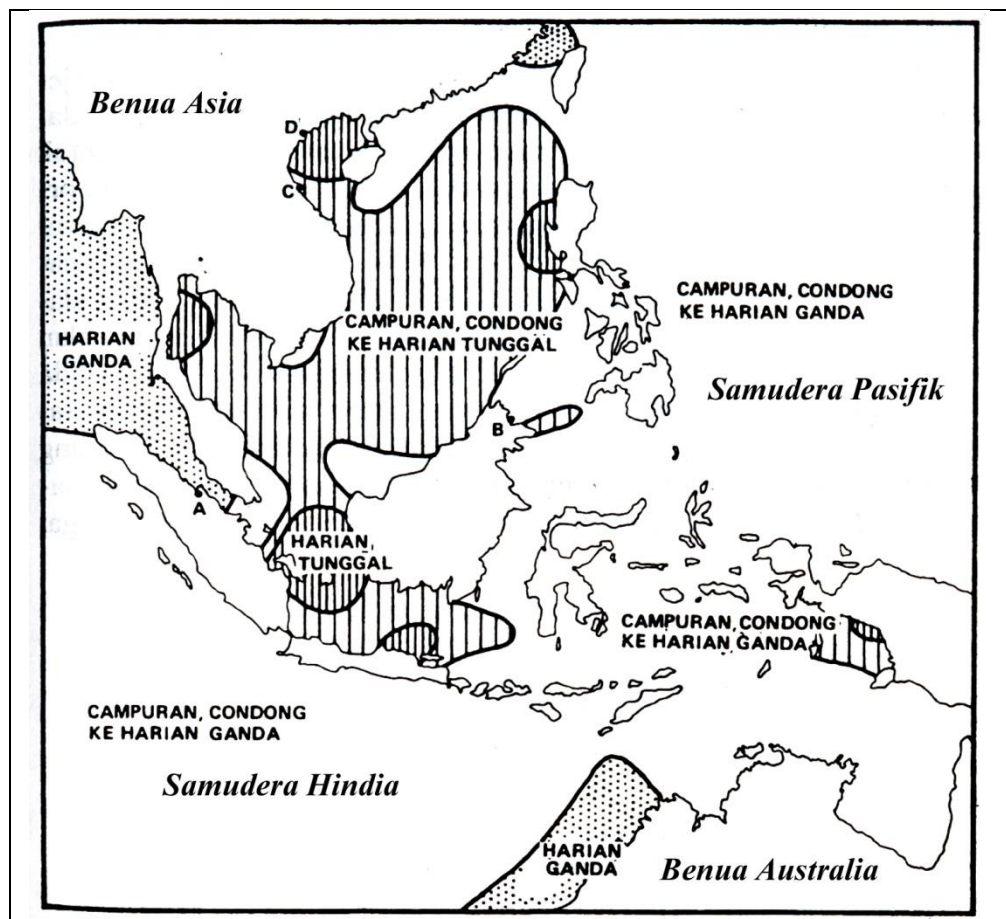
- 1) Pasang surut **harian tunggal (diurnal tide)**. Pada pasang surut tipe ini, perubahan pasang surut harian menghasilkan satu kali pasang dan satu kali surut. Periode pasang surut ini 24 jam 50 menit 47 detik. Faktor yang menyebabkannya adalah rotasi bumi dan deklinasi matahari dan bulan.
- 2) Pasang surut **harian ganda (semidiurnal tide)**. Pada pasang surut tipe ini, dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama. Periode



pasang surut ini rata-rata 12 jam 24 menit 23,5 detik. Faktor yang menyebabkannya adalah rotasi bumi.

- 3) Pasang surut **campuran dominan harian ganda** (*mixed tide predominant semidiurnal*). Pada tipe ini, dalam satu hari terjadi dua kali pasang surut dan dua kali surut dengan tinggi dan periode berbeda.
- 4) Pasang surut **campuran dominan harian tunggal** (*mixed tide predominant diurnal*). Pada tipe ini, dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi kadang-kadang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

Penyebaran tipe-tipe pasang surut yang terdapat di kawasan Kepulauan Indonesia dan sekitarnya dapat dilihat pada Gambar 11a.



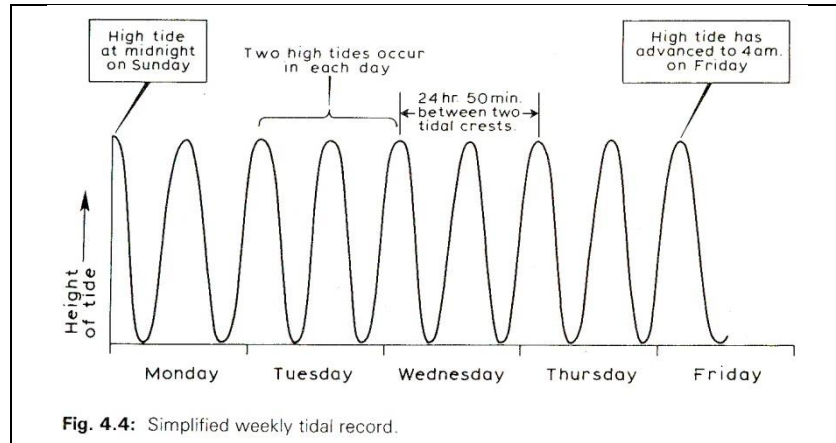
Gambar 11a. Distribusi tipe-tipe pasang surut di kawasan Kepulauan Indonesia dan sekitarnya. Dikutip dari Triatmodjo (1999).

## 2.4. Variasi Pasang Surut

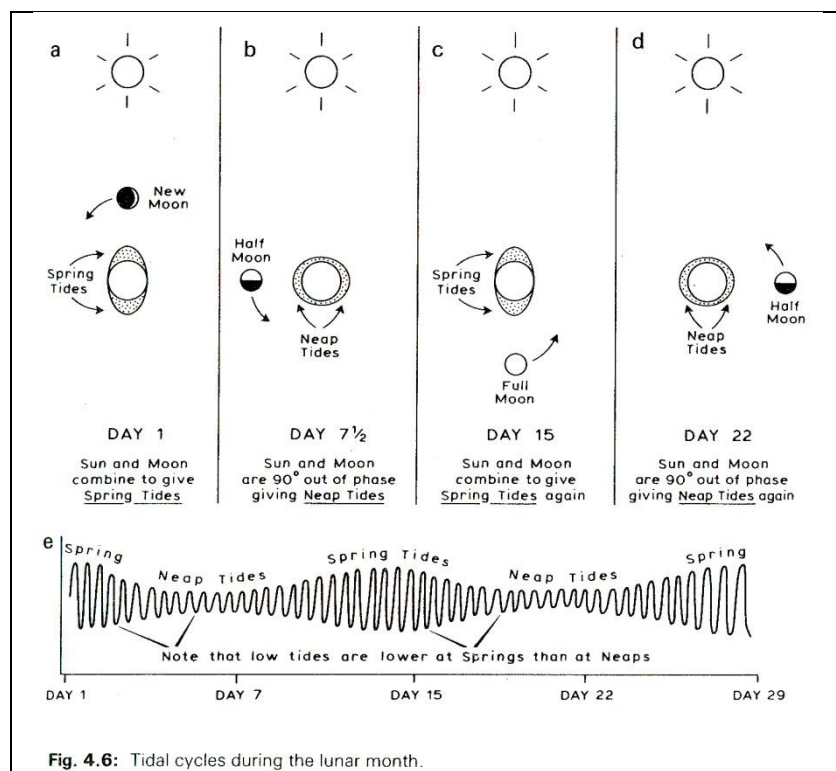
Variasi pasang surut dapat dibedakan menjadi:

- 1) **Variasi harian** (Gambar 12) adalah variasi yang terjadi dalam satu hari matahari. Variasi ini terjadi karena gerak rotasi Bumi dan gerak revolusi Bulan mengelilingi Bumi. Ada perbedaan antara hari matahari dan hari-bulan (*lunar day*). Lama hari bulan adalah 24

jam 50,47 menit. Jadi, setiap hari pasang yang terjadi di suatu tempat selalu terlambat sekitar 50 menit dari hari sebelumnya.



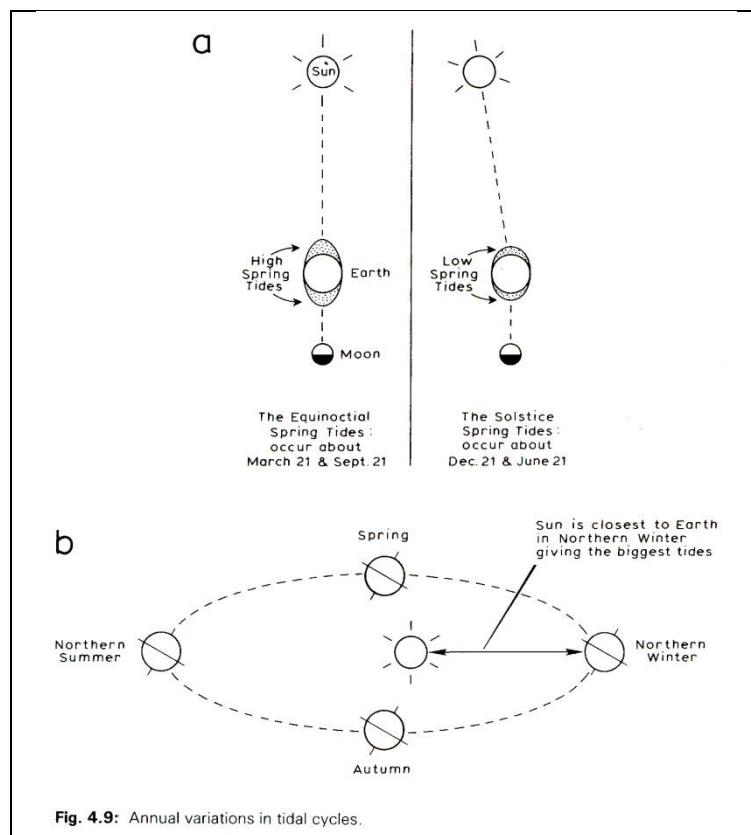
Gambar 12. Rekaman pasang surut yang disederhanakan. Memperlihatkan variasi harian pasang surut. Dari Pethick (1992).



Gambar 13. Siklus pasang surut dalam satu bulan "lunar month". Memperlihatkan variasi pasang surut bulanan. Dari Pethick (1992).

- 2) **Variasi bulanan** (Gambar 13) yaitu variasi yang terjadi dalam periode satu bulan. Variasi ini terjadi karena revolusi Bulan mengelilingi Bumi. Periode Bulan mengelilingi Bumi adalah 29,5 hari, sehingga pada setiap hari-bulan, pasang surut bergeser. Selain itu, gerak

revolusi Bulan terhadap Bumi menyebabkan pada waktu-waktu tertentu posisi Matahari – Bumi – Bulan berada pada satu garis lurus, dan pada waktu-waktu yang lain membentuk sudut siku-siku dengan Bumi sebagai titik sudutnya. Pada susunan yang membentuk garis lurus dengan Bumi berada di tengah, terjadi Bulan Purnama; sedang bila Bulan berada di tengah, terjadi Bulan Mati. Pada saat Purnama di setiap tanggal 15 hari bulan, terjadi pasang purnama (*spring tide at full moon*), sedang pada saat bulan mati di setiap tanggal 1 hari bulan, terjadi pasang bulan mati atau pasang bulan baru (*spring tide at new moon*). Pada saat terjadi susunan Matahari – Bumi – Bulan membentuk sudut siku-siku di setiap tanggal 7 dan 21 hari bulan, terjadi pasang yang rendah atau pasang kecil (pasang perbani atau *neap tide*).



Gambar 14. Siklus pasang surut yang memperlihatkan variasi tahunan. Dari Pethick (1992).

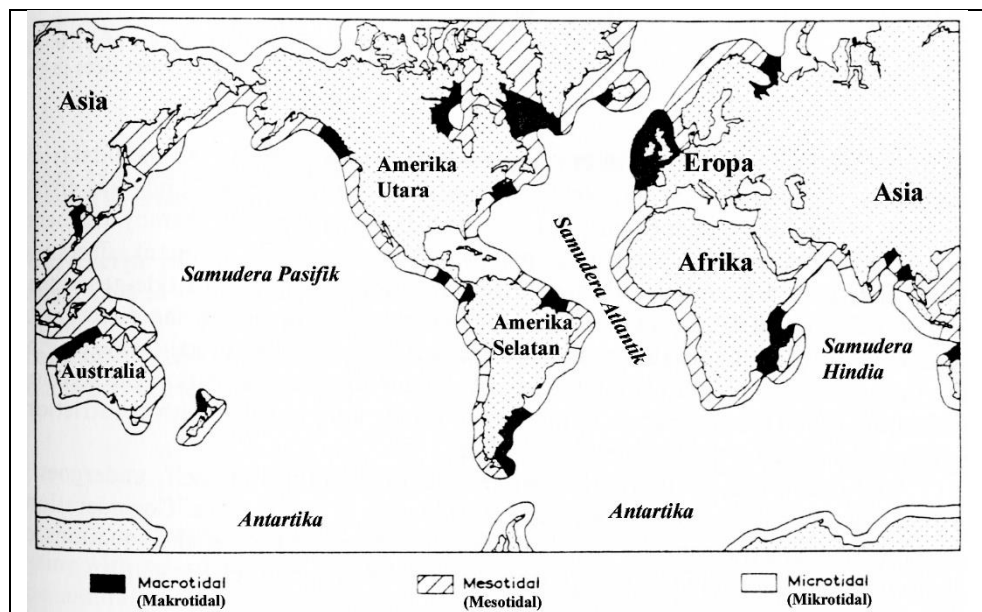
- 3) **Variasi tahunan** (Gambar 14) adalah variasi yang terjadi dalam periode satu tahun. Variasi ini terjadi karena gerak revolusi Bumi mengelilingi Matahari, sumbu rotasi bumi yang membentuk sudut  $23,5^\circ$  terhadap bidang orbit Bumi, dan karena bentuk orbit Bumi terhadap matahari yang berbentuk elips. Posisi sumbu rotasi yang menyudut terhadap sumbu bidang orbit itu menyebabkan pasang surut berdeviasi antara  $23,5^\circ$  Lintang Selatan dan  $23,5^\circ$  Lintang Utara. Dalam periode satu tahun, dua kali Matahari berada pada posisi "*equinox*" – posisi Matahari tepat berada di khatulistiwa, yaitu pada tanggal 21 Maret dan 21 September. Pada saat itu terjadi "*High spring tide*" (pasang tinggi yang tinggi atau *equinoctial spring tide*). Pada ketika yang lain, dalam periode satu tahun, dua kali Matahari berada pada posisi "*solstice*" – posisi Matahari posisi tinggi, yaitu satu kali berada di posisi Lintang Utara – tanggal 21 Juni, dan satu kali berada di posisi Lintang

Selatan – tanggal 21 Desember. Pada saat-saat itu terjadi “*Low spring tide*” (pasang tinggi yang rendah atau *soltice spring tide*) (Gambar 14). Kemudian, lintasan orbit Bumi yang berbentuk ellips membuat pada waktu tertentu Bumi sangat dekat dengan Matahari. Pada saat itu di Bumi akan terjadi pasang tertinggi dan surut terendah sepanjang tahun.

Kemudian, secara kasar berdasarkan pada variasi tinggi air pasang surut, menurut Davies (1964 *vide* Komar, 1976) pasang surut dapat dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu:

- 1). Mikrotidal (*microtidal*), kisaran pasang surut < 2 meter.
- 2). Mesotidal (*mesotidal*), kisaran pasang surut 2 - 4 meter.
- 3). Makrotidal (*macrotidal*), kisaran pasang surut > 4 meter.

Selanjutnya disebutkan bahwa pasang surut jenis mikrotidal dan mesotidal umumnya dijumpai di pantai-pantai terbuka di tepi samudera, dan laut-laut yang terkurung daratan seperti Laut Mediterania, Laut Hitam dan Laut Merah. Pasang surut makrotidal dijumpai secara lokal di teluk-teluk di sepanjang pantai. Penyebaran variasi pasang surut di seluruh dunia disajikan pada Gambar 14a.



Gambar 14a. Penyebaran variasi pasang surut di seluruh dunia menurut Davies (1964). Dikutip dari Komar (1976) dengan modifikasi.

## SOAL

1. Pernyataan manakah yang benar mengenai adanya Efek Coriolis pada daerah khatulistiwa
  - a. Arus laut akan bergerak naik ke permukaan di sepanjang garis khatulistiwa
  - b. Arus laut akan mengalami penurunan temperatur
  - c. Arus laut tidak mengalami defleksi arah
  - d. Arus laut konstan bergerak ke arah barat
  - e. Arus laut selalu bergelombang
2. Klasifikasi pasang surut berdasarkan ketinggiannya adalah
  - a. Makrotidal > 4 m, Muditidal 2 - 4 m, Mikrotidal < 2 m
  - b. Makrotidal > 4 m, Mesotidal 2 – 4 m, Mikrotidal < 2 m
  - c. Megatidal > 4 m, Muditidal 2 – 4 m, Minitidal < 2 m
  - d. Megatidal > 4 m, Mesotidal 2 – 4 m, Minitidal < 2 m
  - e. Semua jawaban di atas salah
3. Berdasarkan proses pembentukannya, contoh laut regresi adalah
  - a. Laut Tengah
  - b. Laut Banda
  - c. Laut China Selatan
  - d. Laut Jawa
  - e. Laut Arafura
4. Tipe pasang surut dimana pada satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda disebut dengan .....
  - a. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)
  - b. Pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*)
  - c. Pasang surut campuran dominan harian ganda
  - d. Pasang surut campuran dominan harian tunggal
  - e. Semua jawaban di atas salah
5. Sebaran benua dan samudera sangat mempengaruhi iklim dunia. Andaikan perairan Republik Indonesia menjadi dangkal dan tidak dapat dialiri oleh arus laut dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia, maka:
  - a. Iklim dunia arus laut dunia akan panas karena arus laut tersebut bersifat panas
  - b. Iklim dunia arus laut dunia akan dingin karena arus laut tersebut bersifat dingin
  - c. Iklim dunia arus laut dunia akan panas karena arus laut tersebut bersifat dingin
  - d. Iklim dunia arus laut dunia akan dingin karena arus laut tersebut bersifat panas
  - e. Iklim dunia tidak mengalami perubahan berarti
6. Siklus mencair dan mendinginnya es di kutub-kutub bumi disebut
  - a. Siklus Walker
  - b. Siklus Hadley
  - c. Siklus Milankovich
  - d. Siklus Continental
  - e. Siklus Ferrel

7. Skala beaufort yang ditandai dengan pohon mulai bergoyang dan timbul gelombang kecil pada perairan pedalaman adalah skala nomor
  - a. 4
  - b. 5
  - c. 6
  - d. 8
  - e. 3
8. Kecepatan angin 22 knot akan sama dengan.....mil laut/jam
  - a. 19
  - b. 22
  - c. 25,3
  - d. 33
  - e. 40,7
9. Berikut merupakan sedimen-sedimen yang terendapkan di laut, kecuali...
  - a. Litogenik
  - b. Hidrogenik
  - c. Kosmogenik
  - d. Biogenik
  - e. Limnogenik
10. Secara umum setiap bulan air laut mengalami pasang laut dan mengalami surut laut, maka
  - a. Pasang air laut terjadi pada setiap awal bulan
  - b. Pasang air laut terjadi pada setiap awal pertengahan
  - c. Surut air laut terjadi pada setiap akhir bulan
  - d. Pasang air laut terjadi pada setiap akhir bulan
  - e. Pasang air laut terjadi ada awal bulan dan pertengahan bulan.
11. Tipe pasang surut yang ditandai dengan 2 kali pasang dan 2 kali surut dengan ketinggian berbeda adalah
  - a. Semidiurnal
  - b. Diurnal
  - c. Mixed Predominantly Semidiurnal
  - d. Mixed Predominantly Diurnal
  - e. Tidak dapat diketahui
12. Adanya kejadian pengangkatan daratan pulau maka akan terjadi perubahan garis pantai, maka akan terjadi...
  - a. Garis pantai akan mundur
  - b. Garis pantai akan maju
  - c. Garis pantai seimbang
  - d. Garis pantai Tetap
  - e. Garis pantai dapat maju dan mundur 978,5 mb

13. Kita mengenal tentang arus laut, dimana arus laut dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu karena suhu air laut, karena densitas dan sebagainya. Arus yang bergerak di katulistiwa adalah...
  - a. *Oyashio Current*
  - b. *Kuroshio Current*
  - c. *Arlindo Current*
  - d. *Density Current*
  - e. *Equator Current*
14. Menurut pola sirkulasi masa air global, arus yang bersifat dingin adalah..
  - a. Arus Kuroshio
  - b. Arus Brazil
  - c. Arus Agulhas
  - d. Arus Alaska
  - e. Arus Benguela
15. Grafik antara tinggi muka air laut berbanding waktu pengukuran akan menentukan tipe pasang surut air laut , apabila dalam satu hari hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut air laut maka dinamakan
  - a. Tipe Pasang Surut Campuran
  - b. Tipe Pasang Surut Harian Ganda
  - c. Tipe Pasang Surut Semi Diurnal
  - d. Tipe Pasang Surut Harian Ganda
  - e. Tipe Pasang Surut Diurnal
16. Kedudukan muka air akibat kejadian pasang surut laut antara lain MSL (Mean Sea Level); sedangkan yang dimaksud dengan HHWL adalah...
  - a. Kedudukan muka air pada kondisi Air Tinggi (*High Water Level*)
  - b. Kedudukan muka air pada kondisi Air Tertinggi (*Highest Water Level*)
  - c. Kedudukan muka air Tinggi Air Tertinggi (*High Highest level*)
  - d. Kedudukan muka air Tertinggi tinggi (*Highest High Water Level*)
  - e. Kedudukan muka air pada kondisi air tertinggi Tertinggi (*Highest Highest water Level*)
17. Laut yang terletak di antara benua-benua disebut ...
  - a. Laut tepi
  - b. Laut pedalaman
  - c. Laut pertengahan
  - d. Laut dalam
  - e. Laut utama
18. Di bawah ini hal yang mempengaruhi pasang surut air laut adalah ...
  - a. Posisi matahari terhadap bumi
  - b. Rotasi bumi
  - c. Posisi bulan terhadap bumi
  - d. Evolusi bumi
  - e. Posisi bumi terhadap planet-planet lain
19. Dari Weisberg dan Parish (1974). Arus yang bersifat hangat adalah..



- a. Arus Oyashio
  - b. Arus Agulhas
  - c. Arus Peru
  - d. Arus Benguela
  - e. Arus Canary
20. Fenomena gelombang stasioner, yaitu gelombang yang tidak memperlihatkan gerakan maju dari bentuk gelombang yang terjadi disebut sebagai
- a. Seiche
  - b. Tsunami
  - c. Difraksi
  - d. gelombang internal
  - e. fetch
21. Laut dapat dibagi menjadi beberapa kisaran kedalaman. Kedalaman di mana air laut selalu menggenangi dan sinar matahari mampu menembus disebut sebagai
- a. Zona litoral
  - b. Zona batial
  - c. Zona neritik
  - d. Zona abisal
  - e. Zona pesisir
22. Dalam penentuan tipe pasang surut kita harus memperhatikan faktor komponen pasang surut, dimana dari komponen tersebut harus dihitung dengan faktor penentu harian tunggal dan harian ganda. Suatu bilangan untuk menyatakan tipe pasut disebut..
- a. Tidal number
  - b. Formzahl number
  - c. Froude number
  - d. Stokes number
  - e. Semua salah
23. 1. Hadal  
2. Batial  
3. Abyssal  
4. Neritik  
Urutan berdasarkan kedalaman laut yang benar dari dalam ke dangkal adalah ....
- a. 1, 3, 2, 4
  - b. 2, 4, 1, 3
  - c. 3, 1, 4, 2
  - d. 1, 2, 3, 4
  - e. 4, 2, 1, 3
24. I. Terjadi pada pantai miring  
II. Puncak gelombang menggulung ke depan  
III. Lereng depan menghadap ke daratan  
Faktor di atas merupakan ciri-ciri dari gelombang pecah tipe...
- a. Spilling breaker

- b. Plunging breaker
  - c. Surging breaker
  - d. Collapsing breaker
  - e. Coastal breaker
25. I. Udaranya lengket khas daerah pantai  
II. Tergenang oleh pasang tinggi tertinggi  
III. Batas pengaruh angin laut  
Faktor di atas merupakan ciri ciri dari daerah...
- a. Coast
  - b. Coast line
  - c. Shore
  - d. Shore line
  - e. Beach
26. Cepat rambat gelombang perairan dalam dengan periode 4 sekon dan kedalaman 16 meter adalah...(g = 9,81 m/s<sup>2</sup>)
- a. 3,8 m/s
  - b. 4,2 m/s
  - c. 5,3 m/s
  - d. 6,2 m/s
  - e. 7,3 m/s
27. Setelah melewati zona CCD (Carbonate Compensation Depth) maka yang tersisa hanyalah sedimen berkomposisi...
- a. Karbonat
  - b. Kalsit
  - c. Silika
  - d. Fosfat
  - e. Aragonit
28. Fenomena gelombang stasioner yang memperlihatkan gerakan naik turun pada suatu perairan dan biasanya terjadi pada perairan tertutup disebut dengan...
- a. Longshore Current
  - b. Sea wave
  - c. Tidal wave
  - d. Seiche
  - e. Tsunami
29. Mekanisme arus yang dapat mengangkat nutrisi dari perairan dalam ke permukaan sehingga meningkatkan tangkapan ikan adalah...
- a. Downwelling
  - b. Upwelling
  - c. Rip current
  - d. Longshore drift
  - e. Gelombang perairan dalam

30. Efek coriolis terhadap arus akan maksimal atau paling besar pada lintang...
- a. 0
  - b. 5
  - c. 10
  - d. 15
  - e. 23,5



@alc\_indonesia



## **GEOFISIKA**

### **A. Geofisika**

Geofisika adalah bagian dari ilmu Bumi yang mempelajari Bumi menggunakan kaidah atau prinsip fisika. Ilmu Bumi yang juga mencakup aspek fisika lainnya adalah meteorology, elektrisitas atmosferis dan fisika ionosfer. Penelitian geofisika untuk mengetahui kondisi bawah permukaan Bumi melibatkan pengukuran di atas permukaan Bumi dari parameter-parameter fisika yang dimiliki oleh batuan di dalam Bumi. Dari pengukuran ini dapat ditafsirkan bagaimana sifat-sifat dan kondisi bawah permukaan (Subsurface) baik secara vertical maupun horizontal.

Dalam skala yang berbeda metode geofisika dapat diterapkan secara global yaitu untuk menentukan struktur Bumi, secara lokal yaitu untuk eksplorasi mineral dan migas, serta dalam skala yang lebih kecil lagi dapat diterapkan dalam aspek geoteknik.

Secara umum metode geofisika terbagi menjadi dua kategori yaitu metode pasif dan metode aktif. Metode aktif dilakukan dengan memberikan impuls atau gangguan ke dalam Bumi kemudian melihat dan mengukur respons Bumi terhadap gangguan tersebut. Sedangkan metode geofisika pasif dilakukan dengan mengukur medan alami oleh Bumi. Medan alami yang dimaksud diantaranya gelombang radiasi, gelombang gempa, gravitasi Bumi, medan magnet Bumi. Medan buatan dapat berupa ledakan dinamit, medan penyaluran listrik, dan pengiriman sinyal radar.

### **B. Seismik dan Prinsip Dasar Seismologi**

#### **1. Pendahuluan**

Metode seismic adalah salah satu metode yang didasarkan pada pengukuran respon gelombang seismic yang disalurkan ke dalam Bumi dan kemudian direfleksikan atau difraksikan sepanjang perbedaan lapisan tanah atau batas-batas batuan.

Secara umum terdapat dua metode dasar dalam seismic yaitu seismic refraksi dan seismic refleksi.

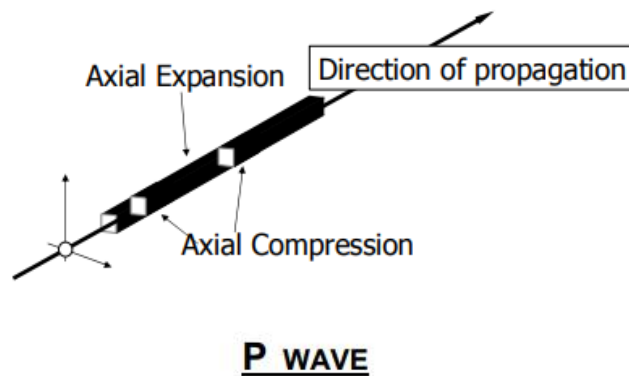
Seismic refraksi adalah metode seismic dengan mengukur gelombang datang hasil pembiasan sepanjang lapisan batuan atau formasi geologi di bawah permukaan. Seismic refraksi digunakan berdasarkan waktu jalar dari getaran medium/batuan yang dibangkitkan oleh sebuah sumber pada jarak yang bervariasi. Data yang direkam berupa deretan data fungsi waktu dan fungsi kedalaman. Kemudian data tersebut diinterpretasikan untuk menentukan kedalaman bidang batas ataupun aspek-aspek geologi di bawah permukaan.

Seismik Refleksi adalah metode seismic dengan prinsip mengukur waktu yang diperlukan suatu impuls untuk melaju dari sumber yang kemudian terpantulkan oleh batas-batas formasi geologi dan kembali ditangkap oleh penerima (receiver). Analisis yang dilakukan dapat disamakan dengan echosounding pada teknologi bawah air, kapal, dan sistem radar. Informasi tentang medium juga dapat diekstrak dari bentuk dan amplitudo gelombang pantul yang direkam. Metode seismic refleksi banyak dimanfaatkan untuk kepentingan eksplorasi migas, penentuan sumber gempa maupun pendeteksian lapisan tanah.

Seismic refleksi hanya mengamati gelombang pantul yang datang dari batas-batas formasi geologi. Gelombang pantul ini dapat dibagi atas beberapa jenis gelombang diantaranya :

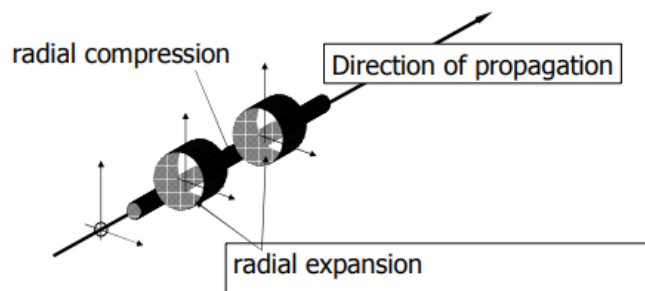
1. Gelombang – P (primer) yang termasuk dalam gelombang badan (Body wave)
  - Deformasi gelombang searah dengan arah penjalaran gelombang
  - Bentuk gelombang longitudinal
  - Cepat rambat gelombang 14 km/s
  - Dapat menjalar pada medium padat dan cair

### P, Primary (Body) Wave



2. Gelombang – S (sekunder) yang termasuk dalam gelombang badan (Body wave)
  - Deformasi gelombang berarah tegak lurus dengan arah rambat gelombang
  - Bentuk gelombang transversal
  - Kecepatan 8 km/s
  - Hanya dapat merambat melalui medium padat

### S, Secondary (Body) Wave

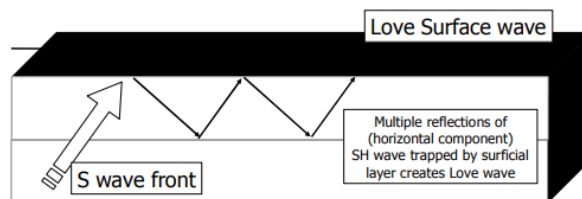


## S WAVE



3. Gelombang Love, yang termasuk pada gelombang permukaan (Surface Wave)

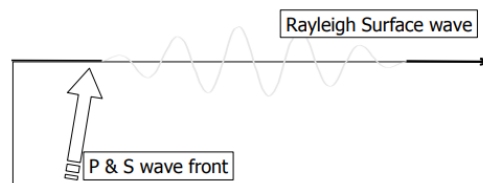
### Love (Surface) Wave



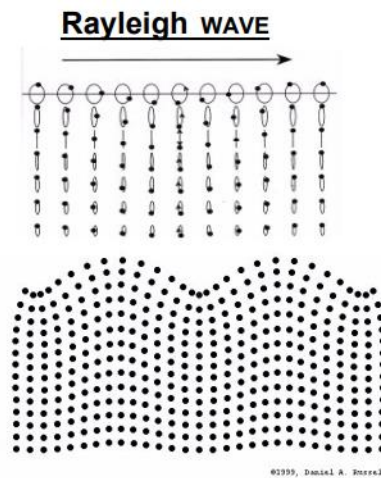
- Deformation (in plane of surface) eg. side to side motion, not recorded on vertical seismometer.
- Speed 1 ~ 7 km/s

4. Gelombang Rayleigh, yang termasuk pada gelombang permukaan (Surface Wave)

### Rayleigh (Surface) Wave

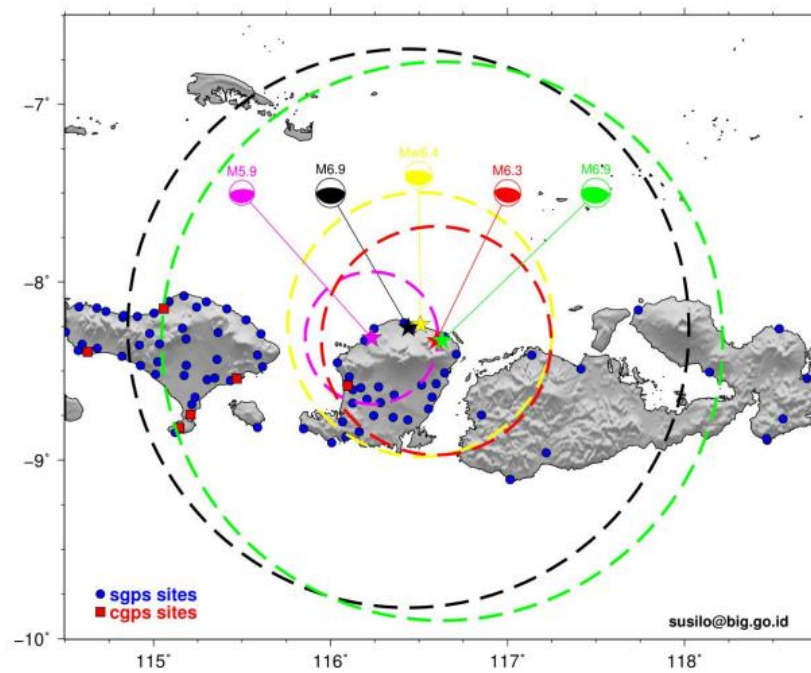






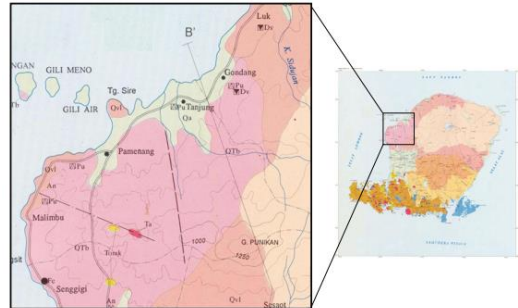
### GEMPA BUMI LOMBOK

Ucon adalah seorang mahasiswa Ilmu Kebumihan yang suka melakukan kegiatan sukarela sebagai relawan. Sepanjang tahun 2018 kemarin adalah tahun maraknya bencana di Indonesia sehingga Ucon mendedikasikan waktunya untuk menjadi relawan *fulltime* disamping tugasnya sebagai mahasiswa yang mempelajari ilmu Bumi dan Antariksa. Bencana besar terjadi di pertengahan tahun antara 28 Juli – 30 Agustus 2018 berupa 5 momen gempabumi dengan  $M > 5,9$  yang terjadi di Pulau Lombok, NTB. Gempabumi tersebut dihasilkan oleh pergerakan backthrust fault yang menghasilkan deformasi permukaan serta co-seismic yang merubah geodetic control network coordinate. Dalam rangka mengatur koordinat geodetic terdapat suatu standar datum Indonesia yang disebut dengan Referensi Geospasial Indonesia 2013. Sebaran co-seismic dan radiusnya dapat dilihat pada gambar 1.



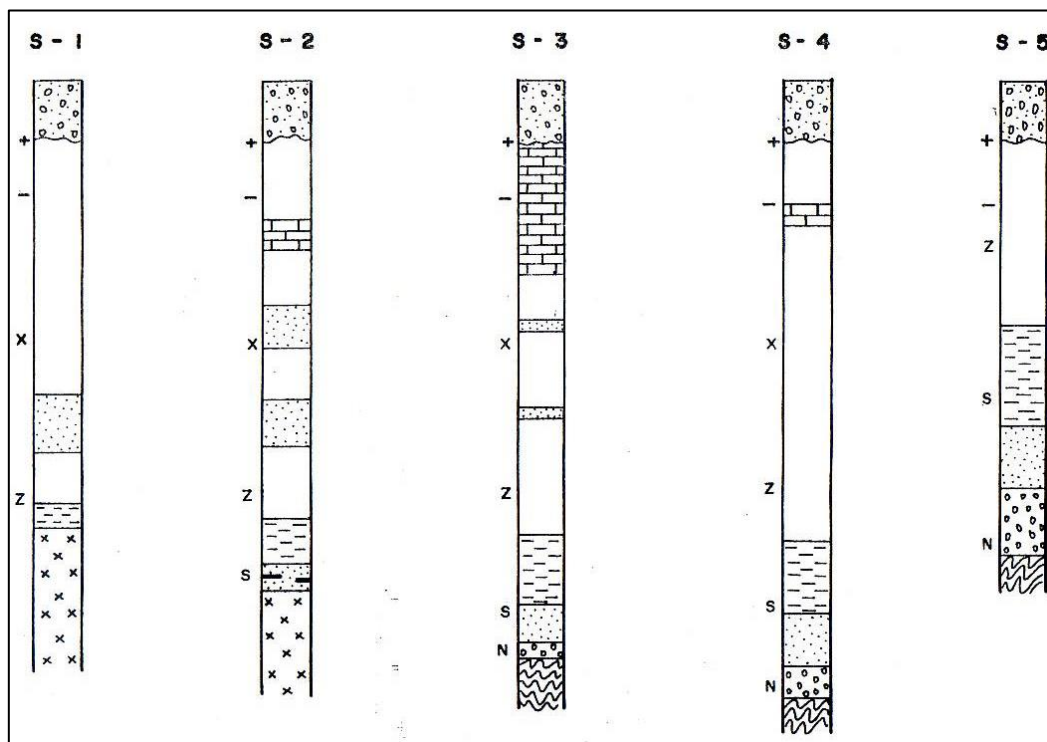
### SOAL

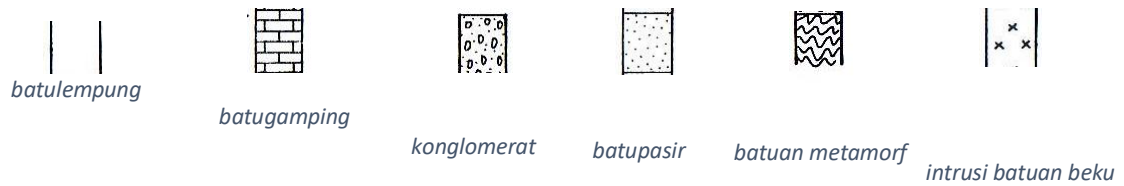
- Selama Ucon melaksanakan tugasnya di daerah Tanjung, ia mengamati geologi sekitarnya yang tersusun atas breksi lava dan tuff, dengan sortasi yang buruk, dan terkonsentrasi pada cekungan-cekungan yang ada sehingga ia menyimpulkan bahwa endapan yang ia temukan adalah endapan piroklastik dengan tipe...
  - Pyroclastic surge
  - Pyroclastic Flow
  - Pyroclastic Fall
  - Lahar
  - Epiklastik
- Setelah diamati kembali batuan tersebut menunjukkan kekhasan butiran seperti batuan dengan tekstur *mature* yang kemungkinan telah tertransport jauh dari sumbernya. Penciri batuan yang memiliki tekstur tersebut adalah...
  - Kemas terbuka, sortasi buruk, butiran menyudut
  - Kemas terbuka, sortasi baik, butiran membulat
  - Kemas tertutup, sortasi buruk, butiran menyudut kasar
  - Kemas tertutup, sortasi baik, butiran membulat
  - Kemas tertutup, sortasi sedang, butiran membundar tanggung
- Batuan gunung api yang Ucon temukan terdiri atas fragmen dan massa dasar. Deskripsi yang Ucon lakukan menunjukkan bahwa butiran batuanannya tersusun atas kristal-kristal mineral, namun massa dasarnya didominasi oleh gelas vulkanik, tekstur batuan tersebut disebut dengan ...
  - Granitik
  - Diabasik
  - Vitrovirik
  - Melanokratik
  - Semua salah
- Pecahan fragmen batuan yang Ucon temukan bertekstur mirip seperti pada batuan disamping yang terdiri atas Plagioklas, Biotit, sedikit K-Feldspar dan kuarsa, sehingga kemungkinan batuanannya adalah...



- a. Diorite
  - b. Granit
  - c. Adamalit
  - d. Monzonite
  - e. Syenit
  
5. Bila diamati secara geografis, lokasi terjadinya gempa lombok dengan Gunung api Rinjani. Berdasarkan pembagian tipe gunungapi di Indonesia maka Gunung Rinjani termasuk dalam tipe ....
  - a. Tipe A yaitu gunung api yang menunjukkan gejala aktivitas sebelum tahun 1600
  - b. Tipe B yaitu gunung api yang ditandai dengan aktivitas fumarole dan solfatara setelah tahun 1600
  - c. Tipe A yaitu gunungapi yang menunjukkan aktivitas vulkanik setelah tahun 1600
  - d. Tipe B yaitu gunung api yang mengeluarkan lava pijar setiap tahun
  - e. Tipe C yaitu gunungapi yang tidak tercatat sejarah letusannya

Perhatikan Gambar Berikut!





Ucon dalam melakukan aksi relawan dibantu juga oleh kawan sesama mahasiswa geologi sehingga dalam menyusuri lokasi gempa Ucon sekaligus melakukan pemetaan dimana terdapat 5 titik yang dipetakan dan didapat interpretasi lapisan batuan seperti pada gambar. S-1, S-2, S-3, S-4, dan S-5 merupakan titik yang terletak segaris menyusuri desa Tanjung ke arah timur laut.

6. Berdasarkan hukum Steno tentang Superposisi maka batuan termuda pada kolom stratigrafi di atas adalah..
  - a. Intrusi batuan beku
  - b. Batupasir
  - c. Batugamping
  - d. Batuan metamorf
  - e. Konglomerat
  
7. Urutan batuan dari tua ke muda yang benar pada jika daerah tersebut merupakan daerah dengan kondisi tidak terganggu oleh proses tektonik adalah...
  - a. Batuan metamorf - konglomerat – batupasir – batulanau – batulempung – batupasir - Batugamping - batulempung – konglomerat
  - b. Batuan metamorf - Batugamping - batulempung – konglomerat – batupasir – batulanau – batulempung – batupasir
  - c. Batupasir - Batuan metamorf - Batugamping - batulempung – konglomerat – batupasir – batulempung – batupasir
  - d. Batulempung – batupasir - Batuan metamorf - Batugamping - batulempung – konglomerat – batupasir
  - e. Batulempung – batupasir - Batuan metamorf – Batugamping batulempung – konglomerat – batupasir – batulempung – batupasir
  
8. Kontak antara batugamping dengan konglomerat di atasnya pada titik S-3 adalah suatu kontak ketidakselarasan yang disebut dengan...
  - a. Nonconformity
  - b. Disconformity
  - c. Paraconformity

- d. Angular unconformity
  - e. Uncorformity
9. Bila pada lapisan batulempung didapati terdapat fragmen-fragmen arang hasil erupsi gunung Rinjani masa lampau, maka metode pengukuran umur absolut yang tepat digunakan adalah...
- a. *Uranium Series Dating*
  - b. *Carbon Dating*
  - c. *Fission Track*
  - d. Dosimetri cahaya
  - e. Semua benar
10. Dalam melakukan deskripsi stratigrafi ternyata ucon menemukan fosil organisme yang tersebar dalam batulempung disetiap titik yang ditunjukkan seperti pada gambar disamping, fosil tersebut merupakan organisme yang termasuk dalam Filum dan Kelas...
- a. Brachiopoda, Scaphopoda
  - b. Echinodermata, Holothuroidea
  - c. Echinodermata, Lamellibranchiata
  - d. Mollusca, Pelecypoda
  - e. Mollusca, Gastropoda
11. Fosil organisme pada gambar tersebut memiliki cara hidup yang khas yang disebut dengan..
- a. Bentos sesil
  - b. Bentos vagil
  - c. Nekton
  - d. Planktonic
  - e. Neuston
12. Bila dilihat dari skala waktu geologi, kemunculan organisme jenis tersebut terjadi sejak awal melimpahnya organisme multiseluler, pasangan yang benar terkait zaman dan rentang waktu adalah..
- a. Ordovisian, 320 – 360 mya
  - b. Perm, 360 – 468 mya
  - c. Cambrian, 505 – 570 mya
  - d. Devon, 286 – 320 mya
  - e. Carbon, 438 – 505 mya
13. Fosil pada gambar di samping juga merupakan fosil yang melimpah pada kemunculannya sesuai dengan fosil yang



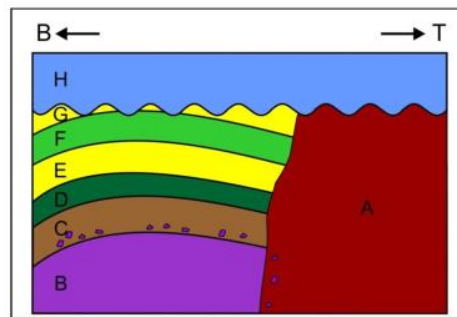
ditemukan Ucon, fosil tersebut termasuk dalam golongan filum?

- Brachipoda
- Moluska
- Echinodermata
- Arthropoda
- Annelida

14. Pada skala waktu geologi, masa ketika tumbuh-tumbuhan, ikan, kerang-kerangan, dan terutama reptil mempunyai ukuran yang sangat besar adalah . . . .

- Kenozoikum, karena pertumbuhan tanaman mencapai klimaks dalam variabilitas
- Archaean, menjadi penentu atmosfer awal bumi serta pembentukan cekungan Samudra
- Proterozoikum, pada saat itu sedikit predator sehingga organisme mampu berkembang pesat
- Mesozoikum, karena konsentrasi oksigen tinggi sehingga meningkatkan metabolisme organisme
- Paleozoikum, variasi organisme masih sedikit ditambah melimpahnya sumber makanan tanpa ada persaingan.

Perhatikan gambar berikut!



Keterangan. A: Batuan beku, B: Batuan metamorf, C: Breksi, D: Batulempung karbonan dengan kandungan material organik 5%, E & G: Batupasir, F: Batulanau karbonatan, H: Batugamping

Didot adalah teman Ucon yang juga seorang mahasiswa Teknik Geologi. Suatu hari, dia pergi ke suatu singkapan bekas penambangan. Setiba di lokasi tersebut, dia melakukan orientasi dan *plotting* lokasi. Kemudian, dia membuat sketsa dari singkapan yang dia amati. Gambar di atas merupakan hasil sketsa yang dibuat oleh Didot.

15. Di antara pilihan jawaban di bawah ini, manakah jawaban yang paling tepat untuk setiap hubungan stratigrafi antar lapisan batuan?

| No | Batuan A dan Batuan E | Batuan E dan Batuan F | Batuan G dan Batuan H |
|----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| a. | <i>nonconformity</i>  | <i>nonconformity</i>  | <i>disconformity</i>  |



|    |                      |               |                             |
|----|----------------------|---------------|-----------------------------|
| b. | <i>nonconformity</i> | selaras       | <i>angular unconformity</i> |
| c. | <i>nonconformity</i> | selaras       | <i>Disconformity</i>        |
| d. | <i>intrusi</i>       | nonconformity | <i>angular unconformity</i> |
| e. | <i>intrusi</i>       | nonconformity | <i>disconformity</i>        |

### **BANDED IRON FORMATION**



Gambar berikut ini adalah Banded Iron Formations (BIFs) yang merupakan jenis batuan sedimen yang tidak bisa lagi ditemukan pembentukannya saat ini. Semua bentukan BIF ini terbentuk pada Precambrian sekitar 2.5 sampai 1.9 Ga walaupun ada juga yang berumur lebih tua (Trendall, 2002). BIF tersusun oleh lapisan tipis sedimen kaya hematit dan material lain, biasanya berupa siltstone atau chert (Fralick & Barrett 1995). BIF bisa memiliki tebal beberapa meter

hingga ratusan meter yang memanjang hingga ratusan kilometer.

16. Pilihlah pernyataan berikut ini yang kurang tepat mengenai hipotesa proses pembentukan Banded Iron Formation (BIF).

- a. BIF terbentuk secara meluas di paparan benua atau pun basin yang dangkal
- b. BIF pada awalnya terbentuk dari deposit lumpur yang mengandung besi dan pembentukannya berasosiasi dengan aktivitas mikroba
- c. Sumber unsur besi berasal dari hidrotermal atau produk pelapukan yang tertransport sebagai larutan
- d. Adanya BIF ini mengimplikasikan bahwa atmosfer purba sudah memiliki banyak Oksigen
- e. Tidak bisa ditentukan

17. Dari gambar di atas kita bisa memprediksi lingkungan pengendapan dan pembentukan BIF tersebut adalah sebagai berikut...

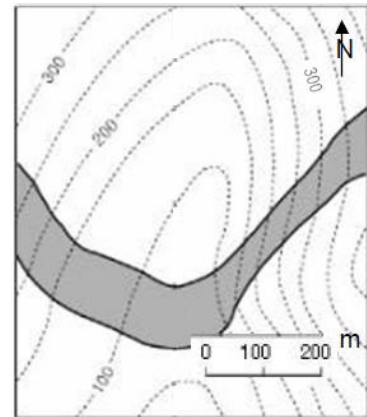
- a. Lingkungan delta
- b. Lingkungan pantai
- c. Lingkungan laut berarus tenang
- d. Daerah pasang surut
- e. Tidak bisa ditentukan

18. Di dalam Banded Iron Formation tersebut ditemukan isotope radioaktif ( $^{xx}\text{A}_y$ ) yang memiliki kandungan 47%. Jika diketahui bahwa waktu paruh isotope tersebut adalah 2 miliar tahun, maka diperkirakan umur dari BIF tersebut adalah.. (Asumsi pembentukan isotope radioaktif  $^{xx}\text{A}_y$  dan BIF adalah sama,  $1 \text{ Ga} = 10^9$  tahun)

- 1.7 Ga
- 1.9 Ga
- 2.1 Ga
- 2.3 Ga
- 2.5 Ga

19. Pada peta geologi di samping, lapisan batuan yang diberi warna abu-abu memiliki dip ke arah:

- Utara
- Timur
- Selatan
- Barat
- Barat laut



20. Dua lempeng di bawah ini yang dipisahkan oleh mid oceanic ridge adalah . . . .

- Lempeng Indo-Australia dan Eurasia
- Lempeng Indo-Australia dan Pasifik
- Lempeng Amerika Utara dan Amerika Selatan
- Lempeng Amerika Utara dan Eurasia
- Lempeng Nazca dan Amerika Selatan

21. Pengawetan fosil yang terangkut dan terkumpul di tempat lain (ex-situ), mengalami perpindahan, namun masih pada lingkungan yang sama disebut . . . .

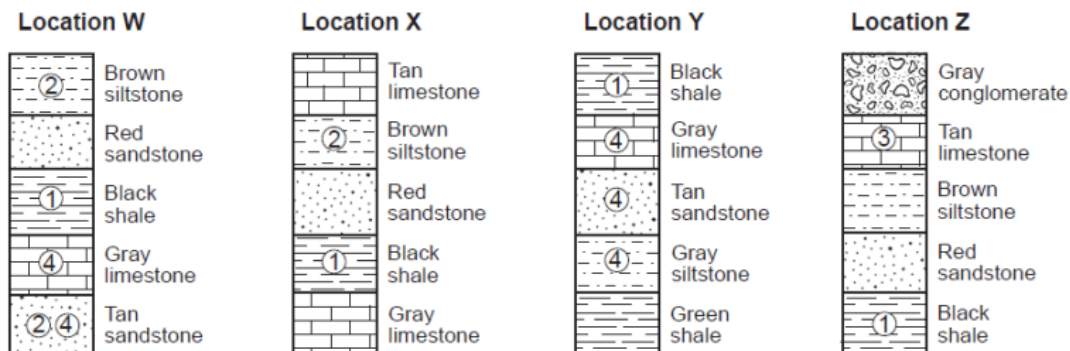
- Biocoenosis
- Indigineous
- Exotic
- Reworked
- Leaked

22. Pernyataan yang benar terkait pembentukan bentang alam karst adalah..

- Proses pembentukan bentang alam didahului oleh proses peneplainisasi

- b. Perkolasi dan infiltrasi fluida menjadi factor sekunder dalam proses pembentukan morfologi
- c. Travertine merupakan salah satu morfologi akibat aliran fluida bersifat panas
- d. Proses pelarutan harus didahului adanya batuan yang terkena struktur geologi
- e. Jawaban a dan d benar

Empat kolom stratigrafi di bawah ini masing-masing mewakili empat lokasi yang berbeda, yaitu W, X, Y, dan Z. Lokasi-lokasi itu terpisah oleh jarak yang cukup jauh. Nomor 1, 2, 3, dan 4 masing-masing mewakili fosil tertentu. Fosil 3 adalah fosil ammonit. Lapisan-lapisan batuan di keempat lokasi itu belum ada yang mengalami



pembalikan.

23. Which numbered fossil best represents an index fossil?
  - a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 4
  - e. 2 and 4
24. Lapisan batuan yang paling tua adalah . . . .
  - a. Tan sandstone
  - b. Gray limestone
  - c. Green shale
  - d. Black shale
  - e. Gray siltstone
25. Diketahui red sandstone pada statigrafi tersebut dicirikan dengan kandungan matrix sebesar 10% dengan fragmen berupa Feldspar 40%, Kuarsa 30% dan sisanya merupakan batuan lain hasil pengendapan pada erosi hulu, sehingga berdasarkan klasifikasi, batupasir tersebut dapat dinamai sebagai...
  - a. Greywacke

- b. Arkose
  - c. Arkosic arenite
  - d. Quartz arenite
  - e. Sub lithic arenite
26. Ammonit merupakan organisme yang termasuk dalam filum . . . . yang mengalami kepunahan pada periode....
- a. Arthropoda, Perm
  - b. Echinodermata, Carbon
  - c. Moluska, Perm
  - d. Cnidaria, Carbon
  - e. Brachiopoda, Silur
27. Batuan termuda pada kolom stratigrafi lokasi X terbentuk di lingkungan pengendapan . . . .
- a. Sungai
  - b. Danau
  - c. Zona transisi darat dan laut
  - d. Laut dangkal
  - e. Laut dalam
28. Urutan batuan sedimen di bawah ini dari yang ukuran butir penyusunnya paling halus adalah:
- a. Brown siltstone – red sandstone – black shale
  - b. Black shale – red sandstone – brown siltstone
  - c. Brown siltstone – black shale – red sandstone
  - d. Black shale – brown siltstone – red sandstone
  - e. Red sandstone – brown siltstone – black shale
29. Pada korelasi stratigrafi terlebih dahulu ditentukan lapisan batuan yang mampu menjadi penentu atau *marker*. Lapisan tuff merupakan salah satu lapisan batuan yang dapat digunakan sebagai marker atau keybed dalam korelasi stratigrafi karena . . . .
- a. Tuff terendapkan pada daerah yang luas dalam waktu yang relatif singkat
  - b. Tuff terendapkan secara merata pada berbagai arah mata angin
  - c. Tuff bersifat resisten terhadap pelapukan
  - d. Tuff mudah mengalami pelapukan dan erosi
  - e. Tuff mengandung fosil
30. Batuan yang berumur muda umumnya mengandung fosil organisme yang lebih kompleks daripada batuan yang berumur lebih tua. Hukum geologi yang dapat menjelaskan hal

tersebut adalah . . . .

- a. Strata identified by fossil
- b. Faunal succession
- c. Original horizontality
- d. Lateral continuity
- e. Inclusion

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## ASTROFISIKA

### 1. Gelombang

#### 1.1. Pendahuluan

Dalam penelitian bintang, satu-satunya informasi yang bisa didapat ialah cahaya dari bintang tersebut. Cahaya adalah gelombang elektromagnet, yang merambat tegak lurus arah getarannya (transversal). Dalam perambatannya, jarak yang ditempuh cahaya per detik yaitu panjang gelombang ( $\lambda$ ) dikalikan banyak gelombang dalam satu detik ( $f$ ), selalu konstan (disebut  $c$ ), dinyatakan dengan

$$C = \lambda \cdot f \dots\dots\dots(1.a.)$$

Dimana besar  $c$  dalam ruang vakum ialah = 299.792 km/s, atau mendekati  $3 \times 10^8$  m/s. Karena banyak gelombang dalam satu detik (frekuensi) ialah kebalikan dari periode gelombang ( $T$ ), maka bentuk lain dari persamaan (1.b.) ialah

$$C = \frac{\lambda}{T} \dots\dots\dots(1. b)$$

Apabila  $c$  dalam m/s, maka  $\lambda$  harus dalam meter dan  $T$  dalam detik.

Berdasarkan panjang gelombangnya, cahaya dibedakan menjadi :

|                 |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|
| Gelombang Radio | $1 \text{ mm} < \lambda$          |
| Inframerah      | $7500 \text{ \AA} - 1 \text{ mm}$ |
| Visual          | $3800 - 7500 \text{ \AA}$         |
| Ultraviolet     | $100 - 3800 \text{ \AA}$          |
| Sinar X         | $1 - 100 \text{ \AA}$             |
| Sinar Gamma     | $\lambda < 1 \text{ \AA}$         |

Mata manusia normal hanya mampu melihat cahaya dengan panjang gelombang visual, sementara untuk panjang gelombang lainnya, perlu digunakan detektor lain. Gelombang visual dibagi lagi menjadi daerah warna-warna :

|              |                           |
|--------------|---------------------------|
| Merah        | $6300 - 7500 \text{ \AA}$ |
| Merah-Oranye | $6000 - 6300 \text{ \AA}$ |
| Oranye       | $5900 - 6000 \text{ \AA}$ |
| Kuning       | $5700 - 5900 \text{ \AA}$ |
| Kuning-hijau | $5500 - 5900 \text{ \AA}$ |
| Hijau        | $5100 - 5500 \text{ \AA}$ |
| Hijau-biru   | $4800 - 5100 \text{ \AA}$ |



|             |             |
|-------------|-------------|
| Biru        | 4500-4800 Å |
| Biru-Violet | 4200-4500 Å |
| Violet      | 3800-4200 Å |

## 1.2. Hukum Pancaran

Sifat-sifat pemancaran cahaya bintang ternyata mendekati sifat-sifat pancaran *benda hitam* (benda ideal yang menyerap semua energi cahaya yang diterimanya), yaitu bintang memancarkan cahaya pada seluruh panjang gelombang, mulai dari sinar gamma hingga gelombang radio, namun intensitas (kekuatan) pancarannya tidak merata untuk semua panjang gelombang, artinya ada panjang gelombang tertentu dimana bintang akan paling kuat memancarkan cahaya. Secara matematis, panjang gelombang dimana intensitas mencapai maksimum berbanding terbalik dengan suhu efektif benda. Hal tersebut dinyatakan oleh *hukum pergeseran Wien*,

$$\lambda_{maks} = \frac{0,2898}{T_{eff}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana  $\lambda$  dinyatakan dalam *cm*, dan temperatur dalam Kelvin. Matahari memancarkan cahaya dengan intensitas maksimum pada bagian Hijau-biru dari gelombang visual. Dari hukum Wien, kita dapat menjelaskan mengapa bintang-bintang berwarna biru lebih tinggi temperaturnya dari bintang-bintang berwarna merah atau kuning.

Besaran-besaran yang penting untuk diketahui dalam penyebaran cahaya bintang yaitu:

- 1) Energi yang melewati satu satuan luas permukaan bintang untuk satu panjang gelombang secara tegak lurus disebut **intensitas spesifik** atau  $B\lambda(T)$
- 2) Energi yang melewati satu satuan luas permukaan bintang untuk seluruh panjang gelombang secara tegak lurus disebut **intensitas** atau  $B(T)$ . Yaitu merupakan integrasi persamaan intensitas spesifik, untuk seluruh panjang gelombang. Dinyatakan dengan persamaan :

$$B(T) = \frac{\sigma}{\pi} T^4$$

Dengan  $\sigma$  adalah *konstanta stefan-boltzmann* =  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ .

- 3) Energi yang melewati satu satuan luas permukaan bintang ke segala arah disebut **radiance**.
- 4) Energi yang melewati seluruh permukaan bintang ke segala arah disebut **luminositas(L)**. Luminositas ini juga menyatakan daya yang dipancarkan bintang dan menentukan kecerlangan asli sebuah bintang. Didapat dari mengalikan radiance dengan luas permukaan bintang, atau dinyatakan oleh

$$L = 4\pi R^2 \sigma T$$

Dimana r adalah radius permukaan bintang (m) dan luminositas memiliki satuan Watt (dapat diibaratkan bintang adalah bola lampu yang watt-nya sangat besar)

### 1.3. Terang Bintang

Tingkat keterangan suatu bintang di langit ditentukan oleh seberapa besar energi cahaya yang kita terima dari bintang tersebut. Namun apakah bintang yang memiliki luminositas paling besar akan tampak paling terang di langit ? Jawabannya tentu saja tidak, apabila bintang tersebut terletak sangat jauh, tentu cahaya yang datang akan redup. Hal ini menegaskan faktor lain yang mempengaruhi keterangan bintang, yaitu jarak.

Energi yang diterima pengamat (Elluminance/flux) ialah sama dengan luminositas bintang dibagi dengan luas permukaan sebuah bola yang memiliki radius jarak bintang dari pengamat. Hal ini karena bintang meradiasikan cahaya ke segala arah, dan dianggap energi total yang dipancarkan tidak berubah. Maka energi (E) yang diterima pengamat berjarak d dari suatu bintang berluminositas L ialah

$$E = \frac{L}{4\pi d^2}$$

Dimana L bersatuan Watt, d dalam meter, sehingga E dalam W/m<sup>2</sup>. Bentuk-bentuk lain dari persamaan elluminance/flux antara lain, Dengan menggabungkan persamaan 3.3 dan 3.4.

## 2. Magnitudo

Untuk menyatakan terang suatu bintang, astronom biasa menggunakan satuan magnitudo, yang merupakan logaritma dari jumlah energi yang diterima. Hipparchos (astronom yunani kuno) membagi bintang-bintang menjadi enam satuan magnitude dimana bintang paling terang memiliki magnitudo 1 dan yang paling redup 6. Seiring dengan semakin majunya teknologi pengamatan, skala magnitudo pun didefinisikan semakin tegas. Oleh Pogson dinyatakan bintang bermagnitudo 1 seratus kali lebih

terang dari bintang bermagnitudo 6. Atau setiap beda satu magnitudo, akan berbeda terang sebesar 5 100  $\approx 2,512$ . Secara matematis dinyatakan,

$$\frac{E_1}{E_2} = (2,512)^{(m_2 - m_1)}$$

**Perhatikan letak E dan m bintang pertama dan kedua!** Dapat dilihat bahwa bintang yang lebih terang akan memiliki magnitudo lebih kecil / lebih negatif.

Dari skala pogson, terdapat bintang yang magnitudonya lebih kecil dari satu, misalnya Sirius, bintang kedua paling terang di langit, memiliki magnitudo -1,46. Bahkan Matahari (yang paling terang di langit) memiliki magnitudo -26,7. Magnitudo yang kita lihat di langit dinamakan **magnitudo semu** atau *apparent magnitude*.

Magnitudo semu suatu bintang gagal menunjukkan terang asli (luminositas) suatu bintang, karena ada satu faktor yang mempengaruhi yaitu **jarak bintang**. Sebagai contoh, bintang yang luminositasnya tinggi namun jarak dari pengamat sangat jauh akan memiliki magnitudo semu besar (redup di langit).

Untuk menghapus pengaruh faktor jarak bintang, maka dibuat sistem magnitudo yang meletakkan semua bintang pada jarak yang sama, yaitu 10 parsec dan disebut **magnitudo mutlak**. Secara sederhana, magnitudo mutlak ialah magnitudo semu yang akan diamati apabila bintang berada pada jarak 10 parsec dari pengamat.

$$2,5 \log \frac{E_1}{E_2} = m_2 - m_1$$

Magnitudo yang teramati di jarak 10 parsec ( $m_2$ ) ialah magnitudo mutlak dan kita nyatakan dengan M, sementara magnitudo semu ( $m_1$ ) kita nyatakan dengan m.

$$m - M = 5 \log d - 5$$

Dimana  $m - M$  disebut modulus Jarak.

### 3. Kelas Spektrum Bintang

Astronom membentuk suatu sistem klasifikasi bintang yang didasari atas karakteristik garis absorpsi spektrum bintang tersebut. Klasifikasi awal ialah bintang diurutkan berdasarkan kekuatan / ketebalan garis-garis hidrogen (Antonia Maury). Bintang yang paling kuat garis hidrogennya dikelompokkan dalam kelas A, berurut abjad hingga kelas Q yang memiliki garis hidrogen paling lemah.

Klasifikasi Maury disempurnakan oleh Annie Cannon, rekannya di Observatorium Harvard. Cannon mengklasifikasikan bintang berdasarkan temperatur permukaannya. Hal ini dapat dilakukan dengan melihat panjang gelombang dimana terdapat intensitas pancaran terbesar, dan menerapkan hukum pergeseran Wien. Intensitas maksimum ditunjukkan oleh bagian paling terang dari spektrum, dan panjang gelombangnya dapat diukur.

Namun, untuk bintang yang jauh, perbedaan antara intensitas maksimum dan sekitarnya akan menjadi tidak jelas, sehingga sulit untuk diamati. Alternatif lain penentuan kelas bintang ialah dengan mengamati garis hidrogen, berdasarkan pengetahuan bahwa **kekuatan garis hidrogen berhubungan dengan suhu bintang**. Pada suhu tertentu, garis hidrogen akan paling jelas, untuk suhu diatas atau dibawahnya, garis akan semakin tidak jelas. Suhu ideal tersebut dicapai oleh bintang kelas A.

| Kelas | Temperatur      | Warna Bintang  | Garis hidrogen | Garis lain                    |
|-------|-----------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| O     | 30.000 K <      | Biru Kuat      | Sangat Lemah   | He Terionisasi                |
| B     | 10.000-30.000 K | Biru Lemah     | Sedang         | He Netral; Si terionisasi     |
| A     | 7500-10.000 K   | Putih kebiruan | Kuat           | Mg, Si, Ti, Fe terionisasi    |
| F     | 6000-7500 K     | Putih          | Sedang         | Ca, Fe terionisasi; Fe netral |
| G     | 5000-6000 K     | Kuning         | Lemah          | Ca terionisasi, Pita CH       |
| K     | 3500-5000 K     | Kuning-Merah   | Sangat Lemah   | Logam netral                  |
| M     | 2000-3500 K     | Merah          | Sangat Lemah   | Pita Titanium Oksida          |

Untuk memudahkan mengingat urutan kelas ini biasa digunakan singkatan **Oh Be A Fine Girl, Kiss Me**, atau anda boleh membuat sendiri sesuka hati

#### 4. Diagram H-R

Apabila kita membuat grafik kartesius dengan kelas spektrum bintang sebagai absis (sumbu-x) dan luminositas bintang sebagai ordinat (sumbu-y), lalu kita memplot bintang-bintang yang telah kita ketahui karakter fisisnya ke dalam grafik tersebut, kita akan mendapati bahwa bintang-bintang memiliki kecenderungan untuk mengisi daerah tertentu dalam grafik tersebut. Grafik tersebut dibuat pertama kali oleh Ejnar Hertzsprung dan Henry Russell pada 1910, dan dinamakan Diagram Hertzsprung-

Russell atau **Diagram H-R**, dan merupakan lompatan besar dalam pemahaman manusia terhadap evolusi bintang.

Kelas spektrum bintang berhubungan dengan temperaturnya, maka akan lebih akurat apabila kita memplot diagram H-R dengan absis logaritma temperatur, atau grafik  $y$  terhadap  $\log x$ , yang berbeda dengan grafik  $y$  terhadap  $x$  biasa, dimana temperature tertinggi terletak di sebelah kiri.

Secara umum, bintang dengan temperatur semakin tinggi akan terletak semakin ke kiri, dan bintang dengan daya pancar semakin besar akan terletak makin ke atas. Dari **persamaan 3.3**, kita dapat pula menentukan ukuran sebuah bintang. Misalnya di daerah kiri bawah, kita akan menemui bintang-bintang dengan temperatur tinggi, namun memiliki daya pancar rendah, sehingga pasti ukurannya kecil dan disebut katai putih. Begitu pula dengan daerah kanan atas, yang pasti memiliki ukuran besar, sehingga disebut raksasa atau maharaksasa.

## 5. Evolusi Bintang

Bintang ternyata mengikuti jenjang kehidupan yang serupa dengan manusia. Mereka lahir, remaja, dewasa, tua, sekarat, dan akhirnya mati. Yang berbeda hanyalah usia bintang jauh lebih lama dari usia terpanjang hidup manusia, sehingga perubahan yang terjadi tidak bisa diamati secara akurat oleh manusia.

Yang dapat kita lakukan ialah mengamati bintang-bintang yang masing-masing berada pada tahap kehidupan yang berbeda-beda, dan merangkaikan potongan-potongan puzzle tersebut sehingga kita bisa memahami, atau setidaknya membayangkan suatu gambaran utuh mengenai alur kehidupan bintang. Tentunya seiring semakin majunya ilmu pengetahuan manusia, semakin akurat pula gambaran yang kita bentuk.

### A. Awal kehidupan Bintang

Semua bintang berawal dari awan gas antarbintang. Sebagian memiliki kandungan materi-materi berat seperti oksigen atau silikon dalam beberapa persen massa, namun kebanyakan hanya mengandung zat paling sederhana di alam semesta, hidrogen. Adanya gangguan dari lingkungan, membuat awan gas tersebut menjadi tidak stabil dan terbentuk kumpulkumpulan massa yang masing-masing berotasi dan mengerut akibat gravitasi penyusunnya. Saat itu terbentuklah **protobintang**, yang boleh disebut sebagai “janin” bintang.

### B. Tahap Stabil

Evolusi bintang, sesungguhnya adalah pertarungan antara dua gaya, yaitu gaya gravitasi ke arah pusat bintang melawan gaya tekan radiasi ke luar. Ukuran bintang akan stabil apabila besarnya kedua gaya tersebut sama. Keadaan tersebut tidak tercapai segera setelah pembakaran pertama, namun bintang harus melewati masa “remaja” yang tidak stabil terlebih dahulu meskipun sangat singkat. Setelah dalam tahap sebelumnya kedudukan bintang dalam diagram H-R berubah-ubah secara cepat, pada saat bintang telah mencapai keadaan stabil barulah dia akan mencapai titik yang tetap di diagram tersebut, yaitu di daerah deret utama, dimana dia akan menghabiskan waktu paling lama dalam hidupnya, yang juga merupakan masa “dewasa” suatu bintang. Letak setiap bintang di deret utama tidak sama dan bergantung pada massa awal bintang, dimana bintang bermassa lebih besar akan terletak lebih ke atas (pada sabuk deret utama), memenuhi hubungan luminositas bintang pangkat tiga sebanding dengan massa bintang.

Bintang bermassa besar akan memiliki gaya gravitasi ke dalam yang juga besar, sehingga membutuhkan energi dalam jumlah besar untuk mengimbangnya, yang akhirnya mengakibatkan proses pembakaran yang lebih boros pula. Akibatnya, semakin besar massa bintang, semakin cepat dia “kehabisan” bahan bakar dan meninggalkan deret utama. Bintang berukuran sedang seperti matahari akan menghabiskan 10 miliar tahun bumi untuk berada di deret utama, dan saat ini sedang berada kira-kira di tengahengah masa tersebut. Bintang-bintang bermassa 20 kali massa matahari hanya akan memiliki waktu sekitar beberapa juta tahun saja, dan berlaku sebaliknya untuk bintang bermassa kecil.

**SOAL**

1. Salah satu komet yang berorbit hiperbola telah ditemukan pada tahun 2012 yang dinamai berdasar wahana penemunya yaitu..
  - a. Komet Keppler
  - b. Komet Hyakutake
  - c. Komet ISON
  - d. Komet Encke
  - e. Komet Halley
2. Informasi yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan exoplanet atau extrasolar planet adalah . . . .
  - a. Variasi kecepatan radial bintang induknya
  - b. Transit planet di depan bintang induknya
  - c. Pergeseran Doppler pada spektrum bintang induknya
  - d. Jawaban a dan c benar
  - e. Jawaban a – c benar
3. Sinar matahari terutama berasal dari..
  - a. Corona
  - b. Kromosfer
  - c. Fotosfer
  - d. Sunspot
  - e. Flare
4. Yang dimaksud konjungsi superior adalah konfigurasi saat..
  - a. Bumi-Planet- Matahari
  - b. Planet-Matahari-Bumi
  - c. Matahari-Bumi Planet
  - d. Matahari-Planet-Bumi
  - e. Tidak ada jawaban yang benar
5. Sebagian besar Anggota Tata Surya jika kita lihat dari kutub utara bergerak berlawanan arah putaran jarum jam, gerak ini disebut dengan..
  - a. Direk
  - b. Prograde
  - c. Retrograde
  - d. Helix
  - e. Tidak beraturan
6. Garis Fraunhofer adalah :



- a. Filamen tipis dan terang yang terlihat dalam foto matahari dalam atom hydrogen.
  - b. Garis emisi dalam spektrum piringan hitam
  - c. Garis emisi dalam spektrum korona ketika diamati saat gerhana matahari total.
  - d. Garis absorpsi dalam berbagai elemen piringan hitam
  - e. Garis absorpsi dalam spektrum flare matahari
7. Panjang waktu siang akan sama disemua tempat di Bumi pada waktu Matahari ada di..
- a. titik garis balik utara
  - b. ekinok musim semi
  - c. ekinok musim dingin
  - d. jawaban a dan b benar
  - e. jawaban a dan c benar
8. Komet Shoemaker-Levy 9 sebelum menumbuk Jupiter dekade yang lalu, terlebih dahulu pecah menjadi 9 potong. Sebab utama terjadinya peristiwa ini adalah...
- a. pemanasan matahari pada komet tersebut
  - b. gaya pasang surut Jupiter
  - c. gaya pasang surut Bulan
  - d. gangguan gravitasi Matahari
  - e. friksi dengan gas antar planet
9. Pada suatu saat disepanjang siang hingga malam, Raihan mengamati langit dan tidak melihat kenampakan bulan, sehingga ia berkesimpulan bulan sedang.....terhadap bumi dan matahari
- a. Konjungsi inferior
  - b. Konjungsi superior
  - c. Oposisi
  - d. Elongasi
  - e. Kuadratur
10. Sebuah exoplanet diamati melintas di depan bintang induknya. Planet tersebut gelap total dan memiliki luas permukaan 5 % luas permukaan bintang induknya. Pelemahan magnitudo sistem saat transit adalah . . . .
- a.  $0^m, 009$
  - b.  $0^m, 011$
  - c.  $0^m, 022$
  - d.  $0^m, 044$
  - e.  $0^m, 055$

11. Tinggi pasang air laut pada saat Bulan Baru (konjungsi) dibandingkan pada Bulan kuartir adalah...
  - a. lebih besar
  - b. lebih kecil
  - c. sama dengan
  - d. sama saja/tidak berubah
  - e. tidak tentu
12. Untuk pengamat di Bumi konjungsi inferior hanya dapat terjadi pada planet...
  - a. Venus dan Merkurius
  - b. Venus dan Mars
  - c. Venus dan Jupiter
  - d. Saturnus dan Merkurius
  - e. Uranus dan Merkurius
13. Bentuk orbit suatu benda langit dilihat pada nilai eksentrisitasnya. Suatu planet yang mempunyai eksentrisitas 0 maka bentuk orbitnya adalah...
  - a. Elips
  - b. Parabola
  - c. Lingkaran
  - d. Hiperbol
  - e. Tak beraturan
14. Jika suhu permukaan matahari menjadi lebih panas sekitar 9000 K, maka panjang gelombang maksimum yang dipancarkan oleh matahari berada pada...
  - a. Visible light
  - b. Sinar gamma
  - c. Sinar X
  - d. UV
  - e. Radio wave
15. Diagram Hertzsprung-Russel adalah..
  - a. Diagram energi yang dipancarkan oleh bintang terhadap waktu
  - b. Diagram kapasitas radiasi yang mampu dipancarkan oleh bintang pada suhu tertentu
  - c. Diagram hubungan antara Luminositas dan kelas spektrum bintang
  - d. Diagram tingkat pancaran radiasi pada berbagai kelas spektrum bintang
  - e. Semua jawaban salah
16. Bintang dengan temperature efektif 20000 K akan termasuk dalam kelas spektrum...
  - a. G
  - b. K
  - c. M

- d. O
  - e. F
17. Pemisahan unsur-unsur pada bintang sehingga menciptakan suatu lapisan-lapisan unsur tertentu disebut dengan proses...
- a. Fusi
  - b. Fusi
  - c. Diferensiasi
  - d. Granulasi
  - e. Radiative
18. Bagian interior matahari yang memancarkan atau sebagai sumber radiasi paling besar adalah...
- a. Inti matahari
  - b. Radiative zone
  - c. Convective zone
  - d. Fotosfer
  - e. Kromosfer
19. Planet merkurius yang mempunyai jarak setengah sumbu panjang 0,39 SA dan eksentrisitas orbit 0,206 akan mempunyai jarak aphelion sebesar...
- a. 0,30 SA
  - b. 0,40 SA
  - c. 0,45 SA
  - d. 0,47 SA
  - e. 0,51 SA
20. Aktivitas matahari dapat dilihat melalui kenampakan pada atmosfer matahari berupa..
- a. Flare matahari
  - b. Angina matahari
  - c. Coronal mass junction
  - d. Sunspot
  - e. Prominensa
21. Layaknya manusia, bintang juga mengalami masa kelahiran bintang hingga akhirnya mati, secara singkat evolusi bintang diurutkan dengan...
- a. Raksasa merah-Katai putih-Protostar-Deret utama
  - b. Protostar-Raksasa merah-Katai Putih-Deret utama
  - c. Katai Putih-Deret Utama-Raksasa merah-Protostar
  - d. Protostar-Deret utama-Raksasa merah-Katai Putih
  - e. Raksasa merah-Protostar-Deret utama-Katai putih
22. Bintang yang pada saat pembentukan massanya terlalu kecil untuk menjadi sebuah bintang deret utama, akan menjadi..

- a. Protobintang
  - b. Katai coklat
  - c. Katai gelap
  - d. Katai putih
  - e. Bintang neutron
23. Planet pada tata surya yang terkenal karena memiliki great redspot adalah..
- a. Uranus
  - b. Jupiter
  - c. Neptunus
  - d. Saturnus
  - e. Venus
24. Bumi memiliki jarak rata-rata 149.570.000 km terhadap matahari, dengan periode 365,25 hari. Informasi tersebut dapat digunakan untuk mengetahui masa matahari yaitu sebesar...
- a.  $1,98 \times 10^{30}$
  - b.  $2,01 \times 10^{30}$
  - c.  $2,2 \times 10^{31}$
  - d.  $2,0 \times 10^{31}$
  - e. Semua jawaban salah
25. Manakah pernyataan yang benar :
- a. Kelas spektrum bintang A memiliki panjang gelombang lebih pendek dibanding kelas spektrum O
  - b. Kelas spektrum bintang G memiliki panjang gelombang lebih pendek dibanding kelas spektrum F
  - c. Kelas spektrum bintang G memiliki panjang gelombang lebih panjang dibanding kelas spektrum K
  - d. Kelas spektrum bintang O memiliki panjang gelombang lebih pendek dibanding kelas spektrum F
  - e. Semua jawaban salah
26. berapa eksentrisitas orbit Uranus yang mengelilingi matahari dengan jarak Pusat elips-Matahari  $1/20$  kali Jarak Uranus-Matahari?
- a. 0.0666
  - b. 0.0526
  - c. 0.0626
  - d. 0.0172
  - e. 0.0531

27. Seorang balita mengukur beratnya yang 20kg pada kondisi gravitasi 3x gravitasi bumi sehingga beratnya adalah...
- 7 kg
  - 10 kg
  - 3.5 kg
  - 20 kg
  - 30 kg
28. pernyataan yang membedakan ciri planet dalam dengan planet luar adalah..
- planet dalam tersusun atas inti batuan
  - planet dalam memiliki atmosfer yang tebal
  - planet luar mempunyai diameter yang sangat besar
  - planet luar tersusun atas inti logam
  - semua jawaban salah
29. urutan yang benar dari besar ke kecil empat bulan terbesar pada planet Jupiter adalah...
- Ganymede-Callisto-Io-Europa
  - Callisto-Io-Ganymede-Europa
  - Ganymede-Io-Europa Callisto
  - Io-Europa-Ganymede-Callisto
  - Callisto-Ganymede-Io-Europa
30. Apabila orbit bulan melampaui batas limit Roche maka yang terjadi adalah...
- Gaya pasang surut yang sangat besar di Bumi
  - Bulan akan jatuh menabrak bumi
  - Gangguan atmosfer akibat pengaruh gravitasi Bulan
  - Pecahnya Bulan karena melampaui batas
  - Tidak terjadi apa-apa

# SMA KEBUMIAN

## PAKET 11



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## **SIFAT KIMIA DAN FISIKA AIR LAUT**

### **1. Sifat Air Laut**

#### **1.1. Pendahuluan**

Air adalah penyusun utama laut. Air laut tersusun dari sekitar 97% air, dan mempunyai beberapa karakteristik yang luar biasa dan sangat penting. Air memiliki titik didih yang tinggi sehingga air umumnya dijumpai pada fase cair. Sesungguhnya, air adalah cairan utama di Bumi.

Air sangat penting bagi proses kehidupan. Hal itu karena kemampuan air yang unik melarutkan hampir semua unsur dalam jumlah sedikit-sedikit. Selain itu, air penting karena peranannya yang utama di dalam mengendalikan penyebaran panas di Bumi.

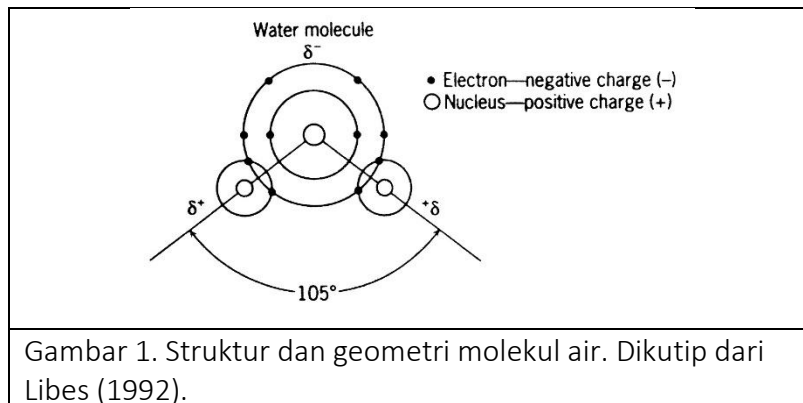
Bumi adalah salah satu planet di dalam sistem tatasurya. Di antara planet-planet yang ada di dalam sistem tatasurya Matahari itu, Bumi sangat unik, karena adanya air bebas yang sangat banyak. Air bebas di Bumi bergerak di antara daratan, lautan dan atmosfer dalam suatu siklus yang disebut Siklus Hidrologi.

Air dari daratan masuk ke laut melalui aliran sungai-sungai dan air tanah. Di daratan, dalam perjalanan ke laut, air mengerosi batuan dan tanah, dan secara perlahan-lahan melarutkan bermacam-macam mineral dalam jumlah besar untuk selanjutnya dibawa masuk ke laut. Berkaitan dengan sifat-sifat air laut yang luar biasa itu, di dalam bab ini akan diuraikan berbagai sifat fisik dan kimia air laut yang utama.

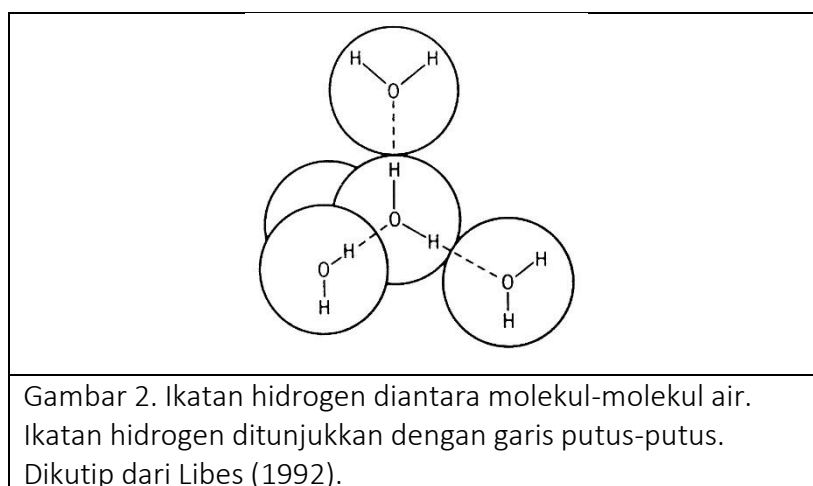
#### **1.2. Sifat-Sifat Air**

Air tersusun oleh dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Setiap atom hidrogen itu secara kimiawi terikat pada atom oksigen. Atom oksigen memiliki sifat elektronegatif yang tinggi, karena memiliki tiga pasang elektron bebas pada kulit atomnya. Setiap atom hidrogen yang berikatan dengan atom oksigen, menyumbangkan satu elektron kepada atom oksigen, sehingga terbentuk suatu keseimbangan. Ikatan atom-atom itu membentuk molekul air, seperti pada Gambar 1.





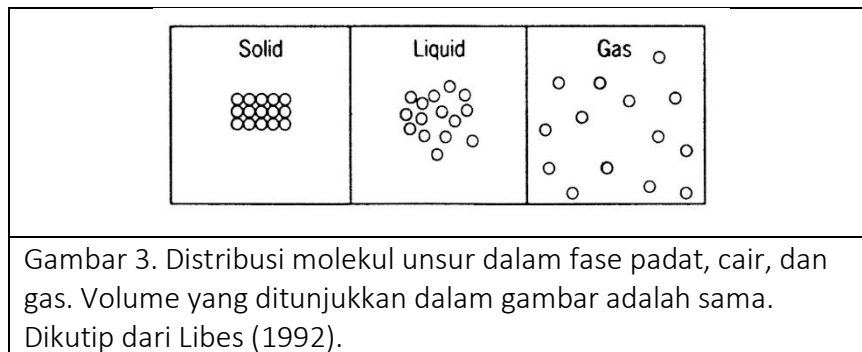
Ujung-ujung atom hidrogen memiliki muatan positif yang kecil, sedang dua pasangan elektron oksigen yang tidak berikatan membuat ujung atom oksigen memiliki muatan negatif. Kemudian, karena muatan itu memiliki penyebaran muatan yang tidak sama, maka disebut “*polar covalent bonds*” yang bersifat “*bipolar*”. Dua muatan positif dari atom hidrogen pada satu sisi dan dua muatan negatif ganda dari atom oksigen membuat molekul-molekul air bersifat “*bipolar*”. Akibatnya adalah, molekul-molekul air yang berdekatan cenderung untuk bergabung bersama, tertahan oleh tarikan dari muatan yang berlawanan yang ada pada molekul yang berdekatan. Muatan positif atom hidrogen dari satu molekul tertarik dengan muatan negatif atom oksigen dari molekul yang lain, membentuk suatu ikatan yang disebut ikatan hidrogen (“*hydrogen bonds*”) (Gambar 2).



Ikatan molekul air yang bermuatan itu lebih kuat daripada ikatan molekul tanpa muatan. Keadaan itu membuat molekul air lebih stabil dan sulit terpisah untuk menjadi molekul-molekul air yang terpisah. Susunan molekul air adalah susunan molekul yang sangat stabil.

Air adalah satu-satunya unsur di alam yang dijumpai dalam tiga fase (fase padat, cair

dan gas) secara bersamaan. Air dalam bentuk padat mempunyai susunan molekul yang sangat teratur, sedang bila berada dalam bentuk gas susunan molekulnya sangat jarang (Gambar 3).

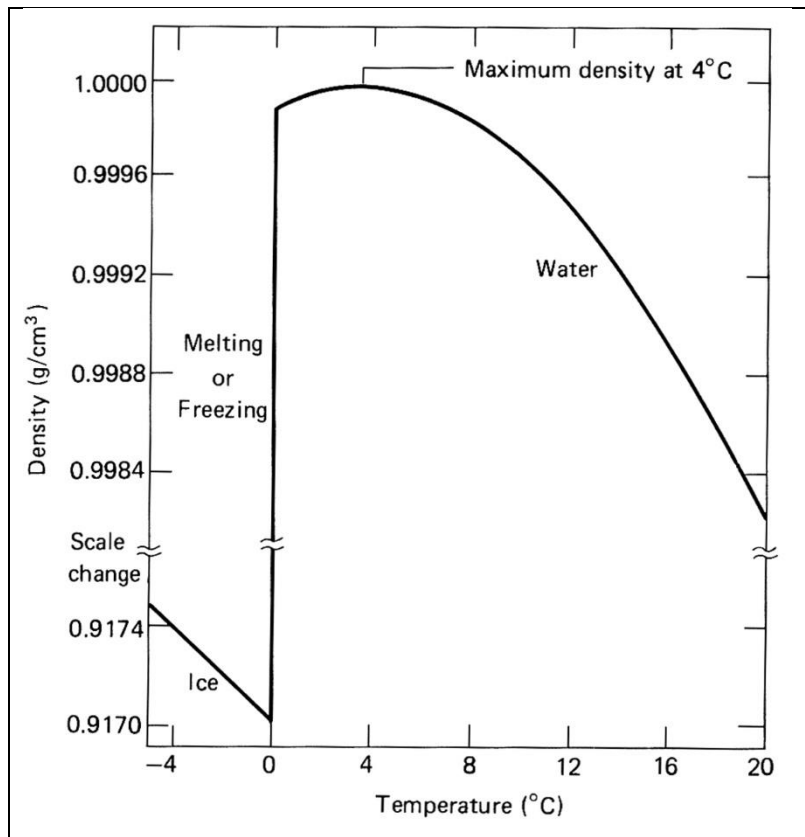


Tingkat kekompakan disebut dengan **densitas** (*density*), yang didefinisikan sebagai berikut:

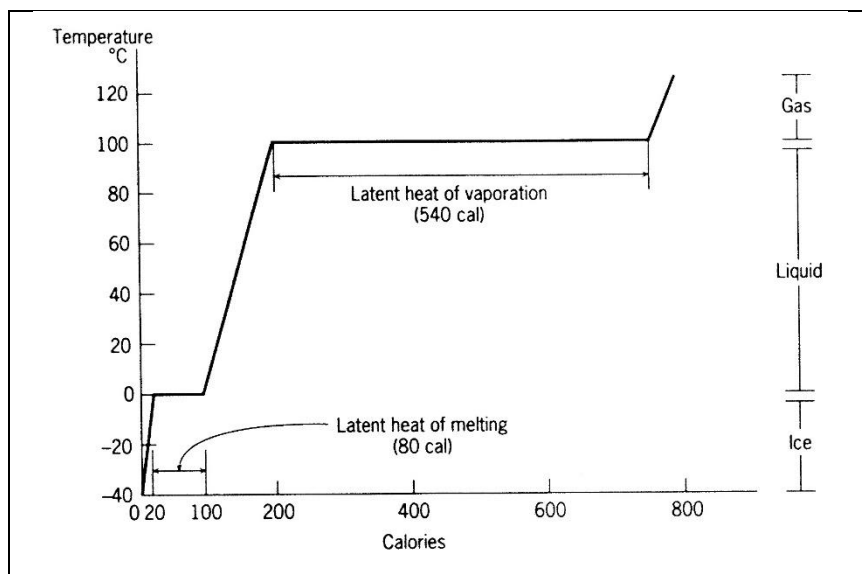
$$\text{Densitas} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}} \quad (1)$$

Densitas air murni pada temperatur 4°C adalah 1 g/cm<sup>3</sup>. Artinya 1 cm<sup>3</sup> air memiliki massa 1 gram. Densitas adalah sifat bawaan (*intrinsic*) dari suatu unsur. Nilai densitas tetap konstan dan tidak dipengaruhi oleh banyaknya unsur yang diukur. Misalnya, pada temperatur 4°C densitas 1000 kg dan 10 gram air tetap 1 g/cm<sup>3</sup>. Densitas air adalah fungsi dari temperatur. Makin tinggi temperatur, makin rendah densitasnya (Gambar 3a).

Ikatan hidrogen menyebabkan diperlukan sejumlah energi untuk merubah air dari fase padat menjadi cair dan gas. Ikatan hidrogen ini menyebabkan air meleleh pada temperatur 4°C dan mendidih pada 100°C. Bila tanpa ikatan hidrogen, maka air akan mendidih pada temperatur –68°C dan membeku pada –90°C. Pada pemanasan air, kehadiran ikatan hidrogen menyebabkan panas yang diberikan pada air bukan terpakai untuk menggerakkan molekul air, tetapi diserap oleh ikatan hidrogen. Setelah ikatan hidrogen rusak, maka penambahan panas akan meningkatkan gerakan molekul air. Peningkatan gerakan molekul air itulah yang diukur sebagai peningkatan temperatur oleh termometer. Tingginya titik didih air menyebabkan air dapat menyerap panas dalam jumlah besar (Gambar 4).



Gambar 3a. Densitas air tawar dan es sebagai fungsi temperatur. Perhatikan bahwa densitas maksimum air tawar adalah pada temperatur 4  $^{\circ}\text{C}$  (Data dari Pauling 1953 dan Hutchinson 1957. Dikutip dari Berner dan Berner, 1987).



Gambar 4. Transisi fase dari air yang disebabkan oleh perubahan kandungan panas. Garis lereng menunjukkan kapasitas panas. Dikutip dari Libes (1992).

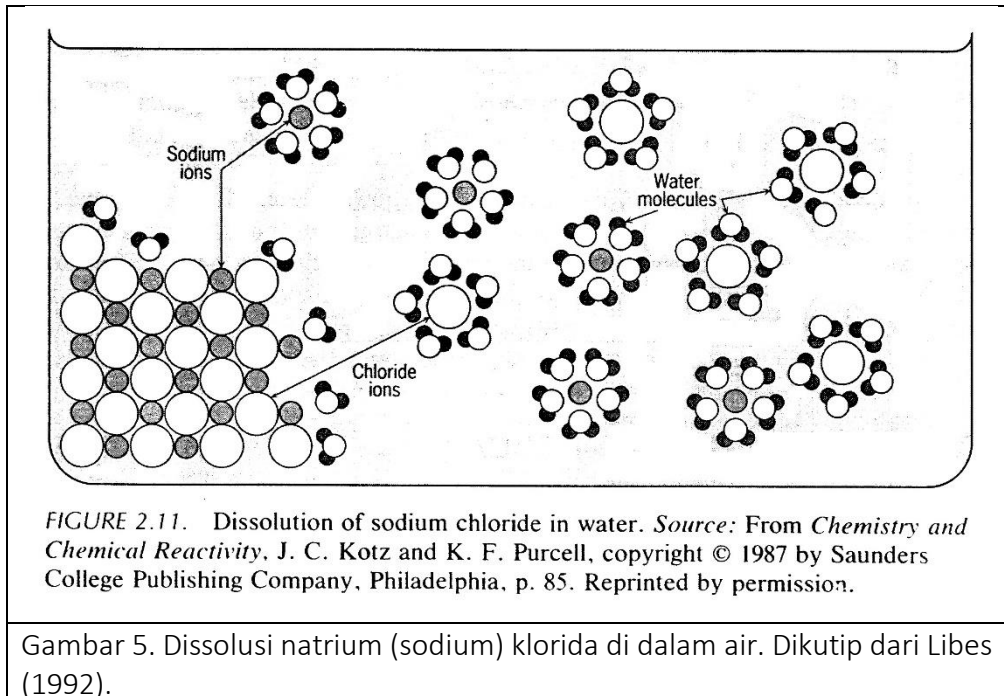
**“Specific heat” (“heat capacity”, kapasitas panas)** adalah banyaknya energi panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur suatu unsur dalam jumlah tertentu. Kalori (energi) yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 1 gram cairan air sebesar  $1^{\circ}\text{C}$  didefinisikan sebagai  $1 \text{ kal}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{g}^{-1}$ . Kapasitas panas es adalah  $0,05 \text{ kal}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{g}^{-1}$  dan kapasitas panas uap air adalah  $0,44 \text{ kal}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{g}^{-1}$ . Panas yang tersimpan di dalam sistem (air) disebut sebagai **“latent heat” (panas laten)**. Panas ini bisa dilepaskan ke atmosfer atau ke tubuh air yang lebih dingin.

Arti dari kapasitas panas dapat dipahami dari kasus berikut ini. Bila kita berada di pantai pada siang hari dan memasukkan satu kaki ke air laut sedang kaki yang satunya tetap berada di atas pasir. Kaki yang berada di dalam air akan merasakan air laut yang dingin sementara kaki yang dipasir akan merasakan panas. Mengapa hal itu bisa terjadi, sementara pasir dan air laut menerima energi panas dari sinar matahari dalam jumlah yang sama? Hal itu karena air menyerap panas dengan tanpa mengalami peningkatan temperatur, sedang pasir mengalami peningkatan temperatur.

Tingginya kapasitas panas air penting bagi pengaturan iklim dan kehidupan di Bumi. Bila musim panas, energi panas dapat disimpan oleh laut. Panas yang disimpan itu akan dilepas lagi ke atmosfer pada saat musim dingin. Dengan demikian, samudera berperan memoderatkan iklim, mengurangi amplitudo variasi temperatur musiman.

Dengan demikian, panas laten yang tersimpan di dalam air laut adalah faktor penting di dalam pertukaran energi yang menciptakan sistem cuaca di seluruh dunia. Pertukaran energi panas antara samudera dan atmosfer juga merubah densitas massa air. Dengan demikian, energi panas juga berperan di dalam sirkulasi air samudera (tentang sirkulasi karena densitas akan dibicarakan kemudian).

Penambahan garam kepada air tawar akan menyebabkan terjadinya perubahan sifat-sifat air. Penambahan ion garam ke dalam air menyebabkan molekul-molekul air terikat dan terbentuk hidrat. Garam adalah material padat yang atom-atomnya terikat satu sama lain dengan ikatan ionik. Ikatan tersebut adalah hasil dari tarikan elektrostatik antara ion-ion bermuatan positif (*cation*, kation) dan ion-ion bermuatan negatif (*anion*, anion). Bila garam dimasukkan ke dalam air, seperti natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ), akan mengalami pelarutan karena kation-kation dan anion-anion secara elektrostatik menarik molekul-molekul air. Kation-kation menarik kutub oksigen dari molekul air, dan anion-anion menarik kutub hidrogen. Karena dikelilingi oleh molekul-molekul air, ion-ion terlalu jauh untuk dapat saling menarik satu sama lain. Dengan demikian, ikatan ionik rusak dan ion-ion dikatakan terlarut (*dissolved*) atau terhidrasi (*hydrated*). Proses tersebut digambarkan seperti pada Gambar 5.

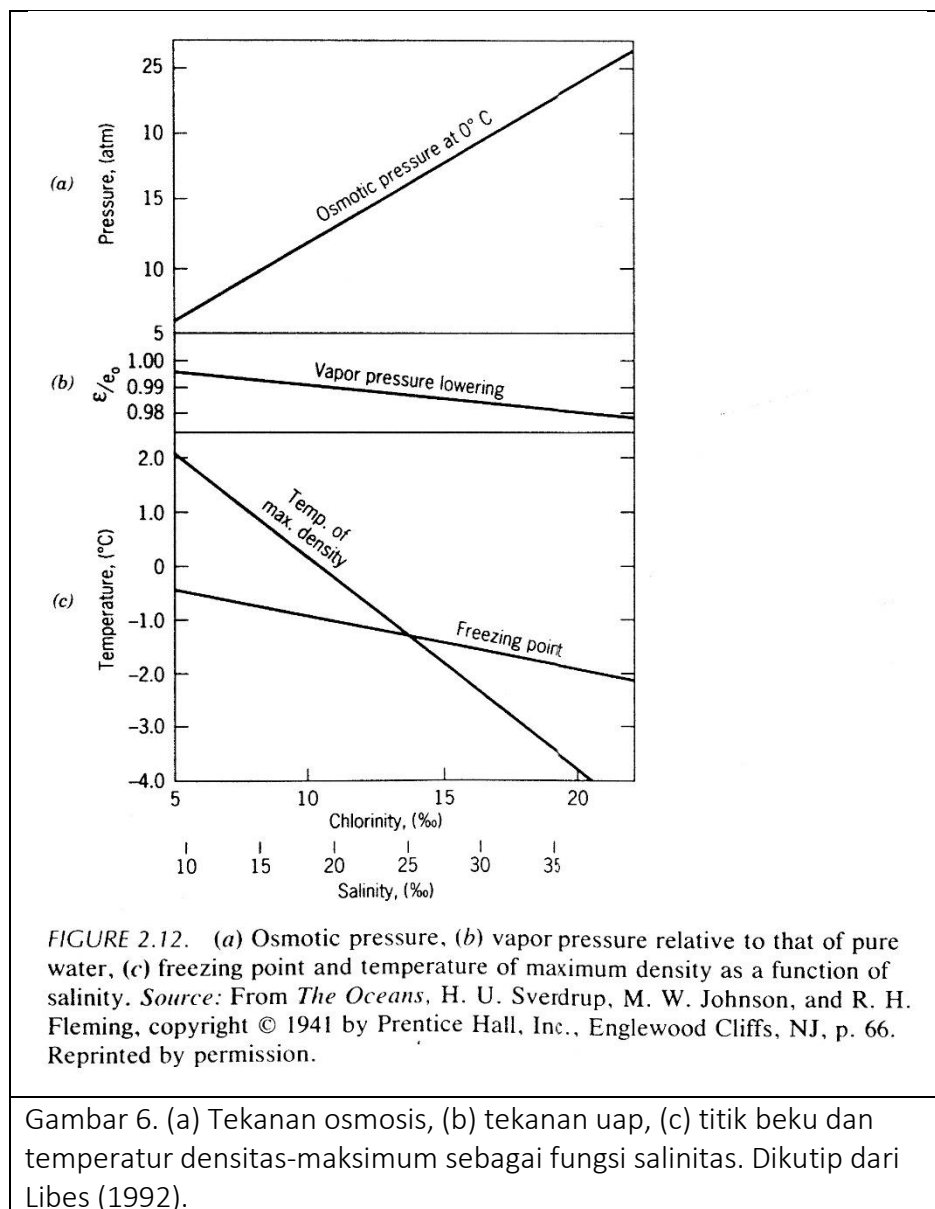


Beberapa perubahan penting yang terjadi itu antara lain (Gambar 6) adalah:

- 1) **Kapasitas panas** (*specific heat, heat capacity*) akan turun seiring dengan kenaikan salinitas. Di pihak lain, pada air dengan salinitas normal, kapasitas panas akan naik seiring dengan naiknya temperatur. Dengan kata lain, bila temperatur air naik, maka akan makin sulit untuk melepaskan molekul air dari ion hidrat. Dengan demikian, titik didih air laut akan meningkat seiring dengan peningkatan salinitas.
- 2) **Densitas meningkat seiring hampir linier seiring dengan peningkatan salinitas.** Penambahan garam menurunkan temperatur densitas maksimum. Pada salinitas  $> 20\text{‰}$ , densitas maksimum terjadi pada temperatur di bawah titik beku normal ( $0^{\circ}\text{C}$ ).
- 3) **Titik beku menurun seiring dengan penambahan garam.** Karakter ini dikombinasikan dengan efek temperatur dan salinitas terhadap densitas (densitas air laut naik bila temperatur turun) memberi arti bahwa air dengan densitas tertinggi di samudera adalah air yang paling dingin dan paling tinggi salinitasnya. Air dengan densitas terendah adalah air dengan temperatur tinggi dan bersalinitas rendah.
- 4) Tekanan uap (ukuran seberapa mudah molekul air lepas dari fase cair masuk ke fase gas) makin turun seiring dengan peningkatan salinitas, karena garam cenderung membuat molekul air-bebas untuk penguapan berkurang. Air tawar akan menguap lebih mudah daripada air laut. Diperlukan panas yang banyak untuk meningkatkan tekanan uap sampai ke tekanan atmosfer, sehingga sehingga titik didih air makin tinggi dengan meningkatnya salinitas.
- 5) Tekanan osmosis air naik seiring dengan peningkatan salinitas. Tekanan osmosis

berkaitan dengan aliran larutan melalui membran (selaput tipis berpori) semipermeabel. Banyak aliran meningkat seiring dengan peningkatan salinitas.

- 6) Penambahan garam akan meningkatkan viskositas air. Hal ini karena tarikan elektrostatis antara material terlarut dan air. Perbedaan viskositas akan mempengaruhi kecepatan suara di dalam air. Pengetahuan tentang ini penting di dalam teknologi SONAR (*sound navigation ranging*).



Suatu konsekuensi penting dari keterkaitan antara salinitas, temperatur densitas-maksimum, dan titik beku adalah:

- 1). Pada air dengan **salinitas < 26‰**, **temperatur densitas-maksimum lebih tinggi dari pada titik beku**. Dengan demikian, bila air laut terus mendingin, akan

*terus makin tinggi densitasnya.* Karena pendinginan dimulai dari permukaan, air permukaan akan lebih berat daripada air di bawahnya dan akan turun. Air yang di sebelah bawah, yang lebih hangat dan berdensitas lebih rendah, akan naik menggantikan air yang dingin dan, pada gilirannya air itu sendiri akan mengalami pendinginan dan turun. Dengan cara seperti inilah sirkulasi air-dalam terjadi, dan pembekuan akan terjadi bila seluruh tubuh air mengalami pendinginan sampai titik beku.

- 2). Pada air dengan **salinitas > 26‰**, **temperatur densitas-maksimum lebih rendah daripada titik beku.** Densitas air laut 33‰ – 37‰. Kalau air permukaan laut mengalami pendinginan *maka tidak mengalami anomali sifat densitas air tawar.* Karena titik beku air laut lebih tinggi daripada titik temperatur densitas maksimum, maka air akan tetap di dekat permukaan dan mengalami pendinginan lebih lanjut, meskipun titik beku tercapai dan suatu lapisan es terbentuk di permukaan. Lapisan es yang terbentuk di permukaan laut hampir seluruhnya air tawar. Dengan demikian, hubungan antara salinitas, temperatur densitas-maksimum, dan titik beku mencegah samudera membeku semuanya.

Menurut Tchernia (1980), perpotongan antara garis temperatur densitas maksimum dan titik beku terjadi pada salinitas 24,7 ‰ (psu: practical salinity units).

### 1.3. Karakter Umum Air Laut

Berikut diuraikan tentang tiga hal penting yang menggambarkan karakter umum air laut, yaitu temperatur, salinitas, dan densitas. Selain itu, juga diuraikan tentang kecepatan suara, sinar di laut, dan warna air laut. Kecepatan suara penting karena berkaitan dengan penerapan teknologi ekosounder dalam mempelajari laut, sinar di laut berkaitan dengan kehidupan organisme, dan warna air laut perlu dipelajari karena berkaitan erat dengan pengetahuan praktis berkaitan dengan berbagai fenomena atau kondisi laut yang tercermin pada warna air laut.

#### 1.3.1. Temperatur Air Laut

Permukaan samudera mendapat panas dari tiga sumber, yaitu: (1) radiasi sinar matahari, (2) konduksi panas dari atmosfer, dan (3) kondensasi uap air. Sebaliknya, permukaan laut menjadi dingin karena tiga sebab, yaitu: (1) radiasi balik dari permukaan laut ke atmosfer, (2) konduksi panas balik ke atmosfer, dan (3) evaporasi. Sementara itu, di bawah permukaan laut, arus-arus horizontal dapat mentransfer panas dari satu kawasan ke kawasan lain.

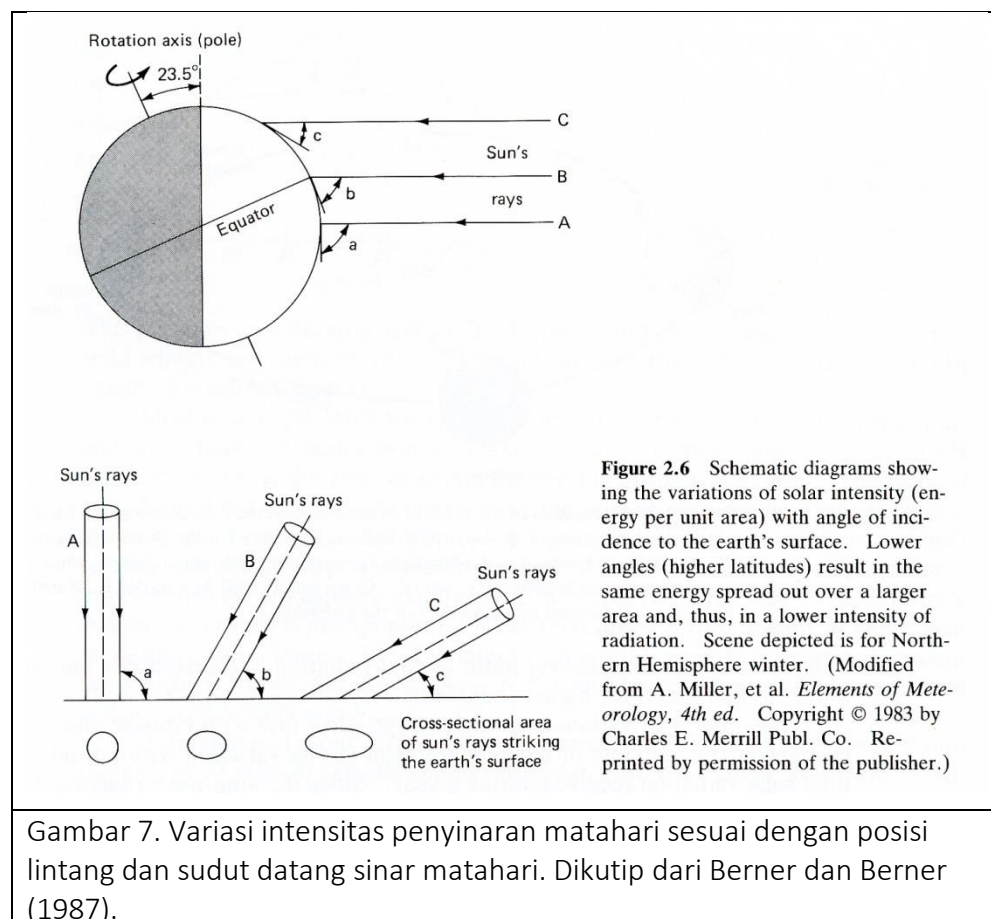
Radiasi sinar matahari adalah sumber panas utama bagi Bumi. Sebagian dari radiasi itu yang sampai ke Bumi diserap dan sebagian yang lain dipantulkan oleh atmosfer. Radiasi yang diserap oleh atmosfer itu selanjutnya sampai ke permukaan Bumi dan dikenal sebut sebagai “*insolation*” (insolasi). Insolasi yang sampai ke permukaan laut sebagian dipantulkan dan sebagian yang lain diserap oleh molekul-molekul air.



Energi panas matahari yang diserap oleh molekul-molekul air itulah yang dapat menyebabkan air menguap.

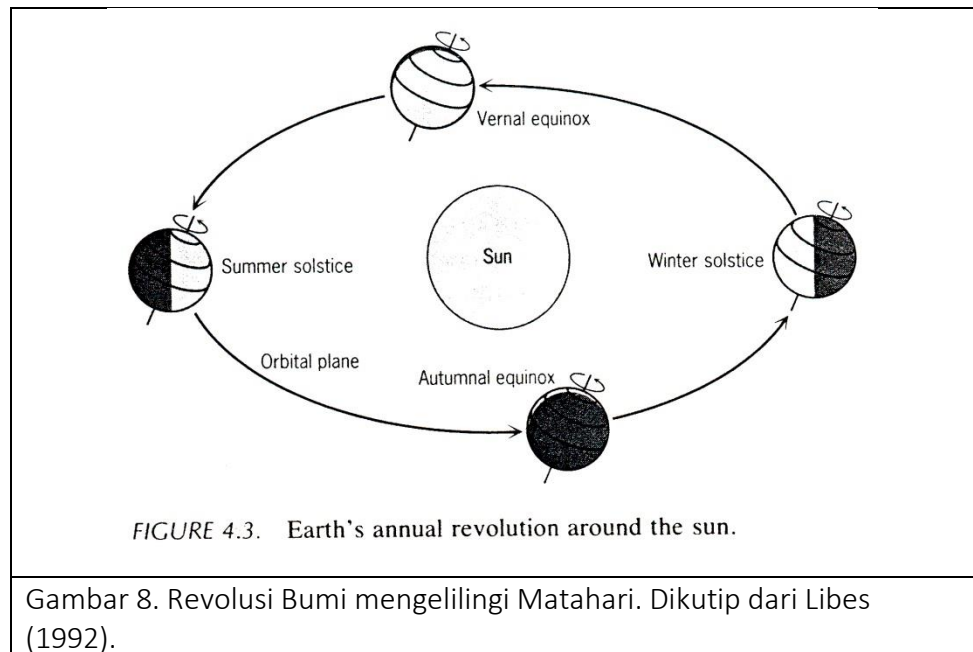
Insolasi tidak konstan, melainkan bervariasi sesuai dengan posisi geografi dan waktu. Insolasi sinar matahari di suatu tempat di Bumi berkurang seiring dengan makin tingginya posisi lintang karena sudut sinar matahari yang sampai ke Bumi juga meningkat (Gambar 7).

Daerah ekuator adalah daerah yang menerima insolasi terbanyak karena posisi matahari berada pada sudut terbesar ( $90^\circ$ ) di atas ekuator. Sebaliknya, daerah kutub adalah daerah yang menerima insolasi paling sedikit, karena matahari berada pada posisi sudut yang kecil. Pengaruh sudut matahari adalah tiga kali. Di daerah lintang rendah, 1) sinar radiasi matahari tersebar di daerah yang sempit, 2) sinar matahari juga melewati ketebalan atmosfer yang lebih kecil, dan 3) sedikit insolasi yang dipantulkan dari permukaan Bumi.



Pengaruh variasi geografis terhadap insolasi menyebabkan temperatur permukaan air meningkat seiring dengan menurunnya posisi lintang. Perubahan temperatur permukaan air laut harian terjadi karena rotasi Bumi. Sedang fluktuasi musiman

adalah akibat dari gerak revolusi Bumi mengelilingi Matahari dan sumbu orbit Bumi yang miring  $23,5^\circ$  terhadap bidang orbit (Gambar 8).



Distribusi temperatur di permukaan samudera terbuka memperlihatkan pola zonal (berzona-zona), dengan garis isothermal secara umum berarah timur—barat (Gambar 9). Di sepanjang sisi timur samudera, temperatur permukaan yang rendah sering terjadi karena “*upwelling*” air dingin dari bawah permukaan, seperti di pantai barat Amerika pada bulan Agustus. Variasi temperatur permukaan dari daerah kutub utara dan selatan ke ekuator disajikan dalam Gambar 10.

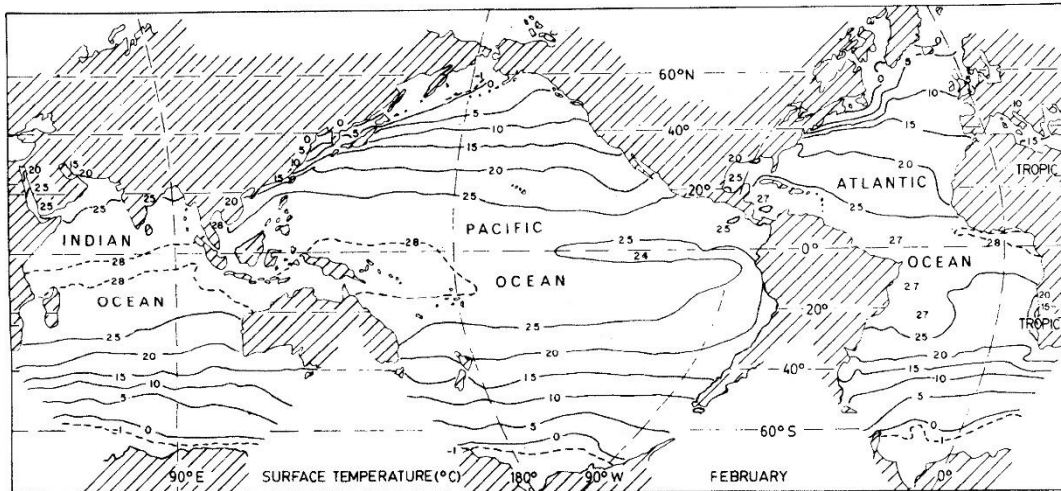


FIG. 4.1. Surface temperature of the oceans in February.

Gambar 9A. Distribusi lateral temperatur permukaan di bulan Februari. Dikutip dari Pickard dan Emery (1995).

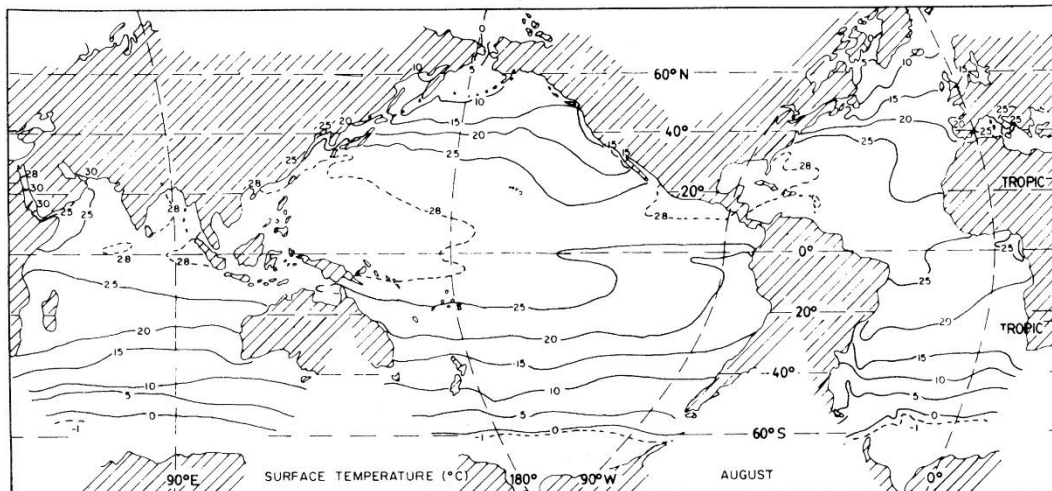


FIG. 4.2. Surface temperature of the oceans in August.

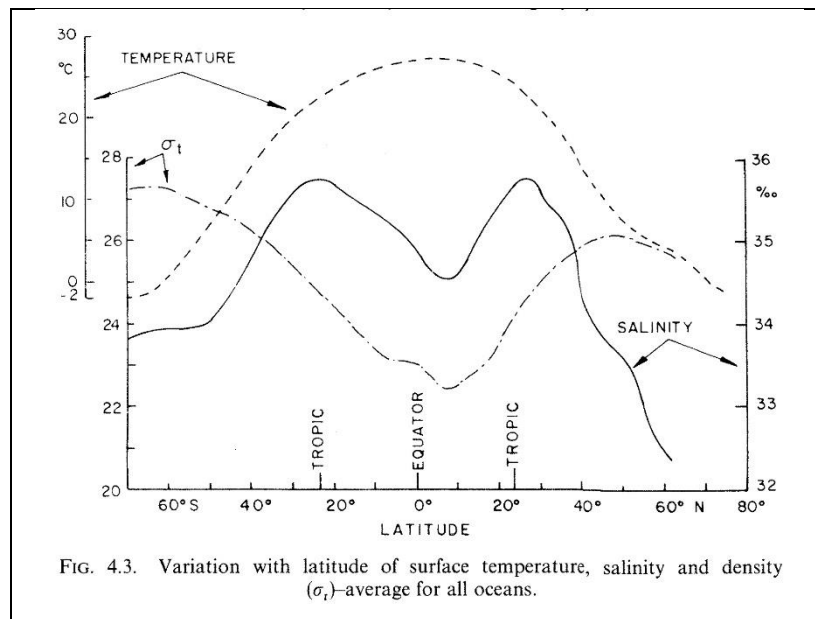
Gambar 9B. Distribusi lateral temperatur permukaan di bulan Agustus. Dikutip dari Pickard dan Emery (1995).

Distribusi temperatur secara vertikal dapat dibagi menjadi tiga zona (Gambar 11), yaitu:

- 1) **Lapisan campuran (*mixed layer*)**. Zona ini adalah zona homogen. Temperatur dan kedalaman zona ini dikontrol oleh insolasi lokal dan pengadukan oleh angin. Zona ini mencapai kedalaman 50 sampai 200 meter.
- 2) **Termoklin (*thermocline*)**. Di dalam zona transisi ini, temperatur air laut dengan cepat

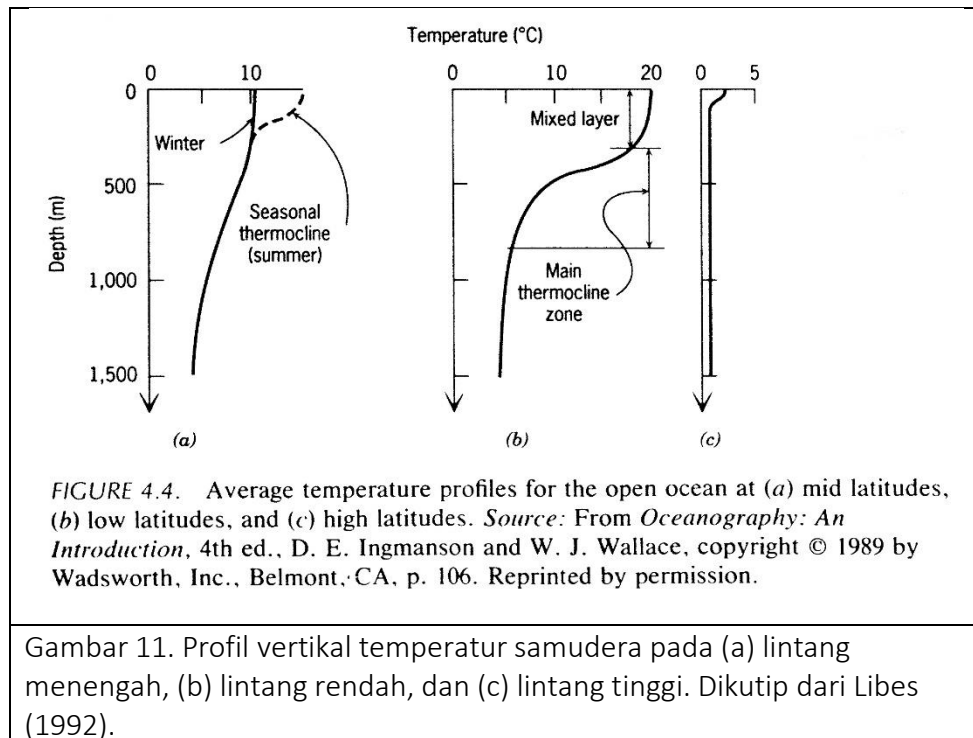
turun seiring dengan bertambahnya kedalaman. Zona ini berkisar dari kedalaman 200 sampai 1000 meter.

- 3) **Zona dalam (*deep zone*)**. Zona ini temperatur berubah sangat lambat atau relatif homogen.



Gambar 10. Variasi temperatur, salinitas dan densitas permukaan menurut posisi lintang. Nilai rata-rata untuk seluruh samudera. Dikutip dari Pickard dan Emery (1995).

Termoklin di daerah kutub tidak terlihat, karena sebagian besar permukaan laut tertutup es pada musim dingin dan mendapat radiasi sinar matahari yang kecil pada musim panas. Di daerah tropis, termoklin dapat mendekat ke permukaan. Di daerah-daerah yang memiliki pemanasan musiman yang kuat, yaitu di daerah lintang menengah, air laut memiliki termoklin temporer atau musiman di lapisan permukaannya.



### 1.3.2. Salinitas Air Laut

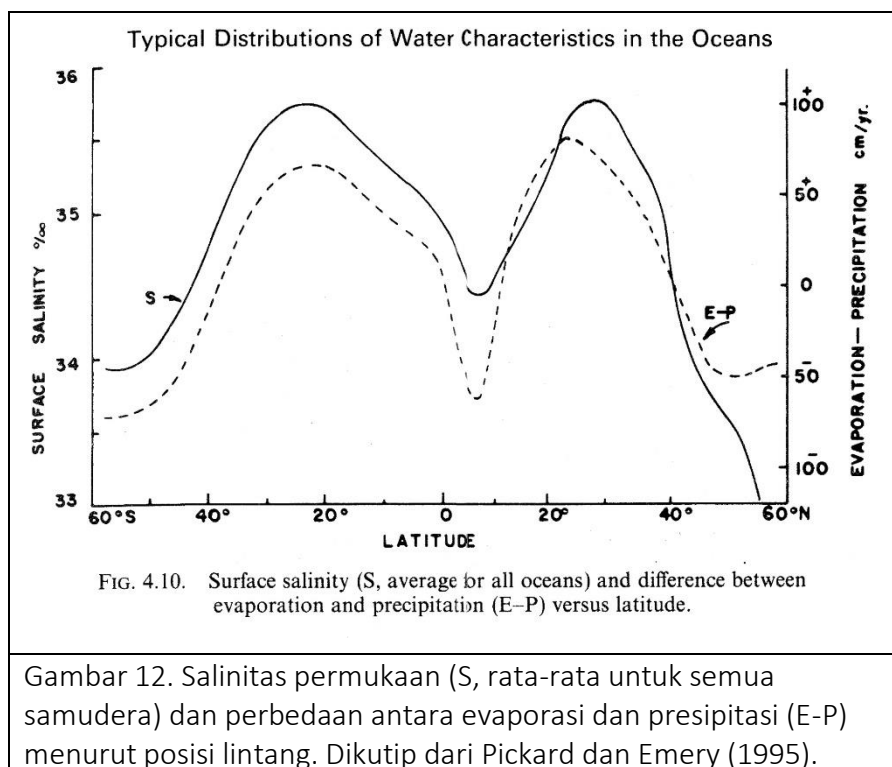
Salinitas adalah ukuran yang dipergunakan untuk mengukur kandungan garam (*saltiness*) di dalam air laut. Unsur-unsur dalam bentuk ion yang melimpah menyusun kandungan garam di dalam air laut adalah  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , dan  $\text{K}^+$ . Ion-ion tersebut proporsinya di dalam air laut adalah konstan karena konsentrasinya ditentukan oleh proses-proses fisika. Karena sifatnya yang demikian itu, ion-ion tersebut disebut **ion konservatif** (*conservative ions*). Secara keseluruhan, semua unsur tersebut menyusun lebih dari 99,8% material yang terlarut di dalam air laut. Di antara ion-ion itu, **sodium (natrium, Na) dan klorin (Cl) menyusun sekitar 86%**. Secara teoritis, salinitas didefinisikan sebagai banyak gram total ion-ion garam yang terlarut di dalam 1 kg air laut. Secara matematis definisi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S_{(\text{‰})} = \frac{\text{gram ion inorganik terlarut}}{1 \text{ kg air laut}} \times 1000 \quad (3.1)$$

Pengukuran salinitas berdasarkan teori itu sangat sulit dilakukan dan terlalu lambat untuk dilakukan sebagai pekerjaan rutin. Hal itu terutama bila dilakukan di lapangan ketika penelitian dilakukan dengan menggunakan kapal. Cara yang paling akurat dan teliti untuk mengukur salinitas adalah dengan menggunakan salinometer induktif, yang mengukur konduktifitas sampel air laut.

Sebanyak 99% air laut di samudera mempunyai *salinitas antara 33‰ sampai 37‰, dengan rata-rata 35‰ yang ekuivalen dengan larutan garam 3,5%*. Di Laut Baltik, yang banyak curah hujan dan aliran sungai masuk ke dalamnya, tercatat salinitas terendah, yaitu 12‰. Di Laut Merah, yang sedikit masukan air tawar dan berevaporasi tinggi, tercatat salinitas tertinggi, yaitu 40 sampai 42‰.

Salinitas air permukaan laut sangat ditentukan oleh evaporasi dan presipitasi. Salinitas akan naik bila evaporasi naik dan presipitasi turun (Gambar 12). Faktor-faktor lain yang dapat juga mempengaruhi salinitas air laut adalah pembekuan es, masuknya air sungai ke laut, dan pencairan es.



Pola distribusi salinitas air permukaan laut pada dasarnya berzonasi, walaupun zona-zona yang ada tidak sejelas temperatur (Gambar 13). Distribusi salinitas permukaan rata-rata memiliki nilai minimum di sebelah utara equator dan nilai maksimum di daerah sub-tropis, yaitu kira-kira 25° Lintang Utara dan Lintang Selatan. Salinitas minimum dan maksimum tampak di setiap samudera. Nilai salinitas menurun ke arah lintang tinggi.



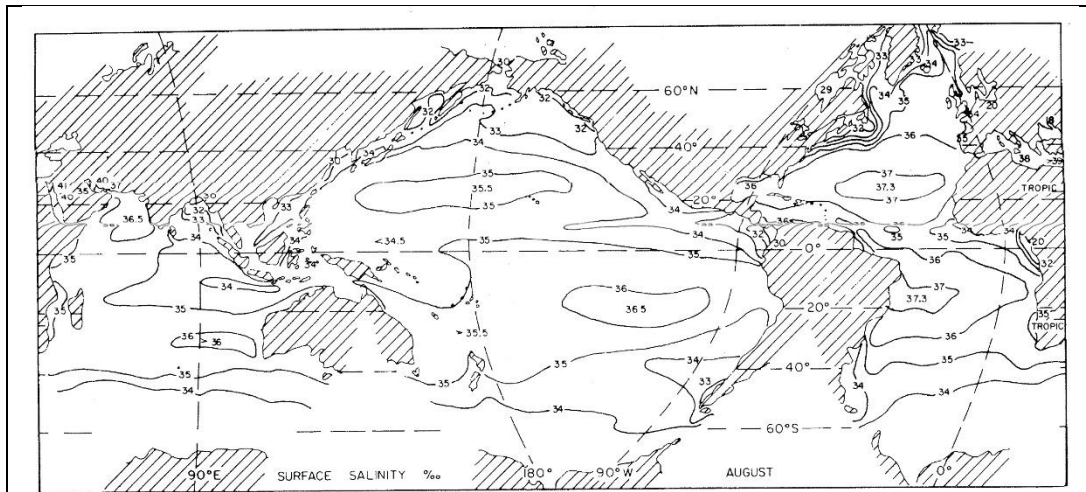


FIG. 4.9. Surface salinity of the oceans in August.

Gambar 13. Pola distribusi salinitas permukaan bulan Agustus. Dikutip dari Pickard dan Emery (1995).

Seperti halnya temperatur, profil vertikal salinitas air laut bervariasi sesuai dengan posisi lintang. Berbeda dengan profil temperatur, profil vertikal salinitas tidak memperlihatkan adanya pola seragam seiring dengan bertambah kedalaman. Seperti diperlihatkan pada Gambar 14, di daerah berlintang menengah dan rendah, air-dalam cenderung memiliki salinitas yang lebih rendah daripada air permukaan. Di daerah berlintang tinggi, di daerah kutub, salinitas permukaan lebih rendah daripada salinitas air-dalam.

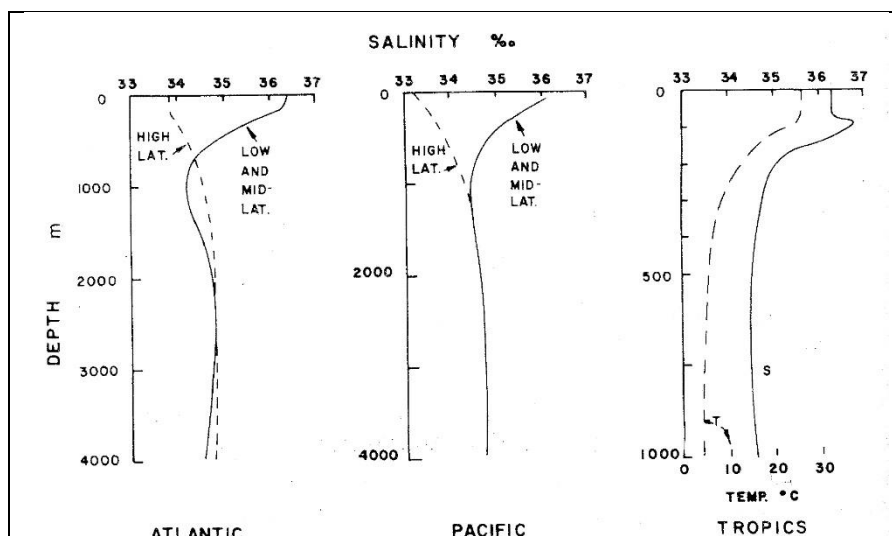


FIG. 4.11. Typical mean salinity profiles for the open ocean (with temperature profile for the tropics).

Gambar 14. Tipe profil vertikal salinitas di samudera terbuka.



Dikutip dari Pickard dan Emery (1995).

Profil salinitas memperlihatkan adanya tiga atau empat zona (Gambar 14), yaitu:

- 1) **Lapisan campuran** (*mixed layer*). Ketebalannya 50 sampai 100 meter, dan mempunyai salinitas seragam. Daerah tropis dan daerah berlintang tinggi dan menengah, memiliki salinitas permukaan tinggi, sedang daerah berlintang tinggi memiliki salinitas rendah.
- 2) **Haloklin** (*halocline*), adalah zona dimana salinitas mengalami perubahan besar.
- 3) **Zona dalam** (*deep zone*) adalah zona di bawah haloklin sampai dasar laut, dan memiliki salinitas relatif seragam.
- 4) Di daerah berlintang rendah dan menengah, terdapat salinitas minimum pada kedalaman 600 sampai 1000 meter.

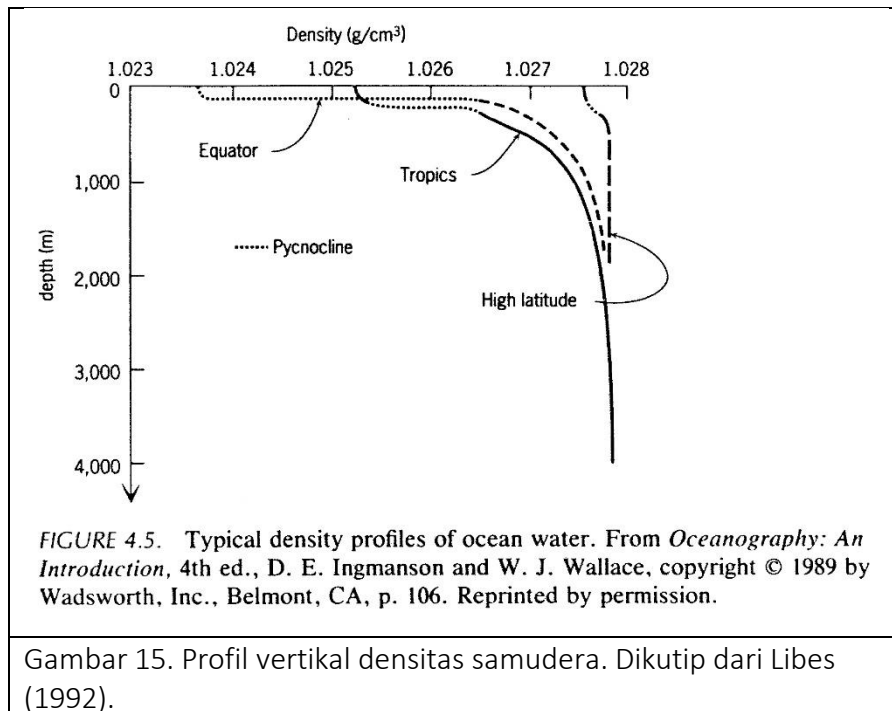
### 1.3.3. Densitas Air Laut

Nilai densitas air laut dikontrol oleh tiga variabel yang berinteraksi sangat kompleks, yaitu salinitas, temperatur, dan tekanan. Secara umum, densitas meningkat dengan meningkatnya salinitas, meningkatnya tekanan (atau kedalaman), dan turunnya temperatur. Densitas air laut dapat dihitung bila ketiga variabel itu dapat diketahui. Di permukaan laut, perubahan densitas air laut terjadi karena proses-proses evaporasi atau pemanasan yang terjadi di permukaan laut. Hubungan antara densitas air laut dan temperatur dapat dilihat dalam Gambar 10.

Profil vertikal densitas (Gambar 15) memperlihatkan bahwa pengaruh yang kuat dari temperatur terhadap densitas, terutama di daerah lintang rendah dan menengah. Di kedua daerah tersebut, termoklin menghasilkan perubahan gradien densitas yang kuat yang disebut piknoklin (*pycnocline*). Di daerah berlintang tinggi, kutub, tidak terlihat adanya piknoklin yang kuat.

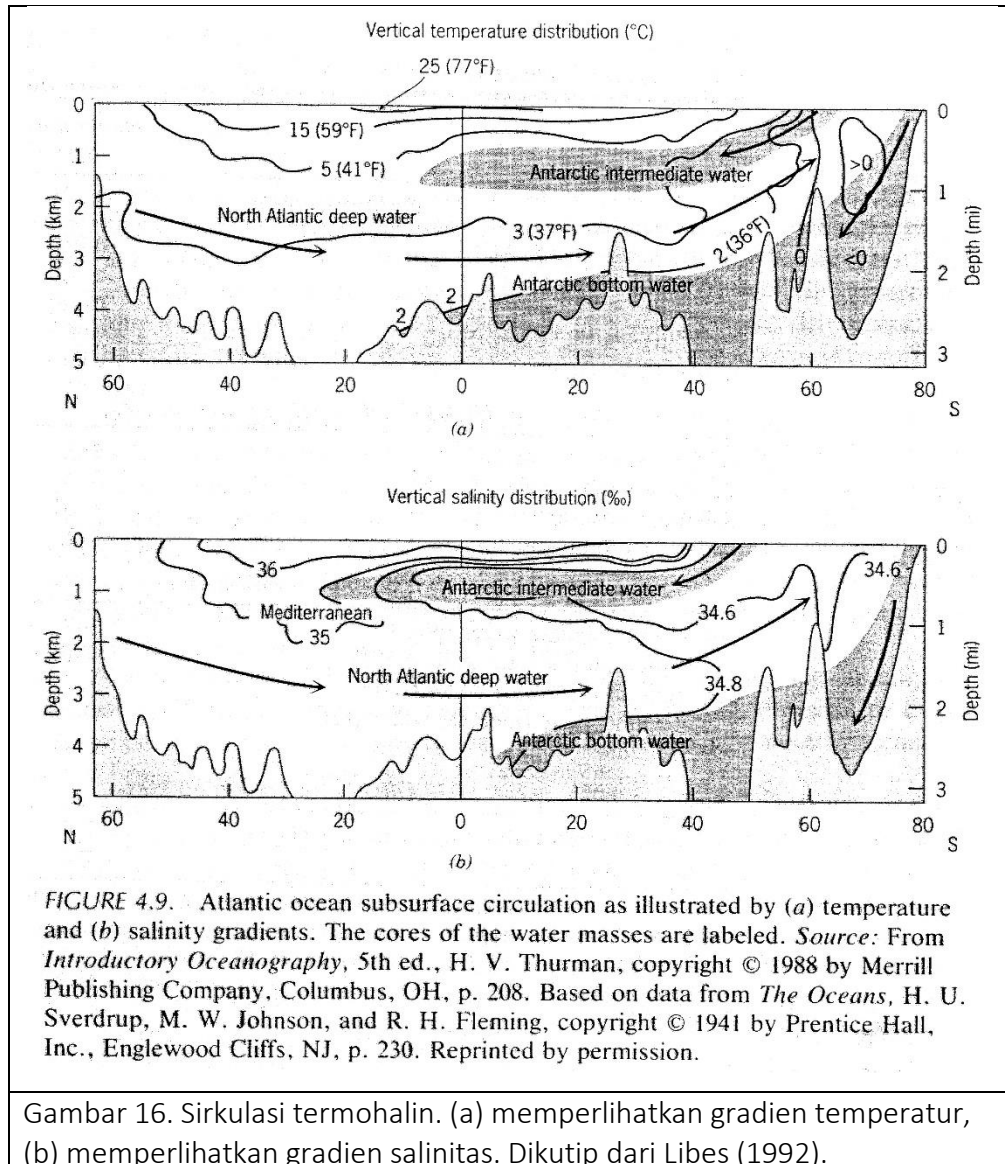
Stratifikasi densitas di daerah lintang rendah dan menengah adalah sebagai berikut:

- 1) **Lapisan atas**, dengan ketebalan sekitar 100 meter, mempunyai densitas hampir seragam.
- 2) **Piknoklin** (*pycnocline*), yaitu zona dimana densitas bertambah dengan cepat seiring dengan bertambahnya kedalaman.
- 3) **Zona dalam**, adalah zona di bawah piknoklin, dengan densitas meningkat sangat pelan dengan bertambahnya kedalaman.



Statifikasi vertikal densitas menghambat terjadinya pencampuran air laut secara vertikal. Banyak energi yang diperlukan agar dapat terjadi pencampuran vertikal di kedua kawasan tersebut. Di daerah berlintang tinggi, kutub, lebih sedikit energi yang diperlukan untuk terjadinya pencampuran vertikal. Hal itu karena di daerah tersebut tidak terdapat piknoklin yang kuat.

Stratifikasi densitas dan perbedaan densitas diantara dua massa air di laut-dalam mencerminkan asal-usul proses permukaan laut. Perubahan densitas disebabkan oleh pemanasan dan pendinginan, evaporasi, penambahan air tawar, dan pendinginan oleh es di laut (Berner dan Berner, 1987). Di daerah berlintang tinggi, air di permukaan memiliki densitas yang lebih tinggi dari pada air permukaan di daerah berlintang rendah, karena pengaruh pendinginan dari udara dan dari pembentukan es. Di tempat-tempat tertentu di Samudera Atlantik di utara dan di selatan, air permukaan memiliki densitas yang lebih tinggi dari pada air yang ada di bawahnya. Karena gaya gravitasi dan gaya apung, air dengan densitas tinggi akan bergerak turun ke dalam laut dan air dengan densitas rendah bergerak naik ke permukaan laut. Kecenderungan ini menyebabkan terjadinya gerakan air laut dengan cara adveksi (*advection*), yaitu gerakan air laut horizontal dan vertikal, seperti yang terjadi pada sirkulasi termohalin (*thermohaline circulation*) (Gambar 16). Penurunan temperatur di daerah lintang tinggi meningkatkan densitas air laut. Karena densitasnya yang tinggi air laut turun (tenggelam) hingga mencapai tingkat kedalaman dengan densitas yang sesuai. Arus konveksi ini adalah contoh dari gerakan adveksi vertikal. Penenggelaman yang berlanjut menyebabkan air-dalam tertekan secara horizontal di sepanjang daerah dengan densitas yang sesuai, yang menghasilkan arus laut dalam. Arus laut dalam ini adalah contoh adveksi horizontal.



#### 1.3.4. Suara di Laut

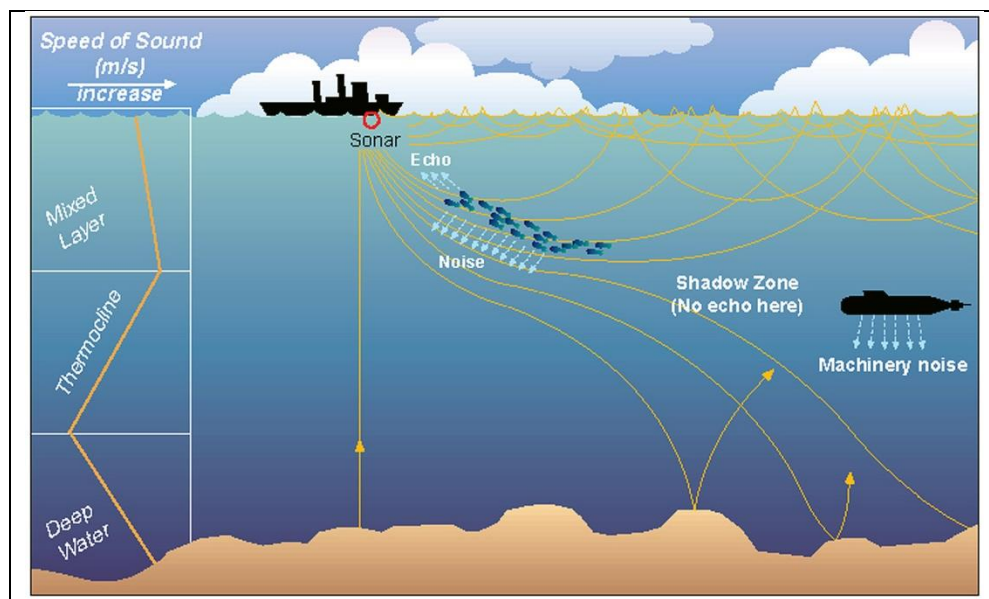
Suara di dalam air adalah alat yang sangat penting bagi para ahli oseanografi. Suara dipakai untuk mengukur kedalaman laut, seperti yang dipergunakan para ahli geologi untuk mempelajari karakter dan ketebalan kerak Bumi. Para ahli oseanografi biologi dapat mempergunakan suara untuk mendeteksi dan mempelajari organisme laut. Bagi angkatan laut, suara dipergunakan untuk mendeteksi kapal selam dan menentukan posisi suatu objek di dasar laut.

Kecepatan suara di laut tergantung pada temperatur, salinitas, dan tekanan (kedalaman). Kecepatan suara di dalam air laut berkisar dari 1400 sampai 1570 meter per detik. Kecepatan suara meningkat dengan meningkatnya temperatur,

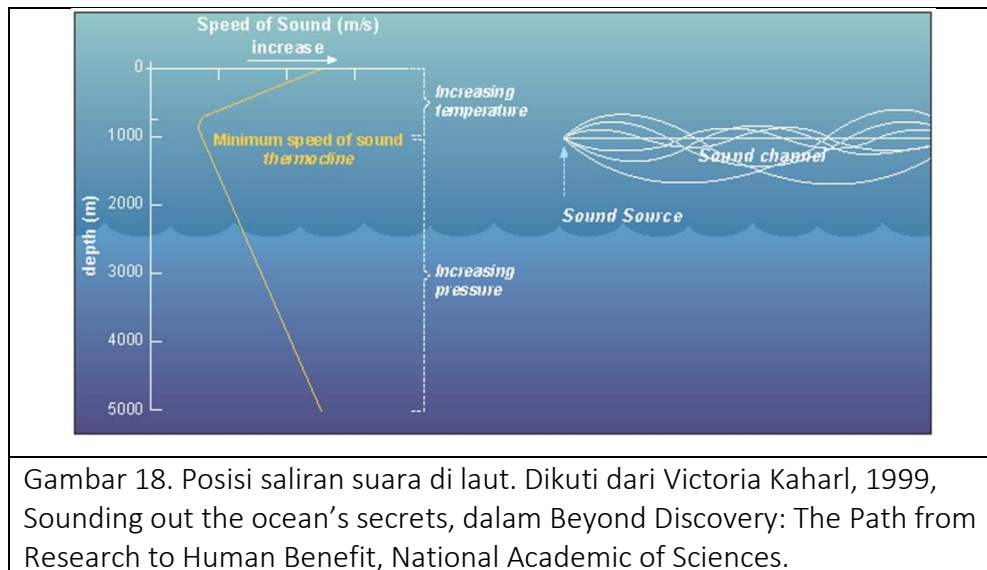
salinitas, dan kedalaman. Kecepatan suara di dalam air dengan salinitas 34,85‰ dan temperatur 0°C adalah 1445 m/dt. Peningkatan salinitas sebesar 1% akan meningkatkan kecepatan sebesar 1,5 m/dt; peningkatan temperatur 1°C akan meningkatkan kecepatan suara 4 m/dt; peningkatan kedalaman 1000 m akan meningkatkan kecepatan sekitar 18 m/dt.

Profil kecepatan suara di dalam samudera dapat dibagi menjadi tiga zona (Gambar 17), yaitu:

- 1) Zona permukaan (ketebalan 100 – 150 m). Di dalam zona ini, kecepatan suara meningkat dengan bertambahnya kedalaman karena pengaruh tekanan (kedalaman).
- 2) Zona tengah (dapat mencapai kedalaman 1500 m). Di dalam zona ini, kecepatan suara berkurang karena berkurangnya temperatur secara cepat (termoklin).
- 3) Zona bawah (di bawah 1500 m). Di dalam zona ini kecepatan suara meningkat dengan meningkatnya tekanan (kedalaman), sedang temperatur relatif konstan.



Gambar 17. Pola rambatan suara di laut. Menurut R.A.Fosch seperti yang dikutip oleh Victoria Kaharl, 1999, Sounding out the ocean's secrets, dalam Beyond Discovery: The Path from Research to Human Benefit, National Academic of Sciences.



Gelombang suara, seperti gelombang samudera, dapat mengalami refraksi dan dengan demikian akan membelok ke daerah kecepatan suara rendah. Refraksi gelombang berkombinasi dengan variasi vertikal kecepatan suara di dalam laut dapat menghasilkan zona bayangan (*shadow zona*) dan saluran suara (*sound channels*) (Gambar 18). Zona bayangan adalah suatu daerah dimana relatif sedikit suara yang menembusnya. Zona ini terjadi di bagian atas samudera ketika gradien kecepatan suara positif (peningkatan kecepatan suara) berada di atas gradien kecepatan suara negatif (penurunan kecepatan suara) dan suara berada di dalam zona gradien positif (Gambar 18). Suara mengalami refraksi ke arah atas di dalam daerah gradien positif dan ke arah bawah di dalam daerah gradien negatif, dan menghasilkan zona bayangan.

Saluran suara terjadi di dalam area dimana kecepatan suara mencapai nilai minimum. Suara yang terjadi dan merambat di dalam zona bernilai minimum ini mengalami refraksi ke atas dan ke bawah ke daerah berkecepatan lebih rendah dan dengan demikian kembali masuk ke dalam zona bernilai minimum. Di dalam zona ini, hanya sedikit energi yang hilang karena penyebaran vertikal, dan suara dapat disalurkan sampai ribuan kilometer. Kecepatan suara minimum umumnya terjadi pada kedalaman sekitar 150 m. Zona saluran suara ini disebut saluran SOFAR (*sound fixing and ranging*).

Ketika suara merambat di dalam air, energinya berkurang karena tersebar, diserap, dan terhamburkan. Suara hilang karena tersebar sebanding dengan jarak lintasannya. Suara dapat diserap oleh air dan dikonversi menjadi panas. Suara dapat dihamburkan oleh partikel-partikel, organisme laut, gelembung-gelembung gas, dan dasar laut. Suara juga dapat dipantulkan oleh dasar laut.

### 1.3.5. Sinar di Laut

Sinar matahari hanya dapat menembus lapisan permukaan laut. Kedalaman

penetrasi cahaya menentukan ketebalan zona **eufotik** (*euphotic zone*), yaitu zona tempat terjadinya fotosintesis yang menghasilkan unsur-unsur organik oleh tumbuhan. Zona eupotik membentang dari permukaan laut sampai kedalaman yang hanya 1% sinar dapat masuk. Kedalam zona ini sangat bervariasi. Di Laut Mediterania dan Karibia, zona eupotik menacapai kedalaman 100 sampai 160 m. Di daerah dekat pantai, penetrasi sinar matahari hanya sampai 15 m.

Tumbuhan adalah sumber makanan yang utama bagi organisme di laut. Oleh karena itu, ketebalan zona eupotik sangat penting. Tumbuhan plankton umumnya tidak dapat tumbuh di kedalaman dengan sinar yang tersedia <1%. Dengan demikian, sebagian besar produktifitas terjadi di dekat permukaan.

Kedalam penetrasi sinar matahari ke dalam laut tergantung pada empat faktor utama, yaitu (1) tutupan awan, (2) sudut inklinasi sinar matahari yang mencapai permukaan Bumi, (3) banyaknya material inorganik yang tersuspensi, dan (4) densitas populasi organisme plankton.

#### **1.4. Warna Laut**

Samudera dan laut di Bumi mempunyai warna yang beraneka ragam. Nama dari beberapa laut di Bumi mengacu kepada warna, seperti: Laut Hitam (*Black Sea*) diberi nama itu karena tampak gelap yang disebabkan oleh dasar lautnya yang tertutup oleh sedimen berwarna hitam; Laut Kuning (*Yellow Sea*) diberi nama itu karena tampak kuning yang disebabkan oleh banyaknya muatan lumpur berwarna kuning yang dimasukkan oleh sungai, terutama selama musim banjir; Laut Merah (*Red Sea*) diberi nama itu karena tampak merah yang disebabkan oleh adanya alga (*blue-green algae*) yang berwarna merah; Laut Putih (*White Sea*) diberi nama itu karena permukaannya tampak putih oleh air yang membeku lebih dari 200 hari dalam setahun.

Warna adalah fungsi dari spektrum sinar. Sinar putih tersusun oleh warna merah, oranye, kuning, hijau, biru, dan ungu. Warna laut di kawasan tertentu kita lihat dapat berubah karena awan yang melintas atau karena perubahan sudut matahari. Laut umumnya tampak biru karena sinar biru yang memiliki panjang gelombang yang lebih pendek (dibandingkan warna merah), sehingga lebih mudah dihamburkan oleh partikel-partikel air dan material-material mikroskopis di dalam air. Sesungguhnya, warna laut pada umumnya adalah fungsi dari penghamburan sinar melalui partikel-partikel yang tersuspensi, refleksi warna langit, dan sifat dari material yang tersuspensi dan terlarut di dalam air. Semua sinar berasal dari Matahari, dan sinar atau warna yang dilihat seseorang tidak mewakili seluruh spektrum radiasi sinar matahari.

Warna laut juga dapat memberikan beberapa indikasi (Gambar 19A dan B), antara lain:

- 1) Laut berwarna biru gelap, bila laut dalam dan airnya jernih, dan tidak banyak mengandung organisme plankton mikroskopis.



- 2) Laut berwarna coklat, coklat muda, coklat kekuningan, atau biru kecoklatan, bila banyak muatan suspensi di dalam air laut. Keadaan ini umumnya terjadi atau dijumpai di perairan dangkal, dekat pantai, khususnya di sekitar muara sungai pada saat banjir.
- 3) Laut berwarna biru muda jernih, bila air dangkal dan jernih, seperti di kawasan terumbu karang.
- 4) Laut berwarna merah, merah kecoklatan, hijau, hijau-kuning, oranye atau putih keruh, mengindikasikan terjadinya *blooming* fitoplankton atau *red tide*. Pada peristiwa itu, terjadi peningkatan jumlah fitoplankton dalam jumlah besar dalam waktu yang cepat.



Gambar 19. Warna laut yang memberikan indikasi tentang perbedaan kedalaman (19A-Foto kiri, Pantai Bosnik, Biak September 2002), dan juga perbedaan kandungan muatan suspensi (19B-Foto kanan, Pantai utara Pulau Seram bagian timur, difoto dari udara, September 2002).

Pada teknologi penginderaan jauh, intensitas warna air laut yang terekam dipakai sebagai dasar untuk melakukan analisis dan interpretasi, seperti kondisi temperatur perairan laut, kondisi lingkungan laut, kedalaman perairan, penyebaran kekeruhan, dan berbagai fenomena lain.

## 2. Komposisi Kimia Air Laut

Komposisi kimia air laut secara umum dapat dikelompokkan menjadi: (1) unsur-unsur inorganik terlarut (*dissolved inorganic matter*), (2) unsur-unsur organik terlarut (*dissolved organik matter*), dan (3) gas-gas terlarut (*dissolved gases*). Variasi komposisi kimia air laut dari satu tempat ke tempat lain tergantung pada kondisi lingkungan lokal, seperti kelimpahan biota, kehadiran muara sungai, dan berbagai kondisi geologi dan meteorologi.

### 2.1. Unsur-unsur Inorganik Terlarut

Menurut beratnya, air laut terdiri dari sekitar 96,5% air murni dan sekitar 3,5% (atau



35%) unsur inorganik terlarut. Sebagian besar unsur-unsur kimia yang sekarang diketahui, dijumpai di dalam air laut (Gambar 20). Unsur-unsur inorganik tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

- 1) **Unsur Mayor**, yaitu unsur-unsur yang jumlahnya lebih *besar dari 100 ppm* (*part per million*) atau 100 mg per liter. Unsur-unsur tersebut adalah Klor (Cl: 19.353 ppm); Sodium atau Natrium (Na: 10.760 ppm); Belerang atau Sulfur dalam bentuk Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ : 2.712 ppm); Magnesium (Mg: 1.294 ppm); Kalsium (Ca: 412 ppm); dan Potasium atau Kalium (K: 387 ppm).
- 2) **Unsur Minor**, yaitu unsur-unsur yang konsentrasinya *lebih dari 1 ppm tetapi kurang dari 100 ppm*. Unsur-unsur tersebut adalah Brom (Br: 65 ppm); Karbon (C: 28 ppm); Stronsium (Sr: 8 ppm); Boron (B: 4,6 ppm); Silikon (Si: 3 ppm); dan Fluor (F: 1 ppm).
- 3) **Unsur Jejak** (*Trace Elements*), yaitu unsur-unsur yang konsentrasinya *kurang dari 1 ppm*. Beberapa unsur jejak yang utama adalah Nitrogen (N: 0,5 ppm); Litium (Li: 0,17 ppm); Rubidium (Rb: 0,12 ppm); Fosfor (P: 0,07 ppm); Iodium (I: 0,06 ppm); Besi atau Ferum (Fe: 0,01 ppm); Seng (Zn: 0,01 ppm); Molibdenum (Mo: 0,01 ppm). Selain itu terdapat setidaknya 52 unsur yang dijumpai dengan konsentrasi lebih kecil.

|      |    |    |         |      |    |      |      |      |      |    |      |    |    |    |      |      |    |
|------|----|----|---------|------|----|------|------|------|------|----|------|----|----|----|------|------|----|
| H    |    |    |         |      |    |      |      |      |      |    |      |    |    |    |      |      | He |
| Li   | Be |    |         |      |    |      |      |      |      |    |      | B  | C  | N  | O    | F    | Ne |
| Na   | Mg |    |         |      |    |      |      |      |      |    |      | Al | Si | P  | S    | Cl   | Ar |
| K    | Ca | Sc | Ti      | V    | Cr | Mn   | Fe   | Co   | Ni   | Cu | Zn   | Ga | Ge | As | Se   | Br   | Kr |
| Rb   | Sr | Y  | (Zr)    | Nb   | Mo | (Tc) | (Ru) | (Rh) | (Pd) | Ag | Cd   | In | Sn | Sb | (Te) | I    | Xe |
| Cs   | Ba | *  | (Hf)    | (Ta) | W  | (Re) | (Os) | (Ir) | (Pt) | Au | Hg   | Tl | Pb | Bi | (Po) | (At) | Rn |
| (Fr) | Ra | ** |         |      |    |      |      |      |      |    |      |    |    |    |      |      |    |
|      |    |    | *La     | Ce   | Pr | Nd   | (Pm) | Sm   | Eu   | Gd | (Tb) | Dy | Ho | Er | Tm   | Yb   | Lu |
|      |    |    | ** (Ac) | Th   | Pa | U    |      |      |      |    |      |    |    |    |      |      |    |

Sebagian besar unsur-unsur terlarut di dalam air laut dijumpai dalam bentuk ion. Garam-garam laut terdiri terutama dari beberapa unsur mayor yang dijumpai dalam berbagai bentuk variasi kombinasi. Sebagian besar ion-ion garam-garam laut dihasilkan dari senyawa-senyawa berikut: Sodium klorida atau Natrium klorida ( $\text{NaCl}$ ); Magnesium klorida ( $\text{MgCl}_2$ ); Magnesium sulfat ( $\text{MgSO}_4$ ); Kalsium sulfat ( $\text{CaSO}_4$ ); Potasium sulfat atau Kalium sulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ); Magnesium bromida ( $\text{MgBr}_2$ ); Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ); Sodium sulfat atau Natrium sulfat ( $\text{NaSO}_4$ ); dan Potasium

klorida atau Kalium klorida (KCl).

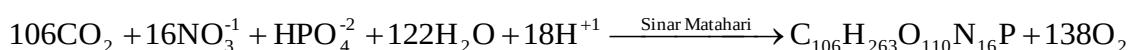
## 2.2. Unsur-unsur Organik Terlarut dan Nutrien

Kehadiran unsur-unsur organik di dalam air laut jumlahnya relatif sedikit, dan biasanya hadir dalam jumlah yang bervariasi antara 0 – 6 mg per liter. Sumber dari unsur-unsur organik adalah dari ekresi organisme dan hancuran dari organisme yang mati. Unsur-unsur yang termasuk ke dalam unsur-unsur organik terlarut (*dissolved organic matters* – DOM) adalah nitrogen (N) dan fosfor (P) yang secara kimiawi membentuk senyawa organik dan bahkan teroksidasi, atau kadang-kadang oleh bakteri, berubah menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). **Nitrogen dan fosfor** adalah dua **unsur yang dibutuhkan oleh tumbuhan untuk membentuk unsur-unsur organik**, karena itu, keduanya disebut sebagai **nutrien** (*nutrient*). Di laut, konsentrasi nitrogen dan fosfat relatif kecil. Akibatnya, penyebarannya di dalam air laut dikontrol oleh proses kimia yang berlangsung secara biologis (*biologically mediated redox processes*) yang juga mengontrol siklus biogeokimia unsur organik. Dengan demikian, nitrogen dan fosfor disebut sebagai **biolimiting elements**. Sebagai pembanding, unsur karbon dan sulfur lebih banyak dijumpai di dalam air laut. Distribusinya dipengaruhi oleh proses-proses fisika dan biogeokimia. Karena proses biologis memiliki pengaruh yang kecil terhadap distribusinya di laut, maka keduanya disebut sebagai **biointermediate elements**. Selain nitrat dan fosfat, senyawa-senyawa organik terlarut lainnya di dalam air laut adalah karbon organik, karbohidrat, protein, asam-asam amino, asam-asam organik, dan vitamin-vitamin.

Selain nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), di laut ada nutrien ke-tiga, yaitu silikat ( $\text{SiO}_4^-$ ). Silikat dibutuhkan oleh organisme laut untuk membentuk dinding luar yang keras pada organisme bersel tunggal seperti diatom, dan skeletal pada beberapa protozoa. Ketiga unsur nutrien ini masuk ke laut melalui sungai dan aliran permukaan bersama-sama unsur terlarut lainnya.

Semua unsur-unsur organik yang terbentuk di perairan permukaan terutama oleh proses fotosintesis. Proses fotosintesis membutuhkan sinar matahari, oleh karena itu, hanya terjadi di kedalaman air yang dapat ditembus oleh sinar matahari, yaitu hanya sampai 200 meter dari permukaan samudera, yang disebut dengan zona **eufotik** (*euphotic zone*). Organisme yang terlibat dalam proses fotosintesis adalah fitoplankton.

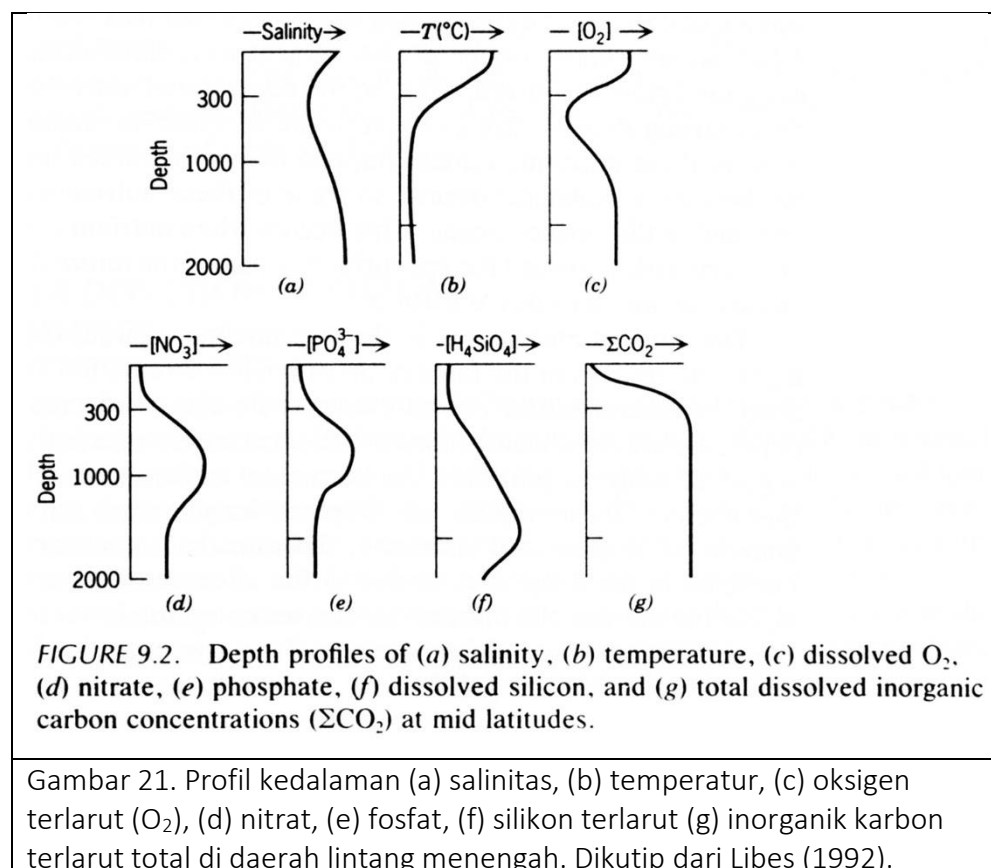
Persamaan reaksi fotosintesis adalah sebagai berikut:



Reaksi di atas memperlihatkan bahwa fotosintesis tidak hanya mengonsumsi  $\text{CO}_2$  dari larutan dan menghasilkan  $\text{O}_2$ , tetapi juga membutuhkan nutrien, seperti nitrat dan fosfat.

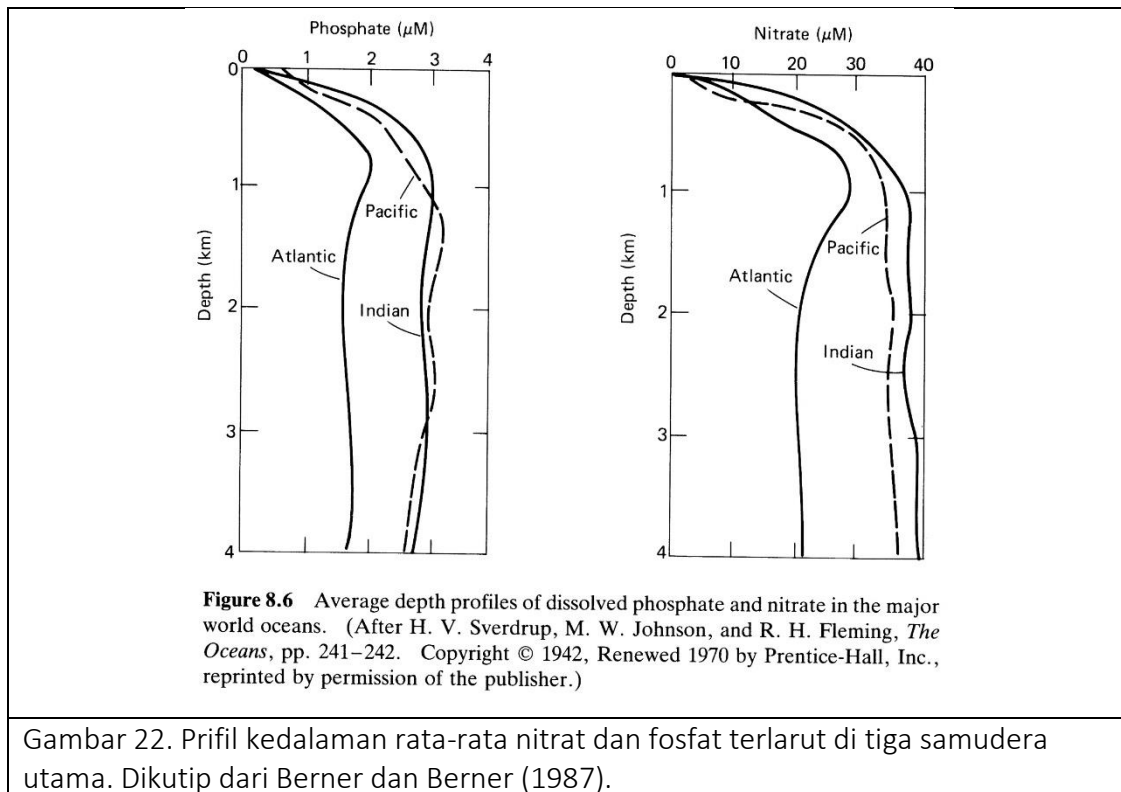
Konsentrasi nitrat dan fosfat di perairan permukaan bervariasi, oleh karena itu, laju fotosintesis, yang dikenal dengan **produktivitas planktonik** (*planktonic productivity*), juga bervariasi. Laut dengan produktivitas tinggi terjadi di samudera terbuka melalui proses pencampuran yang membawa air dari laut dalam yang kaya dengan nutrisi ke permukaan. Di perairan pesisir dekat pantai, produktivitas tinggi terjadi karena nutrisi yang dimasukkan oleh aliran sungai dari darat ke perairan pesisir. Konsentrasi nitrat dan fosfat yang sangat tinggi dijumpai di bawah lapisan permukaan (Gambar 21 dan 22).

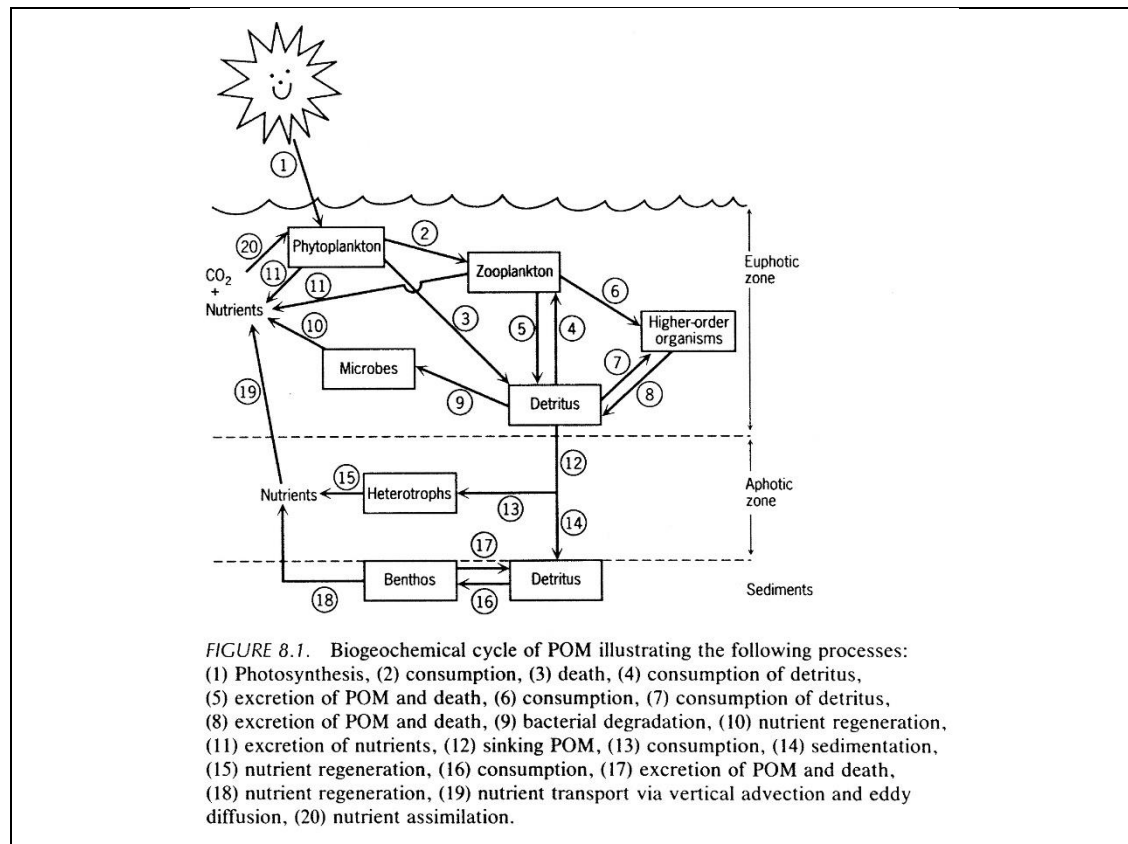
Oksigen tampak tinggi di lapisan permukaan (Gambar 21), kondisi ini terjadi karena pencampuran dan fotosintesis yang terjadi. Fotosintesis mengonsumsi nutrisi dan karbon dioksida, yang menyebabkan rendahnya konsentrasi ketiga unsur tersebut di permukaan. Selanjutnya, tingginya fosfat dan nitrat di sebelah bawah termoklin menunjukkan banyak material organik (*Particulate Organic Matter* = POM) yang turun dari lapisan permukaan dan tidak mengalami pengadukan di lapisan termoklin.



Kolom air di bawah lapisan permukaan atau zona eufotik tidak dapat ditembus oleh sinar matahari, sehingga disebut **zona afotik** (*aphotic zone*). Oleh karena itu, proses apapun yang membawa air dari bawah lapisan permukaan ke dalam zona permukaan yang dapat ditembus oleh sinar matahari, akan membantu fotosintesis.

Dua proses utama yang dapat menyebabkan hal tersebut adalah “*coastal upwelling*” (*upwelling* di perairan pesisir) dan pencampuran massa air di lintang tinggi pada sirkulasi air dalam (*deep water circulation*). Gambaran profil vertikal konsentrasi nitrat dan fosfat dari tiga samudera utama dapat dilihat pada Gambar 22.





Gambar 23. Siklus biogeokimia dari detritus material organik (Particulate Organic Matter – POM). (1) fotosintesis, (2) konsumsi (3) mati, (4) konsumsi detritus, (5) ekskresi POM dan mati, (6) konsumsi, (7) konsumsi detritus, (8) ekskresi POM dan mati, (9) degradasi oleh bakteri, (10) regenerasi nutrisi, (11) ekskresi nutrisi, (12) POM tenggelam, (13) konsumsi, (14) sedimentasi, (15) regenerasi nutrisi, (16) konsumsi, (17) ekskresi, (18) regenerasi nutrisi, (19) transportasi nutrisi secara vertikal, (20) asimilasi nutrisi. Dikutip dari Libes (1992).

Fitoplankton dimakan oleh zooplankton, selanjutnya zooplankton dimakan oleh ikan, dan seterusnya dalam suatu rantai makanan. Selama proses tersebut berlangsung, respirasi terjadi baik oleh organisme tingkat tinggi maupun bakteri. Respirasi adalah kebalikan dari fotosintesis. Dengan kata lain, oksigen diambil dari larutan dan  $\text{CO}_2$ , nitrat dan fosfat dilepaskan ke dalam larutan. Laju fotosintesis dan respirasi teratur dalam keseimbangan yang baik di perairan permukaan, tetapi tidak betul-betul sama. Sebagian kecil unsur organik yang mati tenggelam ke perairan yang lebih dalam. Unsur-unsur organik yang tenggelam itu kemudian mengalami oksidasi oleh bakteri di air dalam dan menghasilkan  $\text{CO}_2$ , nitrat dan fosfat, dan mengkonsumsi  $\text{O}_2$  (tanpa fotosintesis) (Gambar 23). Proses oksidasi oleh bakteri ini menyebabkan tingginya konsentrasi nitrat, fosfat, dan  $\text{CO}_2$ , dan rendahnya  $\text{O}_2$  di perairan dalam (Gambar 21 dan 22).

### 2.3. Gas-gas Terlarut

Gas-gas utama (major gases) yang terdapat di laut adalah nitrogen ( $N_2$ ), oksigen ( $O_2$ ), dan karbon dioksida ( $CO_2$ ). Gas-gas lain yang hadir dalam jumlah yang sedikit adalah helium (He), dan gas-gas “inert” (tidak reaktif), yaitu neon (Ne), argon (Ar), Krypton (Kr), dan Xenon (Xe).

Gas-gas hadir di dalam air laut umumnya masuk melalui atmosfer. Beberapa gas jarang (*rare gas*) dapat hadir di dalam air laut melalui proses peluruhan radioaktif (*radioactive decay*) di dalam sedimen di dasar laut.

Kelarutan gas, atau kemampuan gas untuk masuk ke dalam larutan, tergantung pada tiga hal, yaitu: (1) temperatur gas dan larutan; kelarutan gas meningkat dengan berkurangnya temperatur, (2) tekanan atmosfer parsial gas; kelarutan gas meningkat dengan meningkatnya tekanan, dan (3) kandungan garam dalam larutan (salinitas); kelarutan gas berkurang dengan meningkatnya salinitas. Kuantitas kandungan gas di dalam air laut, dengan pengecualian oksigen ( $O_2$ ) dan karbon dioksida ( $CO_2$ ), sangat ditentukan oleh ketiga faktor tersebut di atas. Gas-gas yang konsentrasinya dapat diprediksi, relatif tidak reaktif di dalam lingkungan laut. Oleh karena itu, bila kuantitas gas lebih tinggi atau lebih rendah dari pada yang ditunjukkan oleh ketiga faktor yang menentukan di atas, maka hal itu menunjukkan adanya sesuatu di lingkungan laut yang menyebabkan variasi itu. Oksigen dan karbon dioksida adalah gas-gas yang konsentrasinya dapat bervariasi secara independen terhadap faktor di atas. Kedua gas itu dengan demikian bersifat reaktif di dalam lingkungan laut.

### 2.3.1. Nitrogen

Kandungan nitrogen di dalam air laut adalah 64% dari seluruh kandungan gas terlarut di dalam air laut. Secara biologis, nitrogen terlarut di dalam air tidak penting, karena sebagian hewan tidak dapat memanfaatkan nitrogen bebas. Senyawa nitrogen yang penting bagi makanan sebagian besar hewan diperoleh dari tumbuhan dan hewan yang merupakan bagian dari rantai makanan (Gambar 23). Agar bisa dimanfaatkan, nitrogen bebas harus berada dalam bentuk senyawa. Organisme yang berperan dalam proses ini adalah bakteri pengikat nitrogen (*nitrogen-fixing bacteria*). Nitrat dihasilkan oleh reaksi kimia selama metabolisme tumbuhan dan hewan. Tumbuhan dan hewan itu kemudian menjadi sumber nitrogen bagi tingkat kehidupan lain yang lebih tinggi.

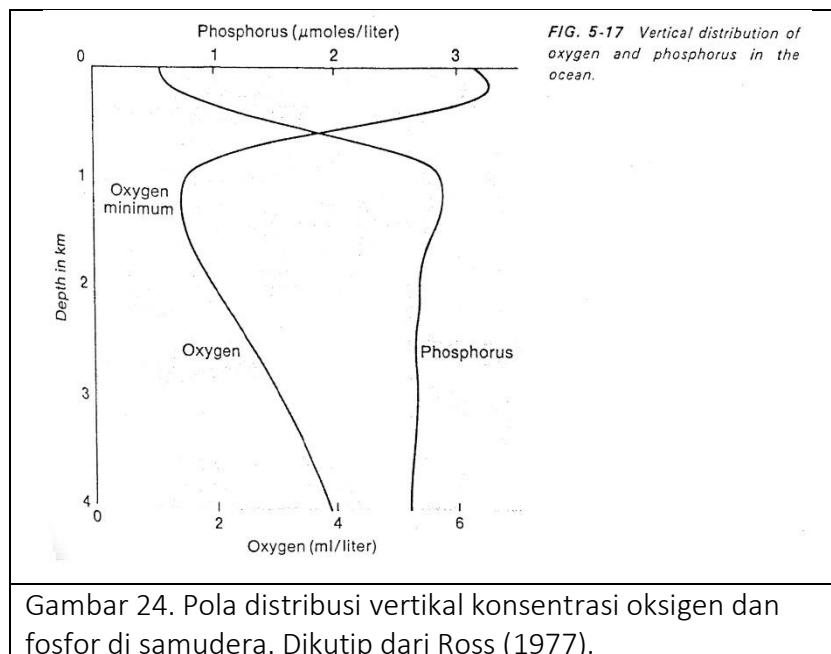
### 2.3.2. Oksigen

Air laut mengandung oksigen sebanyak 34% dari seluruh total gas yang terlarut di dalam air laut. Konsentrasi oksigen di dalam air laut sangat bervariasi. Di perairan permukaan (zona fotik), konsentrasi oksigen berkaitan dengan temperatur. Makin tinggi temperatur, kelarutan gas makin rendah. Beberapa ratus meter di bawah zona eufotik, biasanya terdapat zona oksigen-minimum (*oxygen-minimum zone*) atau lapisan miskin oksigen (*oxygen-poor layer*)

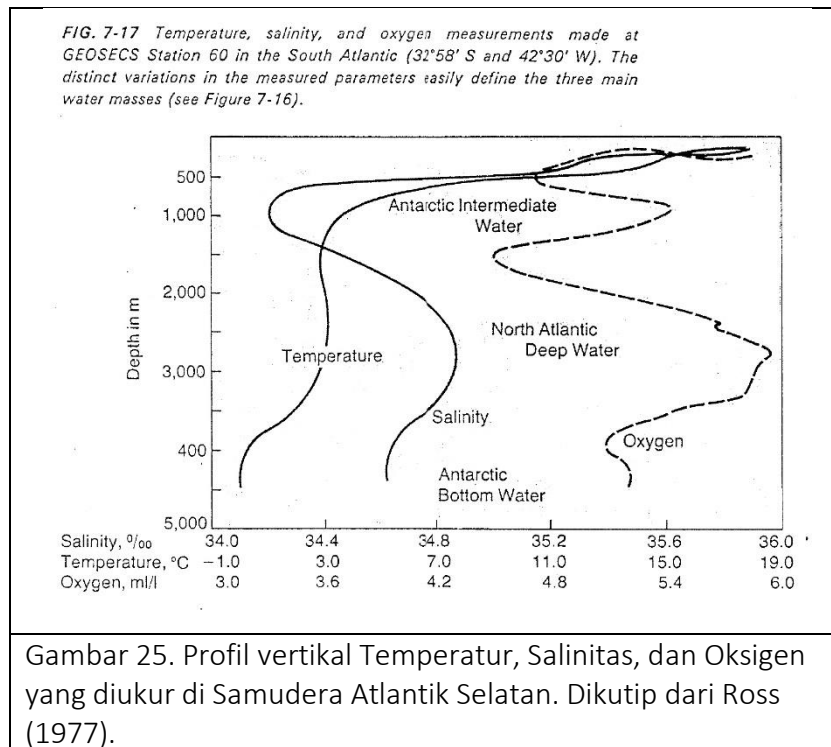
(Gambar 24). Zona itu terbentuk karena fenomena biologis.

Air laut memiliki dua sumber oksigen, yaitu dari atmosfer dan fotosintesis. Seperti telah diuraikan sebelumnya, fotosintesis menghasilkan oksigen. Unsur-unsur organik dan oksigen dipergunakan dan dikonsumsi sebagian besar di dalam zona afotik oleh organisme, termasuk bakteri. Proses ini, yang disebut respirasi (*respiration*), menyebabkan oksigen dikonsumsi dan dikeluarkan sebagai gas dari air laut. Inilah yang menyebabkan terbentuknya zona oksigen-minimum.

Zona oksigen-minimum terjadi terutama karena respirasi hewan dan tumbuhan, dan karena oksidasi detritus material organik oleh bakteri. Ada tidaknya zona ini tergantung pada apakah deplesi oksigen oleh respirasi melewati oksigen yang diperbaharui oleh pencampuran antara air permukaan dengan air dalam. Peningkatan oksigen di bawah zona oksigen minimum dipercaya adalah karena pemasukan air yang kaya oksigen dari daerah kutub ke bagian samudera yang dalam (Gambar 25). Kehadiran oksigen di seluruh kedalaman air menunjukkan adanya sirkulasi dan interaksi diantara massa air dari berbagai tingkat kedalaman. Sementara itu, tingginya kandungan oksigen di lapisan permukaan laut (zona eufotik) adalah karena aktifitas fotosintesis dari fitoplankton dan pelarutan dari atmosfer.





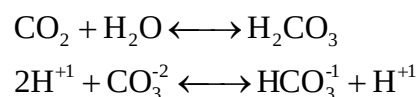


Oksigen dipergunakan oleh hewan, bakteri, dan mikroorganisme heterotropik untuk respirasi. Tanpa oksigen, atau kekurangan oksigen, dapat menyebabkan kematian semua organisme tersebut.

### 2.3.3. Karbon Dioksida

Gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) adalah penyusun air laut yang penting. Gas ini masuk ke dalam air laut sebagai gas terlarut, dan kemudian membentuk asam lemah H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Gas ini kemudian berkombinasi dengan air laut dan menghasilkan material karbonat yang banyak dijumpai di dalam batuan, koral, cangkang hewan laut dan berbagai sedimen laut.

Persamaan reaksi pembentukan karbonat itu adalah sebagai berikut:



Gas karbon dioksida diperlukan untuk proses fotosintesis oleh tumbuhan hijau di laut di siang hari. Di malam hari, karbon dioksida dihasilkan oleh proses respirasi. Selain dihasilkan secara alamiah, gas karbon dioksida juga dihasilkan oleh aktifitas manusia membakar bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan

batubara. Produksi gas karbon dioksida secara berlebihan dapat meningkatkan temperatur atmosfer Bumi, yang dikenal sebagai efek rumah-kaca (*greenhouse effect*). Oleh karena itu, gas karbon dioksida juga disebut sebagai gas rumah-kaca (*greenhouse gas*). Kemampuan air laut menyerap gas karbon dioksida secara langsung mempengaruhi iklim global.

#### 2.3.4. Hidrogen Sulfida

Gas hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) di dalam air laut hanya sekitar 0,5% dari total gas yang terlarut di dalam air laut. Meskipun demikian, gas ini penting untuk diperhatikan, karena gas ini menunjukkan aktifitas bakteri, pembusukan material organik, kondisi air yang stagnan (tanpa sirkulasi), rendahnya kandungan oksigen terlarut di dalam air, dan yang terpenting adalah bahwa gas ini bersifat racun yang mematikan organisme.

Bila suatu daerah terisolasi dari sumber oksigen yang potensial, maka mungkin terjadi sebagian besar atau semua oksigen di air dalam akan habis terpakai. Salah satu contoh daerah seperti ini adalah Laut Hitam. Air yang kosong oksigen disebut anaerobik (*anaerobic*) dan lingkungannya disebut lingkungan anaerobik. Materi organik di dalam lingkungan itu dapat mengalami dekomposisi oleh bakteri pereduksi sulfat (*sulfate-reducing bacteria*). Sulfida yang terbentuk dapat berkombinasi dengan hidrogen dan membentuk hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) yang sangat berbau (seperti telur busuk) dan mematikan bagi banyak organisme. Bila air-dalam di daerah anaerobik terbawa ke permukaan oleh suatu proses tertentu, biasanya menyebabkan terjadinya kematian massal organisme di perairan permukaan.

#### 2.4. Sifat Kehadiran Unsur Kimia di Laut

Ion-ion utama (unsur mayor) di dalam air laut (Cl, Na, Ca, K, Mg, dan Sulfat) hadir dalam proporsi yang relatif konstan, karena *konsentrasinya di dalam air laut sangat dikendalikan oleh proses-proses fisika*, seperti penambahan dan pengurangan air. Dalam hal ini, proses fisika yang terjadi atau pergerakan material lebih cepat daripada proses kimia yang terjadi, sehingga proses kimia tidak berpengaruh. Oleh karena itu, unsur-unsur tersebut disebut sebagai **unsur konservatif** (*conservative elements*). Konsentrasi dari unsur-unsur konservatif proporsional satu sama lain dan sebanding dengan salinitas.

Selain dari unsur-unsur utama di atas, kehadiran unsur-unsur kimia di dalam air laut tidak dalam proporsi yang konstan. *Konsentrasi unsur-unsur tersebut sangat ditentukan oleh reaksi kimia yang terjadi di dalam air laut dan sedimen di dasar laut, dan proporsional dengan salinitas secara tidak langsung*. Oleh karena itu, unsur-unsur kimia tersebut disebut sebagai **unsur nonkonservatif** (*nonconservative elements*). Walaupun sebagian besar unsur-unsur kimia di dalam air laut bersifat nonkonservatif, tetapi jumlahnya merupakan fraksi yang kecil dari total volume air laut.

Kehadiran unsur-unsur kimia di dalam suatu lingkungan adalah tidak tetap. Unsur-unsur kimia tersebut bisa masuk ke suatu lingkungan dan keluar lagi dari lingkungan itu. Waktu rata-rata yang diperlukan oleh suatu unsur berada di dalam suatu lingkungan atau reservoir sampai unsur tersebut dikeluarkan dari lingkungan atau reservoir itu melalui suatu proses transportasi disebut sebagai **residence time** (waktu-tinggal). Dalam keadaan seimbang (*steady state*), *residence time* didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{Residence time } (\tau) = \frac{\text{Jumlah total unsur di dalam reservoir}}{\text{Laju pemasukan atau pengeluaran unsur tersebut ke atau dari reservoir itu}}$$

Lamanya suatu unsur berada di dalam suatu lingkungan tergantung pada sifat unsur tersebut. Unsur-unsur yang reaktif memiliki *residence time* yang singkat. Unsur-unsur yang termasuk ke dalam kelompok ini adalah unsur-unsur yang di dalam susunan berkala unsur masuk ke dalam kelompok transisi, lantanida, dan aktinida.

Di dalam suatu lingkungan yang terbatas, misalnya sebuah teluk, *residence time* suatu unsur di dalam teluk tersebut juga ditentukan oleh keluar dan masuknya massa air dari dan ke dalam perairan teluk tersebut. Pemahaman tentang *residence time* dari suatu unsur kimia di dalam suatu lingkungan tertentu sangat penting bagi pengelolaan kondisi lingkungan tersebut.

Secara kimiawi, sifat reaktifitas unsur dapat ditentukan dari potensial ionik (*ionic potential*). Sifat ini didefinisikan sebagai perbandingan antara muatan ion terhadap radius ion. Unsur-unsur yang memiliki potensial ionik rendah, relatif tidak reaktif, dengan demikian cenderung untuk tetap berada di dalam larutan, dan waktu-tinggalnya relatif lama. Ion-ion unsur-unsur mayor masuk ke dalam kelompok ini. Unsur-unsur dengan potensial ionik tinggi bersifat reaktif, tetapi cenderung membentuk senyawa kompleks yang dapat larut (*soluble complex*). Dengan demikian, unsur-unsur itu cenderung untuk tetap di dalam larutan tetapi tersebar merata di dalam samudera karena rekasi kimia yang dialaminya di dalam air laut. Unsur-unsur *biolimiting* termasuk di dalam kelompok ini. Unsur-unsur dengan potensial ionik menengah bersifat reaktif, tetapi cenderung membentuk endapan yang tak dapat larut (*insoluble precipitates*), terutama endapan hidroksida dan oksida. Akibatnya, unsur-unsur ini secara cepat dikeluarkan dari samudera dan *residence time*-nya singkat. Logam-logam transisi termasuk dalam kelompok ini.

### 3. Gerakan Air Laut

#### 3.1. Pengantar

Air laut bersifat dinamis, selalu bergerak. Sifat dinamis air laut tersebut terutama

disebabkan oleh interaksi antara samudera dengan atmosfer, pengaruh gerak rotasi Bumi, pengaruh gaya gravitasi Bulan dan Matahari. Pada dasarnya gerakan air laut terjadi dalam bentuk: (1) gelombang, (2) pasang surut, dan (3) arus. Gelombang adalah gerakan air laut yang sangat menonjol dan menarik perhatian bila seseorang berdiri di tepi pantai. Di alam, fenomena gelombang muncul bila ada dua massa yang berbeda densitasnya berada pada posisi yang berdampingan dan berinteraksi, dimana yang satu bergerak terhadap yang lain. Oleh karena itu, fenomena gelombang tidak hanya terjadi di permukaan laut saja – interaksi antara udara dan air laut, tetapi juga terjadi di permukaan tanah – interaksi antara udara dengan pasir seperti di daerah gurun, atau di permukaan dasar laut atau pantai – interaksi antara dasar laut dengan air laut. Di permukaan laut, fenomena gelombang dapat terlihat sebagai gerakan air laut yang bergelora atau air laut yang menghempas ke pantai.

Pasang surut adalah gerakan air laut naik dan turun karena pengaruh gaya gravitasi dari Bulan dan Matahari. Air laut naik terjadi pada sisi Bumi yang menghadap ke arah Bulan dan sisi sebaliknya. Fenomena gerakan pasang surut baru dapat terlihat bila kita mengamati ketinggian muka laut di pantai selama antara 12 sampai 24 jam. Secara visual, gejala pasang naik terlihat dari bertambah dalamnya genangan dan bergesernya genangan oleh air laut ke arah daratan, sedang gejala surut terlihat dari berkurangnya kedalaman air dan bergesernya ke arah laut.

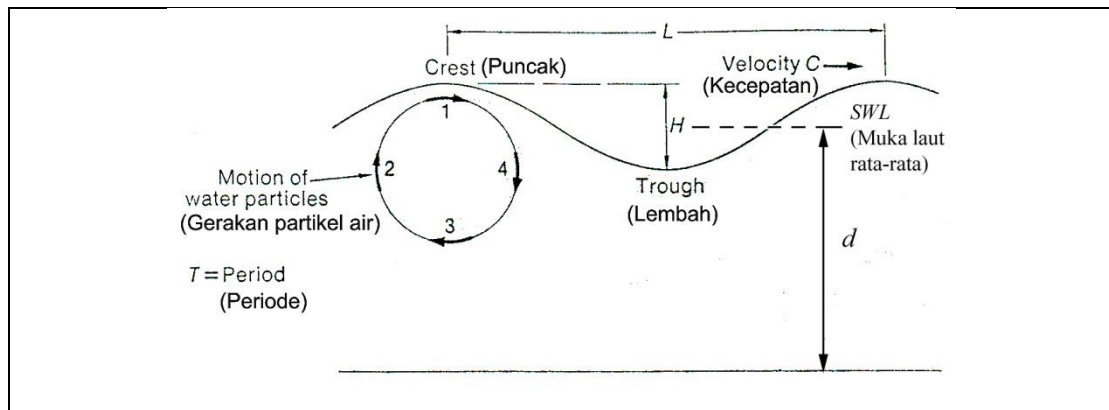
Arus laut adalah fenomena berpindahnya massa air laut dari satu tempat ke tempat lain, yang terjadi antara lain terutama karena interaksi antara lautan dengan udara di atasnya maupun karena pengaruh gerak rotasi Bumi. Fenomena ini dapat terjadi dalam skala kecil di perairan pantai atau selat-selat, maupun skala besar seperti arus-arus yang terjadi di samudera-samudera yang membentuk pola sirkulasi massa air global.

## **3.2. Gelombang**

### **3.2.1. Teori Gelombang**

#### **3.2.1.1. Beberapa Definisi Gelombang**

Gelombang bergerak secara periodik, yaitu bergerak berulang-ulang pada suatu periode waktu tertentu. Sifat-sifat gelombang dapat diterangkan dengan bentuk gelombang sederhana untuk menggambarkan panjang gelombang, tinggi gelombang, dan periode gelombang (Gambar 1).



Gambar 1. Gambar gelombang yang disederhanakan yang menunjukkan berbagai parameter gelombang dan gerakan partikel air di dalam suatu bentuk gelombang. Lingkaran menunjukkan gerakan partikel air yang diperbesar. Dikutip dari Ross (1977) dengan modifikasi.

Perioda gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh puncak (atau lembah) gelombang yang berurutan untuk melalui titik tetap tertentu. Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal di antara dua puncak (atau lembah) gelombang yang berurutan. Tinggi gelombang (H) adalah jarak vertikal dari dasar lembah sampai puncak gelombang. Kedalaman air (d) adalah jarak vertikal antara muka laut rata-rata sampai dasar laut.

### 3.2.1.2. Perambatan gelombang

Kecepatan merambat gelombang (C) adalah:

$$C = \frac{L}{T} \dots\dots\dots (1)$$

Bila gelombang merambat di perairan dangkal, maka factor kedalaman air adalah parameter penting yang mempengaruhi gerakan gelombang.

**Berdasarkan kedalaman relatif**, yaitu perbandingan antara kedalaman air d dan panjang gelombang L, perairan dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelas (Triatmodjo, 1999), yaitu:

- 1) Perairan dalam (*deep water*), bila  $d/L > 1/2$ .

- 2) Perairan kedalaman menengah (*intermediate water*), bila  $1/2 > d/L > 1/20$ .
- 3) Perairan dangkal (*shallow water*), bila  $d/L < 1/20$ .

Di perairan dalam, yaitu bila rasio  $d/L > 1/2$ :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \dots\dots\dots(4)$$

Bila kita bekerja dengan unit SI, maka kita bisa menukan  $g = 9,81$  m/dt<sup>2</sup> dan  $\pi = 3,14$ , sehingga:

$$L = 1,56T^2 \dots\dots\dots(5)$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa panjang gelombang di perairan dalam hanya ditentukan oleh perioda gelombang. Dengan kata lain, di perairan dalam panjang gelombang dapat diketahui hanya dengan mengukur perioda gelombang.

Selanjutnya, bila persamaan (1) dan persamaan (4) dikombinasikan, maka kita dapat dengan mudah mendapatkan kecepatan gelombang:

$$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan (6) ini memperlihatkan bahwa **di laut dalam**, gelombang dengan perioda yang panjang merambat lebih cepat dari pada gelombang dengan perioda yang pendek.

Untuk perairan dangkal, dimana  $d/L < 1/20$ :

$$L = T\sqrt{gd} \dots\dots\dots(8)$$

Karena  $C=L/T$ , maka:

$$C = \sqrt{gd} \dots\dots\dots(9)$$

Dari persamaan (9) terlihat bahwa, di lingkungan perairan dangkal, bila perairan makin dangkal, maka kecepatan gelombang makin rendah. Demikian pula sebaliknya, bila perairan makin dalam maka kecepatan gelombang di perairan dangkal makin besar.

### 3.2.1.3. Energi dan kekuatan gelombang

Bila kita perhatikan gerakan gabus yang mengapung di laut ketika gelombang melintas, kita akan melihat bahwa gabus itu bergerak naik turun dan sementara itu juga bergerak maju dan mundur. Gerakan gabus tersebut sesungguhnya memperlihatkan gerakan melingkar (lihat Gambar 1) dengan diameter sama dengan tinggi gelombang  $H$  dan dengan periode  $T$ . Keadaan tersebut menunjukkan bahwa gelombang sesungguhnya adalah rambatan energi dan momentum melalui permukaan air. Air laut itu sendiri tidak bergerak atau berpindah mengikuti rambatan gelombang.

Ketika gelombang merambat, permukaan air laut naik. Hal itu menunjukkan air memberi energi potensial kepada gelombang. Pada waktu yang sama, gerakan air laut yang melingkar (*orbital motion*) ketika gelombang lewat, memberikan energi kinetik. Dengan demikian, energi gelombang adalah energi total yang merupakan gabungan energi potensial ( $E_p$ ) dan energi kinetik ( $E_k$ ). Sehingga:

$$E = E_p + E_k$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \dots\dots\dots (10)$$

dimana:

|                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| $E$ = energi<br>gelombang     | $g$ = percepatan gravitasi |
| $\rho$ = densitas<br>air laut | $H$ = tinggi gelombang     |

Dari persamaan (10) terlihat bahwa energi gelombang sangat



ditentukan oleh tinggi gelombang.

Kekuatan gelombang (*wave power*) atau “*energy flux*” adalah banyaknya energi gelombang yang disalurkan pada arah rambatan gelombang. dan dinyatakan dengan persamaan:

$$P = ECn \dots\dots\dots(11)$$

dimana:

|                                                 |                         |
|-------------------------------------------------|-------------------------|
| P = kekuatan gelombang atau <i>wave power</i> . | C = kecepatan gelombang |
| E = energi gelombang                            | n = angka gelombang     |

Untuk **laut dalam**,  $n = \frac{1}{2}$ , dan untuk **perairan dangkal**,  $n = 1$ .

Untuk **perairan dangkal**, bila persamaan (11) dan (9) dikombinasikan maka akan diperoleh:

$$P = nE\sqrt{gd} \dots\dots\dots(11)$$

Persamaan ini memperlihatkan bahwa di perairan dangkal, makin bila kedalaman air bertambah maka kekuatan gelombang akan bertambah pula.

Untuk **perairan dalam**, bila persamaan (11) dan (6) dikombinasikan, maka akan tampak bahwa gelombang yang memiliki perioda yang panjang lebih kuat daripada gelombang yang memiliki perioda pendek.

#### **3.2.1.4. Perambatan gelombang laut dalam**

Gelombang di laut dalam hadir dalam bentuk kelompok gelombang dan terjadi karena tiupan angin.

Kecepatan merambat kelompok gelombang di laut dalam, dimana energi gelombang dan kelompok gelombang secara keseluruhan

merambat adalah:

$$C_g = \frac{1}{2}C = \frac{1}{2}\left(\frac{g.T}{2\pi}\right) \dots\dots\dots (13)$$

dimana:

$C_g$  = kecepatan  
kelompok  
gelombang

$g$  = percepatan  
gravitasi

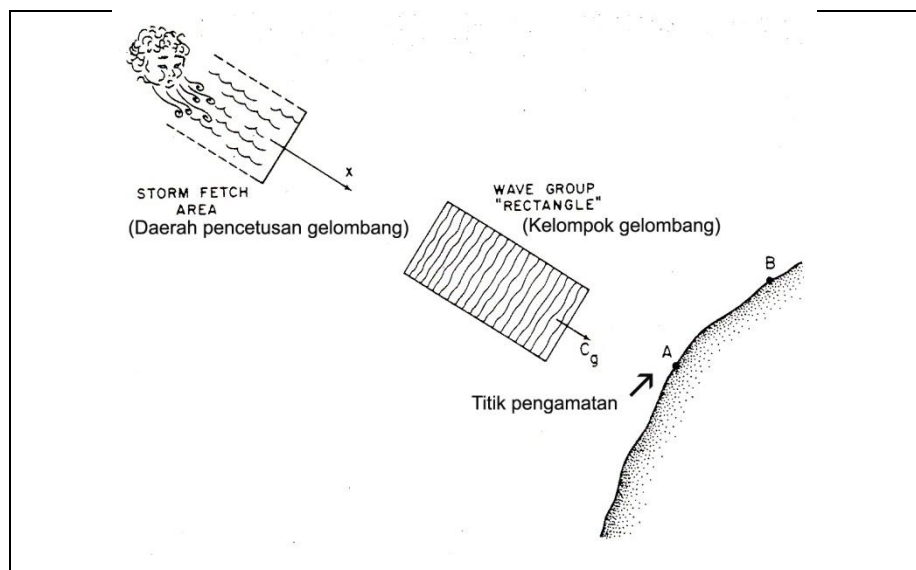
$C$  = kecepatan  
individu  
gelombang

$T$  = periode  
gelombang

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa kecepatan gelombang merambat tergantung pada periode, dimana gelombang dengan periode yang lebih panjang akan merambat lebih cepat dari pada gelombang dengan periode yang lebih pendek.

Bila gelombang dengan periode  $T$  tercetus di suatu tempat yang berjarak  $R$  dari suatu tempat, misalnya A (Gambar 2), maka waktu  $t_{ob}$  pertama kali gelombang sampai di titik A adalah:

$$t_{ob} = \frac{R}{C_g} = \frac{4\pi R}{g.T} \dots\dots\dots (14)$$



Gambar 2. Kelompok gelombang bergerak dari daerah sumber menuju ke lokasi pengamatan di titik A. Dikutip dari Komar (1976)

---

dengan modifikasi.

Selanjutnya,  $t_{ob}$  adalah waktu gelombang dengan perioda  $T$  pertama sampai, dan lama tiupan angin  $D$ , maka gelombang yang terakhir sampai di titik A adalah  $t_{ob} + D$ . Untuk “*fetch*” yang panjang, ada error yang perlu dikoreksi.

Bila gelombang melintasi samudera, setelah meninggalkan daerah pembentukannya, maka ia akan kehilangan energi selama dalam perjalanan. Hal itu dapat terjadi karena:

- 1) Peredaman internal oleh viskositas air,
- 2) Penyebaran gelombang ke arah yang lain karena variasi arah tiupan angin,
- 3) Angin yang bertiup berlawanan arah dengan arah rambatan gelombang, dan
- 4) Interaksi dengan gelombang-gelombang lain, baik dengan gelombang yang terjadi oleh tiupan angin yang sama, maupun dengan gelombang yang terjadi oleh tiupan angin yang lain.

Bila kita bekerja dengan unit SI, maka kita bisa menukan  $g = 9,81 \text{ m/dt}^2$  dan  $p = 3,14$ , sehingga:

$$L = 1,56T^2 \dots\dots\dots (5)$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa panjang gelombang di perairan dalam hanya ditentukan oleh perioda gelombang. Dengan kata lain, di

perairan dalam panjang gelombang dapat diketahui hanya dengan mengukur perioda gelombang.

Selanjutnya, bila persamaan (1) dan persamaan (4) dikombinasikan, maka kita dapat dengan mudah mendapatkan kecepatan gelombang:

$$C = \frac{L}{T} = \frac{g \cdot T}{2\pi} \dots\dots\dots (6)$$

Persamaan (6) ini memperlihatkan bahwa **di laut dalam**, gelombang dengan perioda yang panjang merambat lebih cepat dari pada gelombang dengan perioda yang pendek.

Untuk **perairan dangkal**, dimana  $d/L < 1/20$ :

$$L = T \sqrt{gd} \dots\dots\dots (8)$$

Karena  $C=L/T$ , maka:

$$C = \sqrt{gd} \dots\dots\dots (9)$$

Dari persamaan (9) terlihat bahwa, **di lingkungan perairan dangkal**, bila perairan makin dangkal, maka kecepatan gelombang makin rendah. Demikian pula sebaliknya, bila perairan makin dalam maka kecepatan gelombang di perairan dangkal makin besar.

### 3.2.1.5. Energi dan kekuatan gelombang

Bila kita perhatikan gerakan gabus yang mengapung di laut ketika gelombang melintas, kita akan melihat bahwa gabus itu bergerak naik turun dan sementara itu juga bergerak maju dan mundur. Gerakan gabus tersebut sesungguhnya memperlihatkan gerakan melingkar (lihat Gambar 1) dengan diameter sama dengan tinggi gelombang  $H$  dan dengan periode  $T$ . Keadaan tersebut menunjukkan bahwa gelombang sesungguhnya adalah rambatan energi dan momentum melalui permukaan air. Air laut itu sendiri tidak bergerak atau berpindah mengikuti rambatan gelombang.

Ketika gelombang merambat, permukaan air laut naik. Hal itu menunjukkan air memberi energi potensial kepada gelombang. Pada waktu yang sama, gerakan air laut yang melingkar (*orbital motion*) ketika gelombang lewat, memberikan energi kinetik. Dengan demikian, energi gelombang adalah energi total yang merupakan gabungan energi potensial ( $E_p$ ) dan energi kinetik ( $E_k$ ). Sehingga:

$$E = E_p + E_k$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \dots\dots\dots (10)$$

dimana:

$E$  = energi gelombang

$g$  = percepatan gravitasi

$\rho$  = densitas air laut

$H$  = tinggi gelombang

Dari persamaan (10) terlihat bahwa energi gelombang sangat ditentukan oleh tinggi gelombang.

Kekuatan gelombang (*wave power*) atau "*energy flux*" adalah banyaknya energi gelombang yang disalurkan pada arah rambatan gelombang. dan dinyatakan dengan persamaan:

$$P = ECn \dots\dots\dots (11)$$

dimana:

$P$  = kekuatan gelombang atau *wave power*.

$C$  = kecepatan gelombang

$E$  = energi gelombang

$n$  = angka gelombang

Untuk **laut dalam**,  $n = \frac{1}{2}$ , dan untuk **perairan dangkal**,  $n = 1$ .

Untuk **perairan dangkal**, bila persamaan (11) dan (9) dikombinasikan maka akan diperoleh:

$$P = nE\sqrt{gd} \dots\dots\dots(11)$$

Persamaan ini memperlihatkan bahwa di perairan dangkal, makin bila kedalaman air bertambah maka kekuatan gelombang akan bertambah pula.

Untuk **perairan dalam**, bila persamaan (11) dan (6) dikombinasikan, maka akan tampak bahwa gelombang yang memiliki perioda yang panjang lebih kuat daripada gelombang yang memiliki perioda pendek.

#### 4.2.1.4. Perambatan gelombang laut dalam

Gelombang di laut dalam hadir dalam bentuk kelompok gelombang dan terjadi karena tiupan angin.

Kecepatan merambat kelompok gelombang di laut dalam, dimana energi gelombang dan kelompok gelombang secara keseluruhan merambat adalah:

$$C_g = \frac{1}{2}C = \frac{1}{2}\left(\frac{g.T}{2\pi}\right) \dots\dots\dots(13)$$

dimana:

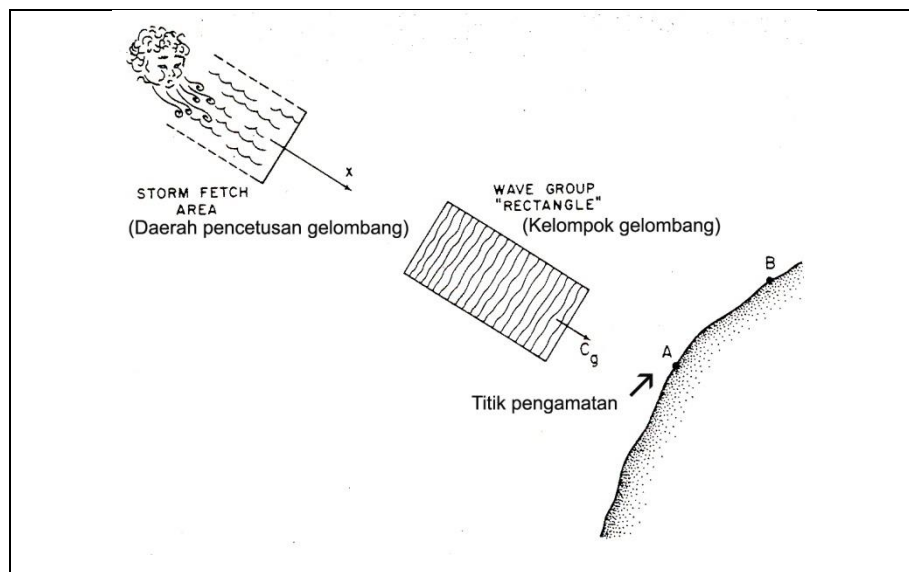
$C_g$  = kecepatan kelompok gelombang       $g$  = percepatan gravitasi

$C$  = kecepatan individu gelombang       $T$  = periode gelombang

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa kecepatan gelombang merambat tergantung pada periode, dimana gelombang dengan periode yang lebih panjang akan merambat lebih cepat dari pada gelombang dengan periode yang lebih pendek.

Bila gelombang dengan periode  $T$  terciptakan di suatu tempat yang berjarak  $R$  dari suatu tempat, misalnya A (Gambar 2), maka waktu  $t_{ob}$  pertama kali gelombang sampai di titik A adalah:

$$t_{ob} = \frac{R}{C_g} = \frac{4\pi R}{g.T} \dots\dots\dots (14)$$



Gambar 2. Kelompok gelombang bergerak dari daerah sumber menuju ke lokasi pengamatan di titik A. Dikutip dari Komar (1976) dengan modifikasi.

Selanjutnya,  $t_{ob}$  adalah waktu gelombang dengan periode  $T$  pertama sampai, dan lama tiupan angin  $D$ , maka gelombang yang terakhir sampai di titik A adalah  $t_{ob} + D$ . Untuk “*fetch*” yang panjang, ada error yang perlu dikoreksi.



Bila gelombang melintasi samudera, setelah meninggalkan daerah pembentukannya, maka ia akan kehilangan energi selama dalam perjalanan. Hal itu dapat terjadi karena:

- 5) Peredaman internal oleh viskositas air,
- 6) Penyebaran gelombang ke arah yang lain karena variasi arah tiupan angin,
- 7) Angin yang bertiup berlawanan arah dengan arah rambatan gelombang, dan
- 8) Interaksi dengan gelombang-gelombang lain, baik dengan gelombang yang terjadi oleh tiupan angin yang sama, maupun dengan gelombang yang terjadi oleh tiupan angin yang lain.

SOAL

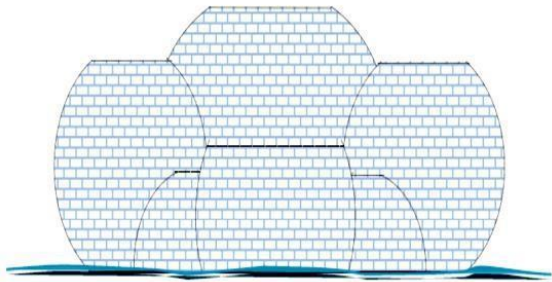
1. Berikut ini adalah ion yang turut berperan pada kadar garam pada air laut, kecuali ..
  - a.  $\text{Cl}^-$
  - b.  $\text{Na}^+$
  - c.  $\text{SO}_4^{2-}$
  - d.  $\text{Sr}^{2+}$
  - e. CO
2. Gelombang *tsunami* tidak dirasakan oleh penumpang kapal yang berada di tengah lautan, karena:
  - a. Panjang gelombang besar dan amplitudo gelombang kecil
  - b. Gelombang tsunami hanya terbentuk di dekat pantai
  - c. Getaran gempa bumi penyebab tsunami tidak dapat merambat melalui air
  - d. Gelombang akibat tiupan angin lebih dominan
  - e. Gerak kapal yang mengikuti gerak gelombang
3. Berdasarkan kondisi tektonik posisinya Pulau Nias tepat terdapat di daerah subduksi, maka akibat adanya subduksi tersebut akan terdapat kondisi perairan laut yang sempit tetapi sangat dalam yang dinamakan...
  - a. Danau laut
  - b. Palung (*Trench*)
  - c. *Sea mount*
  - d. Guyot
  - e. *Table mount*



4. Berdasarkan gambar di atas, gelombang pecah tersebut terjadi pada daerah dengan ciri-ciri sebagai berikut
  - a. Gelombang pada kondisi perairan laut dalam dengan kondisi kecepatan angin besar.
  - b. Gelombang pada kondisi perairan laut dangkal dengan kondisi kecepatan angin kecil

- c. Gelombang pada kondisi perairan laut dalam dengan periode gelombang yang relatif panjang
  - d. Gelombang pada kondisi perairan laut dangkal dengan tinggi gelombang besar
  - e. Gelombang pada kondisi perairan laut dalam dengan tinggi gelombang yang relatif kecil
5. Suhu air laut bervariasi sesuai dengan kedalaman lautnya, pernyataan di bawah ini yang paling benar adalah
- a. Di permukaan air laut suhu air laut pada dasarnya tidak terlalu panas, akan tetapi semakin dalam suhunya semakin panas, sehingga tidak terbentuk termoklin
  - b. Di permukaan air laut suhu air laut tidak terlalu dingin tetapi semakin ke arah dalam semakin dingin, sehingga terbentuk termoklin
  - c. Di permukaan air laut suhu air laut panas sedang, sedangkan semakin ke arah dalam semakin dingin, sehingga tidak terbentuk termoklin
  - d. Di permukaan air laut suhu air laut lebih panas dibandingkan dengan suhu air di air laut yang semakin dalam, sehingga terbentuk lapisan termoklin
  - e. Di permukaan air laut suhu air laut dingin sedang, sedangkan semakin ke arah dalam semakin panas, sehingga terbentuk termoklin.
6. Salinitas air laut akan maksimum di daerah:
- a. Kutub utara
  - b. Kutub selatan
  - c. Equator ( $0^\circ$ )
  - d. Subtropis (sekitar  $25^\circ$  LU dan  $25^\circ$  LS)
  - e. Subpolar (sekitar  $75^\circ$  LU dan  $75^\circ$  LS)
7. Sedimen pelagik umumnya ditemukan terendapkan di samudera bagian:
- a. dataran abisal
  - b. pematang tengah samudera
  - c. pesisir
  - d. barrier reef
  - e. guyot
8. Gelombang perairan dalam dapat terjadi apabila
- a. kedalaman dasar laut lebih kecil dari kedalaman gerak orbital partikel air
  - b. kedalaman dasar laut lebih dari setengah panjang gelombang
  - c. gerak orbital partikel air dapat menyentuh dasar laut
  - d. kedalaman dasar laut lebih dari seperduapuluh panjang gelombang
  - e. panjang gelombang selalu sama dengan kedalaman dasar laut
9. Faktor yang menyebabkan suatu daerah terkena gelombang tsunami adalah...
- a. Kondisi kemiringan pantai terjal dan daratan tinggi serta gelombang tinggi
  - b. Kondisi kemiringan pantai landai dan daratan rendah serta gelombang rendah
  - c. Kondisi gelombang tinggi kemiringan pantai tinggi dan daratan rendah
  - d. Kondisi gelombang tinggi kemiringan pantai terjal dan daratan tinggi

- e. Kondisi gelombang tinggi dan kemiringan pantai landai serta daratan rendah
10. Berikut ini yang tidak termasuk unsur jejak (trace elements) penyusun air laut adalah...
  - a. Fosfor
  - b. Nitrogen
  - c. Litium
  - d. Fluor
  - e. Rubidium
11. Profil salinitas dan temperatur terhadap kedalaman akan maksimum pada daerah..
  - a. Tropis
  - b. Atlantic
  - c. Pasific
  - d. Arctic
  - e. Kutub
12. Yang termasuk faktor memanasnya samudra diantaranya, kecuali..
  - a. Radiasi sinar matahari
  - b. Kondensasi uap air
  - c. Konduksi panas dari atmosfer
  - d. Evaporasi
  - e. Pemanasan matahari
13. Lapisan di laut dimana salinitas meningkat secara derastis terhadap kedalaman dinamakan...
  - a. Haloklin
  - b. Termoklin
  - c. Pknoklin
  - d. Monoklin
  - e. Saliklin
14. Pada gambaran grafis di bagian bawah terdapat mikro atoll yang sudah muncul ke permukaan. Apabila diperhatikan, sudah terjadi pengangkatan sebanyak:



- a. 3 kali
- b. 4 kali
- c. 5 kali

- d. 6 kali
  - e. 2 kali
15. Zona di laut dalam dimana karbonat larut dalam air disebut..
- a. CCD (Carbonate Compensation Depth)
  - b. CCD (Carbon Compensation Depth)
  - c. CCD (Carbonate Concentration Depth)
  - d. CCD (Carbon Concentration Depth)
  - e. CCD (Carbonate Carbon Depth)
16. Dibawah ini adalah organisme nekton yang hidup di laut, kecuali ...
- a. Fitoplankton
  - b. Udang
  - c. Cumi-cumi
  - d. Kuda laut
  - e. Paus
17. Di bawah ini adalah pernyataan yang salah, yaitu ...
- a. Semakin besar tingkat penguapan air laut maka semakin tinggi kadar garamnya
  - b. Semakin rendah kadar air tawar yang mengalir ke dalam laut, maka akan semakin tinggi kadar garamnya
  - c. Semakin tinggi kadar hujan maka akan semakin besar kadar garamnya
  - d. Semakin tinggi tingkat pencairan es maka kadar garamnya semakin rendah
  - e. Kadar garam air laut seringkali tidak merata, arus laut dapat meratakan kadar garam pada air laut
18. Berikut ini adalah yang mempengaruhi warna air laut adalah ...
- a. Salinitas garam
  - b. Jenis endapan
  - c. Gelombang
  - d. Luas laut
  - e. Cuaca
19. Organisme bawah laut yang bagian tubuhnya tersusun oleh silika, adalah ...
- a. Foraminifera
  - b. *Globigerina*
  - c. Ballanus
  - d. Ostrakoda
  - e. Radiolaria
20. Morfologi dasar laut yang terbentuk akibat adanya sedimentasi dari daratan yang melalui celah bawah laut adalah...
- a. *Mid ocean ridge*
  - b. *Trench*
  - c. Gunung api bawah laut

- d. *Deep-see fan*
  - e. *Submarine canyon*
21. Studi mengenai bentukan kontur bentukan dasar laut disebut dengan istilah ...
- a. Oseanografi
  - b. Batimetri
  - c. Geomorfologi bawah laut
  - d. Geografi
  - e. Oseanologi
22. Laut dapat berwarna coklat, coklat muda, coklat kekuningan, atau biru kecoklatan, bila
- a. banyak muatan suspense di dalam air laut
  - b. terjadi pemantulan spektrum warna coklat
  - c. laut tertutup bayangan awan
  - d. organism pada zona tersebut sangat banyak
  - e. temperature pada zona tersebut lebih rendah
23. Fenomena gelombang stasioner, yaitu gelombang yang tidak memperlihatkan gerakan maju dari bentuk gelombang yang terjadi disebut sebagai
- a. Seiche
  - b. Tsunami
  - c. Difraksi
  - d. gelombang internal
  - e. fetch
24. Cepat rambat gelombang perairan dalam dengan periode 6 sekon dan kedalaman 16 meter adalah...(g = 9,8 m/s<sup>2</sup>)
- a. 3,8 m/s
  - b. 4,2 m/s
  - c. 5,3 m/s
  - d. 6,2 m/s
  - e. 9,3 m/s
25. Unsur kalsium termasuk dalam unsur terlarut dalam air laut yaitu unsur..
- a. Mayor
  - b. Minor
  - c. Mega
  - d. Jejak
  - e. Utama
26. Morfologi laut yang berasosiasi dengan pembentukan Atoll adalah...
- a. Seamount
  - b. Ocean basin
  - c. Island arc
  - d. Guyot
  - e. Palung

27. Warna di laut biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut ini, kecuali...
- Pantulan warna langit
  - Banyaknya vegetasi
  - Blooming algae
  - Cuaca
  - Ada tidaknya organisme
28. Bagian dari benua yang dicirikan dengan kelerengannya yang landai adalah..
- Continental shelf
  - Continental slope
  - Continental rise
  - Ocean basin
  - Seamount
29. Organisme yang hidupnya di dasar laut dan menambat pada suatu substrat pada dasar laut disebut dengan..
- Nekton
  - Neuston
  - Plankton
  - Bentos sesil
  - Bentos vagile
30. Gas terlarut yang bisa menjadi racun bagi organisme adalah..
- CO<sub>2</sub>
  - H<sub>2</sub>O
  - H<sub>2</sub>S
  - H<sub>2</sub>
  - CO



## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## MATERI

### 1. Lingkungan Laut

#### 1.1. Pendahuluan

Kehidupan di lingkungan laut sangat bervariasi. Tumbuhan dan hewan hadir dalam berbagai ukuran, bentuk, warna, dan cara hidup. Berbagai kelompok hewan dan tumbuhan tampak hadir dalam jumlah yang berbeda-beda, baik dalam hal jumlah jenis atau spesiesnya, jumlah individu, maupun luas areal penyebarannya.

Penelitian dasar oleh ilmuwan tentang biologi laut ditekankan pada bagaimana hewan dan tumbuhan berinteraksi satu sama lain dan lingkungan tempat hidupnya. Pengetahuan tentang lingkungan ini meliputi pengetahuan detail tentang sifat kimia air laut yang penting bagi kehidupan di laut, dan pemahaman tentang proses-proses biologi yang mendasar. Sementara itu, penelitian terapan difokuskan terutama pada efek dan bagaimana mendeteksi polusi yang terjadi di laut, dan bagaimana meningkatkan produksi makanan dari laut serta obat-obatan (Ross, 1977).

Di dalam bab ini uraian akan difokuskan pada laut sebagai lingkungan yang mendukung kehidupan di laut. Adapun hal tentang tumbuhan dan hewan di laut, polusi dan sumberdaya hayati laut akan diuraikan di dalam bab-bab mendatang.

#### 1.2. Laut Sebagai Lingkungan Biologis

Organisme laut secara terus menerus berhubungan langsung dengan air laut. Dengan demikian, kondisi fisika dan kimia air laut akan dengan cepat mengenai organisme itu. Suatu hal yang menguntungkan adalah karakter fisika dan kimia air laut cenderung relatif stabil, dan organisme laut tidak dihadapkan pada perubahan kondisi lingkungan yang mendadak sebagaimana dialami oleh organisme yang hidup di darat. Organisme laut dipengaruhi secara langsung oleh sifat kimia laut, karena organisme laut itu mendapatkan berbagai unsur kimia untuk proses kehidupannya dari air laut. Berikut ini diuraikan beberapa sifat fisika dan kimia air laut yang penting bagi kehidupan laut.

##### 1.2.1. Sifat-sifat Air Laut Yang Penting Secara Biologis

Beberapa sifat air laut yang penting bagi kehidupan tumbuhan dan hewan di laut adalah sebagai berikut:

- 1). **Kemampuan melarutkan** (sebagai pelarut). Air laut dapat melarutkan dan membawa banyak material untuk memenuhi kebutuhan berbagai mineral dan gas yang dibutuhkan bagi kehidupan organisme laut.
- 2). **Densitas** (pendukung kehidupan). Air laut itu sendiri memberikan dukungan bagi banyak organisme, dan sampai pada tingkat tertentu menghilangkan kebutuhan akan struktur rangka tubuh. Sebagai contoh: ubur-ubur dan berbagai hewan kecil dapat mengapung di laut, dan laut dapat mendukung kehidupan ikan paus yang sangat besar.

- 3). **Sebagai larutan penyangga (buffer).** Sifat ini membuat air laut tetap netral dan melawan perubahan untuk menjadi lebih asam ataupun lebih basa atau alkalin. Air laut bersifat sedikit alkalin dengan pH 7,5 – 8,4. Sifat alkalin ini diperlukan oleh organisme untuk membentuk cangkang dari kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Bila air laut bersifat asam, maka karbonat akan larut. Keuntungan lain adalah, dalam kondisi buffer, karbon dalam bentuk  $\text{CO}_2$  dapat hadir dalam jumlah besar di dalam air laut dengan tidak merubah pH. Karbon diperlukan oleh tumbuhan untuk memproduksi material organik.
- 4). **Transparansi.** Air laut yang transparan membuat sinar dapat menembus air laut sampai kedalaman yang besar. Sinar dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Dengan demikian, proses fotosintesis tidak hanya terjadi pada kedalaman beberapa meter dari permukaan laut, melainkan dapat mencapai kedalaman sampai 200 meter, tergantung pada tingkat kejernihan air.
- 5). **Kapasitas panas dan panas laten penguapan yang tinggi.** Kedua sifat ini mencegah terjadinya perubahan temperatur air laut yang cepat, yang membahayakan kehidupan laut.
- 6). **Mengandung banyak unsur kimia.** Unsur kimia yang ada di dalam air laut sangat penting bagi kehidupan organisme laut. Rasio beberapa unsur itu di dalam air laut sama dengan yang dikandung oleh cairan tubuh dari sebagian besar organisme laut. Kesamaan antara medium luar (air laut) dan medium dalam (cairan tubuh) sangat penting bagi proses osmosis. Organisme laut harus melawan tekanan osmosis untuk mempertahankan komposisi cairan dalam tubuhnya. Di lingkungan laut, ada kesamaan antara cairan tubuh dengan medium luar, sehingga hanya sedikit tekanan osmosis yang terjadi. Keadaan ini berarti hanya sedikit energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan cairan tubuh, dan banyak energi yang dapat dipakai untuk pertumbuhan.

### 1.2.2. Karakter Umum Samudera Sebagai Lingkungan Biologis

Beberapa kondisi parameter lingkungan air laut yang mempengaruhi kehidupan organisme laut adalah:

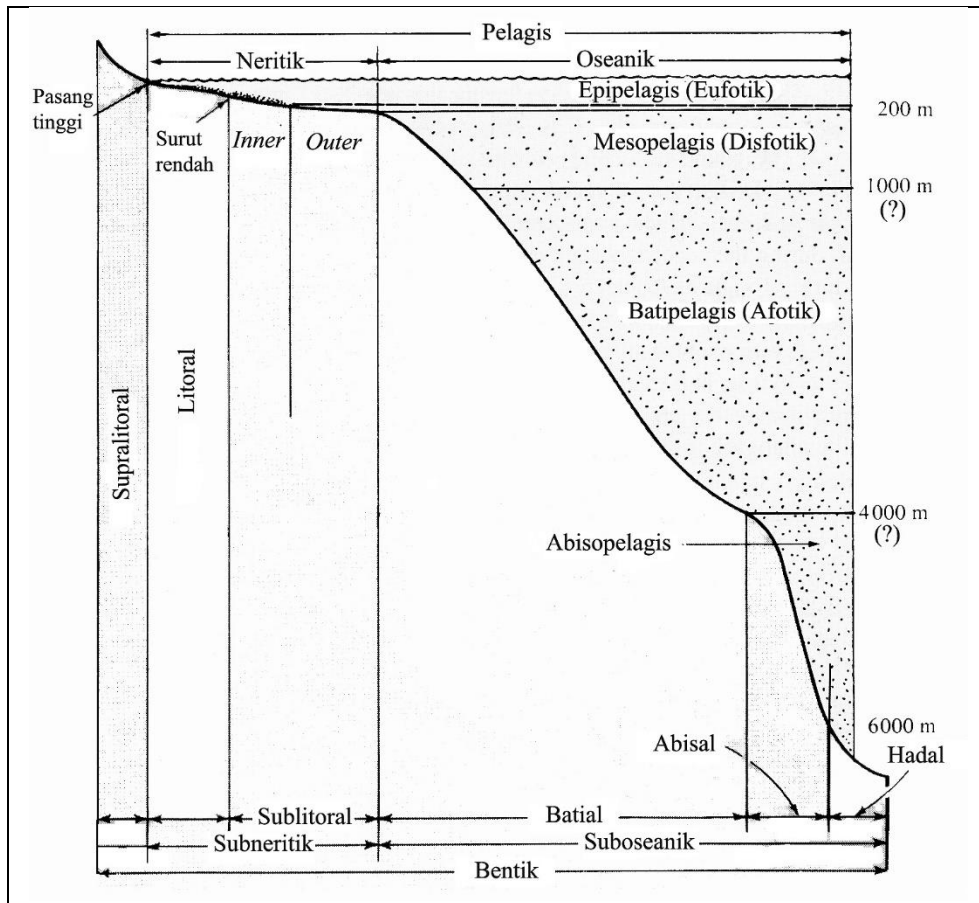
- 1). **Temperatur** – berkisar dari  $-2^\circ\text{C}$  sampai  $40^\circ\text{C}$ . Di samudera, banyak kawasan yang sangat luas memiliki kisaran temperatur yang seragam.
- 2). **Salinitas** – berkisar dari mendekati nol di estuari dan dekat pantai sampai sekitar 4‰ di Laut Merah. Meskipun demikian, di permukaan samudera terbuka, salinitas air laut sangat konstan berkisar antara 3,3 – 3,7‰. Di air yang lebih dalam, salinitas lebih seragam dengan kisaran normal 3,46 – 3,5‰.
- 3). **Kedalaman laut** – berkisar dari nol meter sampai mencapai ribuan meter meter di palung atau cekungan samudera.
- 4). **Tekanan** – berkisar dari 1 atm di permukaan laut sampai lebih dari 1000 atm di perairan yang sangat dalam. Dari permukaan, tekanan air laut bertambah 1 atm untuk setiap turun 10 meter kedalaman.

- 5). **Penetrasi cahaya** – dapat mencapai 1000 meter.
- 6). **Oksigen terlarut** – berkisar dari lingkungan yang aerob sampai anaerob.
- 7). **Sirkulasi**. Sirkulasi air laut sangat penting secara biologis, antara lain karena:
  - (1) membawa oksigen dari permukaan laut ke bagian-bagian laut yang dalam,
  - (2) membawa nutrisi dari air yang dalam ke permukaan laut, sehingga dapat dipergunakan oleh tumbuhan, dan (3) sebagai mekanisme penyebaran bahan buangan (*waste products*), telur-telur, larva-larva atau individu dewasa dari berbagai kehidupan laut.

Semua parameter-parameter lingkungan itu membuat di laut terdapat berbagai variasi kondisi lingkungan hidup organisme, yang di setiap lingkungan itu dihuni oleh organisme yang spesifik. Berikut ini akan diuraikan tentang pembagian dari lingkungan laut dan karakter umumnya.

### 1.3. Klasifikasi Lingkungan Laut

Berdasarkan pada dua komponen utamanya, yaitu bumi sebagai wadah dan massa air sebagai sesuatu yang diwadahi, lingkungan laut dapat dibedakan menjadi dua lingkungan utama, yaitu: (1) lingkungan **bentik** (*benthic*), yang mengacu kepada dasar samudera atau dasar laut, dan (2) lingkungan **pelagis** (*pelagic*), yang mengacu kepada massa air laut. Kedua kelompok utama lingkungan laut itu meliputi dasar laut dan perairan dengan kisaran kedalaman yang sangat besar, mulai dari nol meter di tepi laut sampai kedalaman ribuan meter di daerah palung. Oleh karena itu, kedua lingkungan itu dibedakan lagi menjadi beberapa zona lingkungan berdasarkan beberapa parameter lingkungan laut. Beberapa penulis – seperti Hedgpeth, 1957 *vide* Nybakken, 1993, Ross, 1977, Ingmanson dan Wallace, 1985, dan Webber dan Thurman, 1991, telah membagi-bagi lingkungan laut menjadi berapa zona. Dasar yang dipakai untuk menentukan batas-batas dari setiap zona lingkungan itu adalah salinitas, kedalaman air, kedalaman penetrasi cahaya, dan temperatur air. Kriteria yang paling umum dipakai adalah kedalaman air. Beberapa skema zonasi pernah diajukan dan direview oleh Menzies *et al.* (1973 *vide* Nybakken, 1991). Tidak skema zonasi tunggal yang diterima secara universal. Sebab utamanya adalah karena kurangnya informasi tentang ekologi. Zonasi lingkungan laut yang dipakai disini adalah seperti pada Gambar 5.1, dan Tabel 5.1.



Gambar 5.1. Zonasi lingkungan laut. Dikutip dari Webber dan Thorman (1991) dengan modifikasi.

Tabel 5.1.A. Zonasi lingkungan laut dangkal.

| Cahaya  | Zona Pelagis | Kisaran Kedalaman (m) | Zona Bentik  | Kisaran Kedalaman (m)                                   |
|---------|--------------|-----------------------|--------------|---------------------------------------------------------|
|         |              |                       | Supralitoral | Di atas pasang tinggi                                   |
|         |              |                       | Litoral      | Pasang tinggi – surut rendah                            |
| Eufotik | Neritik      | 0 - 200               | Sublitoral   | Inner<br>Surut rendah (0) - 50<br>Outer<br>50 (?) - 200 |

Sumber: Kompilasi dari Ross (1977), Ingmanson dan Wallace (1985), dan Webber dan Thurman (1991).

Tabel 5.1. B. Zonasi lingkungan laut dalam.

| Cahaya        | Zona Pelagis | Kisaran Kedalaman (m) | Zona Bentik | Kisaran kedalaman (m) |
|---------------|--------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| Eufotik (99%) | Epipelagis   | 0 – 200               | Sublitoral  | 0 – 200               |
| Disfotik (1%) | Mesopelagis  | 200 – 1000 (?)        | Batial      | 200 – 4000 (?)        |
| Afotik (0%)   | Batipelagis  | 1000 (?) – 4000 (?)   |             |                       |
|               | Abisopelagis | 4000 (?) - 6000       | Abisal      | 4000 (?) – 6000       |
|               | Hadalpelagis | > 6000                | Hadal       | > 6000                |

Catatan: (?) = batas tidak tentu.

Sumber: Hedgpeth (1957 *vide* Nybakken, 1993) dengan modifikasi.

Berdasarkan pada posisinya terhadap konfigurasi benua dan samudera, **lingkungan pelagis** dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: (1) lingkungan **neritik** (*neritic*) atau sistem neritik, yaitu yang mengacu kepada air laut dangkal yang menutupi paparan benua; kedalamannya mencapai 200 meter, dan (2) lingkungan **oseanik** (*oceanic*) atau sistem oseanik, yaitu yang mengacu kepada air laut dalam yang menutupi lereng benua sampai cekungan samudera; kedalamannya lebih dari 200 meter.

**Lingkungan oseanik** dibedakan menjadi lima zona lingkungan, yaitu: (1) **epipelagis** (*epipelagic*) – dari permukaan laut sampai kedalaman 200 meter, (2) **mesopelagis** (*mesopelagic*) – dari 200 sampai 700-1000 meter, (3) **batipelagis** (*bathypelagic*) – dari 700-1000 sampai 2000-4000 meter, (4) **abisalpelagis** (*abyssalpelagic*) – dari 2000-4000 sampai 6000 meter, dan **hadalpelagis** (*hadalpelagic*) – kedalaman lebih dari 6000 meter. Sementara itu, berdasarkan pada **penetrasi sinar matahari**, lingkungan pelagis dapat dibedakan menjadi tiga zona, yaitu:

- a. **eufotik** (*euphotic*) – mulai dari permukaan laut sampai batas kedalaman dimana 99% sinar matahari diserap; mencakup kedalaman sampai 200 meter atau sebanding dengan zona neritik atau epipelagis.
- b. **disfotik** (*dysphotic*) – dari batas bawah zona euphotik sampai kegelapan total; kedalaman dari 200 – 1000 meter atau sebanding dengan zona mesopelagis,
- c. **afotik** (*aphotic*) – zona tidak ada sama sekali cahaya yang menembus; mencakup zona batipelagis, abisal pelagis, dan hadal. Kedalaman 1000 meter yang menjadi awal dari zona afotik adalah batas dari deep scattering layer (DSL), yaitu suatu zona penghamburan suara (sound scatter) di dalam jalur gelombang yang sempit. DSL bergerak naik ke permukaan di malam hari dan turun di siang hari. Fenomena DSL ini berkaitan dengan aktivitas hewan laut (Ingmanson dan Wallace, 1985). Hewan-hewan laut yang ada di dalam jalur itu berkisar dari hewan-hewan mikroskopis zooplankton sampai copepoda, udang, ikan dan cumi-cumi.

Sementara itu, **lingkungan bentik** – dengan dasar yang sama seperti pelagis, dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: (1) lingkungan **litoral** (*littoral*) atau sistem litoral, yaitu dasar laut yang berupa paparan benua; kedalaman mencapai 200 meter, dan (2) lingkungan **laut dalam** (*deep sea*) atau sistem laut dalam, yaitu dasar laut mulai dari lereng benua sampai cekungan samudera; kedalaman air lebih dari 200 meter.

Selanjutnya, berdasarkan pada kedalaman air, **lingkungan litoral** dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu: (1) **supralitoral** (*supralittoral*) – dasar laut di atas pasang tinggi, (2) **eulitoral** (*eulittoral*) – mulai dari dasar laut batas pasang tinggi sampai surut rendah, dan (3) **sublitoral** (*sublittoral*) – mulai dari dasar laut surut rendah sampai dengan kedalaman 200 meter. Pembagian ini umum diterima oleh ilmuwan. Webber dan Thurman (1991), lingkungan **sublitoral** dapat dibedakan menjadi dua, yaitu (1) **inner sublittoral** – kedalaman dari surut rendah (0 meter) sampai kedalaman 50 meter yang merupakan batas tumbuhan yang menempel dapat tumbuh dan berfotosintesis, dan



(2) **outer sublittoral** – kedalaman dari 50 meter sampai 200 meter. Ross (1977) menetapkan batas zona eulitoral ke arah laut sampai kedalaman 40 – 60 meter, yang merupakan batas tumbuhan yang menempel dapat tumbuh dan berfotosintesis. Batas dari Ross itu identik dengan batas sisi laut dari zona **inner sublittoral** dari Webber dan Thurman (1991). Sedang zona **sublittoral** dari Ross (1977) identik dengan zona **outer sublittoral** dari Webber dan Thurman (1991).

**Lingkungan laut dalam** – berdasarkan kedalaman air, dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu: (1) **batial** (*bathyal*) – kedalaman dari 200 sampai 2000-4000 meter, (2) **abisal** (*abyssal*) – kedalaman dari 2000-4000 sampai 6000 meter, dan (3) **hadal** (*hadal*) – kedalaman > 6000 meter.

Batas kedalaman pembagian zona lingkungan benthik **batial** dan **abisal**, bertepatan dengan batas kedalaman antara lingkungan pelagis **batipelagis** dan **abisalpelagis**. Lingkungan Menurut Ingmanson dan Wallace (1985), batas antara **batial** dan **abisal** ditentukan pada kedalaman 2000 meter dengan anggapan bahwa sebagian besar lantai samudera terletak di kedalaman dari 2000 sampai 6000 meter. Ross (1977) juga menempatkan batas antara **batial** dan **abisal** pada kedalaman 2000 meter, meskipun tanpa penjelasan. Di pihak lain, beberapa buku teks Biologi Laut menempatkan batas itu pada kedalaman 4000 meter (seperti Weber dan Thurman, 1991; McConnaughey, 1974). Sementara itu, Hedgpeth (1957 *vide* Nybakken, 1993), dengan mempertimbangkan parameter temperatur menempatkan batas antara **batipelagis** – **abisalpelagis** pada kisaran kedalaman dari 2000 sampai 4000 meter, yaitu bertepatan pada kedalaman dengan **temperatur 4°C**. Selain itu, ia juga menempatkan batas antara **mesopelagis** – **batipelagis** pada kisaran kedalaman dari 700 sampai 1000 meter, yaitu pada kedalaman dengan **temperatur 10°C**.

Berikut ini akan diberikan uraian lebih lanjut tentang karakteristik dari berbagai zona lingkungan laut tersebut di atas.

## 1.4. Karakteristik Lingkungan Laut

### 1.4.1. Lingkungan Benthik

#### 1.4.1.1. Lingkungan Supralittoral

Lingkungan supralittoral berada di atas pasang tinggi. Lingkungan ini lebih banyak tersingkap ke udara, dan hanya akan tergenang pada saat air laut mengalami pasang tertinggi. Sehari-harinya, lingkungan ini basah oleh air laut oleh cipratan air dari gelombang yang pecah di pantai atau bila terjadi badai.

Kondisi permukaan lingkungan ini sangat kasar. Organisme yang hidup di lingkungan ini hampir terus menerus tersingkap ke udara, dan hanya basah bila terjadi air laut pasang tertinggi, cipratan air dari gelombang yang pecah di pantai atau bila terjadi badai. Hewan yang hidup di lingkungan ini, sama di seluruh dunia.



#### 1.4.1.2. *Lingkungan Eulitoral*

Umum diterima bahwa lingkungan eulitoral, sering juga disebut **litoral**, meliputi daerah yang secara periodik tersingkap ke udara pada waktu laut surut (daerah pasang surut atau *intertidal*). Lebar daerah pasang surut (*intertidal*) tergantung pada kisaran tinggi pasang surut dan kemiringan lereng dasar laut. Hewan yang hidup di daerah ini adalah hewan yang sanggup bertahan terhadap pukulan gelombang. Ross (1977) menarik batas sisi laut lingkungan ini sampai daerah dengan kedalaman 40 sampai 60 meter. Batas sisi laut dari lingkungan ini adalah sampai kedalaman dimana sebagian besar tumbuhan yang menempel masih dapat tumbuh dan mendapatkan cukup cahaya untuk fotosintesis.

Hewan dan tumbuhan di kawasan ini sangat banyak dan bervariasi. Selain itu, kawasan ini juga sangat baik untuk mempelajari kondisi lingkungan biologi laut, karena kondisi lingkungan ini dapat diamati secara langsung dengan cara menyelam.

#### 1.4.1.3. *Lingkungan Sublitoral*

Lingkungan sublitoral mencakup daerah dengan kedalaman 200. Menurut Ross (1977) batas sisi laut lingkungan ini bahkan sampai 400 meter. Batas ini didasarkan pada kedalaman maksimum dimana algae (tumbuhan) dapat hidup,. Batas bawah lingkungan ini umumnya bertepatan dengan batas bawah zona eufotik. Selain itu batas sisi laut dari lingkungan ini bertepatan dengan tepi paparan benua.

Faktor lingkungan yang penting adalah cahaya dan temperatur. Selain itu, faktor lain yang kadang-kadang juga penting adalah kondisi geologi dasar perairan, gelombang, dan arus. Beberapa hal yang penting yang perlu dicatat dari lingkungan ini adalah bahwa di lingkungan ini terbentuk delta-delta, terumbu karang, atau alur-alur bawah laut (*submarine canyon*).

Pada rentangan dari lingkungan eulitoral sampai sublitoral, terdapat penurunan kehidupan tumbuhan dan peningkatan kehidupan hewan laut. Adanya berbagai jenis hewan yang bernilai ekonomis itu menyebabkan kawasan sublitoral yang sangat ekstensif dieksploitasi oleh para nelayan komersil.

#### 1.4.1.4. *Lingkungan Laut Dalam*

Lingkungan laut dalam yang meliputi lingkungan batial, abisal, dan hadal, kosong dari kehidupan tingkat tinggi, tetapi bakteri dapat hidup di lingkungan yang dalam ini.

Kondisi oseanografi di lingkungan laut dalam ini seragam. Temperatur turun perlahan sesuai dengan kedalaman, salinitas relatif konstan, dan tekanan meningkat 1 atm setiap turun dengan kedalaman 10 meter. Organisme yang hidup di dalam lingkungan ini sebagian besar tersusun oleh air. Oleh karena itu,

tekanan tidak mempengaruhi proses kehidupan hewan laut dalam.

Kondisi oseanografi yang seragam di dalam lingkungan ini menunjukkan bahwa musim musim memiliki pengaruh yang kecil terhadap berbagai fenomena kehidupan, seperti musim berkembang biak, yang di perairan dangkal dipengaruhi oleh musim.

Makanan di lingkungan laut dalam tidak sebanyak di lingkungan litoral. Hewan-hewan laut dalam diperkirakan mendapat makanan dari material organik yang jatuh dari perairan dekat permukaan ke dasar samudera.

Zona hadal meliputi daerah palung laut dalam, temperatur mencapai  $<1^{\circ}\text{C}$ , dan tekanan mencapai 600 atm. Jumlah hewan di daerah ini kira-kira sepersepuluh kehidupan di zona abisal.

#### 1.4.2. Lingkungan Pelagis

##### 1.4.2.1. *Lingkungan Neritik*

Lingkungan neritik pelagis umumnya memperlihatkan kondisi keanekaragaman yang tinggi bila di lingkungan itu terdapat air tawar yang masuk dari aliran sungai. Organisme yang hidup di lingkungan ini dengan demikian harus bertahan hidup dalam kisaran salinitas yang lebar.

Nutrien yang masuk ke dalam lingkungan ini berasal dari laut dalam yang masuk melalui mekanisme “*upwelling*” – yang terjadi karena angin di daerah pesisir, dan dari daratan yang masuk melalui aliran sungai. Banyak ikan dan berbagai tipe makanan dari laut diambil dari daerah ini.

##### 1.4.2.2. *Lingkungan Oseanik*

Telah disebutkan di depan bahwa lingkungan oseanik dibedakan menjadi zona eufotik, dysfotik, dan afotik. Berdasarkan kedalamannya dari permukaan laut, lingkungan eufotik oseanik setara dengan lingkungan neritik. Meskipun demikian, terdapat perbedaan kondisi lingkungan diantara keduanya yang disebabkan oleh perbedaan kedekatan fisiknya dengan daratan. Berbeda dengan lingkungan neritik, salinitas di lingkungan eufotik oseanik relatif konstan, temperatur turun sesuai kedalaman dan perubahan temperatur terbesar terjadi pada kedalaman sekitar 100 meter – di daerah ***termoklin***. Temperatur air permukaan bervariasi sesuai dengan posisi lintang. Nutrien biasanya rendah di perairan permukaan dan meningkat sesuai dengan kedalaman. Secara biologis, zona eufotik oseanik memiliki produktivitas rendah dibandingkan zona neritik.

Zona disfotik adalah zona dengan penetrasi sinar matahari kurang dari 1%. Hanya sedikit sinar biru yang masuk ke dalam zona ini. Batas bawah zona ini adalah daerah dengan oksigen minimum dan sinar matahari nol persen. Di dalam zona ini bakteri mengurai fitoplankton dan zooplankton yang mati dan

tenggelan ke dalam zona ini dari zona eufotik. Pengurai itu menghasilkan nutrisi. Nutrien tersebut kemudian dibawa kembali ke dalam zona eufotik dengan mekanisme upwelling. *Deep scattering layer* (DSL) terdapat di dalam zona ini dengan ketebalan 50 sampai 200 meter. DSL bergerak ke arah permukaan pada malam hari dan turun lagi pada pagi hari, dan juga bergerak sedikit naik turun bila ada awan lewat di atasnya. Fenomena naik turunnya DSL terjadi karena hewan-hewan laut yang ada di dalam DSL naik ke atas untuk memakan plankton di malam hari dan kembali ke kedalaman di siang hari untuk menghindari predator (Ingmanson dan Wallace, 1985).

Zona afotik adalah zona bertemperatur sangat rendah, tekanan sangat tinggi, dan tanpa sinar. Zona ini meliputi zona batipelagis, abisalpelagis, dan hadal. Zona abisalpelagis adalah satu dari beberapa unit ekologi terbesar di dunia, karena tiga per empat dari volume total samudera terletak di dalam zona ini. Di dalam zona ini, densitas air naik sesuai dengan pertambahan kedalaman, dan stratifikasi air laut terjadi karena densitas. Sementara itu, temperatur turun dengan bertambahnya kedalaman. Temperatur di dasar laut sekitar 1,6°C.

## 1.5. Lingkungan Khusus

### 1.5.1. Lingkungan Hidrotermal Laut Dalam

Lingkungan ekosistem lubang hidrotermal laut dalam (*deep-sea hydrothermal-vent ecosystem*) pertama kali ditemukan pada tahun 1977 ketika kapal selam Alvin dipakai untuk mempelajari lubang hidrotermal di Galapagos Rift di lingkungan laut dalam dengan kedalaman 2,5 km (Ingmanson dan Wallace, 1985). Lingkungan ini sangat kaya secara biologis. Temperatur di dekat lubang mencapai 400°C, tekanan tinggi, dan air bersifat asam dengan pH mencapai 2,8. Perairan banyak mengandung metana dan sulfur.

Secara biologis, lingkungan ini sangat produktif, tetapi produsen primer fotosintesis tidak ditemui. Produktifitas yang tinggi terjadi karena aktifitas bakteri autotrophik (chemosynthetic). Bakteri tersebut mengoksidasi hidrogen sulfida menjadi sulfur dan menggunakan energi kimia untuk mensintesa protein, karbohidrat dan lemak.

### 1.5.2. Estuari

Estuari atau mulut sungai adalah lingkungan transisi di antara sungai dan laut. Kondisi fisik lingkungan ini, seperti bentuk, panjang, lebar dan dalamnya, sangat ditentukan oleh sejarah geologi estuari tersebut. Secara fisik, konfigurasi lingkungan estuari menyerupai sebuah teluk.

Di dalam estuari terjadi pertemuan antara air tawar dari aliran sungai dan air laut. Fenomena itu membuat salinitas air di dalam estuari sangat bervariasi, mulai dari salinitas air laut sampai kurang dari 5% di tempat masuknya air sungai. Pola

penyebaran salinitas di dalam estuari sangat rumit. Hal itu karena dalam estuari terjadi pola arus yang sangat kompleks sebagai hasil dari interaksi antara pasang surut, aliran air sungai, rembesan air tawar, dan efek Coriolis.

Nutrien banyak masuk ke dalam estuari dari daratan melalui aliran sungai. Suplai nutrisi yang banyak dan ditambah sinar matahari membuat lingkungan estuari sangat subur.

SOAL

1. Ucon merupakan seorang Mahasiswa yang tertarik pada ilmu mengenai laut dan kebencanaan. Suatu hari Ucon menjadi sukarelawan dalam kejadian Gempa di Lombok dan ikut mengatasi perbaikan Kawasan pesisir. Pada Kawasan pesisir tersebut, Ucon disuguhkan dengan pemandangan pantai yang memiliki hamparan pasir yang luas. Pasir pantai terdiri atas hancuran dari butiran cangkang menyudut yang mengalami *bleaching* sehingga menghasilkan kenampakkan hamparan pasir putih pantai. Sedimen tersebut terbentuk oleh proses...
  - a. Swash
  - b. Backswash
  - c. Longshore current
  - d. Longshore drift
  - e. Rip current
2. Manakah sifat fisik gelombang di bawah ini yang berubah ketika gelombang dari perairan dalam mencapai perairan dangkal?
  - a. Tinggi gelombang
  - b. Panjang gelombang
  - c. Kecepatan gelombang
  - d. Jawaban a, b, dan c benar
  - e. Jawaban a dan c benar

3. Ucon sedang berjalan-jalan di Pantai Tanjung, Lombok. Dalam perjalanannya menyusuri pasir putih pantai tersebut, dia menemukan sesuatu kemudian dia foto sesuatu tersebut. Inilah hasil foto sesuatu dari Sukijah



Manakah pernyataan yang benar

- a. Sesuatu tersebut bernama bulu babi
  - b. Sesuatu tersebut termasuk ke dalam filum *Echinoidea*
  - c. Sesuatu tersebut satu filum dengan teripang, lili laut, dolar laut, dan bintang laut
  - d. Sesuatu tersebut satu melindungi diri dengan mengeluarkan racun pada duri.
  - e. Semua jawaban benar
4. Ketika berenang di pinggiran pantai, Ucon merasakan bahwa air laut di perairan Lombok memiliki rasa yang berbeda dibanding ketika ia berlibur di Pantai daerah

Hongkong dimana terasa lebih asin dibanding air laut di Lombok. Pernyataan yang mampu menjelaskan mengapa terjadi perbedaan tersebut diantaranya :

- Hongkong sebagai daerah metropolis memiliki tingkat pencemaran air yang tinggi
- Pantai di daerah Lombok banyak memproduksi garam-garam alami sehingga mengurangi garam terlarut di perairannya.
- Presipitasi yang terjadi di langit Hongkong mengandung kadar garam terlarut yang lebih besar.
- Iklim Hongkong dengan minimnya presipitasi dan *run off*.
- Semua daerah ibukota dekat pantai mempunyai tingkat salinitas perairan yang tinggi

5.



Ucon juga melihat adanya perbedaan dimana bentuk gelombang di Pantai Tanjung (kiri) berbeda dengan bentuk gelombang pada pantai di Hongkong (kanan). Pernyataan yang mampu membantu Ucon dalam menganalisis perbedaan ini adalah...

- Perbedaan bentuk gelombang yang mendekati pantai atau disebut gelombang pecah akibat perbedaan kelandaian dasar laut.
  - Kecepatan pembentukan angin serta *fetch* menjadi factor utama perbedaan bentuk gelombang.
  - Pantai Tanjung memiliki gradien pantai yang kecil serta daerahnya yang menghadap laut sempit/teluk
  - Jawaban a dan b benar
  - Jawaban a dan c benar
6. Dalam menghadapi pukulan gelombang pecah pada Pantai di Hongkong tersebut, organisme yang dapat hidup haruslah tahan akan pukulan energi gelombang. Sehingga pernyataan yang benar terkait organisme tersebut adalah
- Koral berjenis head coral mungkin banyak ditemukan/tersebar luas.
  - Cangkang Mollusca relative terbentuk lebih tebal
  - Organisme padang lamun sulit tumbuh di daerah ini
  - Bentos penggali yang hidup di dasar laut berjumlah sedikit
  - Jawaban a, b, dan c benar
7. Sifat fisik air laut di lintang yang berbeda juga akan berbeda. Di bawah ini merupakan pernyataan yang benar
- Tekanan uap jenuh air murni lebih rendah daripada tekanan uap jenuh air laut

- b. Salinitas merupakan jumlah partikel zat tidak terlarut dalam 1 kg air laut
  - c. Tidak akan terbentuk es pada air yang memiliki salinitas  $< 26 \text{ ‰}$  jika pendinginan bertahap dari permukaan
  - d. Penambahan garam akan menimbulkan tekanan hidrostatik terhadap air murni sehingga tekanan osmotik air laut lebih kecil daripada air murni. Jika dipanaskan secara bersamaan dalam wadah terpisah, air laut akan mendidih terlebih dahulu dibandingkan dengan air murni.
  - e. Semua jawaban salah
8. Dalam pengukuran gelombang dengan *tide staff* didapatkan bahwa di pantai Tanjung terbentuk 10 gelombang setiap menitnya, dimana kedalaman perairan yang terukur adalah 1,2 meter. Sehingga pernyataan yang benar adalah ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ )
  - a. Gelombang dikategorikan sebagai gelombang perairan dangkal karena  $d/L$  kurang dari  $1/20$
  - b. Panjang gelombang tersebut adalah 20,57 meter
  - c. Cepat rambat gelombang 3,43 m/s
  - d. Gelombang dikategorikan sebagai gelombang perairan antara  $1/20 < d/L < 1/2$
  - e. Gelombang termasuk karakter gelombang internal.
9. Berdasar efek coriolis yang terjadi pada Pantai Tanjung dengan Pantai di Hongkong memiliki beberapa karakter. Pernyataan yang benar adalah
  - a. Efek Coriolis menyebabkan *gyre* yang terbentuk akan searah dengan arah putaran jarum jam pada Pantai di Hongkong.
  - b. Kecepatan *gyre* di Pantai Hongkong lebih kecil dibanding dengan di Pantai Tanjung.
  - c. *Gyre* pada Pantai Tanjung berarah searah putaran jarum jam.
  - d. Defleksi arah oleh Coriolis pada *gyre* berubah-ubah.
  - e. Coriolis tidak menyebabkan defleksi arah pada kedua pantai.
10. Warna biru pada perairan di kedua pantai pada gambar memiliki intensitas yang berbeda hal tersebut merupakan hasil dari kemungkinan beberapa factor yang mempengaruhi warna laut. Diantara yang mempengaruhi warna laut yaitu
  - a. Material tersuspensi yang melayang pada kolom air.
  - b. Adanya *blooming* organisme plankton.
  - c. Kedalaman perairan.
  - d. Intensitas penyinaran matahari.
  - e. Jawaban a, b, dan c benar.

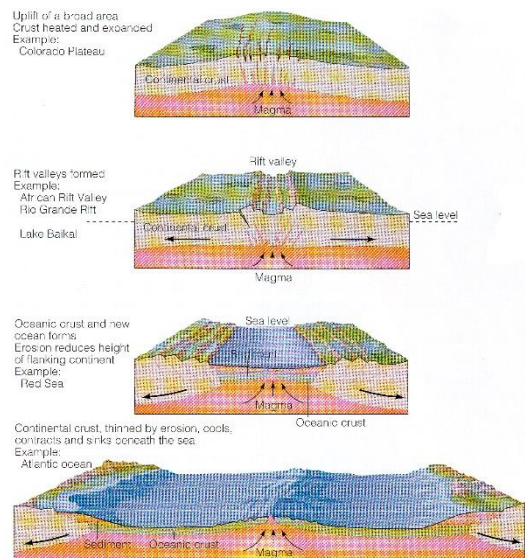


11. Penetrasi cahaya matahari merupakan factor penting kehadiran organisme pada suatu perairan selain keberadaan sumber makanan dan peran rantai makanan itu sendiri. Berdasarkan tingkat penetrasi cahaya matahari, pernyataan yang benar adalah
- Zona eufotik yang mendapat 99 % cahaya
  - Zona dengan keadaan perairan laut gelap total disebut zona disfotik.
  - Mayoritas rantai makanan terjadi pada zona disfotik.
  - Organisme dengan kemampuan *bioluminescence* berkembang di zona eufotik.
  - Tingkat penetrasi cahaya berbanding lurus dengan kandungan partikel terlarut dalam perairan.

12. Pernyataan yang berkaitan dengan peristiwa *coastal upwelling* adalah
- Terjadi ketika angin pantai berada di sebelah kanan arah Bergeraknya angina
  - Coastal upwelling* diiringi dengan downwelling pada perairan yang sama
  - Diakibatkan oleh factor kimia air laut seperti salinitas dan peristiwa osmosis.
  - Mengakibatkan pergerakan material organik *nutrient* dari kolom perairan laut yang dalam.
  - Disebabkan oleh badai di tengah laut yang mendorong massa air ke atas.

13. Pembentukan Samudra meliputi suatu proses yang continue dan berulang menghasilkan Samudra baru seperti tampak pada skema di samping. Diantaranya Samudra mampu mengalami penyempitan dan perluasan. Pernyataan yang benar adalah.

- Samudra Pasifik semakin luas
- Samudra Pasifik semakin sempit
- Samudra Atlantik semakin sempit
- Jawaban a dan c benar
- Jawaban a dan b benar

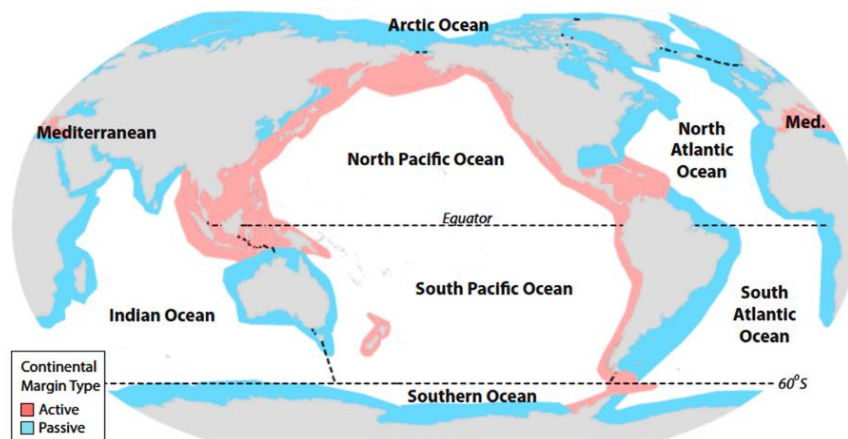


**Figure 17.19 Rifting of Continental Crust** The rifting of continental crust to form a new ocean basin bounded by passive continental margins. The rifting can cease at any stage. It is not necessarily correct to conclude that the African Rift Valley, for example, will open to form a new ocean.

14. Sedangkan pembentukan cekungan Samudra memberikan arti bahwa terbentuknya cekungan sedimen baru karena proses sedimentasi terakhir ada pada cekungan Samudra. Sedimen yang kemungkinan menyusun cekungan Samudra diantaranya kecuali...
- Sedimen litogenik asal daratan yang ditransport melalui arus turbid.
  - Pengendapan material silika secara kimiawi yang menghasilkan chert
  - Sedimen kosmogenik hasil dari jatuhnya material asal luar angkasa.
  - Presipitasi larutan manganit yang jenuh pada perairan Samudra

e. Jawaban a, b dan c benar.

15. Gambar dibawah ini menunjukkan persebaran tepi benua aktif maupun pasif yang ada di dunia. Berdasarkan persebarannya sehingga daerah selatan Lombok dan Timur Hongkong merupakan daerah tepi benua aktif, sehingga pernyataan yang benar adalah...



- Memungkinkan keberadaan celah dibawah laut yang dalam yang disebut dengan palung.
- Terdapat konsentrasi terumbu karang yang cukup besar dan massif
- Dicirikan dengan keberadaan continental shelf yang sempit dan slope yang terjal.
- Skema tepi benua berurutan meliputi *continental shelf* – *continental slope* – *continental rise* – *ocean basin*.
- Jawaban a dan c benar.

16. Diamati selama beberapa hari Pantai Tanjung memiliki tipe pasang surut diurnal. Pernyataan yang benar yaitu

- Terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari
- Terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan ketinggian yang sama dalam satu hari
- Surut terjadi pada siang hari dan pasang terjadi menjelang sore hari
- Ketinggian pasang yang berbeda dipengaruhi oleh gradien pantai dan sirkulasi local
- Pasut memiliki periode yang berubah-ubah.

17. Setelah dilakukan pengukuran di perairan Pantai Tanjung, diperoleh komponen pasang surut sebagai berikut :

|       | So   | M <sub>2</sub> | S <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | K <sub>1</sub> | O <sub>1</sub> | M <sub>4</sub> | MS <sub>4</sub> | K <sub>2</sub> | P <sub>1</sub> |
|-------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| A(cm) | 68,7 | 2,5            | 4,0            | 10,2           | 23,4           | 15,7           | 0,5            | 0,7             | 1,8            | 4,2            |

Diketahui untuk menentukan tipe pasang surut, digunakan persamaan Formzal yaitu :

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

Untuk :

- $F \leq 0,25$  = Pasang surut harian ganda
- $0,25 \leq F \leq 1,5$  = Pasang surut harian campuran dominan ganda
- $1,5 \leq F \leq 3$  = Pasang surut harian campuran dominan tunggal
- $F > 3$  = Pasang surut harian tunggal

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka Pantai Tanjung memiliki tipe pasang surut?

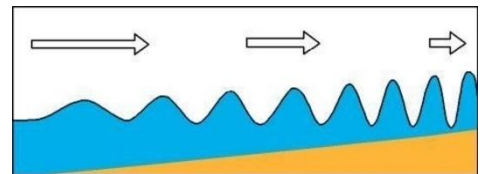
- a. Pasang surut harian ganda
  - b. Pasang surut harian tunggal
  - c. Pasang surut campuran dominann harian tunggal
  - d. Pasang surut campuran dominan harian ganda
  - e. Semua jawaban salah.
18. Pasang surut dikontrol oleh gaya gravitasi bulan yang paling utama, sehingga menghasilkan beberapa variasi pasut, pernyataan yang benar adalah..
- a. Variasi harian dikontrol oleh tipe pasang surut
  - b. Variasi mingguan dikontrol oleh pergerakan sirkulasi system angina lokal
  - c. Variasi bulanan dikontrol oleh fase bulan dalam mengelilingi Bumi
  - d. Jawaban a, b dan c benar
  - e. Jawaban a dan c benar
19. Dalam ilmu taksonomi, terdapat subkingdom avertebrata yang didalamnya termasuk filum Porifera. Ciri-ciri yang menandakan suatu organisme termasuk dalam filum Porifera yaitu:
- a. Porifera hidup dengan cara menambat pada substrat di dasar perairan laut atau disebut dengan bentos vagil
  - b. Kerangka tubuhnya sederhana, terdiri atas lobus dan toraks
  - c. Fase hidupnya dibagi menjadi fase polip dan medusa
  - d. Tubuhnya tersusun atas unit-unit yang disebut sebagai spikula
  - e. Porifera hidup sebagai organisme nekton dan menjadi konsumen sekunder dalam rantai makanan
20. Cekungan Samudra (Ocean Basin) atau cekungan laut dalam dapat menjadi lokasi sedimentasi mineral -mineral yang ekonomis. Diantara berikut mineralisasi yang terjadi di cekungan Samudra yaitu :
- a. Nodul Mangan
  - b. Nickel Sulfides deposits
  - c. Sedimentary Volcanic Deposits
  - d. Carbonaceous Tectites deposits

e. Semua jawaban benar

21. Bauksit merupakan salah satu unsur logam ekonomis yang cukup banyak digunakan dalam berbagai perabotan serta konstruksi. Eksplorasi bauksit biasanya ditemukan dalam bentuk endapan laterit. Terkonsentrasinya endapan bauksit dikontrol oleh beberapa factor diantaranya :

- Batuan asal yang kaya unsur Al
- Daerah tropis dengan curah hujan tinggi
- Temperature harian lebih besar dari 20°C
- Faktor pH air formasi dan meteoric yang melarutkan cukup dominan
- Jawaban a, b dan c benar.

22. Gambar disamping merupakan peristiwa yang terjadi ketika gelombang mendekati daratan pantai yaitu :



- Refraction*
- Difraction*
- Shoaling*
- Wave breaking*
- Reflection*

23. Pernyataan dibawah ini yang merupakan syarat terjadinya Tsunami diantaranya :

- Diakibatkan oleh gempa dangkal dengan  $M > 6,5$
- Melibatkan rupture secara vertikal di dasar laut
- Bentuk gelombang dapat dihasilkan dari proses longsoran bawah laut
- Jawaban b dan c benar
- Jawaban a, b dan c benar

24. Pernyataan yang benar mengenai difraksi gelombang adalah

- Difraksi gelombang merupakan peristiwa perambatan gelombang dimana gelombang mengalami pembelokan akibat menabrak penghalang
- Difraksi dapat disebabkan oleh adanya bangunan pemecah gelombang atau hasil pengendapan yang terpisah dengan daratan utama
- Peristiwa difraksi meningkatkan energi gelombang
- Difraksi terjadi akibat gelombang yang datang membentuk sudut dengan garis pantai
- Semua jawaban salah

25. Cepat rambat gelombang perairan dangkal dengan periode 4 sekon dan kedalaman 16 meter adalah...(g = 9,81 m/s<sup>2</sup>)

- a. 3,8 m/s
  - b. 4,2 m/s
  - c. 7,3 m/s
  - d. 10,2 m/s
  - e. 12,5 m/s
26. Pada perairan sekitar kedalaman 3000-4000 meter terdapat batas CCD. Setelah melewati zona CCD (Carbonate Compensation Depth) maka yang tersisa hanyalah sedimen berkomposisi...
- a. Karbonat
  - b. Kalsit
  - c. Silika
  - d. Fosfat
  - e. Aragonit
27. Pada saat terjadi La Nina, daerah pantai Pasifik bagian barat mengalami peningkatan dalam hal hasil tangkapan laut yang disebabkan oleh suatu arus dari kedalaman. Mekanisme arus yang dapat mengangkat nutrisi dari perairan dalam ke permukaan sehingga meningkatkan tangkapan ikan adalah...
- a. Downwelling
  - b. Upwelling
  - c. Rip current
  - d. Longshore drift
  - e. Gelombang perairan dalam
28. Cekungan Samudra merupakan cekungan akhir dan terbesar tempat terendapkannya sedimen. Sedimen di lantai Samudra yang berasal dari sedimentasi di darat adalah...
- a. Litogenik
  - b. Hidrogenik
  - c. Kosmogenik
  - d. Biogenik
  - e. Limnogenik
29. Lautan memiliki warna yang berbeda bergantung oleh beberapa factor, Berikut ini adalah salahsatu yang mempengaruhi warna air laut adalah ...
- a. Salinitas garam
  - b. Jenis endapan
  - c. Gelombang
  - d. Luas laut
  - e. Cuaca

30. Endapan sedimen di lantai Samudra dipengaruhi juga oleh perkembangan organisme yang hidup disekitar lingkungan Samudra. Organisme bawah laut yang bagian tubuhnya tersusun oleh silika, adalah ...
- a. Foraminifera
  - b. *Globigerina*
  - c. Ballanus
  - d. Ostrakoda
  - e. Radiolaria

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia





## MATERI

### 1. Kehidupan Di Laut

#### 1.1. Pendahuluan

Kehidupan di laut sangat beraneka ragam. Biologi Laut (*Marine Biology*) adalah cabang ilmu yang mempelajari seluruh organisme dan habitatnya di laut dan estuari di seluruh dunia, dan juga mempelajari faktor-faktor fisika dan kimia yang mempengaruhi keberadaannya. Organisme laut dipelajari untuk berbagai tujuan, seperti: (1) penelitian ilmu dasar, (2) analisis dampak lingkungan, (3) eksploitasi sumberdaya alam, (4) kesejahteraan hidup, dan (5) penentuan lokasi prioritas untuk konservasi.

Organisme pada mulanya hanya dibedakan menjadi dua kelompok besar atau kingdom, yaitu hewan dan tumbuhan. Perkembangan ilmu dan teknologi menyebabkan perubahan skema klasifikasi itu. Sekarang, skema klasifikasi yang umum diterima adalah yang membagi organisme menjadi lima kingdom, yaitu: Monera (bakteri), Plantae (tumbuhan yang sesungguhnya), Metazoa atau Animalia (hewan bersel banyak), Protozoa (organisme bersel tunggal), dan Fungi (jamur) (Webber dan Thurman, 1991). Hampir semua kelompok itu mempunyai anggota yang hidup di laut dengan fungsi ekologis yang jelas, kecuali Fungi. Kelompok Fungi hanya sedikit yang hidup di laut dan tidak memuli peran ekologis yang jelas. Oleh karena itu, Fungi tidak kita bicarakan di sini.

Selanjutnya, untuk mempermudah penguraian, kelompok organisme itu dikelompokkan lagi berdasarkan pada karakteristiknya dalam memperoleh energi, yaitu :

1. **bakteri** – organisme dekomposer yaitu organisme yang memperoleh energi dengan cara menguraikan organisme yang mati atau melalui sintesa material inorganik.
2. **flora** atau tumbuhan – semua organisme berklorofil yang dapat menghasilkan makanannya sendiri atau produser primer.
3. **fauna** atau hewan – semua organisme yang memperoleh energi dengan cara memakan tumbuhan atau hewan lain.

Di dalam bab ini akan diperkenalkan macam-macam organisme, proses-proses biologi, dan habitatnya yang umum di lingkungan laut dan estuari.

Dalam mempelajari kehidupan di laut, kita dapat mempelajarinya melalui pendekatan sistematika atau klasifikasi atau melalui pendekatan cara hidupnya (*mode of existence*) di lingkungan laut. Studi organisme melalui pendekatan sistematikanya dilakukan bila kita hanya ingin mempelajari organisme untuk mengetahui perkembangannya atau hubungan evolusinya. Adapun mempelajari organisme melalui pendekatan cara hidupnya dilakukan bila kita mempelajari organisme dan hubungannya dengan lingkungan tempat hidupnya. Disini, dipakai pendekatan yang ke-dua sebagai titik tolak dalam mempelajari kehidupan di laut.

#### 1.2. Cara Hidup Organisme Di Laut

Pada dasarnya ada tiga cara hidup organisme di laut, yaitu planktonik, bentonik, dan

nektonik. Organisme yang hidup secara planktonik disebut plankton, secara bentonik disebut bentos, dan secara nektonik disebut nekton. Selanjutnya akan diuraikan secara singkat tentang ketiga cara hidup tersebut.

#### **1.2.1. Plankton**

Kata “plankton” berasal dari bahasa Yunani yang berarti *bergerak dari satu tempat ke tempat lain*. Kelompok organisme ini biasanya kecil dengan kekuatan untuk berpindah tempat sangat lemah atau terbatas, dan berpindah tempat terutama karena arus laut. Plankton dapat berupa hewan (zooplankton) maupun tumbuhan (fitoplankton). Sebagian besar plankton berukuran mikroskopis, tetapi ada juga yang berukuran besar seperti ubur-ubur atau ganggang Sargassum. Plankton meliputi kelompok terbesar organisme di laut. Selain itu, banyak hewan laut memiliki fase kehidupan sebagai plankton; biasanya ketika baru lahir.

#### **1.2.2. Bentos**

Kata “bentos” berasal dari bahasa Yunani yang berarti *dalam* atau *laut dalam*. Bentos adalah organisme yang hidup di atas atau di bawah dasar laut. Beberapa organisme bentos pada fase awal kehidupannya memiliki bentuk larva planktonik. Beberapa tipe kehidupan bentonik adalah (1) menggali lubang di dasar laut, seperti cacing, (2) merayap perlahan di atas permukaan dasar laut, seperti bintang laut, (3) menimbun diri di dasar laut, seperti teripang, dan berbagai jenis moluska, dan (4) menambatkan diri di dasar laut, seperti koral, dan berbagai jenis tumbuhan laut.

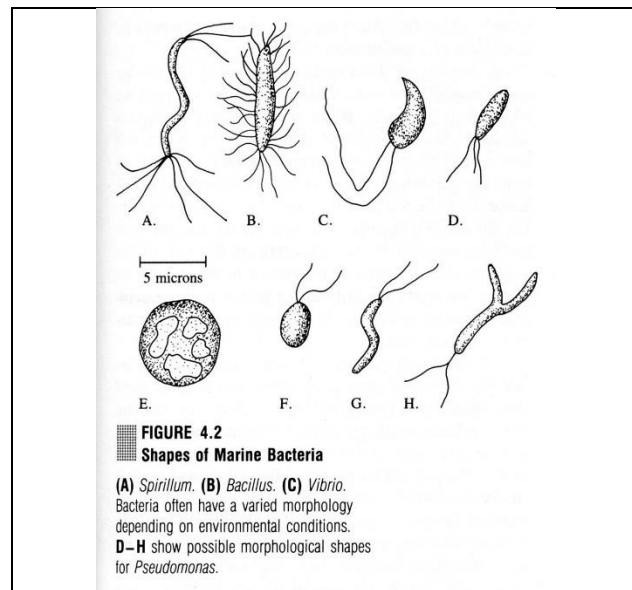
#### **1.2.3. Nekton**

Kata “nekton” berasal dari bahasa Yunani yang berarti *berenang*. Nekton meliputi hewan yang dapat berenang bebas, bebas dari gerakan arus. Kelompok ini meliputi berbagai bentuk kehidupan hewan tingkat tinggi, seperti ikan, ikan paus, dan berbagai jenis mamalia laut. Tumbuhan tidak termasuk di dalam kelompok ini.

Nekton memiliki kemampuan secara aktif mencari makanan dan menghindar dari predator. Kelompok hewan ini juga dapat bermigrasi jarak jauh ke seluruh samudera, dan dijumpai di permukaan laut atau di dekat dasar permukaan laut, atau di laut dalam di atas dasar laut.

### **1.3. Bakteri**

Bakteri adalah makhluk bersel tunggal prokaryotik (Gambar 6.1). Bakteri laut memainkan peranan penting di dalam lingkungan laut sebagai pengurai (*decomposer*) material organik, sebagai pengubah (*transformer*) yang merubah berbagai substrat organik menjadi senyawa-senyawa inorganik, dan sebagai agen yang mempengaruhi sifat-sifat fisika-kimia sistem pesisir yang dangkal (Kennish, 1994).



Gambar 6.1. Berbagai macam bentuk bakteri di laut.  
Dari Webber dan Thurman (1991).

Di alam terdapat lebih dari 5000 spesies bakteri yang dapat diklasifikasikan dengan berbagai cara. Dalam kaitannya dengan peranannya di dalam lingkungan, klasifikasi berdasarkan pada cara bakteri memperoleh energi bermanfaat, karena secara tegas menunjukkan fungsinya di dalam lingkungan. Berdasarkan pada cara memperoleh energi, bakteri dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu: (1) **bakteri heterotropik** – yang mendapatkan energi dengan menguraikan material organik dari organisme lain yang mati, (2) **bakteri fotosintetik** (autotrofik) – yang memperoleh energi melalui proses fotosintesis, dan (3) **bakteri kemosintetik** (*chemosynthetic*) – yang mendapatkan energi dari oksidasi senyawa inorganik, seperti besi, ammonia, dan sulfur.

Berdasarkan pada kemampuannya memperoleh energi atau makanannya, bakteri secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu (1) **bakteri autotropik** – yang dapat memenuhi kebutuhan makanannya secara mandiri melalui **fotosintesis** dengan bantuan sinar matahari, atau melalui kemosintesis (sintesa kimiawi, *chemosynthetic*), dan (2) **bakteri heterotropik** – yang memenuhi kebutuhan makanannya melalui sumber lain di

luar dirinya atau organisme lain.

Bakteri **heterotropik**, berdasarkan pada keterlibatan oksigen dalam proses respirasinya, dapat dibedakan menjadi dua, yaitu (1) **bakteri heterotropik aerobik** – yang melibatkan molekul oksigen dalam respirasinya; bakteri kelompok ini hadir di dalam lingkungan yang mengandung oksigen atau lingkungan oksidasi, dan (2) **bakteri heterotropik anaerobik (fermentasi)** – yang tidak melibatkan molekul oksigen dalam respirasinya; bakteri kelompok ini hadir di dalam lingkungan yang tidak mengandung oksigen atau lingkungan reduksi.

Bakteri adalah transformer utama di lingkungan anoxis – lingkungan yang tidak mengandung oksigen. Kondisi anaerobik secara khas ada di dalam lapisan-lapisan sedimen yang dalam, di dalam sistem yang memiliki sirkulasi air yang sangat buruk karena pembatasan fisik, dan di beberapa daerah yang mengalami polusi. Kedalam zona anaerobik di dalam sedimen adalah fungsi dari sifat-sifat fisika-kimia dan proses-proses biologi.

Metabolisme mikroba anaerobik menghasilkan sejumlah unsur penting yang dapat dipergunakan oleh organisme aerobik. Ada dua jalur **dekomposisi anaerobik**, yaitu: (1) **fermentasi**; fermentasi oleh bakteri menghasilkan hidrogen, karbon dioksida, ammonia, dan sekelompok senyawa organik seperti alkohol dan asam lemak, dan (2) **dissimilatory sulfate reduction**; bakteri pereduksi sulfat mempergunakan ion sulfat sebagai terminal yang menerima elektron selama dekomposisi material organik, dan menghasilkan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) yang memberikan warna hitam di dalam sedimen (Kennish, 1994).

#### 1.4. Fitoplankton

Fitoplankton adalah tumbuhan mikroskopis – terdiri dari berbagai spesies yang berbentuk uniselular (sel tunggal, *unicellular*), filamen (lempengan, *filamentous*), atau berbentuk rantai, yang mengapung bebas di air permukaan (zona fotik) samudera dan perairan pesisir. Fitoplankton meliputi berbagai jenis kelompok alga yang sebagian besar merupakan organisme autotropik.

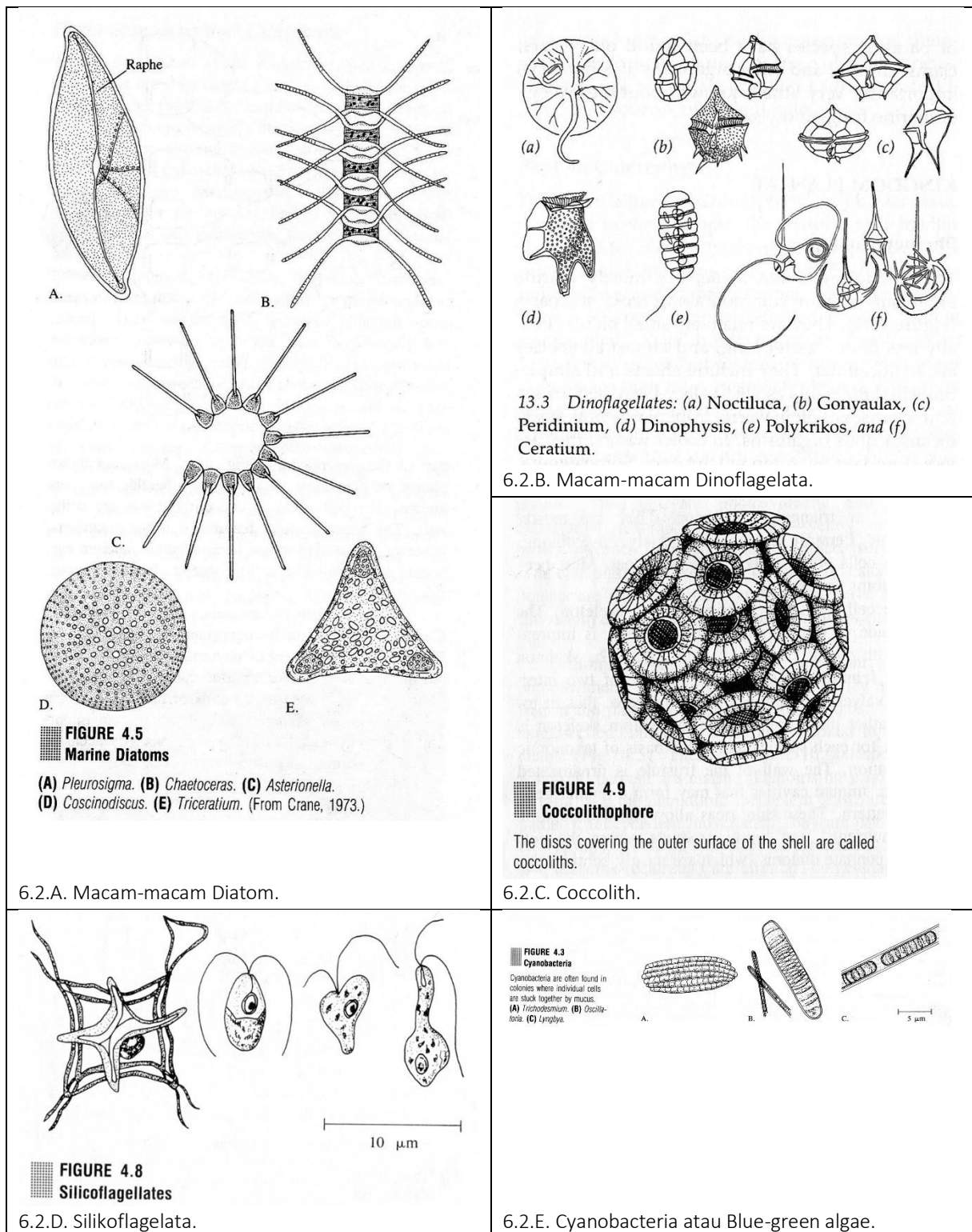
Berdasarkan ukurannya, fitoplankton dibedakan menjadi ultraplankton ( $\phi < 5 \mu m$ ), nanoplankton ( $\phi 5 - 70 \mu m$ ), mikrop plankton ( $\phi 70 - 100 \mu m$ ), dan makrop plankton ( $\phi > 100 \mu m$ ). Di dalam operasional, plankton dibedakan menjadi dua fraksi berdasarkan pada jaring plankton yang dipergunakan. Semua fitoplankton tertahan oleh jaring plankton (bukan  $\phi 64 \mu m$ ), dan yang lolos dari jaring plankton disebut nanoplankton.

Jenis-jenis plankton yang utama adalah diatom (klas *Bacillariophyceae*), dinoflagellata (klas *Dinophyceae*), coccolithophore (klas *Prymnesiophyceae*), silicoflagellata (klas *Chrysophyceae*), dan blue-green algae (klas *Cyanophyceae*).

Diatom (Gambar 6.2.A) sering mendominasi komunitas fitoplankton di daerah berlintang tinggi, perairan dekat pantai di daerah temperat, dan di dalam sistem “*upwelling*”. Diatom cenderung tenggelam di dalam perairan yang nonturbulen, walaupun morfologi, fisiologi, dan adaptasi fisik mendukung pengapungannya.

Dinoflagellata (Gambar 6.2.B) juga tersebar luas di lingkungan samudera dan estuari, dan

dominan di banyak daerah subtropis dan tropis, dan melimpah di daerah temperate. Sebagian dinoflagellata berreproduksi secara seksual, dan sebagian besar secara asexual. Laju reproduksi bervariasi, tergantung pada kondisi lingkungan. Sebagian besar dinoflagellata bersifat autotrofik. Sejumlah spesies dinoflagellata menghasilkan racun yang bila dilepaskan ke perairan sering dapat menyebabkan kematian massal pada ikan, kerang-kerangan, dan organisme lain. Efek dari racun itu sangat jelas pada saat terjadi peristiwa “Red Tide”, saat terjadi *blooming* (ledakan populasi) algae.



Gambar 6.2. Macam-macam jenis fitoplankton di laut. Dari Webber dan Thurman (1991).

Coccolithophore adalah algae uniselular (Gambar 6.2.C), yang melimpah di perairan



samudera terbuka di daerah tropis dan subtropis, dan kadang-kadang juga di lingkungan pesisir. Sebagian besar plankton ini bersifat autotropik, dan beberapa bersifat heterotropik di bawah zona fotik.

Silicoflagelata (Gambar 6.2.D) adalah organisme bersel tunggal yang kecil yang disebut nanoplankton dan memiliki skeleton eksternal berkomposisi silika.

*Blue-green algae* (Gambar 6.2.E) adalah sebutan lain bagi *cyanobacteria* atau *blue-green bacteria*. Organisme ini memiliki pigmen phycocyanin yang dapat menyebabkannya berwarna biru-hijau atau merah, dan klorofil yang membuat organisme ini dapat melakukan fotosintesis. Kemampuannya melakukan fotosintesis menyebabkannya dikelompokkan ke dalam kelompok fitoplankton. *Trichodesmium* adalah salah satu jenis *blue-green algae* yang dapat “*blooming*” dan memberi warna merah, dan mengeluarkan racun yang dapat mematikan organisme lain. Laut Merah mendapatkan namanya karena fenomena ini. Di lingkungan laut, blue-green algae penting karena kemampuannya melakukan fiksasi nitrogen – merubah ammonia menjadi nitrit dan nitrat. Organisme ini berperan penting dalam memperkaya nutrisi di perairan terumbu karang (Webber dan Thruman, 1991).

Penyebaran populasi fitoplankton tidak merata, tergantung pada respon organisme itu terhadap kondisi hidrografi, sinar, dan distribusi nutrisi, predasi dan simbiosis, dan agregasi mekanik oleh proses-proses fisik.

Produktifitas fitoplankton berkaitan dengan laju fiksasi karbon (sintesis organik), yang ditentukan dengan pengukuran laju fotosintesis atau respirasi. Metode yang biasa dipergunakan untuk menaksir produktifitas fitoplankton adalah dengan mengukur: (1) oksigen yang dilepas selama fotosintesis, (2) penyerapan karbon dioksida, (3) pH, (4) laju pemunculan biomassa alga yang baru pada suatu waktu, dan (5) penyerapan radioaktif  $^{14}\text{C}$ . Metode radioaktif adalah metode yang sangat luas diterima dalam memperkirakan produktifitas planktonik primer di laut. Produktifitas fitoplankton sangat bervariasi dalam ruang dan waktu.

Produktifitas primer fitoplankton adalah fungsi dari interaksi sejumlah faktor fisik, kimia, dan biologi, dan faktor yang sangat penting adalah cahaya, temperatur, sirkulasi air, salinitas, nutrisi dan pemangsaan (*grazing*). Energi cahaya dipandang sebagai faktor pembatas yang mengontrol distribusi fitoplankton. Variasi musiman penyinaran matahari pada lintang tertentu menghasilkan pola produksi musiman yang berbeda di daerah tropis, temperate, boreal, dan kutub.

Banyak penyinaran matahari di laut tergantung pada sudut datang sinar matahari sepanjang hari, musim dalam setahun, posisi lintang, dan kondisi iklim lokal – seperti tutupan awan. Di dalam kolom air, absorpsi dan penyebaran sinar oleh molekul-molekul air, partikel suspensi, dan material terlarut mengurangi sinar. Sinar dan temperatur mempengaruhi *blooming* (ledakan populasi) fitoplankton musiman di dalam sistem di lintang tinggi dan menengah.

Nutrien diperlukan bagi pertumbuhan dan produksi fitoplankton yang memadai. Unsur nutrisi yang utama adalah nitrogen, fosfor, dan silikon. Peristiwa *blooming* fitoplankton



terjadi bila di perairan terdapat kandungan nutrisi yang tinggi dan perairan banyak mendapat penyinaran sinar matahari.

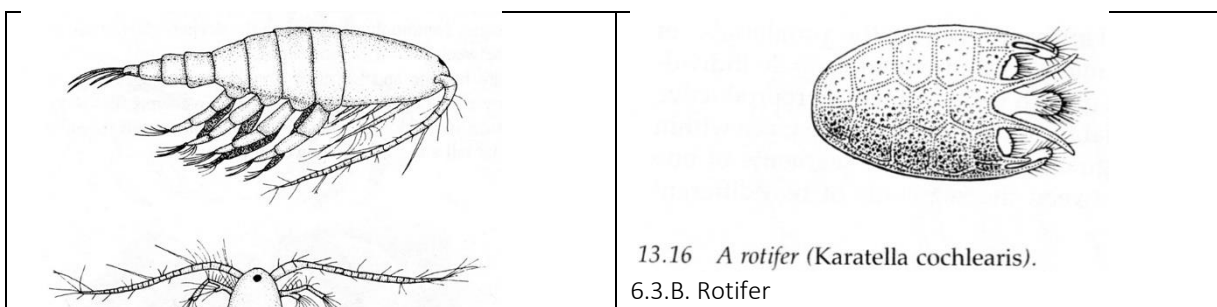
### 1.5. Zooplankton

Zooplankton (Gambar 6.3) dapat diklasifikasikan berdasarkan pada ukuran atau lama kehidupan planktoniknya. Berdasarkan pada lamanya kehidupan planktonik, zooplankton diklasifikasikan menjadi:

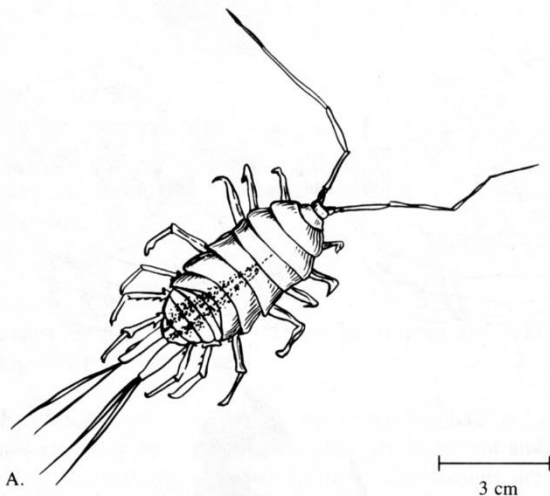
- 1). **Holoplankton** – organisme tetap dalam bentuk plankton sepanjang hidupnya: copepod, cladoceran, dan rotifer.
- 2). **Meroplankton** – hewan yang hanya sebagian dari siklus hidupnya sebagai plankton: larva invertebrata bentos, cordata bentos, dan ikan.
- 3). **Tychoplankton** – zooplankton demersal yang secara periodik terhambur menjadi plankton oleh arus dasar, adukan gelombang, dan bioturbasi: amphipod, isopod, cumacean, dan mysid.

Berdasarkan pada ukurannya, zooplankton dapat dibedakan menjadi tiga kategori, yaitu:

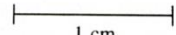
- 1). **Mikrozooplankton** ( $< 202 \mu\text{m}$ ), seperti: protozoa dan tintinid, larva meroplankton dari invertebrata bentik, dan copepod nauplii.
- 2). **Mesozooplankton** ( $202 - 500 \mu\text{m}$ ), seperti: cladocerans, copepod, rotifer, dan meroplankton besar.
- 3). **Makrozooplankton** ( $>500 \mu\text{m}$ ), terdiri dari tiga kelompok, yaitu: (1) ubur-ubur (jellyfish: hydromedusa, combjellies, true jellyfish), (2) crustacea: amphipod, isopod, mysid shrimp, true shrimp, dan (3) cacing polychaeta.

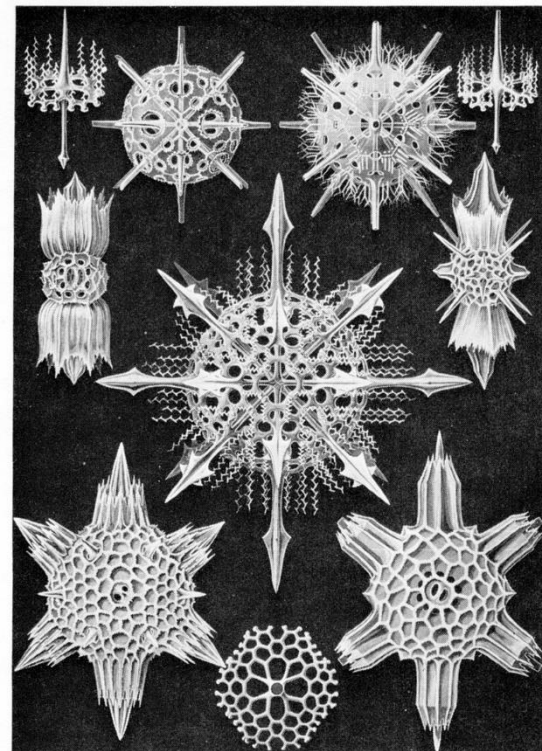
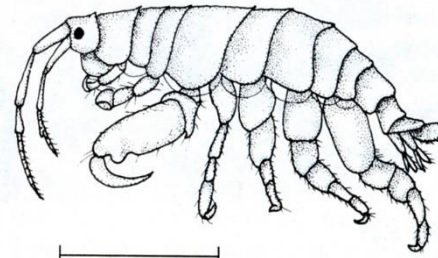


6.3.A. Copepod



6.3.D. Isopod.

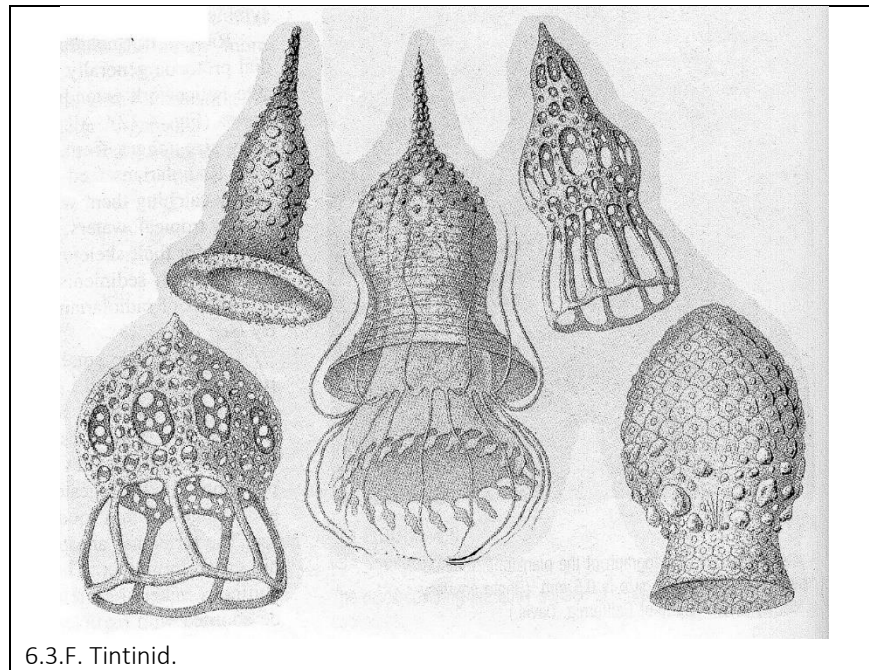
A.  1 cm  
 6.3.C. Amphipod.



 **FIGURE 4.12**  
**Radiolarians**

These beautiful protozoans have captivated marine biologists since their discovery. Examination with a light microscope permits observation of minute shell details. (From Haeckel, 1974.)

6.3.E. Radiolaria.



Gambar 6.3. Macam-macam zooplankton. *Dari Webber dan Thurman (1991), kecuali 6.3.B dari Ingmanson dan Wallace (1985).*

Sejumlah faktor biotik dan abiotik mempengaruhi dinamika dan struktur komunitas zooplankton. Sinar adalah faktor lingkungan utama yang mengatur migrasi vertikal organisme ini. Perubahan penyinaran pada saat matahari terbit dan terbenam menyebabkan gerakan vertikal populasi zooplankton.

Zooplankton memainkan peranan penting dalam rantai makanan di laut dan estuari sebagai perantara antara produsen primer (fitoplankton) dan konsumen sekunder. Beberapa zooplankton juga omnivora.

## 1.6. Flora Bentos

Jenis-jenis flora bentos sangat bervariasi, mulai dari tumbuhan tingkat rendah – seperti algae, sampai tumbuhan tingkat tinggi – seperti mangrove, dan hidup diberbagai habitat di wilayah pesisir. Makrofita (alga dan tumbuhan vascula) menyusun fraksi utama biomassa bentik di dalam sistem pesisir. Sedimen dasar sering kosong dari makroalga yang biasanya menempel di permukaan keras, termasuk struktur-struktur buatan manusia, cangkang hewan, batu, dan pantai batu (*rocky shore*). Makrofita sering hanyut secara pasif di atas dasar laut estuari dan perairan pesisir. Padang rumput yang padat dari tumbuhan vascula (misalnya: seagrass) umumnya terdapat di perairan dangkal daerah subtidal. Rumput rawa garam (salt mars) adalah kenampakan yang mudah dijumpai di daerah pasang surut daerah temperate, sedang mangrove di daerah tropis.

Flora bentos yang hidup di habitat-habitat dekat pantai dapat dibedakan menjadi dua

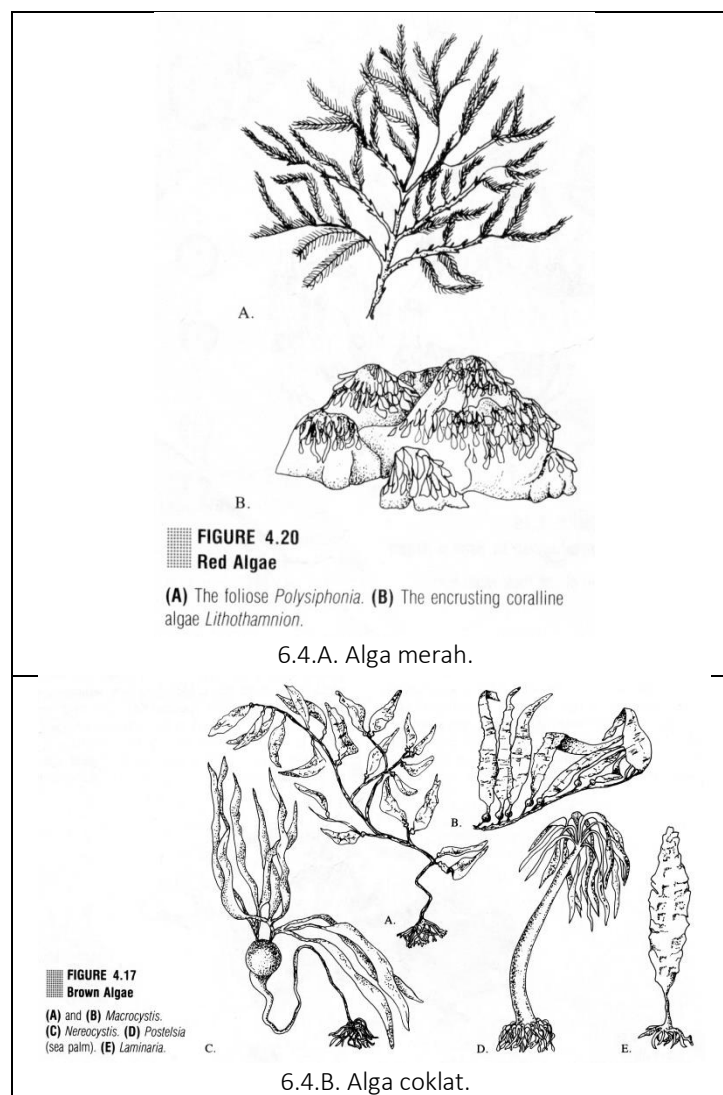
kelompok, yaitu: mikroflora dan makroflora.

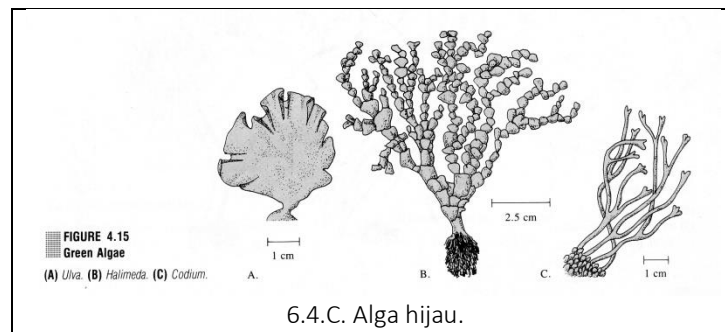
#### 1.6.1. Mikroflora

Mikroflora, yang sangat ekstensif berkembang di dalam habitat pasang surut. Koloni mikroflora bersel tunggal atau berfilamen melekat pada sedimen dan juga menempel di permukaan batuan, tumbuhan lain, binatang, dan barang-barang buatan manusia. Flora yang termasuk kelompok ini adalah (Gambar 6.4) alga merah (*Rhodophyta*), alga coklat (*Phaeophyta*), dan alga hijau (*Chlorophyta*).

### 1.6.1.1. Alga Merah

Alga merah (*Rhodophyta*) (Gambar 6.4.A) umumnya hidup di pantai batu (*rocky coast*). Flora ini adalah tumbuhan yang relatif kecil, biasanya kurang dari satu meter panjangnya. Beberapa genera alga ini, seperti *Porphyra*, tumbuh di daerah pasang surut (*intertidal zone*). Beberapa spesies alga merah tumbuh di perairan yang lebih dalam yang tidak terpengaruh oleh gelombang.





Gambar 6.4. Macam-macam mikroflora bentos. *Dari Webber dan Thurman (1991).*



Satu kelompok utama dari alga merah, yaitu coralline algae (genus *Corallina*) dijumpai di seluruh dunia. *Coralline algae* adalah komponen penting dari terumbu karang, yang membantu memperkuat struktur terumbu melalui penyemenan.

Warna merah alga ini berasal dari pigmen *phycoerythrin*. Banyak pigmen ini di dalam alga merah bervariasi. Di dalam habitat pasang surut, alga ini kadang-kadang berwarna hijau, hitam, atau ungu. Di perairan yang lebih dalam, alga ini berwarna merah terang (*brilliant rose red*).

Beberapa ekstrak alga merah dipergunakan secara komersial sebagai perekat (*sizing*), kanji (*starch*), dan perekat cat (*paint binder*), dan diproduksi dalam bentuk agar komersial yang dipergunakan untuk media ilmiah (*scientific media*), dalam obat-obatan, dan berbagai keperluan lain.

#### 1.6.1.2. Alga Coklat

Alga coklat (*Phaeophyta*) (Gambar 6.4.B) sering tumbuh besar. Sebagian alga ini hanya berbentuk filamen-filamen bercabang sederhana, dan sebagian lainnya berupa ganggang raksasa (*seaweeds*) yang dapat mencapai panjang 60 meter. Alga ini tumbuh terutama di zona pasang surut bawah (*lower intertidal*) dan di zona subtidal, dan melekat pada substrat. Warna coklat alga ini berasal dari pigmen fucoxanthin. Jenis alga ini adalah makanan penting bagi herbivora.

Beberapa alga ini hidup terapung-bebas (*free-floating*) di laut yang jauh dari pantai. Contohnya genus *Sargassum* yang membentuk kelompok-kelompok raksasa di perairan Atlantik Utara bagian barat di Laut Sargasso.

Alga coklat dapat dimanfaatkan sebagai makanan tambahan, pupuk, dan sumber bagi berbagai jenis garam.

#### 1.6.1.3. Alga Hijau

Alga hijau (*Chlorophyta*) memiliki ukuran, bentuk, sejarah hidup (*life history*), dan habitat yang sangat bervariasi. Alga ini memiliki pigmen *chlorophyll* dan *carotenoid*. Di lingkungan laut, alga ini adalah produsen primer.

Di laut, jenis yang besar dari alga ini menempel pada substrat yang keras dan membentuk lapisan (*mat*) yang besar. Contoh dari kelompok ini adalah *Penicillus*, *Halimeda*, dan *Ulva* (Gambar 6.4.C).

Beberapa jenis alga ini hidup secara komensalisme di dalam cangkang moluska, dan beberapa hidup di dalam sel protista dan hewan. Alga ini memberikan oksigen dan karbohidrat, yang merupakan hasil fotosintesis, kepada hewan tempat hidup.

#### 1.6.2. Makroflora

Makroflora terdiri dari kelompok komunitas tumbuhan utama, yaitu rumput rawa garam (*salt marsh*), lamun (*seagrass*), dan bakau atau mangrove (*mangrove*). Secara global, rawa garam terdapat dalam kisaran daerah mid-temperate sampai lintang tinggi. Di daerah tropis, posisi rawa garam digantikan oleh mangrove. Lamun memiliki

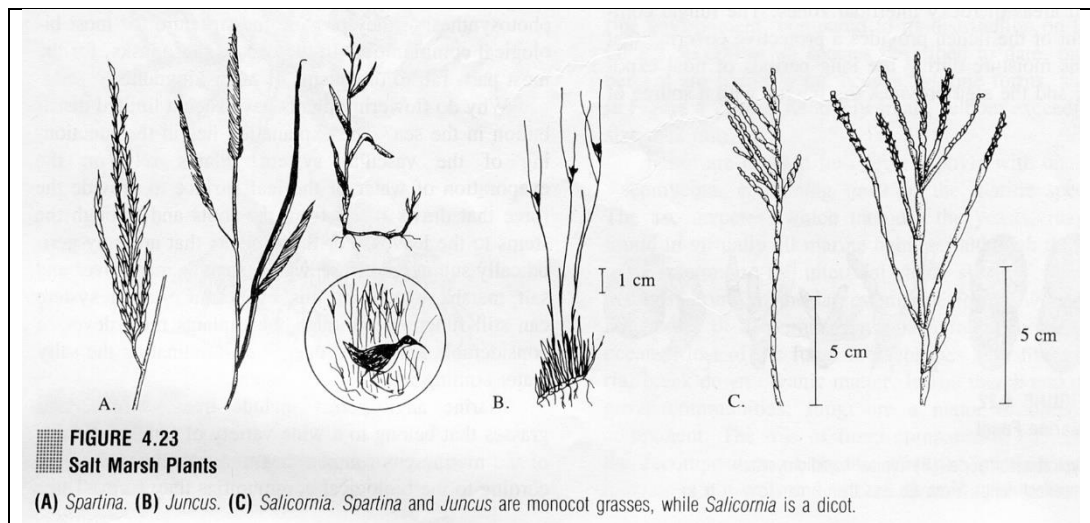


penyebaran yang luas, dan dapat dijumpai di perairan dangkal di berbagai posisi lintang, kecuali di daerah kutub.

#### **1.6.2.1. Rumput Rawa Garam**

Tumbuhan rawa garam mendominasi vegetasi zona intertidal di daerah-daerah lintang menengah dan tinggi. Beberapa genera tumbuhan rawa garam yang kosmopolitan adalah *Spartina*, *Juncus*, dan *Salicornia* (Gambar 6.5). Perairan pesisir yang terlindung, yang didalamnya terjadi sedimentasi dan tingkat erosi rendah, adalah lokasi ideal bagi pembentukan rawa garam.

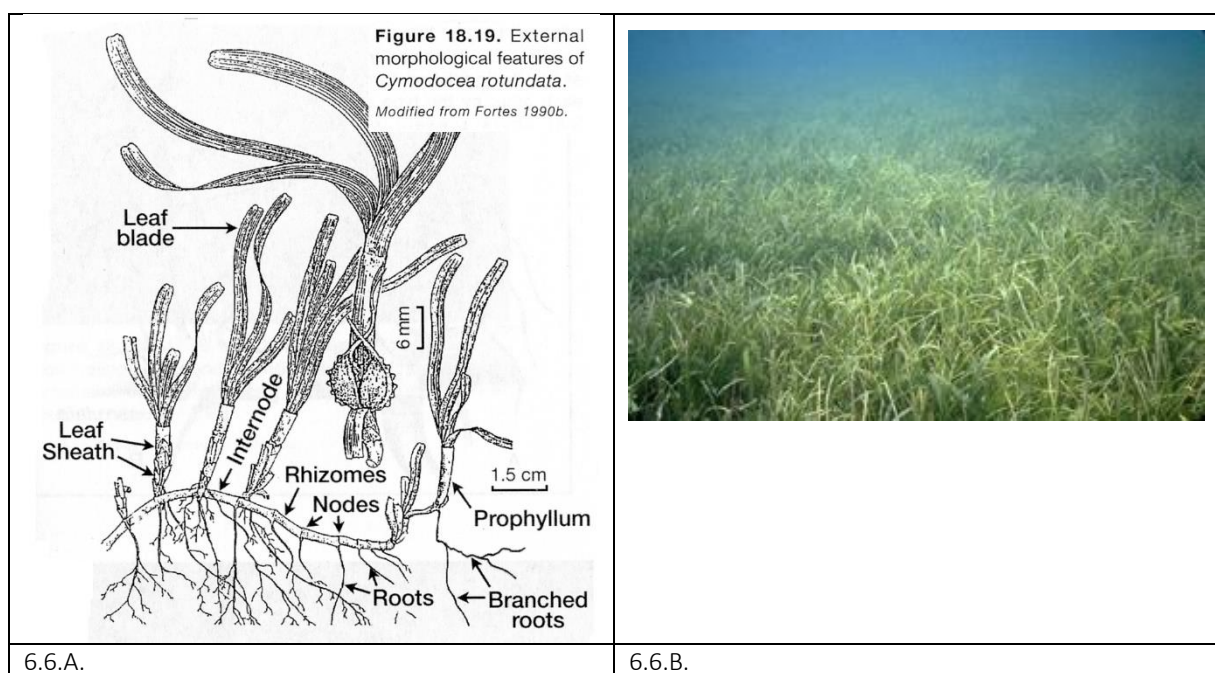
Sistem rawa garam minimal memberikan lima fungsi ekologi yang penting, yaitu (1) sebagai produsen primer, (2) habitatnya sebagai sumber makanan, tempat berlindung dan reproduksi, (3) akar-akar vegetasi menahan sedimen dan mengurangi erosi, (4) sebagai sumber dan tempat pencucian trace metal dan nutrien, dan (5) tumbuhan yang mati menjadi sumber bahan organik.



Gambar 6.5. Macam-macam rumput rawa garam. Dari Webber dan Thurman (1991).

#### 1.6.2.2. Lamun / Seagrass

Lamun hanya tumbuh terbatas di antara daerah *intertidal* bagian bawah dan *subtidal* di lingkungan estuari dan perairan pesisir. Tumbuhan ini memiliki akar, rhizoma, batang dan daun (Gambar 6.6.A), dan dapat tumbuh membentuk hamparan seakan padang rumput yang dijumpai di daratan, yang kemudian disebut sebagai padang lamun atau *seagrass bed* (Gambar 6.6.B). Dengan pola pertumbuhan yang demikian itu, lamun menciptakan habitat bagi berbagai jenis organisme laut.



---

Gambar 6.6. Morfologi eksternal Lamun (6.6.A, dari Tomascik et al., 1997), dan padang lamun (6.6.B, internet)

Pertumbuhan dan distribusi lamun sangat dipengaruhi oleh salinitas, cahaya, dan tingkat kekeruhan perairan. Di perairan keruh di estuari, pertumbuhan lamun terbatas pada kedalaman kurang dari satu meter, sedang di perairan yang berair jernih, lamun dapat tumbuh sampai kedalaman 30 meter.

Lamun memiliki beberapa fungsi ekologis yang penting, seperti:

- 1). Sebagai pembentuk habitat, sehingga dikenal adanya ekosistem lamun (*seagrass ecosystem*). Banyak populasi invertebrata dan ikan mempergunakan habitat lamun sebagai tempat asuhan (*nursery ground*), tempat mencari makan (*feeding ground*), dan tempat berkembang biak (*reproduction ground*).
- 2). Sebagai produsen primer yang penting karena memiliki produktifitas primer yang tinggi.
- 3). Detritus dalam jumlah besar yang dihasilkan oleh lamun sangat penting bagi aliran energi pada banyak ekosistem estuari.
- 4). Berperan dalam siklus unsur-unsur nutrisi yang penting.
- 5). Struktur tumbuhan dan cara tumbuhnya menyebabkan lamun dapat menangkap sedimen dan mengurangi erosi.
- 6). Tumbuhan lamun itu sendiri menjadi makanan bagi herbivora seperti penyu dan dugong.

#### 1.6.2.3. Mangrove

Mangrove (Gambar 6.7) adalah tumbuhan halofita yang dapat membentuk hutan di zona supratidal sampai subtidal dangkal di perairan tropis dan subtropis. Tumbuhan ini tumbuh dengan baik di perairan yang terlindungi, lagoon pasang surut, dan estuari yang terletak di antara 25°N sampai 25°S. Mangrove memperlihatkan pola pertumbuhan berzonasi yang berkaitan antara lain dengan toleransi terhadap salinitas, dan genangan pasang surut.



6.7.A. Hutan mangrove, di Pulau Bangka.



6.7.B. Mangrove “soliter”, di Cirebon, Jawa Barat.

Gambar 6.7. Mangrove. Bisa membentuk hutan mangrove di pantai (6.7.A) dan bisa tumbuh soliter (6.7.B).  
Oleh: Wahyu Budi Setyawan, 2006.

Mangrove memiliki beberapa fungsi ekologi yang penting seperti:

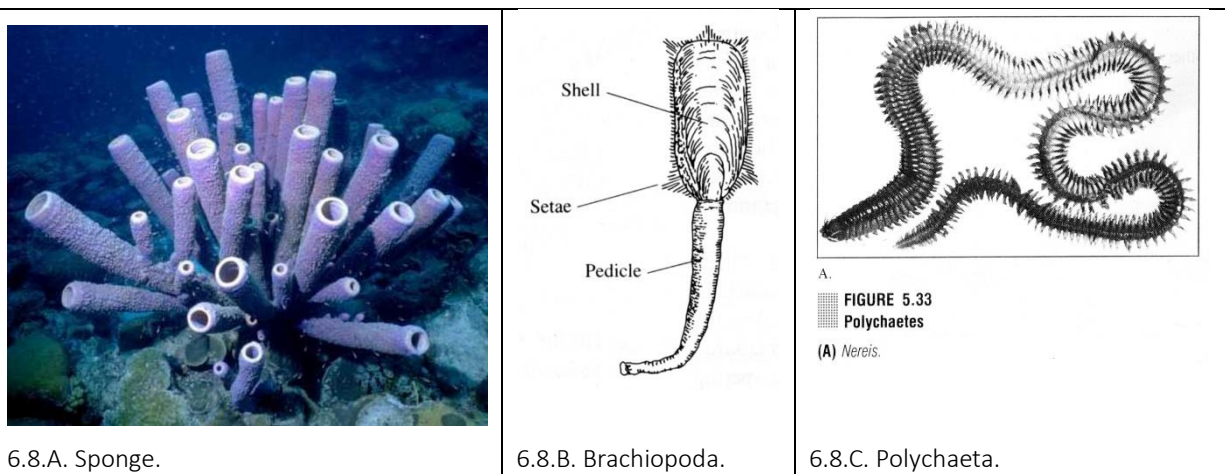
- 1). Sebagai pembentuk habitat, sehingga dikenal adanya ekosistem mangrove.
- 2). Memiliki produktifitas primer yang tinggi.
- 3). Berbagai jenis hewan mempergunakan mangrove sebagai habitat, seperti: serangga, reptil, dan berbagai jenis mamalia.
- 4). Jumlah besar detritus yang dihasilkan oleh mangrove sangat penting bagi aliran energi.
- 5). Sistem perakaran mangrove dapat berperanan sebagai pelindung garis pantai, meningkatkan stabilitas tebing, meningkatkan pertambahan garis pantai, dan meringankan bahaya erosi.
- 6). Bernilai ekonomis, baik dari vegetasi mangrove itu sendiri maupun dari berbagai jenis kehidupan yang menjadikan mangrove sebagai habitatnya.

## 1.7. Fauna Bentos

### 1.7.1. Macam-Macam Fauna Bentos

Secara garis besar, macam-macam fauna bentos adalah dari kelompok filum-filum berikut ini:

- 1). **Porifera**. Filum ini adalah hewan multiseluler yang paling sederhana yang secara umum dikenal sebagai "*sponge*". "*Sponge*" (Gambar 6.8.A) adalah organisme bentos yang hidup di berbagai lingkungan. Organisme ini menempel di dasar laut dan dijumpai di berbagai kedalaman. "*Siliceous sponge*" sangat melimpah di perairan dalam bila dibandingkan dengan jenis "*sponge*" yang lain.
- 2). **Cnidaria**. Filum ini sebelumnya sebagai **Coelenterata**. Klas yang penting dari filum ini adalah **Anthozoa**, yang meliputi sebagian besar koral, anemon laut, dan *alcyonarian*. Koral penting karena skeleton kalkareousnya dapat membentuk terumbu karang, yang dapat membentuk ekosistem terumbu karang di laut. Koral hidup di perairan dangkal dan hangat di daerah tropis dan subtropis. Kelas lainnya adalah Cubozoa (Ubur-ubur Kotak), Hydrozoa (Hidroid, Koral Api), dan Scyphozoa (Ubur-ubur). Koral akan dibahas lagi pada ekosistem terumbu karang.
- 3). **Brachiopoda**. Kelompok hewan ini penting bagi geologis karena banyak terawetkan sebagai fosil. Pada suatu waktu dalam sejarah geologi, hewan ini pernah sangat pelimpah, tetapi sekarang sedikit. Hewan ini memiliki dua cangkang kalkareous yang bertangkup, hidup menempel pada substrat dengan menggunakan penyangga (*stalk*) atau *burrowing* (Gambar 6.8.B), terutama di daerah litoral.
- 4). **Annelida**. Filum hewan ini adalah kelompok cacing bersegmen, dan sebagian besar spesiesnya adalah fauna bentos. Klas yang penting dari filum ini adalah **Polychaeta** yang tersebar luas di lingkungan laut, dan umumnya dijumpai di zona intertidal (Gambar 6.8.C). Sebagian besar Annelida adalah organisme bentos yang bergerak di permukaan dasar laut (*surface crawler*), dan sebagian lagi adalah organisme pembor (*burrower*).



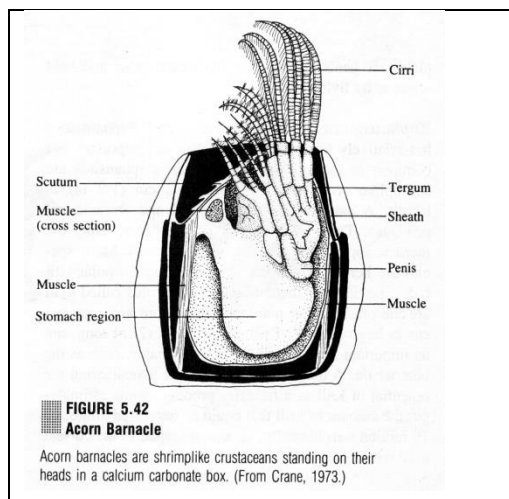
Gambar 6.8. Beberapa macam fauna bentos. Sumber: Gambar 6.8.A dari Missouri Botanical Garden (2002);



Gambar 6.8.B dan C dari Webber dan Thurman (1991).

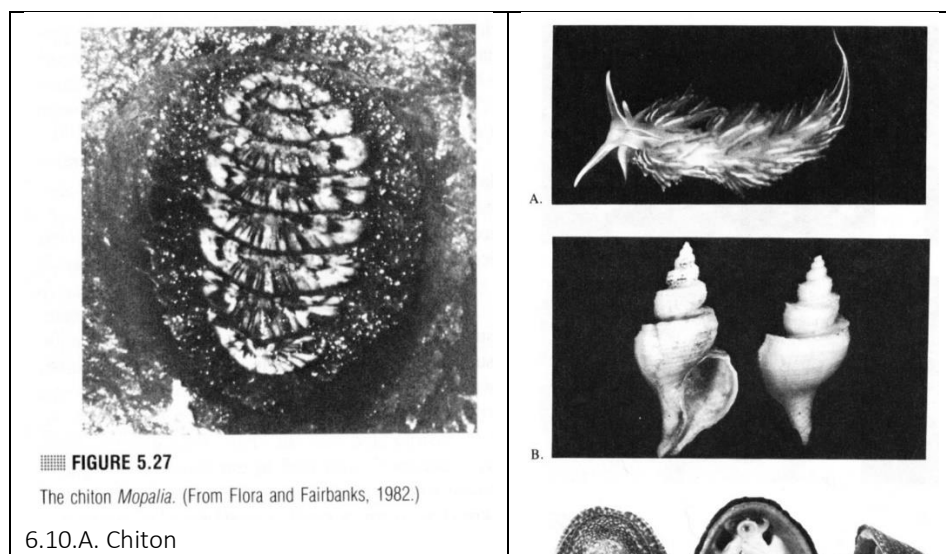
- 5). **Arthropoda**. Kelompok hewan berkerangka luar (*external skeleton*) yang bersegmen-segmen. Sub-filum yang penting adalah **Crustacea**, karena sangat umum dijumpai di lingkungan laut. Beberapa jenis crustacea memiliki nilai ekonomi penting, yaitu kepiting (*crab*), udang, dan lobster dari kelas malacostraca, order Decapoda. Kelas **Cirripoda (Barnacles)** adalah hewan yang hidup menempel permanen pada substrat di lingkungan laut (Gambar 6.9). Sekilas, hewan ini mirip dengan moluska karena memiliki cangkang kalkareous yang berat.

6). M  
o  
l  
u  
s  
k  
a  
.  
S  
e

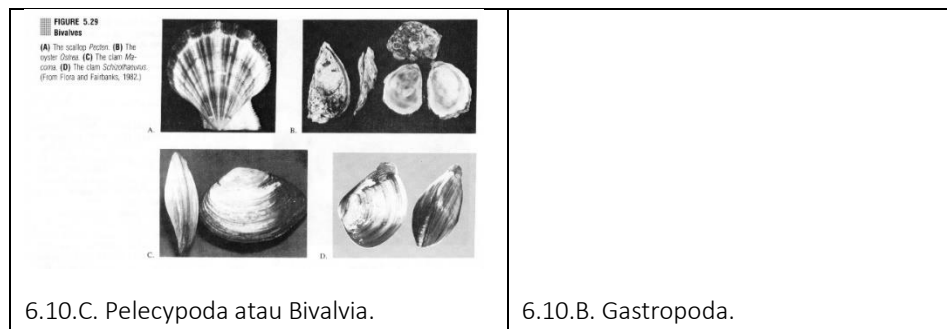


Gambar 6.9. Barnakel, hewan yang hidup di dalam kerangka luar karbonatan yang menempel permanen pada substrat di lingkungan laut. Dari Webber dan Thurman (1991).

bagian besar filum moluska adalah hewan bertubuh lunak yang dilindungi oleh cangkang yang keras. Ada tiga kelas moluska yang sangat umum yang merupakan hewan bentos, yaitu Polyplacophora (Amphineura), Gastropoda, Pelecypoda (Bivalvia).



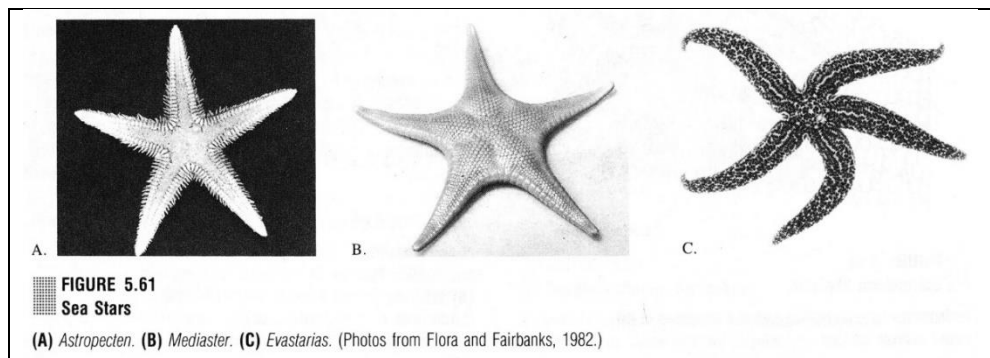
6.10.A. Chiton



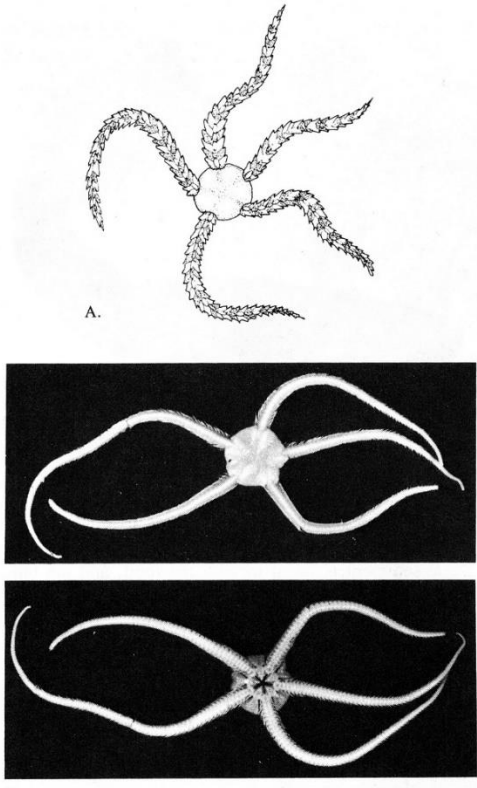
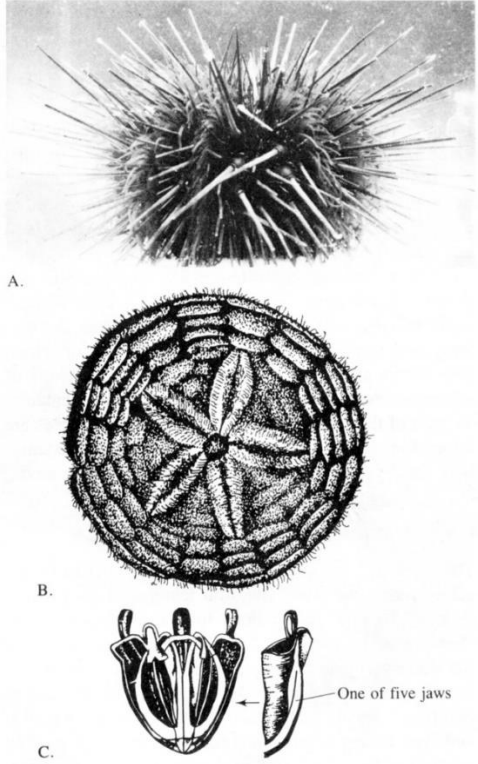
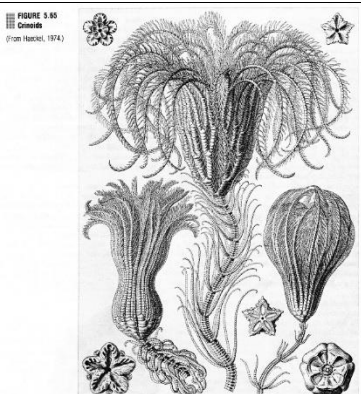
Gambar 6.10. Macam-macam moluska. *Dari Webber dan Thurman (1991).*



- Kelas **Polyplacophora** adalah kelas dari hewan **Chiton** yang memiliki cangkang bersegmen (Gambar 6.10.A). Hewan ini hidup di bawah permukaan sedimen, ukurannya 2 – 30 cm.
  - Kelas **Gastropoda** adalah kelas yang sangat umum dari filum moluska ini. Hidupnya di lingkungan laut di atas dasar yang keras dan lunak. Ciri cangkang gastropoda adalah berbentuk tabung atau kerucut terputar (*coiled*) (Gambar 6.10.B). Cangkang gastropoda sangat disukai oleh kolektor cangkang karena ukiran dan warna cangkang yang sangat indah dan mengesankan.
  - Kelas **Pelecypoda (Bivalvia)** hidup membenamkan diri di dalam sedimen pasir dan lumpuran. Hewan ini mempunyai dua cangkang yang setangkup (Gambar 6.10.C). Sebagian besar bivalvia adalah “*filter feeder*”.
- 7). **Echinodermata**. Semua anggota filum ini adalah hewan laut bentos. Filum ini dibedakan menjadi lima kelas, yaitu Asteroidea, Ophiuroidea, Echinonoidea, Holothuroidea, dan Crinoidea.
- Kelas **Asteroidea** dikenal sebagai bintang laut (*sea star*) (Gambar 6.11.A). Hidup di atas substrat keras (*rocky*), berpasir, dan berlumpur.
  - Kelas **Ophiuroidea** memiliki bentuk yang sama dengan bintang laut, tetapi umumnya lebih kecil, dan kakinya lebih kecil dari pada bintang laut (Gambar 6.11.B). Kaki yang kecil itu menyebar radial dari tubuh yang berbentuk cakram. Hidup di atas dan di bawah batu, dan di atas lumpur di zona intertidal sampai perairan dangkal.
  - Kelas **Echinoidea** memiliki tubuh ditumbuhi jarum-jarum (Gambar 6.11.C). Bentuk tubuhnya membulat (contohnya: bulu babi), atau memipih (contohnya: *sand dollar*). **Bulu babi (Acanthaster)** adalah hewan pemakan koral. Pertumbuhan populasinya dapat terjadi sangat cepat dan berkembang dengan cepat pula. Hewan ini dapat menyebabkan kerusakan yang meluas dalam waktu singkat di kawasan terumbu karang.
  - Kelas **Holothuroidea** dikenal sebagai **teripang** (*sea cucumber*, timun laut) (Gambar 6.11.D). Bertubuh lunak dan memanjang. Hewan ini adalah *deposit feeder* yang hidup di permukaan atau menggali substrat pasir dan lumpur. Hewan ini memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan banyak dibudidayakan.
  - Kelas **Crinoidea** dikenal sebagai lilia laut (*sea lilies*) (Gambar 6.11.E). Hewan ini terdiri dari dua tipe, yaitu yang hidup menempel (*sessile*) dan bergerak bebas. Hidup di perairan tropis mulai dari subtidal dangkal sampai perairan dalam.



6.11.A. Macam-macam Bintang Laut atau *Sea Strar*. Dari Webber dan Thurman (1991).

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p><b>FIGURE 5.62</b><br/><b>Brittle Stars</b></p> <p>(A) The Serpent star <i>Ophioporeis</i>. (B) The brittle star <i>Ophiura</i>. (A from Crane, 1973. B from Flora and Fairbanks, 1982.)</p> |  <p><b>FIGURE 5.63</b><br/><b>Echinoids</b></p> <p>(A) The sea urchin <i>Strongylocentrotus</i>. (B) A sand dollar. (C) Aristotle's lantern (jaws of a herbivorous sea urchin). (A from Flora and Fairbanks, 1982.)</p> |
| <p>6.11.B. Ophiuroid atau <i>Brittle Star</i>.</p>                                                                                                                                              | <p>6.11.C. Macam-macam Echinoid.</p>                                                                                                                                                                                   |
| <p>6.11.D. Holothuroid atau teripang atau timun laut.</p>                                                                                                                                                                                                                          | <p>6.11.E. Crinoid atau lilia laut.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    |

Gambar 6.11. Macam-macam Echinodermata. Dari Webber dan Thurman (1991), kecuali 6.11.D dari Asikin Djarnali, koleksi pribadi, 2006.

### 1.7.2. Klasifikasi Fauna Bentos

Berdasarkan pada ukurannya, fauna bentos dapat empat kelompok (Kennish, 1994), yaitu:

- 1). **Mikrofauna** – lolos saringan 0,04 – 1 mm. Kelompok ini sebagian besar terdiri dari protozoa.
- 2). **Meiofauna** – tertahan pada saringan 0,04 – 1 mm. Meiofauna dapat dibedakan menjadi dua, yaitu (1) meiofauna temporer – meiofauna yang berupa juvenil, dan (2) meiofauna permanen seperti: nematoda, rotifer, dan ostracoda. Komposisi spesies meiofauna di suatu lokasi tertentu sebagian ditentukan oleh tipe sedimen. Misalnya, meiofauna di endapan pasir adalah vermiform, yang hidup di dalam rongga antar butiran. Pada endapan berlumpur, meiofauna pembor sangat dominan. Dari daerah intertidal sampai subtidal, distribusi meiofauna setempat-setempat. Hal ini karena pengaruh berbagai faktor lingkungan (seperti: temperatur, selinitas, pengeringan, dan ukuran butir sedimen), dan interaksi biologis (seperti: pemangsaan, kompetisi, dan bioturbasi). Salinitas sangat mempengaruhi densitas kehadiran meiofauna di suatu tempat. Makin tinggi salinitas, kehadirannya makin tinggi. Perubahan komposisi spesies dan kelimpahannya juga berkaitan dengan perubahan temperatur musiman. Distribusi vertikal meiofauna di dalam sedimen dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen terlarut, kelimpahan material organik, ukuran butir sedimen, dan pemangsaan selektif.
- 3). **Makrofauna** – tertahan pada saringan 0,5 – 2,0 mm. Komposisi spesies dan kelimpahan makrofauna bentos memiliki variasi temporal dan spasial yang lebar. Perubahan besar kelimpahan makrofauna selama setahun disebabkan oleh periodisitas normal reproduksi, rekrutmen, dan mortalitas.
- 4). **Megafauna** – fauna kasar yang dapat di-identifikasi dengan mata telanjang.

Fauna bentos dapat juga diklasifikasikan berdasarkan pada kebiasaan hidup dan adaptasi menjadi: (1) **epifauna** – yang hidup di atas dasar laut atau menempel pada substrat, dan (2) **infauna** – yang hidup di dalam sedimen dasar laut.

Selanjutnya, berdasarkan pada kebiasaan makannya (*feeding habit*), fauna bentos dapat dibedakan menjadi lima macam, yaitu: (1) **suspension feeder** – pemakan suspensi, (2) **deposit feeder** – pemakan endapan sedimen, (3) **herbivor** – pemakan tumbuhan, (4) **carnivor** – pemakan hewan, dan (5) **scavenger** – pemakan detritus.

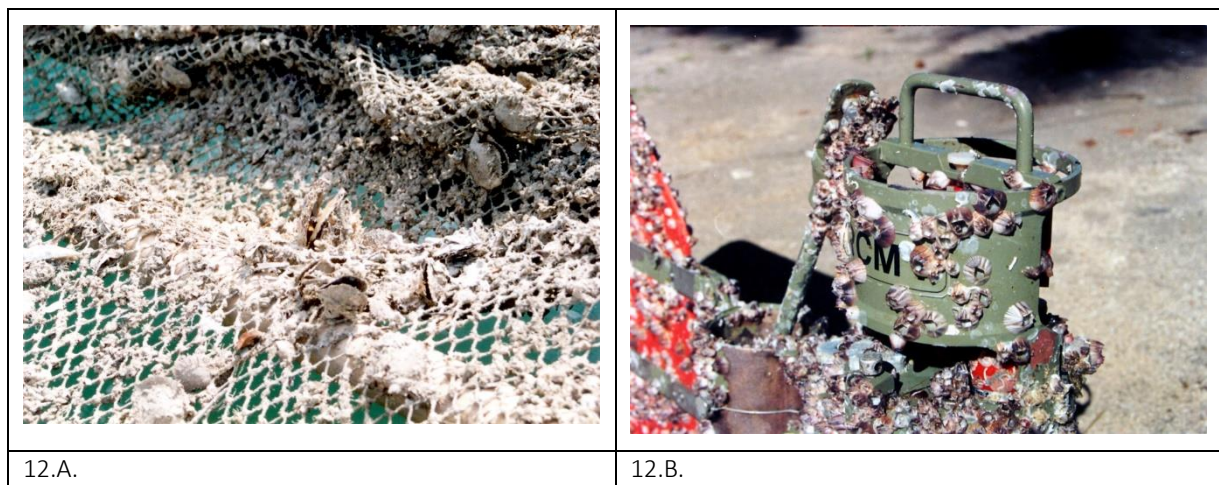
### 1.7.3. Distribusi Spasial Makrofauna Bentos

Distribusi spasial makrofauna bentos dapat dibedakan menjadi tiga tingkat, yaitu (1) distribusi lokal – seperti lokasi-lokasi di dalam suatu estuari, (2) distribusi regional – seperti dalam skala estuari, dan (3) distribusi global. Faktor-faktor yang mempengaruhi penyebaran itu adalah faktor fisika, kimia, dan biologi. Faktor-faktor tersebut juga mempengaruhi morfologi fungsional, dan sifatnya (*behavior*).

Komposisi spesies dan distribusi lokal makrofauna bentos berkaitan dengan berbagai

faktor fisik, seperti: gelombang dan arus, karakter sedimen, dan kedalaman air; faktor biologi, seperti: pemangsa dan kompetisi; faktor kimia, seperti: konsentrasi oksigen. Sementara itu, komposisi spesies makrofauna di dalam suatu habitat sangat dipengaruhi oleh tipe sedimen (ukuran butir sedimen).

Pola distribusi skala besar dari makrofauna bentos dipengaruhi oleh: (1) gradasi perubahan kondisi lingkungan, dan (2) penyebaran larva dan keberhasilan rekrutmen. Pada skala global, sangat sedikit makrobentos yang mempunyai penyebaran kosmopolitan. Spesies-spesies *fauling* (penempel, Gambar 6.12) cenderung memiliki penyebaran yang luas. Distribusi skala global dapat terjadi karena: (1) migrasi dewasa, (2) hanyut terbawa arus (*rafting*), dan (3) aktifitas manusia.



Gambar 12. Organisme makrobentos yang merupakan spesies-spesies fauling yang menempel pada jaring keramba, di Bangka Timur (12.A) dan pada Current meter di Teluk Kombal, Lombok Barat (12.B). Oleh: Wahyu Budi Setyawan, 2006.

#### 1.7.4. Diversitas

Secara sederhana, diversitas adalah banyaknya jenis di dalam suatu komunitas tertentu. Makin banyak jenis organisme di dalam suatu komunitas, berarti diversitasnya makin tinggi. Penjelasan lebih jauh tentang diversitas akan diberikan di dalam bab Ekologi Laut.

Tampak perbedaan yang nyata antara fauna bentos di paparan benua pada berbagai lingkungan dengan fauna bentos laut dalam. Bila kita bergerak dari habitat bentik di paparan benua – zona supratidal, intertidal, subtidal, terus ke sepanjang lereng benua di laut dalam – zona batial, maka fauna bentos (seperti: bivalvia, polychaeta, gastropoda, foraminifera bentos) menurun sedang diversitas spesiesnya meningkat. Selanjutnya, dari tinggian benua sampai ke dataran abisal, diversitas spesies menurun lagi. Pengecualian terjadi pada “*deep-sea hydrothermal vent*” (lubang hidrotermal laut dalam) di pematang tengah samudera. Di kawasan tersebut komunitas memperlihatkan karakteristik biomassa dan diversitas seperti halnya komunitas perairan dangkal (Kennish, 1994). Produksi primer kemosintetik yang tinggi (*high chemosynthetic primary production*) pada semburan hidrotermal memberikan nutrisi langsung menyuburkan populasi kehidupan di lingkungan itu.

#### 1.8. Nekton

Hewan yang termasuk dalam kategori ini adalah Klas Cephalopoda dari Filum Moluska, udang dari Klas Malacostraca dari Subfilum Crustacea dari Filum Arthropoda, ikan, mamalia laut, dan reptilia laut.

##### 1.8.1. Cephalopoda

Kelompok hewan ini mempunyai kemampuan berenang yang aktif. Hewan yang

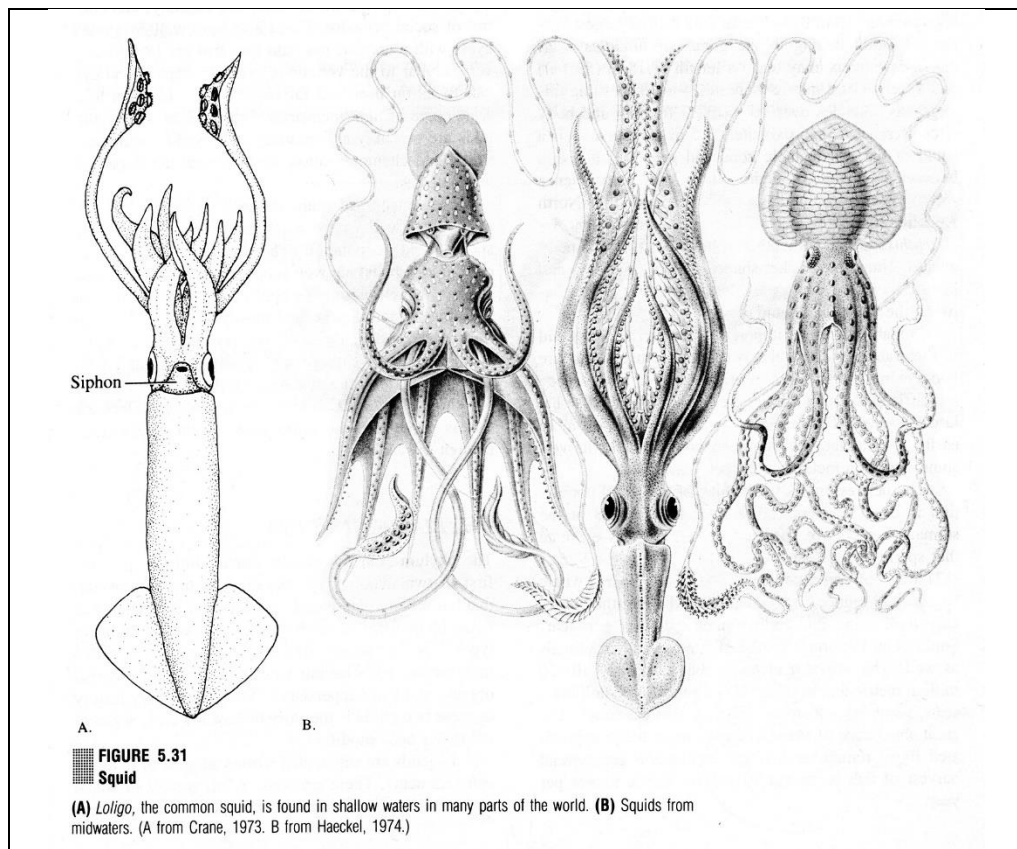


termasuk dalam kelompok ini antara lain cumi-cumi dan gurita (Gambar 6.13). Ukurannya dapat mencapai 12 meter. Beberapa jenis hewan dari kelompok ini mempunyai nilai ekonomis.

#### **1.8.2. Udang**

Udang ada yang hidup sebagai fauna bentos dan ada yang sebagai nekton. Hidup di perairan pesisir sampai laut dalam. Hewan ini mempunyai nilai ekonomis sangat penting.





Gambar 6.13. Macam-macam Cephalopoda. Dari Webber dan Thurman (1991).

### 1.8.3. Ikan

Ikan adalah hewan laut yang sangat dikenal dan memiliki nilai ekonomis sangat penting. Ada tiga kelas vertebrata laut yang memiliki spesies yang biasa kita sebut sebagai ikan, yaitu:

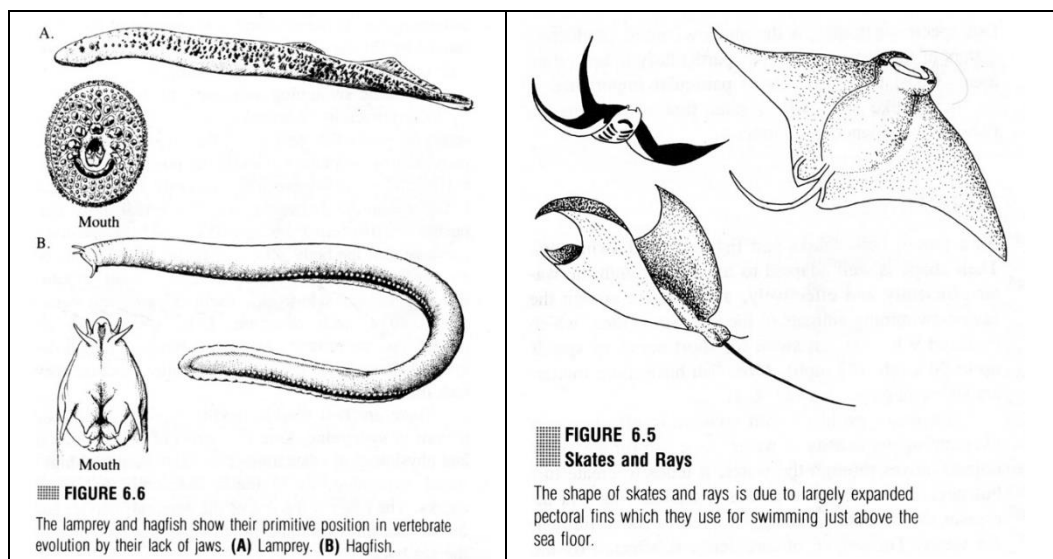
- 1). Klas **Cyclostomata** – ikan yang tidak memiliki rahang (Gambar 6.14). Hidup terutama sebagai parasit.
- 2). Klas **Chondrichthyes** – kelompok ikan bertulang rawan. Anggota kelompok ini adalah ikan pari (Gambar 15) dan ikan hiu (Gambar 6.16). Ikan hiu umumnya dijumpai di lingkungan laut dalam, sedang ikan pari cenderung dijumpai di lingkungan bentos dan berenang di atas permukaan dasar laut.
- 3). Klas **Osteichthyes** – kelompok ikan bertulang keras.

Jenis-jenis ikan di daerah epipelagis dan mesopelagis berbeda satu sama lain. Jenis-jenis ikan epipelagis, seperti ikan tuna, cenderung untuk menjadi besar (lebih dari 1 meter panjangnya), bersifat aktif, dan karnivora. Jenis-jenis ikan di daerah ini sebagian besar adalah ikan daerah tropis, tetapi secara teratur bermigrasi ke daerah temperate untuk mencari makan pada musim semi. Sebaliknya, ikan-ikan mesopelagis umumnya kecil

(panjang sekitar 15 cm) dan memakan plankton. Pergerakan utama ikan mesopelagis adalah migrasi harian secara vertikal.

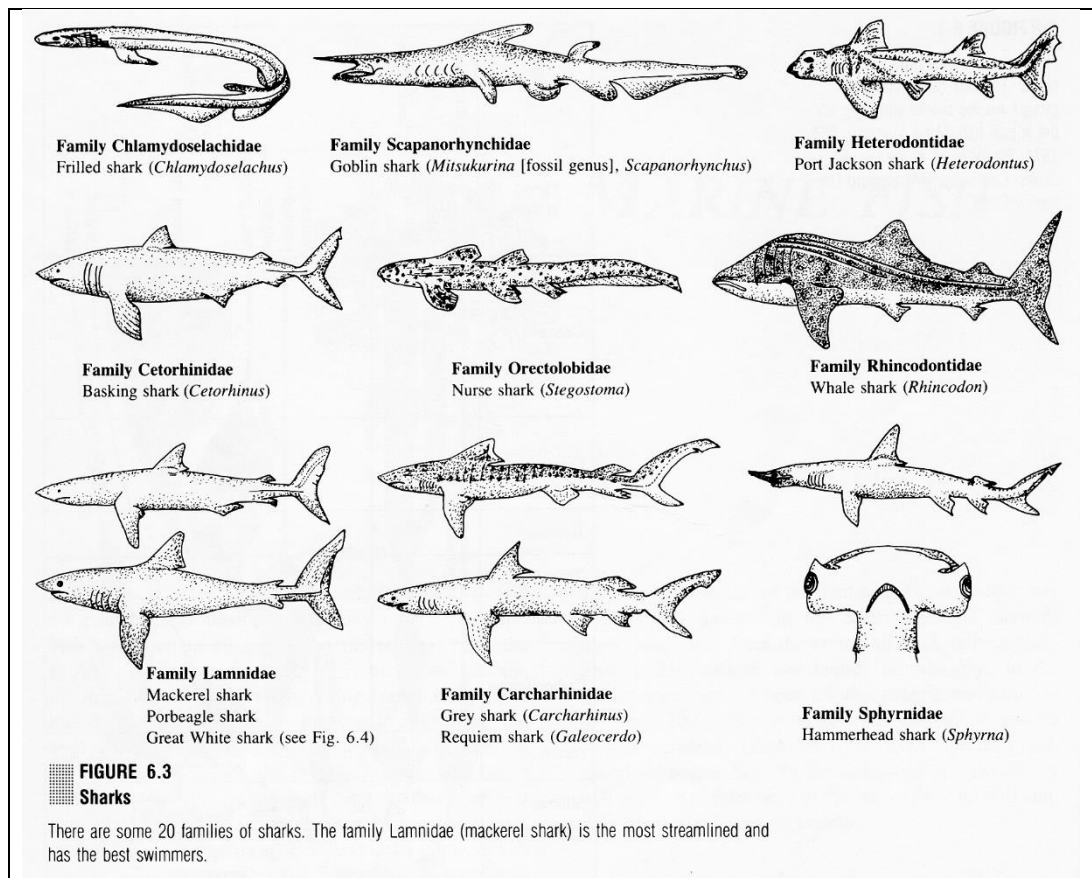
Kemudian, berdasarkan pada pola hidupnya, ikan dapat dibedakan menjadi:

- 1). Ikan **demersal** – ikan-ikan yang hidup di dasar atau dekat dasar laut. Ikan-ikan kelompok ini memiliki tubuh yang panjang seperti belut dan lebih panjang dari pada tubuh ikan-ikan pelagis dan berenanganya relatif lambat .
- 2). Ikan **pelagis** – ikan-ikan yang hidup jauh dari dasar laut atau di tengah air (*mid-water*) dan dekat ke permukaan laut. Ikan-ikan kelompok ini ada yang melakukan migrasi jarak jauh seperti ikan tuna dan salmon. Sebagian migrasi ikan berkaitan dengan kegiatan reproduksi dan mencari makan. Yang dimaksud dengan migrasi adalah perpindahan dari satu tempat ke tempat lain yang dapat diprediksi pada waktu yang dapat diprediksi (Webber dan Thurman, 1991). Jarak migrasi terdekat sekitar 25 km.



Gambar 6.16. Macam-macam ikan tanpa rahang. Dari Webber dan Thurman (1991).

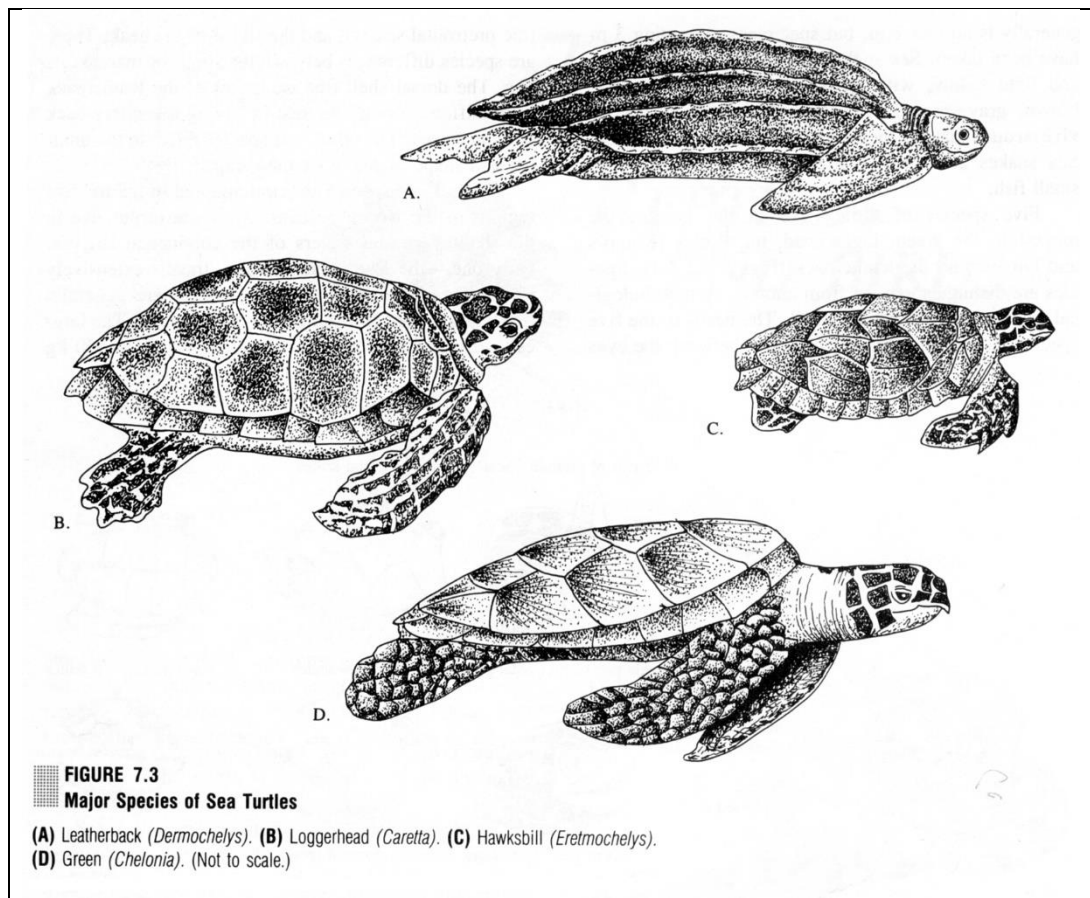
Gambar 6.15. macam-macam ikan pari. Dari Webber dan Thurman (1991).



Gambar 6.16. Macam-macam ikan hiu. *Dari Webber dan Thurman (1991).*

#### 1.8.4. Reptilia Laut

Reptilia laut adalah hewan amfibi yang hidup di perairan tropis dangkal dekat pantai. Hewan yang termasuk kelompok ini adalah ular laut dan penyu (Gambar 6.17). Ular laut adalah predator yang memakan ikan kecil-kecil; sedang penyu makanannya sangat bervariasi, antara lain daun lamun, ubur-ubur, “sponge”, dan kepiting. Penyu dimakan oleh ikan hiu.

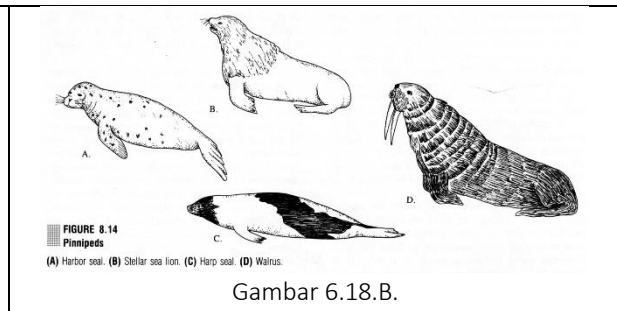
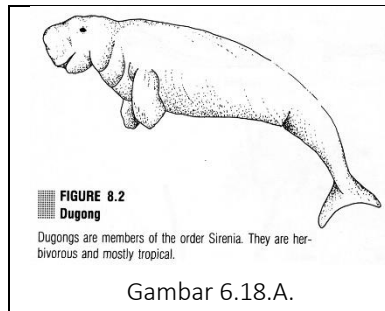


Gambar 6.17. Macam-macam penyu. Dari Webber dan Thurman (1991).

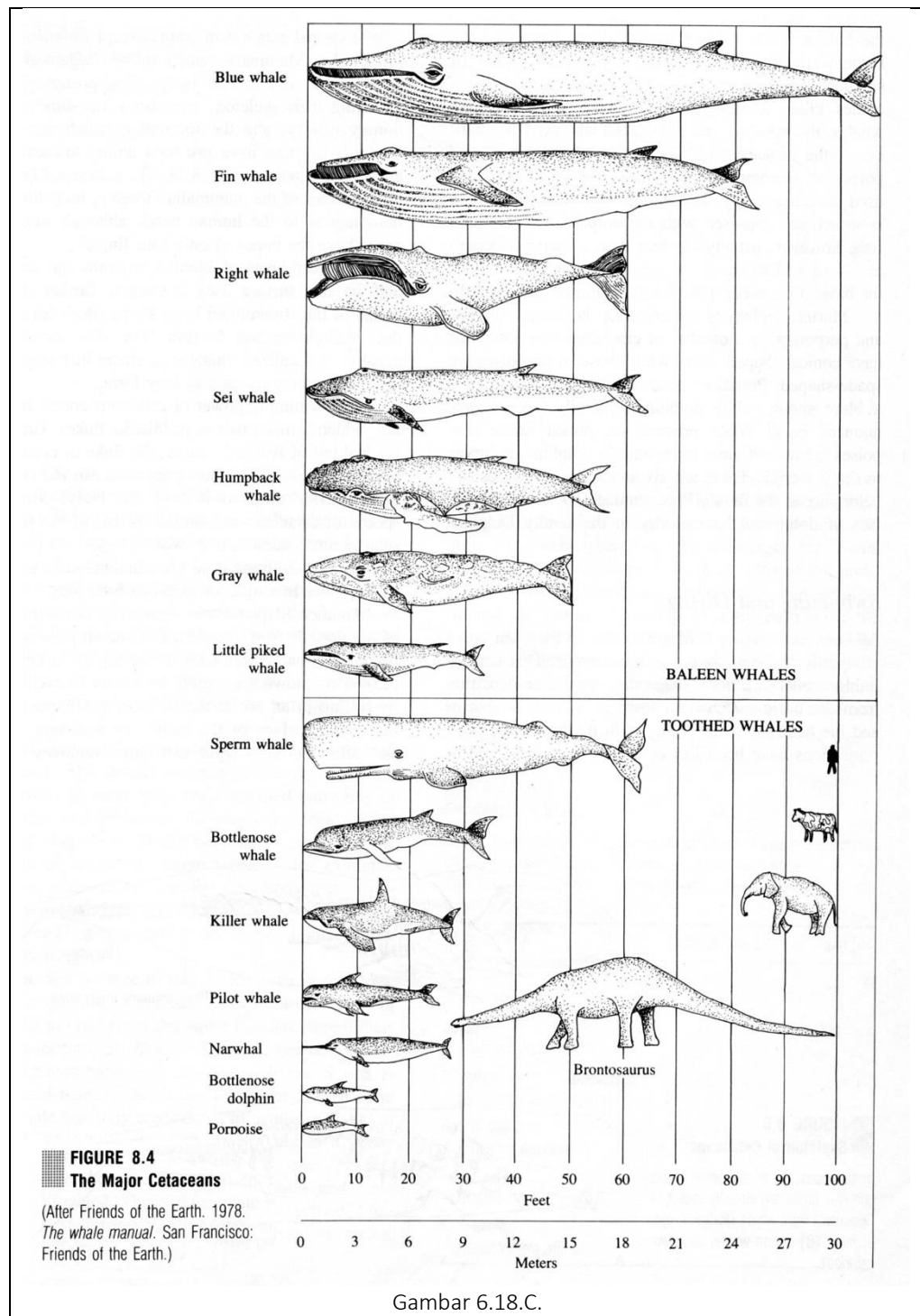
### 1.8.5. Mamalia Laut

Ada tiga kelompok mamalia laut, yaitu:

- 1). **Serenian** – terdiri dari dugong (Gambar 6.18.A), manatee, dan “sea cow”. Kelompok ini adalah herbivora, dan sebagian besar hidup di daerah tropis, dan memakan lamun.
- 2). **Pinniped** – terdiri dari anjing laut, singa laut, dan walrus (Gambar 6.18.B). Hewan ini terutama dijumpai di daerah temperate dan kutub. Kelompok hewan ini banyak menghabiskan waktu di darat.
- 3). **Cetacean** – terdiri dari ikan paus, dan lumba-lumba (dolphin) (Gambar 6.18.C). Semuanya adalah carnivora. Kelompok hewan ini melakukan migrasi yang ditentukan oleh pola makan dan reproduksi.







Gambar 6.18.C.

Gambar 6.18. Macam-macam mamalia laut: Dugong (6.18.A), macam-macam Pinniped (6.18.B), dan macam-macam anggota Cetacea (6.18.C). Dari Webber dan Thurman (1991).

## 2. Massa Udara

Massa udara didefinisikan sebagai sekelompok besar udara dimana suhu, kelembaban, dan stabilitas hidrostatiknya relatif seragam pada arah horizontal. Kawasan sumber diartikan sebagai permukaan yang homogen dimana massa udara terbentuk. Diseluruh muka bumi kawasan sumber diklasifikasi menjadi empat lokasi, yaitu :

1. Samudera-samudera tropis dan subtropis hangat.
2. Padang pasir continental subtropis yang panas.
3. Samudera lintang tinggi yang relatif dingin.
4. Benua lintang tinggi yang dingin dan kawasan es/salju.

Dari empat kawasan sumber terbentuk empat kelas massa udara, yaitu :

1. Maritim tropis (mT)
2. Kontinental tropis (cT)
3. Maritim polar (mP)
4. Kontinental polar dan artik (cP dan cA)

Dari keempat kelas tersebut mempunyai karakteristik fisik seperti suhu, kelembaban spesifik, stabilitas yang berbeda-beda.

| Massa Udara               | Suhu (oC)     | Kelembaban Spesifik (g/kg) | Stabilitas                            | Kawasan Sumber                                                  |
|---------------------------|---------------|----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>mT</b>                 | 22 – 30       | 15 – 20                    | Stabilitas bersyarat                  | Samudera tropis, Subtropis, Amazone, Congo basin, Asia tenggara |
| <b>cT</b>                 | 30 – 42       | 5 – 10                     | Stabil bersyarat, lapse rate 0 – 3 km | Gurun subtropis, Sahara, dan Gurun Australia                    |
| <b>mP (winter;summer)</b> | 0 – 0 ; 2 – 4 | 3 – 8 ; 5 – 10             | Stabil bersyarat                      | Samudera pada lintang 45 – 50 derajat dan Kutub                 |
| <b>cP (Winter)</b>        | -35 – -20     | 0,2 – 0,6                  | sangat stabil (inversi di permukaan)  | Benua pada lintang 45 – 50 derajat                              |
| <b>cP (summer)</b>        | 5 – 15        | 4 – 9                      | Stabil/stabil bersyarat               |                                                                 |
| <b>cA Winter</b>          | -55 – -35     | 0,05 – 0,2                 | sangat stabil (inversi 0 – 2 km)      |                                                                 |

Gambar. 4.1. Tabel klasifikasi Massa Udara

## 2.1. Modifikasi Massa Udara

Massa udara adalah sekelompok massa yang bergerak dinamis, sehingga akan selalu bergerak dari kawasan sumber (asal terciptanya) ke lokasi yang lain. Perpindahan ini akan membawa konsekuensi terjadinya modifikasi. Modifikasi yang terjadi melalui dua cara, yaitu (1) akan terjadi permukaan lembab dan panas, (2) menjadi stabil (turun) atau menjadi tidak stabil (udara bergerak naik). Modifikasi yang terjadi tergantung pada wilayah yang dilewati bila wilayah yang dilewati hangat, maka massa udara akan termodifikasi menjadi hangat dan



dituliskan pada huruf ketiganya huruf w, jika udara melewati lokasi yang dingin maka huruf ketiganya menjadi c. Setelah terjadinya percampuran massa udara, maka udara akan mengalami dua hal, yakni menjadi tidak stabil atau stabil sehingga huruf keempatnya menjadi u untuk yang tidak stabil dan s untuk yang stabil.

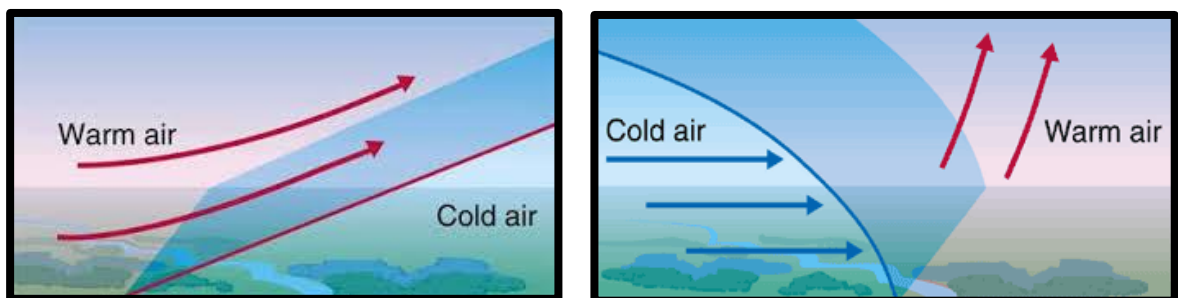
## 2.2. Front

Front didefinisikan sebagai kawasan transisi tempat bertemunya dua massa udara yang berbeda sifat dan kekuatannya. Lokasi kejadian di lintang tinggi, sekitar 66,5 derajat lintang utara dan selatan. Awal pembentukan, perkembangan, hingga penguatan front dikenal dengan istilah **Frontogenesis**, sedangkan fase akhir penyalpan atau penghancuran front dikenal sebagai **Frontolisis**. Front sama halnya dengan ITCZ merupakan siklon (pusat tekanan rendah) sehingga mengakibatkan cuaca buruk.

### 2.2.1. Jenis – Jenis Front

Berdasarkan hasil akhir dari pertempuran dua massa udara, mana yang menjadi dominan akan dijadikan nama dari front tersebut, sehingga diklasifikasikan menjadi lima (5) jenis front, yaitu :

1. Front dingin : massa udara dingin menggilas massa udara panas.
2. Front panas : massa udara panas mendesak massa udara dingin.
3. Front campuran : front dingin dan front panas bertemu sehingga front dingin akan lebih cepat mengambil alih lokasi front panas.



Gambar 4.2. Front Panas (kiri), Front Dingin (kanan)

### Ciri – Ciri Front

- a. Sepanjang garis front terjadi angin yang bergerak dari arah yang berlawanan.
- b. Sepanjang front terdapat perbedaan suhu yang tajam.
- c. Cuaca buruk seperti hujan badai 2 jam pada front dingin, hujan gerimis yang lama (2 hari) pada front panas dan adanya kabut pada awal pembentukan front.
- d. Pada lokasi dekat front beda suhu  $T$  dan  $T_d$  (suhu titik embun) kecil bahkan hampir sama.

- e. Garis isobar (garis-garis yang menghubungkan lokasi-lokasi yang memiliki tekanan udara yang sama) berbentuk patahan dan patahan terjadi pada lokasi siklon (tekanan rendah).

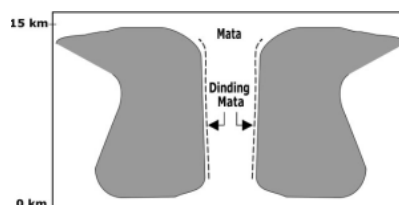
| Indikator                                 | Front Dingin                                                                                               | Front Panas                                                                                             |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pada zona transisi                        | Mempunyai slope 1 : 80 hingga 1 : 150                                                                      | Slope antara 1: 120 hingga 1 : 300                                                                      |
| Proses kejadian front                     | Seperti skop membongkar tanah, udara panas terdesak, cepat, sehingga membentuk cuaca buruk dan squall line | Seperti udara naik pegunungan akan terbentuk kabut yang seringkali membuat hujan gerimis berkepanjangan |
| Awan-awan yang terbentuk                  | Cu (Cumulus) dan Cb (Cumulonimbus)                                                                         | Virus, Cirrocumulus, Cirrostratus, Altopumulus, dan Altostratus serta Nimbostratus, dan Cumulus         |
| Indikator selama front hingga berakhirnya | Hujan badai sangat besar, guntur, dan kilat selama 2 – 3 jam                                               | Hujan gerimis hingga sedang yang berlangsung lama 2 – 3 hari                                            |

Tabel perbedaan Front Dingin dan Front Panas

## Bencana Meteorologi

### 3. Siklon Tropis

Siklon Tropis (Tropical Cyclone) merupakan istilah dalam meteorologi untuk suatu daerah bertekanan sangat rendah yang ditopang oleh angin yang berputar dengan kecepatan lebih dari 118 km/jam. Dilihat dari atas, siklon tropis tampak seperti pusaran awan yang bergerak dengan diameter ratusan kilometer. Bagian tengah siklon tropis disebut mata dengan diameter antara 10 hingga 100 kilometer dan menjulang dengan ketinggian mencapai 12 – 15 km. Pada bagian mata ini, keadaan cuacanya cerah dengan angin yang relatif tenang. Mata siklon tropis dikelilingi oleh dinding mata berupa angin yang bergerak spiral dari bawah ke atas dan dipenuhi awan-awan. Pada dinding mata ini keadaan cuaca sangat buruk dengan hujan lebat, badai guruh serta tiupan angin sangat kencang.



Gambar 5.1. Struktur Siklon Tropis

#### 3.1.1. Pembentukan Siklon Tropis

Siklon tropis terbentuk di atas laut di daerah tropis. Terdapat beberapa kondisi yang menyebabkan siklon tropis terbentuk. Pembentukan siklon tropis terjadi ketika:

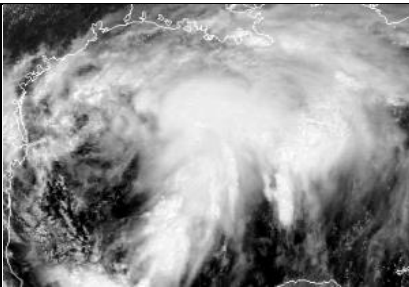
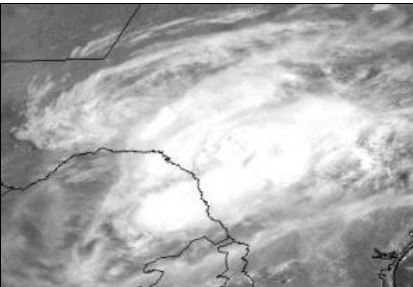
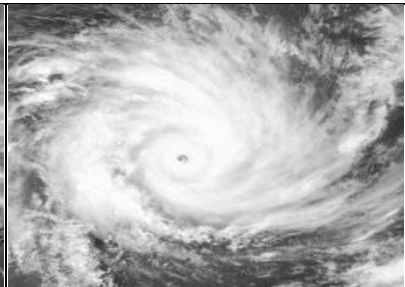
- a. Suhu permukaan laut yang panas (di atas 26° C ) menyebabkan tekanan di atas permukaan laut tersebut menjadi rendah.

- b. Adanya pusat bertekanan rendah ini menimbulkan angin yang bergerak dari yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah tersebut.
- c. Gaya Coriolis menyebabkan angin yang menuju daerah tekanan rendah dibelokkan dan pada jarak tertentu angin tersebut naik ke atas secara spiral.
- d. Udara basah yang terbawa oleh angin yang bergerak ke atas tersebut kemudian berkondensasi (mengembun), membentuk awan sambil melepaskan panas laten.
- e. Panas laten menyebabkan udara disekitarnya memuai dan terdorong keluar dari pusat badai. Hal ini menyebabkan tekanan di lapisan bawah terus berkurang sehingga angin bergerak masuk lebih cepat dan lebih banyak uap air yang terbawa.
- f. Siklus ini terus berulang membuat badai lebih hebat sampai ada faktor yang membuatnya lemah.

### 3.1.2. Fase Pertumbuhan Siklon Tropis

Pembentukan siklon tropis mengalami beberapa tahap, yaitu depresi tropis, badai tropis dan kemudian siklon tropis.

1. Gangguan Tropis  
Ditandai dengan gangguan atmosfer, mulai terbentuknya perawanan dengan awan-awan konvektif. Belum ada pusat sirkulasi, namun terkadang sudah mulai terbentuk sabuk perawanan spiral
2. Depresi Tropis  
Jika angin di atas permukaan yang masuk berkecepatan antara 37–63 km per jam (20-34 knot ) maka disebut depresi tropis. Bentuknya belum mempunyai mata dan tidak berpilin.
3. Badai Tropis  
Jika kecepatan angin terus meningkat mencapai antara 64-118 km per jam (35-64 knot), depresi tropis tumbuh menjadi badai tropis. Bentuk sikloniknya (berpilin) sudah mulai terbentuk namun belum memiliki mata.
4. Siklon Tropis  
Jika kecepatan angin mencapai lebih besar dari 118 km/jam (>64 knot), maka badai tropis tumbuh menjadi siklon tropis. Mata dan pusaran angin sudah terbentuk.

|                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| Depresi Tropis                                                                      | Badai Tropis Charli di Texas.                                                        | Siklon Tropis Gafilo                                                                  |

Gambar 5.2 Tahap pembentukan siklon tropis

### 3.1.3. Rotasi

Arah rotasi atau putaran pada siklon tropis tergantung pada daerah pembentukannya. Di belahan bumi bagian selatan, arah rotasi searah dengan putaran jarum jam. Sedangkan di belahan bumi bagian utara, arah rotasi berlawanan arah dengan putaran jarum jam. Arah rotasi tersebut dipengaruhi oleh gaya coriolis. Arah putaran siklon tropis. Di belahan bumi bagian selatan (B) searah dengan putaran jarum jam. Di belahan bumi bagian utara (A) berlawanan arah dengan putaran jarum jam.

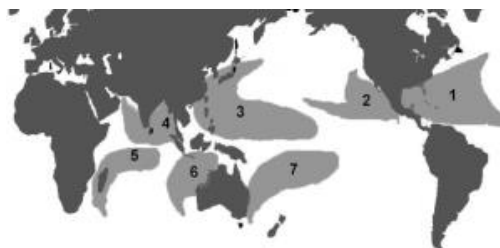
### 3.1.4. Pelemahan

Siklon tropis merupakan sistem yang besar terdiri dari angin, awan, dan badai guruh. Sumber energi utamanya adalah panas laten yang dilepaskan oleh proses kondensasi (pengembunan) uap air menjadi awan. Berkurangnya proses kondensasi dan panas laten menyebabkan kekuatan siklon tropis melemah. Oleh karena itu, siklon tropis dapat lenyap jika: 1) Siklon tropis bergerak memasuki daratan. Ketika memasuki daratan, pasokan uap air berkurang sehingga mengurangi penguapan yang selanjutnya kondensasi dan panas laten ikut berkurang. 2) Siklon tropis bergerak menjauhi daerah tropis. Di luar tropis, suhu relatif lebih dingin sehingga proses penguapan berkurang. Dari mulai pembentukannya, siklon tropis dapat terus hidup dari beberapa jam hingga dapat bertahan sampai 2 minggu.

### 3.1.5. Wilayah Terbentuknya Siklon Tropis

Siklon tropis terbentuk di lautan tropis. Wilayah pembentukan siklon tropis tersebut dibagi menjadi 6 bagian, yaitu: 1) Samudera Atlantik Utara, 2) Samudera Pasifik Utara bagian Timur, 3) Samudera Pasifik Utara bagian Barat, 4) Samudera Hindia Utara, 5) Samudera Hindia Selatan bagian Barat, 6) Samudera Hindia Selatan bagian Timur dan 7) Samudera Pasifik Selatan bagian Barat.

Gambar 5.3. Wilayah pembentukan siklon



## THE GREAT PASIFIC GARBAGE PATCH



*The Great Pacific Garbage Patch* adalah kumpulan buangan material di laut (*marine debris*) di Samudra Pasifik Utara. *Marine debris* adalah sampah yang berakhir di samudra, laut, dan perairan besar lainnya. *The Great Pacific Garbage Patch*, juga dikenal sebagai vortex sampah Pasifik, mencakup perairan dari Pantai Barat Amerika Utara ke Jepang. Sirkulasi ini sebenarnya terdiri dari Patch Sampah Barat, yang terletak di dekat Jepang, dan Patch Sampah Timur, yang terletak di antara negara bagian AS di Hawaii dan California.

Daerah-daerah puing-puing yang berputar ini dihubungkan bersama oleh Zona Konvergensi Subtropis Pasifik Utara, yang terletak beberapa ratus kilometer di utara Hawaii. Zona konvergensi ini adalah tempat air hangat dari Pasifik Selatan bertemu dengan air yang lebih dingin dari Arktik. Zona tersebut bertindak seperti jalan yang memindahkan material dari satu *patch* ke *patch* yang lain.

Seluruh Great Pacific Garbage Patch dibatasi oleh Gyre Subtropis Pasifik Utara. Gyre laut adalah sistem arus laut melingkar yang dibentuk oleh pola angin Bumi dan energi yang diciptakan oleh rotasi planet. Gyre Subtropis Pasifik Utara dibuat oleh interaksi California, Khatulistiwa Utara, Kuroshiro, dan Pasifik Utara. Keempat arus ini bergerak searah jarum jam di sekitar area seluas 20 juta kilometer persegi (7,7 juta mil persegi).

Area di pusat gyre cenderung sangat tenang dan stabil. Gerakan melingkar dari pilin menarik puing-puing ke pusat yang stabil ini, di mana ia menjadi terperangkap. Sebuah botol air plastik yang dibuang di pantai California, misalnya, membawa California Current ke selatan menuju Meksiko. Di sana, mungkin menangkap Arus Khatulistiwa Utara, yang melintasi Pasifik yang luas. Di dekat pantai Jepang, botol itu mungkin bergerak ke utara pada Kuroshiro Current yang kuat. Akhirnya, botol bergerak ke barat di Arus Pasifik Utara.

Pusaran yang perlahan bergulir dari *Garbage Patch* Timur dan Barat secara bertahap menarik dalam botol.

Jumlah puing-puing di Great Pacific Garbage Patch bertambah karena sebagian besar tidak dapat terurai. Banyak plastik, misalnya, mereka hanya pecah menjadi potongan-potongan kecil. Bagi banyak orang, ide "tempat sampah" memunculkan gambar pulau sampah yang mengapung di lautan. Pada kenyataannya, *patch* ini hampir seluruhnya terdiri dari potongan-potongan kecil dari plastik, yang disebut mikroplastik. Mikroplastik tidak selalu bisa dilihat dengan mata telanjang. Bahkan citra satelit tidak menunjukkan sepetak besar sampah. Mikroplastik dari Great Pacific Garbage Patch bisa membuat air terlihat seperti sup yang keruh. Sup ini tercampur dengan barang-barang yang lebih besar, seperti alat tangkap dan sepatu.

### SOAL

1. Keberadaan gyre yang membentuk *Great Pacific Garbage* berkaitan dengan mekanisme gaya Coriolis di belahan bumi utara (BBU). Pernyataan yang benar adalah...
  - a. Efek Coriolis akan semakin besar ke lintang rendah dan perputaran gyre searah jarum jam.
  - b. Efek Coriolis akan semakin besar ke lintang rendah dan perputaran gyre searah jarum jam.
  - c. Efek Coriolis akan semakin kecil ke lintang tinggi dan perputaran gyre berlawanan jarum jam.
  - d. Efek Coriolis akan semakin kecil ke lintang tinggi dan perputaran gyre berlawanan jarum jam.
  - e. Efek Coriolis akan semakin besar ke lintang tinggi dan perputaran gyre searah jarum jam.
2. Pecahan-pecahan sampah menghasilkan sampah mikro atau yang dikenal dengan mikroplastik dan menyebabkan perubahan warna dan keruhnya permukaan perairan Samudra. Factor lain yang mampu mengakibatkan perubahan warna perairan adalah kecuali...
  - a. Perkembangan pesat organisme plankton
  - b. Adanya pencemaran DOM (Dissolved Organic Matter)
  - c. Perubahan sudut datang sinar matahari
  - d. Peningkatan konsentrasi partikel halus di permukaan
  - e. Kumpulan alga di permukaan perairan
3. Terbentuknya gyre dan konvergensi plastic dikontrol oleh adanya pertemuan arus dingin dan hangat. Arus yang berkontribusi dalam pembentukan *Great Pasific Garbage* dan bersifat dingin pada perairan Jepang adalah..
  - a. Arus Kuroshio
  - b. Arus Alaska
  - c. Arus Ekuator
  - d. Arus Pasific Utara
  - e. Arus Oyashio
4. Jika perairan Jepang dan California terpisah Jarak sebesar 7687 km, dan kecepatan angin rata-rata sebesar 14 m/s. dimana kecepatan pergerakan sampah dirumuskan dengan  $V_g = v \cdot \sin\theta$ , dimana  $\theta$  merupakan posisi lintang, maka sampah dari Jepang akan sampai ke Perairan California selama... (asumsikan dalam lintang yang sama,  $\theta=34^\circ 41'$ )
  - a. 10 hari
  - b. 11 hari
  - c. 15 hari
  - d. 20 hari
  - e. Tidak ada jawaban yang benar



5. Kita mengenal tentang arus laut, dimana arus laut dapat disebabkan oleh beberapa hal yaitu karena suhu air laut, karena angin dan sebagainya. Arus yang disebabkan oleh angin di katulistiwa adalah...
  - a. *Oyashio Current*
  - b. *Kuroshio Current*
  - c. *Arlindo Current*
  - d. *Density Current*
  - e. *Equator Current*
  
6. I. Terjadi pada pantai landai  
 II. Puncak gelombang mengandung buih  
 III. Lereng depan dan belakang cenderung simetris  
 Faktor di atas merupakan ciri-ciri dari gelombang pecah tipe...
  - a. Spilling breaker
  - b. Plunging breaker
  - c. Surging breaker
  - d. Collapsing breaker
  - e. Coastal breaker
  
7. Gelombang yang datang menuju ke daratan pantai akan mengalami berbagai perlakuan, dibawah ini pernyataan yang sesuai dengan peristiwa tersebut diantaranya :
  - a. Refleksi gelombang yakni peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya disebabkan oleh suatu bidang bangunan di lokasi pantai.
  - b. *Wave shoaling* yakni peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal.
  - c. *Wave damping* yakni peristiwa tereduksinya energi gelombang yang biasanya disebabkan adanya gaya gesekan dengan dasar pantai.
  - d. *Wave breaking* yakni peristiwa pecahnya gelombang yang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati garis pantai (*surf zone*).
  - e. Semua jawaban benar.
  
8. Dalam pengambilan data sampel air dalam rangka eksplorasi Samudra pada berbagai kedalaman yang diinginkan digunakan serangkaian alat seperti pada gambar disamping yang dikenal dengan
  - a. Conductivity, temperature and depth instrument (CTD)
  - b. Camera Tow
  - c. Kemmerer Water Sampler
  - d. Ekman Grab
  - e. Dredging



Singkawang dengan Pamekasan, pada saat kemarau di Indonesia, maka arah angin diatas kedua kota tersebut secara berurutan adalah...

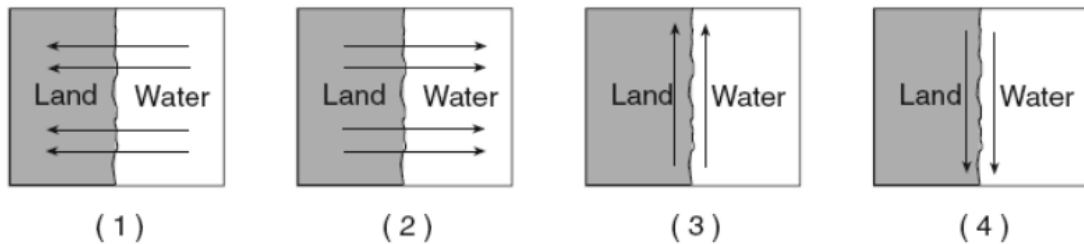
- a. Barat & Barat laut
  - b. Barat daya & Tenggara
  - c. Timur & Timur Laut
  - d. Barat laut & Barat daya
  - e. Timur laut & Barat laut
10. Sedangkan ketika musim hujan, orientasi angin pada kedua kota tersebut umumnya berarah pada...
- a. Timur & Timur laut
  - b. Barat daya & Tenggara
  - c. Barat laut & Barat daya
  - d. Timur laut & Barat laut
  - e. Semua salah
11. Alat meteorology seperti pada gambar disamping disebut dengan...digunakan untuk mengukur....
- a. Pyrheliometer, mengukur radiasi langsung matahari
  - b. Pyranometer, mengukur radiasi gelombang pendek total
  - c. Pyrgeometer, mengukur radiasi gelombang Panjang
  - d. Pyrradiometer, mengukur radiasi gelombang pendek dan Panjang
  - e. Net Pyrradiometer, mengukur radiasi bersih/*total radiation*
12. Keadaan iklim di dunia dipengaruhi juga oleh sirkulasi umum arus Samudra yang disebut sirkulasi termohalin. Salah satu dampaknya adalah mengakibatkan daratan Inggris dan sebagian benua Eropa mengalami musim dingin yang tidak ekstrem. Arus yang dimaksud adalah...
- a. Arus Canary
  - b. East Coast current
  - c. Gulf stream
  - d. Arlindo
  - e. Equatorial current
13. Koeppen merupakan salah satu ahli meteorology yang mengelompokkan iklim secara empiris berdasarkan curah hujan dan vegetasi. Tipe iklim yang ditandai dengan daerah 4 musim dengan bulan panas bertemperatur  $>10^{\circ}\text{C}$  dan musim dingin yang bersifat kering disebut sebagai tipe...
- a. Bs
  - b. Am
  - c. Cw



d. Dw

e. Cs

14. Pada suatu batas perairan dengan daratan yang dipanaskan oleh insolasi Matahari, di suatu cuaca yang tenang, setelah beberapa jam, berkembang angin permukaan. Manakah diantara gambar berikut yang merepresentasikan peristiwa tersebut?



a. 1

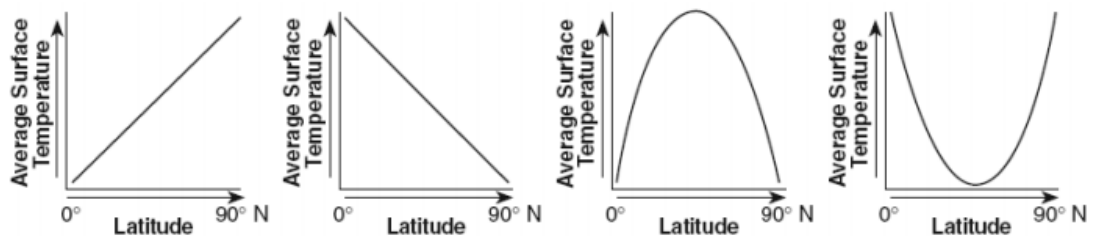
b. 2

c. 3

d. 4

e. Tidak ada yang benar

15. Diantara grafik berikut ini yang dapat menggambarkan hubungan antara lintang dengan rata-rata temperature secara umum yang benar adalah...



a. 1

b. 2

c. 3

d. 4

e. Tidak ada yang benar

16. Pada kondisi seperti apakah suatu massa air akan menguap dengan tingkat evaporasi paling besar?

a. Panas, lembab, calm air

b. Panas, kering windy air

c. Dingin, lembab, windy air

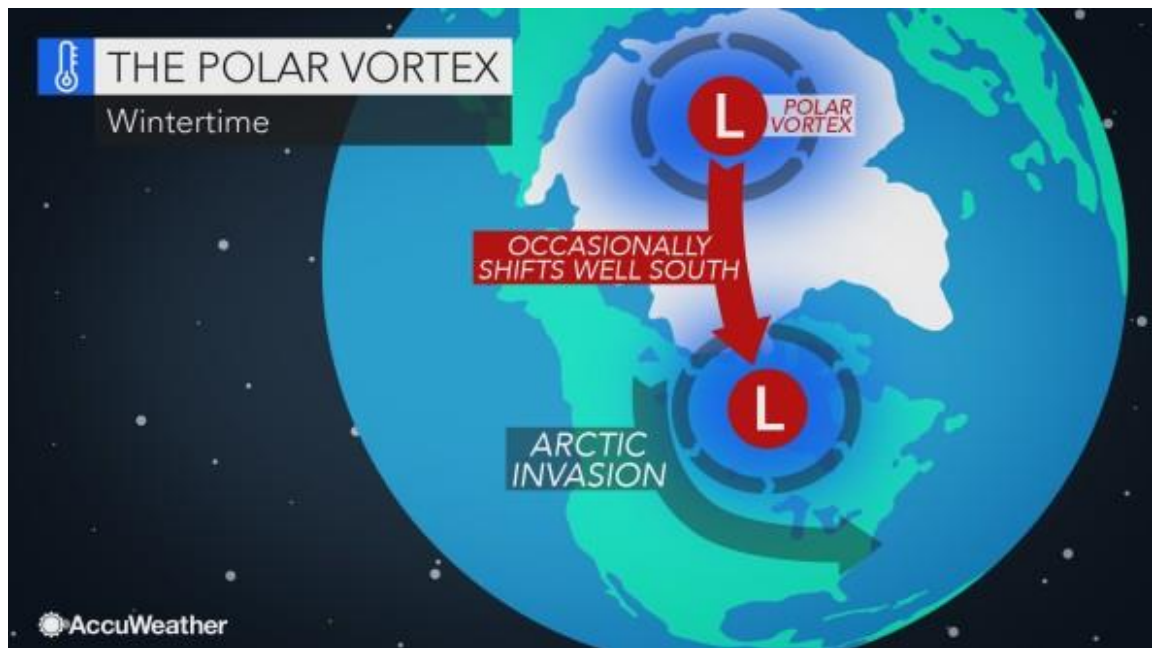
d. Dingin, kering, calm air

e. Panas, kering, calm air

17. Manakah dari parameter berikut yang secara langsung dapat menunjukkan kecepatan angin di permukaan Bumi?
- Dewpoint differences*
  - Amount of cloud cover*
  - Air pressure gradient*
  - Visibility changes*
  - a dan b benar
18. Kesetimbangan antara gaya gradien tekanan dengan gaya Coriolis akan menghasilkan suatu angin yang disebut dengan ...
- Angin Fohn
  - Angin Katabatik
  - Angin Anabatic
  - Angin Front
  - Angin Geostrofik
19. Pada sinoptik keadaan cuaca dilambangkan dengan symbol. Symbol pada gambar disamping merupakan pertanda untuk keadaan cuaca...
- 
- Tropical Cyclone*
  - Thunderstorm*
  - Haze*
  - Rain Shower*
  - Freezing Rain*
20. Pada pengukuran kecepatan angin stasiun meteorology di Kota Semarang didapatkan nilai 26 knot, kecepatan tersebut setara dengan...
- 29,9 mph
  - 32,5 kmph
  - 43 mph
  - 48 kmph
  - 15 m/s
21. Gerakan angin siklonik dapat terjadi di sekitar lintang subtropics (Tropical Cyclone) maupun lintang menengah (Midlatitude Cyclone), dimana angin udara atas akan bertemu dan berturbulensi membentuk perawan kumulunimbus dengan kecepatan angin lebih dari 64 knot. Gejala yang ditimbulkan siklon pada permukaan Bumi terutama pada daratan pantai salah satunya adalah...
- Storm surge
  - Heat wave
  - Tornado
  - Jawaban b dan c benar
  - jawaban a dan b benar

22. Terjadinya siklon tropis meliputi serangkaian tahapan siklon dari berupa gangguan tropis, depresi tropis, badai tropis hingga siklon tropis, diantara berikut ini yang merupakan tanda terjadinya badai tropis adalah, kecuali...
- Pada peta sinoptik terlihat adanya 2 isobar tertutup dengan jarak yang rapat
  - Terbentuk perawan sirkular kumulunimbus yang sudah terorganisasi namun belum memiliki mata siklon
  - Pada tahapan ini badai sudah diberi penamaan sesuai abjad
  - Kecepatan angin antara 45-64 knot
  - Wilayah pembentukan ditandai dengan adanya *windshear* yang kuat
23. Kekuatan siklon tropis dinyatakan dalam suatu besaran skala yang disebut skala Saffir-Simpson. Bila suatu siklon tropis terjadi dan memiliki kecepatan angin 260 kmph. Maka siklon tersebut termasuk dalam kategori...
- SS I
  - SS II
  - SS III
  - SS IV
  - SS V
24. Pada pengelompokan tipe iklim dibagi menjadi dua kelompok besar yakni pengelompokan iklim secara empiris dan genetic, pernyataan yang benar mengenai pengelompokan tipe iklim tersebut adalah...
- Pengelompokan iklim secara empiris didasarkan pada pengaruh iklim
  - Pada pembagian iklim secara genetic melihat pada faktor distribusi iklim
  - Diantaranya pembagian iklim secara empiris adalah klasifikasi iklim Strahler yang didasarkan pada radiasi bersih
  - Pada pembagian iklim secara empiris salah satunya menggunakan data curah hujan dan jenis vegetasi dominan.
  - Jawaban a & d benar.

### **POLAR VORTEX**



*Polar Vortex* bukanlah fenomena yang baru ditemukan; faktanya, telah dibicarakan di dunia meteorologi selama beberapa dekade," kata Meteorolog Senior Bernie Rayno. Sebuah *Polar Vortex* adalah kantong besar udara yang sangat dingin, biasanya udara terdingin di belahan bumi utara, yang berada di atas wilayah kutub selama musim dingin. Udara dingin dapat menemukan jalannya ke Amerika Serikat ketika pusaran kutub didorong lebih jauh ke selatan, kadang-kadang mencapai Kanada selatan dan dataran utara, Midwest, dan bagian timur laut Amerika Serikat. Sistem tekanan tinggi yang besar dan kuat yang berasal dari Pasifik Timur atau Barat dan merentang ke Kutub Utara diperlukan untuk menggantikan kantong udara dingin. "Sistem tekanan tinggi ini dapat mencapai Alaska, tetapi tidak lazim untuk merentangkan semua jalan ke Kutub Utara," menurut Meteorolog Senior, Brett Anderson. Vortex mampu mengirimkan suhu di bawah nol derajat ke Amerika Serikat dan Kanada selama beberapa hari pada suatu waktu. Ketika udara yang kuat dari Pasifik Timur atau Barat melemah dan runtuh, pusaran kutub akan mundur ke tempatnya di dekat Kutub Utara.

25. Aliran udara dingin tersebut mampu mengakibatkan presipitasi es pada dahan dan rumah rumah diantaranya menghasilkan :
- Sleet*
  - Haze*
  - Rime ice*
  - Jawaban a, b, dan c benar
  - Jawaban adan benar

26. Ada faktor lain yang menyebabkan musim dingin yang lebih menggigit di Amerika Serikat dibandingkan negara-negara Eropa yang terletak pada garis lintang sama. Pegunungan Rocky sembari menambahkan bahwa sisi pegunungan yang membelakangi arah angin yang mengirim udara dingin dari utara. pada pegunungan Rocky juga terdapat peristiwa angin kering akibat pengangkatan orografik yang disebut angin Fohn. Angin Fohn juga terjadi di beberapa bagian lain dunia, pasangan yang benar antara angin dan lokasinya adalah ...
- Angin Harmattan – Gurun Sahara
  - Angin Zonda – Himalaya
  - Angin Sirocco – Spanyol
  - Angin Khamsin – Afrika Barat
  - Semua jawaban benar
27. Pada suatu paket udara yang berada diatas permukaan laut pada ketinggian 200 meter memiliki temperature 29°C. ketika dinaikkan hingga ketinggian 2300 meter akan mengalami penurunan suhu paket, sedangkan dasar awan terbentuk pada ketinggian 1600 meter . Pernyataan yang benar adalah...
- Dasar awan pada pengangkatan paket udara tersebut memiliki temperature 15°C
  - Kondensasi terjadi ketika kelembaban relative mencapai 100%
  - Ketinggian 1600 disebut paras kondensasi angkat
  - Suhu paket pada ketinggian 2300 m adalah 6°C
  - Jawaban a, b dan c benar
28. *Polar Vortex* di AS sebenarnya akibat depresi yang bergerak lambat, atau dasar, dari sebuah gelombang Rossby. Dasar dan bukit gelombang-gelombang semacam ini membawa angin ke seluruh dunia dan umumnya peringkat kecepatannya enam atau tujuh, dengan angka yang lebih tinggi berarti pergerakan angin lebih cepat. Namun laju saat ini hanya peringkat empat. Pernyataan yang benar mengenai gelombang Rossby adalah:
- Gelombang Rossby tidak dapat teramati pada bentuk *Jetstream*
  - Gelombang Rossby terjadi pada sekitar batas sel udara di lintang 0, 30, dan 60 LU/LS.
  - Gelombang Rossby terjadi akibat kombinasi rotasi Bumi dengan massa udara kutub yang dingin dengan massa udara hangat di lintang rendah
  - Gerakan Gelombang pada *Jetstream* searah dengan arah angin pasat
  - Gelombang Rossby dihasilkan dari pola siklon dan antisiklon
29. Pada dasarnya udara bergerak dalam kelompok udara besar yang disebut massa udara dengan berbagai sifat massa udara yang ditentukan oleh beberapa factor salah satunya adalah...
- Kondisi iklim global
  - Pola karakter udara
  - Lintang tempat
  - Riwayat perjalanan massa udara
  - Pola musim



30. Stabilitas atmosfer menjadi factor yang penting dalam pembentukan awan vertical. Diantara pernyataan berikut ini yang merupakan factor penentu kestabilan atmosfer adalah
- a. pemanasan permukaan oleh radiasi matahari secara intensif
  - b. pemanasan massa udara dari bawah ketika melalui permukaan yang hangat
  - c. pengangkatan paksa udara ketika melalui permukaan yang lebih tinggi.
  - d. Jawaban a, b dan c benar
  - e. Jawaban a dan c benar

# SMA KEBUMIAN

## PAKET 14



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## **TATA KOORDINAT**

### **1. Pendahuluan**

Dalam astronomi, amatlah penting untuk memetakan posisi bintang atau benda langit lainnya, dan menerapkan system koordinat untuk membakukan posisi tersebut. Prinsip dasarnya sama dengan penentuan posisi suatu tempat di permukaan bumi.

### **2. Koordinat**

#### **2.1. Koordinat Geografis**

Dalam pelajaran geografi atau ketika melihat peta atau bola dunia, tentu anda telah sangat familiar dengan kata-kata seperti lintang, bujur, dan kutub. Parameter penting dalam koordinat geografis antara lain:

##### **a. Lintang**

Diukur dari ekuator, ke arah kutub Utara disebut lintang Utara (positif), ke arah sebaliknya disebut lintang selatan (negatif). Lintang Utara maupun Selatan membentang hingga 90°, dan masing-masing berujung di Kutub rotasi bumi. Garis-garis lintang berupa lingkaran-lingkaran kecil (lingkaran yang mengelilingi permukaan bola dengan diameter bukan diameter bola), kecuali lintang 90° utara maupun selatan yang berupa titik.

##### **b. Bujur**

Diukur dari meridian Greenwich, yaitu bujur yang melalui kota Greenwich, ke timur disebut bujur timur, dan ke barat disebut bujur barat, masing-masing membentang sejauh setengah lingkaran, dan garis 180° BT berimpit dengan garis 180° BB. Garis-garis bujur berupa lingkaran-lingkaran besar (lingkaran yang mengelilingi permukaan bola dengan diameter sama dengan diameter bola, contohnya ekuator)

#### **2.2. Koordinat Horizon**

Apabila koordinat geografis melakukan pemetaan pada bola bumi, maka koordinat horizon melakukan pemetaan pada bola horizon.

Terlihat bahwa pengamat di permukaan bola tersebut mempunyai sebuah bola horizon yang menyelubunginya. Dapat disimpulkan bahwa setiap pengamat di tempat berbeda akan memiliki bola horizon yang berbeda pula.

Bola horizon yang sebenarnya jauh lebih besar, bahkan hingga memotong bola langit. Bahkan bola horizon pada dasarnya ialah bola langit yang terlihat dari posisi tertentu. Sedangkan koordinat horizon terdiri atas :

- a. Altitude** : Analog dengan lintang. Merupakan ketinggian benda di atas horizon, positif ke arah zenith, negatif ke arah nadir. Rentangnya dari  $+90^{\circ}$  hingga  $-90^{\circ}$ .

Misalkan benda yang berada tepat di titik Zenith akan mempunyai altitude  $90^\circ$ , dan benda yang berada tepat di horizon altitudenya  $0^\circ$ . Perlu diingat bahwa salah satu syarat suatu bintang terlihat (bagi pengamat dengan ketinggian 0 meter) ialah memiliki altitude positif.

- b. **Azimuth:** serupa dengan bujur, yaitu posisi benda diukur dari Utara-Timur-Selatan-Barat. Rentangnya dari  $0^\circ$  hingga  $360^\circ$ , atau dari 0 jam hingga 24 jam. Sebagai contoh titik arah tenggara akan memiliki azimuth  $135^\circ$ , dan titik barat laut sebesar  $315^\circ$ . Bintang dalam gambar contoh diatas memiliki koordinat horizon sekitar azimuth  $90^\circ$  dan altitude  $+45^\circ$ .

### 2.3. Koordinat Ekuatorial

Koordinat ekuatorial memetakan posisi suatu benda (biasanya suatu benda langit) di bola langit, baik yang terlihat maupun yang tidak terlihat, tanpa memperdulikan posisi pengamat.

#### 2.3.1. Sistem RA-DEC

Terdapat dua jenis koordinat ekuatorial, yang pertama ialah system Asensio Recta (RA atau  $\alpha$ ) dan Deklinasi (DEC), koordinat ekuatorial system pertama terdiri atas :

1. **Deklinasi** : serupa dengan lintang, yaitu ketinggian sebuah benda diukur dari ekuator langit. Ke arah Kutub Langit Utara positif, dan sebaliknya negative. Dari  $+90^\circ$  hingga  $-90^\circ$ .
2. **Asensio Recta** : yaitu posisi bintang diukur sepanjang ekuator langit dari titik Aries (boleh dibilang meridian Greenwichni Bola langit) positif bila diukur berlawanan arah dengan putaran bola langit dan pergerakan bintang-bintang. Misalnya bila bintang-bintang terbit di timur dan tenggelam di barat, asensio recta diukur dari barat ke timur di langit. Bernilai  $0^\circ$  hingga  $360^\circ$  atau 0 jam hingga 24 jam.

#### 2.3.2. Sistem HA-DEC

Sistem kedua dari koordinat ekuatorial ini lebih merupakan gabungan antara koordinat horizon dan koordinat ekuatorial. Apabila sistem RA-DEC menggunakan titik Aries, maka sistem ini menggunakan **titik sigma ( $\Sigma$ )**, yaitu titik perpotongan ekuator langit dengan meridian pengamat/bujur pengamat yaitu lingkaran besar yang melalui titik Utara, Zenit, dan Selatan.

1. **Deklinasi**, persis sama dengan yang digunakan oleh sistem RA-DEC.
2. **Hour Angle**, diukur dari titik sigma sepanjang ekuator langit, positif apabila searah dengan putaran bola langit dan pergerakan bintang (otomatis berlawanan dengan arah asensio rekta). Bernilai 0 sampai 24 jam, atau  $+12$  jam hingga  $-12$  jam.

Hour Angle juga merupakan posisi bintang dari titik kulminasinya (mencapai meridian pengamat). Seringkali HA dinyatakan dalam  $+2$  jam, atau  $-3$  jam, yang berturut-turut

berarti mencapai kulminasi 2 jam yang lalu, serta membutuhkan 3 jam lagi untuk mencapai kulminasi. Otomatis semua benda yang ada di meridian pengamat akan memiliki hour angle 0 jam.

## 2.4. Koordinat Eklptika

Koordinat eklptika serupa dengan koordinat ekuatorial sistem RA-DEC, namun hanya berbeda lingkaran besar acuannya saja. Apabila ekuatorial menggunakan lingkaran ekuator langit, maka koordinat eklptika menggunakan bidang **ekliptika**, yaitu bidang edar bumi mengelilingi matahari, yang memiliki kemiringan 23,50 dari ekuator. Koordinat eklptika terdiri atas:

1. **Lintang Eklptika**, diukur dari bidang eklptika, positif ke arah Kutub utara eklptika (KUE). Berkisar antara  $+90^0$  hingga  $-90^0$ . Lintang eklptika sering disebut juga lintang langit.
2. **Bujur Eklptika**, diukur dari titik aries sepanjang eklptika, positif searah dengan asensio rekta positif, atau diukur berlawanan arah putaran bola langit. Diukur dari  $0^0$  sampai  $360^0$ . Bujur eklptika sering disebut juga bujur langit. Tanggal 21 Maret bujur eklptika matahari  $0^0$ , dan semakin hari semakin positif.

Eklptika dan ekuator langit berpotongan di dua titik, Aries dan Libra. Titik Aries disebut juga sebagai **titik nodal naik** (ascending node) dalam koordinat eklptika, sebab bila kita mengukur bujur eklptika secara positif sepanjang eklptika, kita akan melintasi titik aries dengan arah sedang “naik” atau melintasi belahan bola langit selatan ke belahan bola langit utara. Dengan alasan sebaliknya, titik Libra disebut **titik nodal turun**.

## 3. Konsep Waktu

### 3.1. Waktu Matahari

Waktu yang kita kenal, misalnya waktu yang ditunjukkan oleh jam tangan kita atau jam dinding, ternyata sesungguhnya mendasarkan perhitungannya pada fenomena astronomi. Waktu yang biasa kita pakai sehari-hari disebut waktu lokal surya rata-rata atau waktu lokal rata-rata saja (Local Mean Time), dan perhitungannya berdasarkan posisi matahari di langit.

Waktu Lokal Rata-rata, dihitung berdasarkan sudut jam dari matahari dilihat dari posisi pengamat, atau dinyatakan :

$$Local\ Mean\ Time = HA_{sun} + 12\ jam$$

Dari sini kita mengetahui bahwa jam tangan kita, adalah peralatan astronomi yang cukup canggih, yang (jika presisi) mampu menunjukkan dimana posisi matahari setiap saat. Pukul 24.00 misalnya, menunjukkan matahari ada di kulminasi bawahnya. Mengapa harus ditambah 12 jam ? Bayangkan apabila kita tidak menambahkan 12 jam pada persamaan tersebut, maka pukul 00.00 akan dicapai saat hour angle matahari 00.00 juga, yang berarti kita akan berganti hari di tengah-tengah aktivitas kita, betapa repotnya? Maka kita sesuaikan persamaan agar pergantian hari terjadi saat kebanyakan orang sedang beristirahat. Mengapa disebut waktu rata-rata? Ternyata akibat kecepatan orbit bumi yang tidak konstan (dalam orbit elips) maka panjang satu hari juga berbeda-beda, tidak tepat 24 jam. Maka diambil waktu rata-rata yang dipakai agar lebih simpel.

Kita juga tahu bahwa pada bujur yang berbeda, matahari akan mencapai meridian pada

waktu yang berbeda-beda pula (bujur lebih timur akan lebih dulu). Maka perlu ada waktu standar yang dipakai sebagai patokan. Maka ditetapkan waktu lokal rata-rata di kota Greenwich atau di bujur 00 (Greenwich Mean Time), sebagai waktu standar, disebut Universal Time.

Kemudian bola bumi dibagi menjadi 24 zona waktu, dimana setiap zona memiliki bujur

standar untuk menentukan waktu zona (untuk Zona GMT +7 atau zona WIB, bujur acuannya ialah bujur 1050 BT). Lalu berdasarkan perbedaan waktu zona dengan waktu

greenwich setiap zona diberi nama. Misalnya zona GMT +2 artinya waktu zona tersebut

8 jam lebih dulu dari waktu Greenwich.

### 3.2. Waktu Sideris

Alkisah seorang astronom bernama Alif berniat mengamati bintang Aldebaran setiap malam minggu di pinggir pantai. Malam minggu pertama Alif mencatat bahwa bintang Aldebaran terbit pukul 19.00 dalam waktu jam tangannya. Seminggu kemudian Alif berencana mengabadikan terbitnya bintang Aldebaran yang tepat di horizon, dan dia datang tepat pukul 19.00. Apa yang akan dia amati? Ternyata Aldebaran tidak tepat di horizon melainkan sudah tinggi di langit, rencananya pun gagal. Dimana letak kesalahannya?

Tentu saja kesalahan Alif ialah dia menggunakan jam yang salah. Jam tangan selalu menggunakan waktu surya sebagai acuannya. Sedangkan semua benda langit lain (termasuk bintang) tidak tunduk pada waktu surya. Peristiwa ini analog dengan apabila anda melihat dua pohon, satu terletak tepat di depan anda dan yang lainnya

berada di jarak sangat jauh. Ketika anda berlari ke samping anda akan melihat pohon yang lebih dekat akan seolah-olah bergeser, sementara pohon yang jauh akan nampak relatif diam. Akibatnya bumi perlu berotasi sedikit lebih jauh agar mendapati matahari berada di atas kepala lagi. Perbedaan ini ternyata sebesar **4 menit perhari**, sehingga bintangbintang akan terbit 4 menit lebih cepat setiap hari (dalam jam surya). Lalu waktu apa yang harus kita gunakan untuk mengamati bintang ? Tentunya kita harus membuat sistem waktu dimana acuannya terletak di bola langit, sehingga bergerak bersama-sama bintang-bintang. Maka diputuskan sistem tersebut akan dihitung berdasarkan posisi dari titik Aries di langit, jam tersebut disebut **jam sideris**, atau disebut waktu sideris lokal (Local Sidereal time).

Waktu sideris lokal akan mengikuti persamaan :

$$LST = HA_{\gamma}$$

Dimana kita tidak perlu menambahkan 12 jam atau berapapun, sebab aktivitas harian

kita tidak bergantung pada jam sideris. Jadi apabila kita melihat titik Aries ada di meridian, maka dapat dipastikan saat itu  $LST = 00.00$ .

Dapat dipastikan bahwa satu kali putaran bola langit, atau selang waktu suatu bintang dari kulminasi (meridian) kembali ke kulminasi lagi ialah **23 jam 56 menit** (dalam jam tangan kita), yang menunjukkan waktu rotasi bumi yang sebenarnya. Sehingga didapat

$$LST = HA + RA$$

Dimana kita tidak perlu menambahkan 12 jam atau berapapun, sebab aktivitas harian

kita tidak bergantung pada jam sideris. Jadi apabila kita melihat titik Aries ada di meridian, maka dapat dipastikan saat itu  $LST = 00.00$ .

Dapat dipastikan bahwa satu kali putaran bola langit, atau selang waktu suatu bintang dari kulminasi (meridian) kembali ke kulminasi lagi ialah **23 jam 56 menit** (dalam jam tangan kita), yang menunjukkan waktu rotasi bumi yang sebenarnya.

### 3.3. Siang Dan Malam

Berapa lama sebuah benda akan berada di atas horizon ditentukan oleh dua faktor : **deklinasi benda** tersebut dan **lintang pengamat**. Dalam hal benda tersebut adalah matahari, maka saat matahari berada di atas horizon dinamakan waktu siang, sementara sisanya disebut malam. Penurunan persamaan waktu membutuhkan pengetahuan terhadap persamaan trigonometri untuk segitiga bola, yang mungkin belum anda pelajari. Adapun persamaan waktu tersebut ialah :

$$\cos HA = -\tan DEC \times \tan Latitude$$



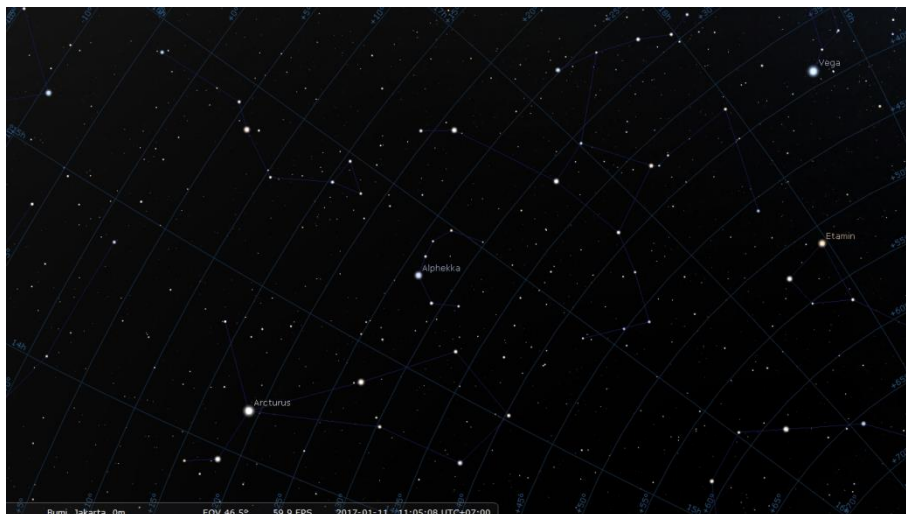
Dimana  $H$  ialah **setengah** busur siang, atau setengah busur diatas horizon.

Dari persamaan matahari bisa kita simpulkan bahwa untuk pengamat di lintang  $0^\circ$  (ekuator), kapanpun akan memiliki panjang siang hari 12 jam dan malam 12 jam. Di kutub, persamaan 5.5 tidak akan memberikan hasil. Khusus untuk pengamat di kutub, akan mengalami siang selama 6 bulan lalu berganti dengan malam selama 6 bulan. Daerah-daerah yang bisa mengalami panjang siang/malam lebih dari 24 jam ialah daerah di dalam lingkaran kutub utara maupun selatan, (lintang  $>+66,5^\circ$  atau  $<-66,5^\circ$ ).

**SOAL**

1. Pada suatu hari Ira pergi ke tempat yang ber-latitude  $24^\circ$  LS. Lalu Ira mengamati bintang  $\alpha$  Leo yang memiliki deklinasi  $12^\circ 18'$ . Berapakah ketinggian bintang itu dari horizon pada saat transit atas?
  - a.  $12^\circ 18'$
  - b.  $36^\circ 18'$
  - c.  $53^\circ 42'$
  - d.  $66^\circ 0'$
  - e.  $90^\circ 0'$
2. Sebuah bintang saat melewati meridian pengamat yang ada di  $15^\circ$  LS memiliki ketinggian  $30^\circ$  dari titik utara. Berapa deklinasi bintang itu?
  - a.  $15^\circ$
  - b.  $25^\circ$
  - c.  $30^\circ$
  - d.  $45^\circ$
  - e.  $60^\circ$
3. Jika sebuah bintang ( $\alpha = 6^h 12^m$ ,  $\delta = -25^\circ$ ) ingin diamati di berbagai tempat di bumi. Berapakah lintang minimum agar pengamat masih bisa melihat bintang tersebut?
  - a.  $+65^\circ$
  - b.  $+40^\circ$
  - c.  $+25^\circ$
  - d.  $0^\circ$
  - e.  $-25^\circ$
4. Berapakah waktu sideris lokal sebuah bintang dengan  $\alpha = 11^h 15^m$ ,  $\delta = 15^\circ$  jika diketahui 2 jam lagi mencapai meridian pengamat
  - a.  $13^h 15^m$
  - b.  $15^h 15^m$
  - c.  $9^h 15^m$
  - d.  $12^h 45^m$
  - e.  $10^h 45^m$
5. Gunawan ingin mengetahui LST bintang Alrischa, namun dia hanya mengetahui pada saat itu tanggal 4 Juli dan jam tangannya menunjukkan pukul 22.20, berapakah LST bintang tersebut?
  - a.  $4^h 20^m$
  - b.  $5^h 06^m$
  - c.  $16^h 20^m$
  - d.  $17^h 08^m$

- e. 20h06m
- 6. Tata koordinat bola langit yang menggunakan asensiorekta/sudut jam dan deklinasi sebagai koordinatnya adalah
  - a. Tata koordinat horison
  - b. Tata koordinat ekliptika
  - c. Tata koordinat equatorial
  - d. Tata koordinat bumi
  - e. Tata koordinat galaktik
- 7. Pernyataan yang benar mengenai lingkaran besar adalah
  - a. Lingkaran yang pusatnya berimpitan dengan pusat bola langit
  - b. Lingkaran yang pusatnya ada pada sumbu bumi
  - c. Lingkaran yang membelah bola langit tidak sama besar
  - d. Lingkaran harian bintang utara
  - e. Semua salah
- 8. Pada suatu saat disepanjang siang hingga malam, Raihan mengamati langit dan tidak melihat kenampakan bulan, sehingga ia berkesimpulan bulan sedang.....terhadap bumi dan matahari
  - a. Konjungsi inferior
  - b. Konjungsi superior
  - c. Oposisi
  - d. Elongasi
  - e. Kuadratur



- 9. Bintang Arcturus merupakan bintang alpha pada rasi...

- a. Bootes
  - b. Hercules
  - c. Corona borealis
  - d. Scorpius
  - e. Ursa mayor
10. Yang tidak termasuk rasi zodiak adalah
- a. Ophiucus
  - b. Libra
  - c. Lyra
  - d. Leo
  - e. Aquarius
11. Rasi yang memiliki bintang antares sebagai bintang paling terang adalah
- a. Ursa mayor
  - b. Scorpius
  - c. Virgo
  - d. Canis mayor
  - e. Lyra
12. Nama dan fungsi bagian teleskop yang dilingkari adalah
- a. Eyepiece, lensa okuler tempat melihat objek
  - b. Mounting, penggerak tabung utama teleskop
  - c. Finder, menemukan objek dengan sudut pandang luas
  - d. Tabung utama, alat utama melihat objek astronomis
  - e. Tripod, dudukan atau penyangga teleskop
13. The telescope focal length of ..... and an eyepiece focal length of .... will give the greatest magnification.
- a. 1000 mm ; 10 mm
  - b. 750 mm ; 25 mm
  - c. 1500 mm ; 30 mm
  - d. 1200 mm ; 6 cm
  - e. Semua jawaban salah
14. Berdasarkan sistem optiknya, teleskop tersebut merupakan jenis teleskop?
- a. Refraktor
  - b. Reflektor



- c. Refraktor-reflektor
  - d. Katadioptrik
  - e. Horizon
15. Sedangkan berdasarkan sistem penggerakannya, teleskop tersebut termasuk dalam jenis
- a. Horizon
  - b. Ekuatorial
  - c. Galaktik
  - d. Eklptik
  - e. Manual
16. Berapakah ketinggian matahari dari horison saat senja sipil..
- a.  $0^\circ$
  - b.  $6^\circ$
  - c.  $-6^\circ$
  - d.  $18^\circ$
  - e.  $-18^\circ$
17. Yang disebut teleskop Newtonian adalah teleskop yang
- a. Menggunakan sistem refraksi
  - b. Menggunakan sistem refleksi
  - c. Menggunakan eyepiece
  - d. Tanpa cermin obyektif
  - e. Semua jawaban salah
18. Bulan merupakan satelit bumi yang setiap harinya akan terbit...
- a. Terlambat 50 menit
  - b. Lebih cepat 50 menit
  - c. Terlambat 4 menit
  - d. Lebih cepat 4 menit
  - e. Tidak pernah terbit maupun terbenam
19. Menurut cara pengamatannya teleskop pada nomor 12 tersebut bertipe?
- a. Cassegrain
  - b. Schmidt
  - c. Schmidt-cassegrain
  - d. Newtonian
  - e. Galilean

20. Diketahui panjang fokus lensa obyektif suatu teleskop adalah 42mm, untuk mendapatkan perbesaran 8 kali maka digunakan eyepiece dengan panjang fokus

- a. 4mm
- b. 5mm
- c. 5,25mm
- d. 6,25mm
- e. 10mm

21. Rasi zodiac ke-13 adalah

- a. Ophiucus
- b. Libra
- c. Lyra
- d. Leo
- e. Aquarius



22. Konstelasi di atas termasuk ke dalam rasi zodiak, rasi apakah itu?

- a. Capricorn
- b. Aries
- c. Sagitarius
- d. Virgo
- e. Scorpius

23. Apa bintang alpha pada rasi tersebut?

- a. Dubhe
- b. Aldebaran
- c. Rukbat
- d. Algedi
- e. Castor

24. Alat bantu yang digunakan para astronom untuk mengamati benda ruang angkasa adalah...yang disempurnakan oleh...
- Periskop, Colombus
  - Periskop, Galileo
  - Teleskop, Colombus
  - Teleskop, Galileo
  - Semua jawaban salah
25. Dalam melakukan rotasi, planet bumi membutuhkan waktu selama....
- 24 jam, jika acuannya matahari
  - 24 jam, jika acuannya adalah bintang selain matahari
  - 23 jam, 56 menit, 4 detik, Jika acuannya adalah matahari
  - 23 jam, 56 menit, 4 detik, Jika acuannya adalah bintang selain matahari
  - Jawaban a dan d benar
26. Lingkaran dasar yang menjadi bidang injak pengamat pada tata koordinat horison adalah...
- Lingkaran ekliptika
  - Lingkaran horison
  - Lingkaran ekuator
  - Lingkaran galaktik
  - Semua salah
27. Rasi bintang yang dapat menunjukkan arah barat adalah
- Orion
  - Ursa mayor
  - Scorpius
  - Libra
  - Draco
28. Diketahui panjang fokus lensa obyektif suatu teleskop adalah 40mm, jika focus okulernya adalah 5mm maka perbesaran untuk mata berakomodasi maksimum adalah...
- 5x
  - 8x
  - 20x
  - 100x
  - 25x



29. Bulan memiliki kemiringan maksimum sumbu terhadap ekuator sebesar... derajat
- a. 5
  - b. 25
  - c. 28,5
  - d. 30
  - e. Bervariasi
30. Kelompok bintang yang termasuk kedalam segitiga musim panas yang benar adalah...
- a. Vega, Antares, Denebola
  - b. Spica, Altair, Aquila
  - c. Polaris, Lyra, Aquila
  - d. Altair, Deneb, Vega
  - e. Castor, Polaris, Denebola

# SMA KEBUMIAN

## PAKET 15



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## FENOMENA LANGIT

### 1.1. Pendahuluan

Astronomi adalah sains mengenai jagad raya. Ilmu ini berhubungan dengan mengenali obyek-obyek benda langit individual seperti planet, bulan, bintang, dan galaksi serta struktur skala besar dari jagad raya secara keseluruhan. Astronomi lebih bersifat ilmu observasional, daripada eksperimen atau laboratorium. Kalau fisikawan atau ahli kimia dapat melakukan eksperimen di bawah kondisi yang sudah diketahui, mengubah kondisi dan mengatur keluaran tidak bias dilakukan oleh astronom. Tidak seperti masalah-masalah dalam antariksa dekat, dimana wahana-wahana antariksa dapat menyelidiki besaran-besaran fisis dari planet, bulan dan ruang antar planet, astronom harus percaya diri hanya sekedar menerima informasi dalam bentuk radiasi dari obyek obyek jauh (mengamati tanpa mengubah atau mempengaruhi apa yang diamati).

### 1.2. Bola Langit

Benda-benda langit terletak pada jarak yang berbeda-beda. Namun untuk memudahkan pemetaan posisi bintang bagi pengamat di Bumi, semuanya diasumsikan berada pada jarak yang sama jauhnya, seolah-olah ditempatkan pada suatu bola khayalan mahabesar yang menyelubungi bumi, yang disebut bola langit. Dalam bola langit kita memperhitungkan arah dari suatu bintang tanpa memperdulikan jaraknya.



Gambar 3.1. Bola Langit

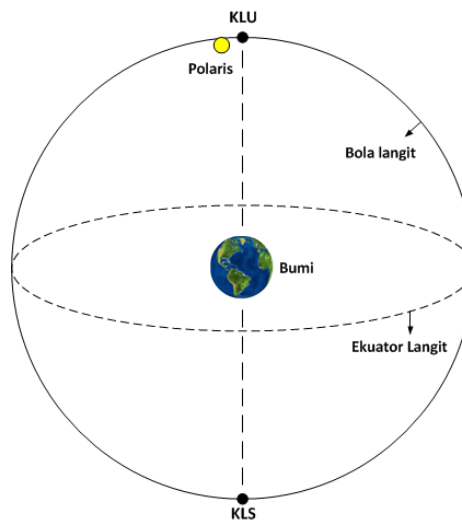
Bagian lain yang penting ialah ekliptika (Bidang edar tahunan matahari), dan titik aries dan titik libra(perpotongan ekuator langit-ekliptika). Bagi pengamat di bumi (yang diam), bola langit tampak berputar (lihat tanda panah) dengan arah timur ke barat atau dilihat dari arah Utara searah jarum jam, dengan periode 23 jam 56 menit. Akibat dari putaran bola langit, semua bintang akan nampak bergerak mengikuti lintasan harian bintang. Sementara matahari akan mengikuti

lintasan harian matahari. Perlu diingat bahwa selama bola langit berputar, matahari pun bergerak mengikuti lintasan tahunan, sehingga membutuhkan 1 derajat atau 4 menit tambahan untuk

memenuhi satu putaran lintasan hariannya, sehingga periode 1 hari matahari ialah 24 Jam. Bola langit akan berbeda-beda penampakkannya tergantung pada posisi pengamat dipermukaan bumi.

#### 1.2.1. Kutub

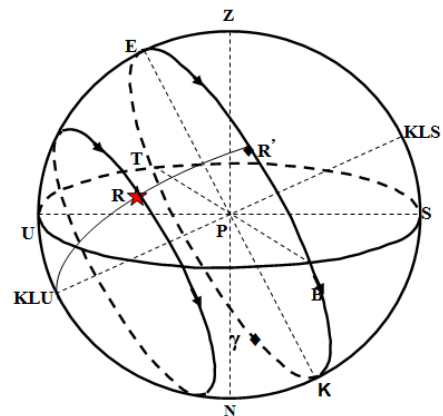
Jika kita berdiri di salah satu kutub Bumi, sumbu rotasi bola langit akan melewati kita lurus ke langit. KLU (jika kita di Kutub Utara Bumi) berada di zenith. Bintang-bintang akan tampak mengitari titik yang tepat berada di atas kepala kita; bintang-bintang tidak akan terbit dan tidak akan tenggelam. Lintasan yang dilalui sebuah Bintang, disebut lingkaran harian (*diurnal circle of star*). Seperti ditunjukkan gambar 3.2.



Gambar 3.2. Bola langit dilihat dari Kutub Utara

#### 1.2.2. Lintang antara 0-90

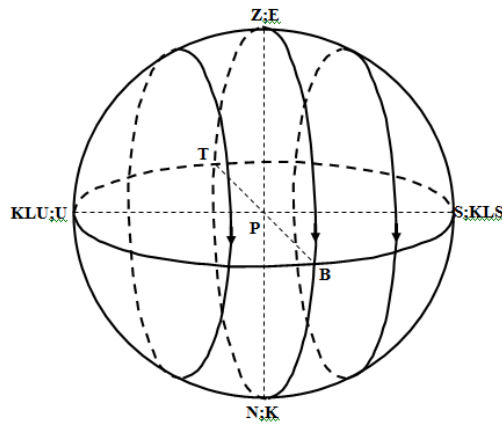
Pada pengamat di lintang utara. Kutub langit utara akan tampak naik dari arah Utara sebesar lintang pengamat tersebut. Misalnya untuk pengamat di lintang  $20^\circ$  Utara, maka KLU akan naik  $20^\circ$  dari titik Utara. Ekuator langit akan membentuk sudut  $90^\circ$  terhadap arah KLU, dan lintasan harian bintang akan sejajar dengan ekuator langit. Begitu juga untuk pengamat di belahan bumi selatan, maka Kutub Langit Selatan (KLS) akan semakin mendekati zenith sejalan dengan pertambahan lintang. Ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Bola Langit Belahan Bumi Selatan

#### 1.2.3. Ekuator

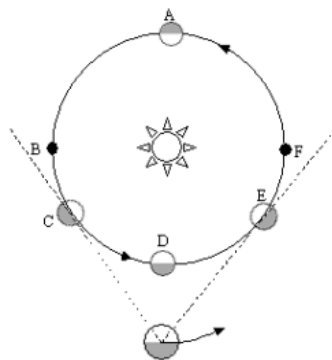
Pada pengamat yang berada di ekuator, Ekuator langit akan nampak tegak lurus horizon, dan kutub langit utara akan berimpit dengan arah utara. Lintasan harian bintang akan tegak lurus horizon. Pengamat pada lintang ekuator akan mampu melihat keseluruhan bintang pada lintasan edarnya.



Gambar 3.4. Bola Langit pada Pengamat Di Ekuator

### 1.3. Planet

Planet adalah salah satu benda langit yang tidak mampu menghasilkan cahaya sendiri yang mengorbit pada suatu bintang tertentu. Di langit, planet-planet dapat dibedakan dari bintang, karena cahayanya yang tidak berkelap-kelip. Hal tersebut disebabkan oleh dekatnya jarak planet dengan bumi. Selain itu, diameter sudut planet akan jauh lebih besar dari diameter sudut bintang (yang berupa benda titik) dan dari teleskop akan tampak seperti piringan. Tidak setiap bintang di suatu galaksi mempunyai planet, dan salah satu system yang mempunyai planet adalah system tata surya kita dengan bintangnya yaitu Matahari. Tata surya kita yang terdiri dari 8 planet. Planet-planet yang dapat dilihat oleh mata telanjang hanya Merkurius, Venus, Mars, Jupiter, dan Saturnus. Astronom terlatih dan beberapa orang dengan kemampuan khusus dapat melihat planet Uranus, yang sangat redup dan berada pada batas penglihatan manusia normal.



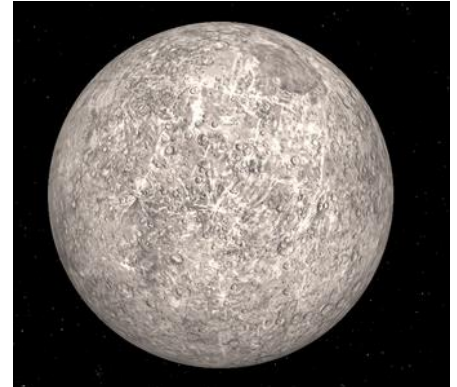
- A – Konjungsi Superior
- C – Elongasi Timur Maksimum (ETM)- senja
- D – Konjungsi Inferior
- E – Elongasi Barat Maksimum (EBM)- fajar

Gambar 3.5. Konfigurasi Planet

#### 1.3.1. Merkurius

Merkurius merupakan planet paling dekat dengan Matahari yang termasuk dalam anggota planet dalam dan planet inferior. Merkurius sangat sulit untuk dilihat, yang sebagai planet inferior dan terdekat dengan Matahari, sudut elongasi Venus tidak pernah lebih besar dari  $28^\circ$ . Saat terbaik melihat Merkurius adalah saat sekitar sebelum Matahari terbit atau setelah Matahari terbenam. Merkurius akan tampak seperti bintang yang sangat terang (magnitudo

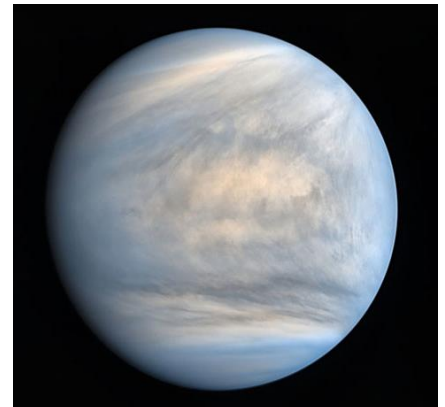
tampak saat elongasi maksimal, bervariasi sekitar  $-0,2$ ), terletak  $6 - 18$  derajat di atas horizon di daerah yang terpendarkan oleh cahaya matahari yang tersembunyi. Merkurius akan mencapai elongasi maksimum timur (tampak senja) berikutnya tanggal 2 Juni 2007, 28 September 2007. Dari satu ETM (Elongasi Timur Maksimum) ke ETM berikutnya dibutuhkan waktu sekitar 4 bulan (atau satu periode sinodis 115,88 hari). Sementara dari ETM ke EBM hanya butuh 45 hari, sementara dari EBM (Elongasi Barat Maksimum ke ETM butuh sekitar 75 hari.



Gambar 3.6. Merkurius

### 1.3.2. Venus

Venus adalah benda paling terang ketiga di langit dengan magnitudo tampak saat elongasi bervariasi disekitar  $-4,2$  (sekitar 15 kali lebih terang dari Sirius). Seperti halnya Merkurius, Venus tidak akan jauh dari Matahari. Saat elongasi maksimum (sekitar  $40^\circ$ ), untuk mata telanjang Venus akan tampak seperti bintang, namun dengan binokular / teleskop akan terlihat seperti sabit. Venus akan mencapai ETM (saat senja) berikutnya tanggal 10 Juni 2007 dan 14 Januari 2009. Mencapai EBM (saat fajar) berikutnya tanggal 29 Oktober 2007, dan 9 Juni



Gambar 3.7. Venus

2009. Periode Sinodis planet Venus sekitar 19 Bulan (583,92 hari). Dari ETM ke EBM butuh 20 minggu dan dari EBM ke ETM butuh 63 minggu.

### 1.3.3. Mars

Mars merupakan planet yang cukup dekat dengan Bumi. Jarak antara Mars dan Matahari adalah 227 juta km. Jarak terdekatnya 206 juta km dan terjauh 246 juta km dan memiliki Diameter = 6.779 km. Ketika fase oposisi dimana planet akan mencapai kecerlangan maksimal, (untuk Mars dengan magnitudo sekitar  $-1$  sampai  $-2,8$ ), dia akan terbit sekitar saat matahari terbenam (senja), melintas meridian saat tengah malam, dan tenggelam saat fajar. Mars akan terlihat seperti bintang berwarna merah yang sangat terang dan seintas mirip dengan



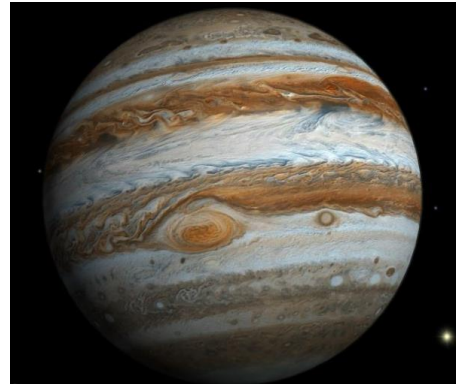
Gambar 3.8. Mars

bintang Antares, yang dinamakan dengan nama dari lawanlawan dewa perang Yunani/Romawi (Mars = Ares) yaitu Antares atau anti-Ares. Dari satu oposisi ke oposisi berikutnya membutuhkan sekitar 780 hari, dan gerak retrograd akan dimulai sekitar lima minggu sebelum setiap oposisi dan berlangsung 10 minggu, mencakup jarak  $15^\circ$  di langit.



#### 1.3.4. Jupiter

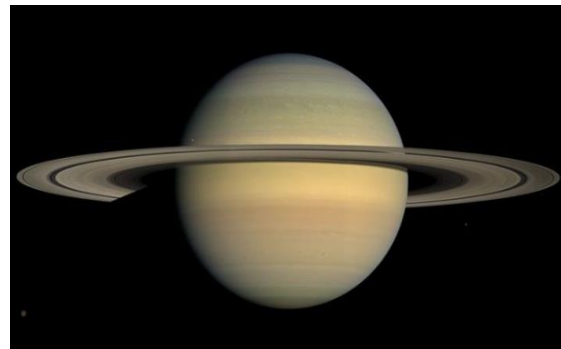
Jupiter akan nampak oleh mata telanjang saat oposisi dengan magnitudo sekitar  $-2,5$ ; akan lebih terang dari bintang manapun. Dengan teleskop kecil, kita bahkan bias melihat satelit-satelit Jupiter yang terbesar (Bulan Galilean) bergerak mengitarinya. Oposisi Jupiter akan berlangsung sekitar satu bulan lebih lambat setiap tahun, dengan setiap oposisi akan berlangsung sekitar  $30^\circ$  lebih timur dari sebelumnya. Gerak Retrograd akan berlangsung selama 8 minggu sebelum dan sesudah oposisi, dan mencakup jarak  $10^\circ$ . Atmosfer Jupiter merupakan atmosfer terbesar di tata surya dan terdiri dari beberapa lapisan yang tersusun secara horizontal. Lapisan tersebut ada yang berwarna gelap (oranye) dan cerah (putih). Pada atmosfer terdapat “bintik merah besar”, yaitu sebuah badai besar yang muncul akibat perbedaan aliran lapisan yang berlawanan. Periode rotasi 10 jam dan periode revolusi 11,86 tahun.



Gambar 3.9. Jupiter

#### 1.3.5. Saturnus

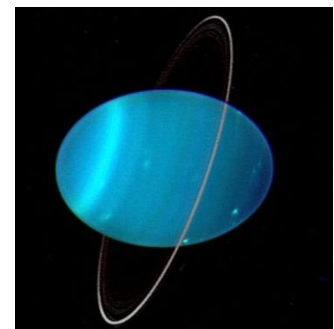
Magnitudo semu dari Saturnus saat oposisi akan sekitar 0,7; tidak terlalu terang dan akan tampak seperti bintang biasa namun kita dapat membedakannya dengan mudah. Dengan teleskop kita dapat mengamati cincin Saturnus yang anggun, dan cincin ini akan berbeda-beda penampakannya dari bumi tergantung posisi Bumi-Saturnus saat itu. Saturnus akan kembali ke oposisi dua minggu lebih lambat setiap tahun, dengan setiap oposisi berlangsung kurang lebih  $13^\circ$  lebih ke timur dari oposisi sebelumnya. Gerak retrograd akan berlangsung 10 minggu sebelum oposisi, berlangsung selama 20 minggu dan mencakup  $7^\circ$  di langit. Atmosfernya terdiri dari gas amonia dan metana. Periode rotasi 10,7 jam dan periode revolusi 29,5 tahun.



Gambar 3.10. Saturnus

#### 1.3.6. Uranus

Bagi pengamat biasa, Uranus tidak akan terlihat lewat mata telanjang. Namun bagi pengamat yang berpengalaman akan dapat mengamati Uranus saat cuaca bagus dan di tempat sangat terpencil dari lampu kota. Uranus akan terlihat seperti bintang yang sangat redup sehingga sulit dibedakan, sehingga lebih mudah dengan bantuan binokuler dan peta bintang yang akurat, sebab magnitudonya saat oposisi hanya sekitar  $+5,5$  yang sangat dekat dengan batas penglihatan manusia. Atmosfer Uranus tersusun dari



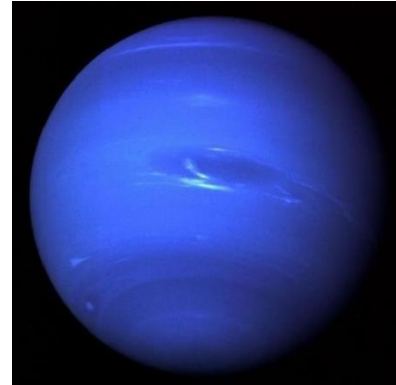
Gambar 3.11. Uranus



gas hidrogen, helium, metana, dan es. Periode rotasi 17 jam dan periode revolusi 84 tahun.

#### 1.3.7. Neptunus

Planet Neptunus berwarna biru dan memiliki cincin tipis yang tersusun dari partikel-partikel es. Jarak Neptunus dengan Matahari adalah 4,5 milyar km. Diameter = 49.244 km dan volume =  $6,254 \times 10^{13} \text{ km}^3$ . Permukaan planet tersusun atas air, amonia, dan metana tau dikenal sebagai samudra air amonia. Suhu permukaannya berkisar antara -198° C sampai -215° C. Atmosfer Uranus tersusun dari gas hidrogen, helium, metana, dan es. Memiliki periode rotasi 16 jam dan periode revolusi 165 tahun.



Gambar 3.12. Neptunus

### Mekanika Benda Langit

#### 1.1. Hukum Kepler

Pencarian manusia akan pertanyaan bagaimana benda-benda langit sesungguhnya bergerak, telah didengungkan secara berabad-abad dan telah banyak gagasan dan teori (baik dengan dasar logika maupun murni khayalan) yang mencoba menjelaskannya. Pada abad ke-16 muncul banyak Astronom yang mulai menentang paham Geosentris yang telah lama diimani. Salah satunya adalah Tycho Brahe, astronom Denmark yang melakukan pengamatan dengan peralatan minimum, namun dengan akurasi yang sangat baik. Adalah murid Brahe, Johannes Kepler, yang kemudian berhasil merumuskan teori dasar tentang pergerakan planet-planet, berdasarkan data pengamatan yang dikumpulkan Brahe.

##### 1.1.1. Hukum kepler pertama

Hukum Kepler pertama berbunyi,

**“orbit setiap planet berbentuk elips dengan matahari berada di salah satu fokusnya”**

Elips adalah bentuk bangun datar yang merupakan salah satu dari irisan kerucut (selain lingkaran, hiperbola, dan parabola). Dimana eksentrisitas elips bernilai antara 0 dan 1. Lintasan suatu planet mengelilingi matahari akan berupa sebuah elips, dan matahari akan selalu berada di salah satu dari dua focus elips tersebut (Gambar 3.14).

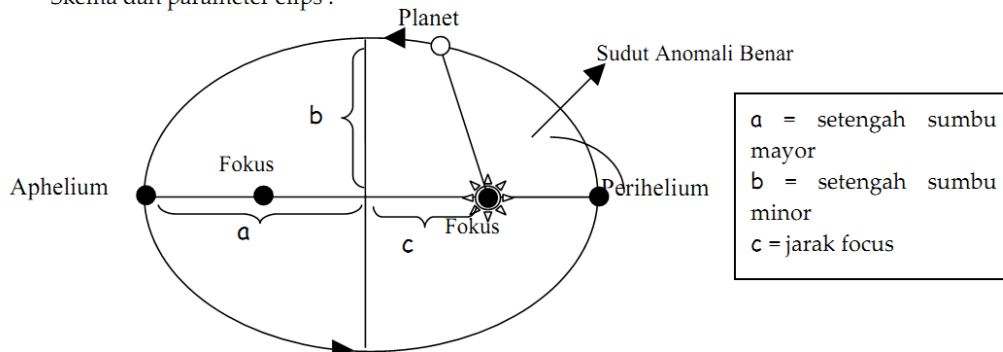
Berlaku persamaan :

- 1)  $a^2 = b^2 + c^2$
- 2) eksentrisitas ( $e$ ) =  $c/a$
- 3) Jarak perihelium =  $(a - c) = a(1 - e)$

4) Jarak aphelium =  $(a + c) = a(1 + e)$

5)

Skema dan parameter elips :



Gambar 3.14. Parameter Elips

Hukum pertama kepler jelas-jelas menentang pernyataan Nicolaus Copernicus yang menyatakan bahwa orbit planet berbentuk lingkaran dengan matahari berada di pusat lingkaran. Dan terbukti dari hasil pengamatan bahwa orbit elips .

Kepler dapat memberikan posisi yang lebih akurat dibandingkan orbit lingkaran. Kesalahan Copernicus ini dapat dipahami sebab meskipun memiliki lintasan elips, namun eksentrisitas orbit planet mendekati nol, sehingga sekilas akan tampak mendekati lingkaran, bahkan untuk perhitungan-perhitungan sederhana kita boleh mengasumsikan orbit planet adalah lingkaran.

#### 1.1.2. Hukum kepler kedua

Hukum kepler kedua berbunyi.

**“vektor radius suatu planet akan menempuh luas areal yang sama untuk selang waktu yang sama”**

Vektor radius ialah garis hubung antara planet dengan pusat gravitasi (matahari).

#### 1.1.3. Hukum kepler ketiga

Hukum kepler ketiga berbunyi

**“pangkat tiga sumbu semi major orbit suatu planet sebanding dengan kuadrat dari periode revolusi planet tersebut”**

Kepler menemukan hubungan diatas, atau apabila sumbu semi mayor kita nyatakan dengan  $a$  dan periode revolusi planet kita nyatakan dengan  $T$ , maka secara matematis hukum ketiga kepler dapat ditulis.

$$\frac{a^3}{T^2} = \text{konstan}$$

#### 1.1.4. Fungsi Hukum Kepler

Fungsi hukum Kepler di kehidupan modern yaitu digunakan untuk memperkirakan lintasan planet-planet atau benda luar angkasa lainnya yang mengorbit Matahari seperti asteroid atau planet luar yang belum ditemukan semasa Kepler hidup.

Hukum ini juga digunakan pada pengorbitan lainnya selain matahari. Seperti bulan yang mengorbit bumi. Bahkan saat ini dengan menggunakan dasar dari hukum Kepler ditemukan sebuah benda baru yang mengorbit bumi selain bulan. Benda ini merupakan sebuah asteroid yang berukuran 490 kaki (150 meter) yang dijuluki dengan Asteroid 2014 OL339. Asteroid berada cukup dekat dengan bumi sehingga terlihat seperti satelitnya. Asteroid tersebut memiliki orbit elips. Ia membutuhkan waktu 364,92 hari untuk mengelilingi Matahari. Hampir sama dengan bumi yang memiliki periode 365,25 hari.

## 1.2. Persamaan Kecepatan Orbit

Kecepatan Orbit suatu planet/Satelit dirumuskan sebagai berikut :

$$v^2 = GM \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$$

Jika  $v_p$  : Kecepatan di titik perihelion dan,  $v_a$  : kecepatan di titik aphelion, maka dengan mensubstitusikan persamaan  $r_p$  dan  $r_a$ , dapat diperoleh :

$$v_p^2 = \frac{GM}{2} \left( \frac{1+e}{1-e} \right)$$

$$v_a^2 = \frac{GM}{2} \left( \frac{1-e}{1+e} \right)$$

$$\frac{v_p}{v_a} = \frac{1+e}{1-e}$$

$$v_p v_a = \frac{GM}{a}$$

### 1.2.1. Kecepatan Orbit Lingkaran

Kecepatan Orbit Lingkaran Jika satelit/planet bergerak dalam orbit lingkaran, artinya  $r=a$ , maka persamaan orbit berubah menjadi :

$$v_c = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

### 1.2.2. Kecepatan Lepas

Kecepatan lepas/velocity escape adalah kecepatan minimal yang diperlukan oleh suatu benda agar dapat meninggalkan bumi/planet induknya. Artinya benda akan dilepaskan dari permukaan bumi (berjarak  $r$  dari pusat bumi) ke suatu titik tak hingga ( $a=\infty$ ).

$$v_{lepas} = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

Jika kita melepas sebuah wahana luar angkasa dengan kecepatan  $v_0$ , maka:

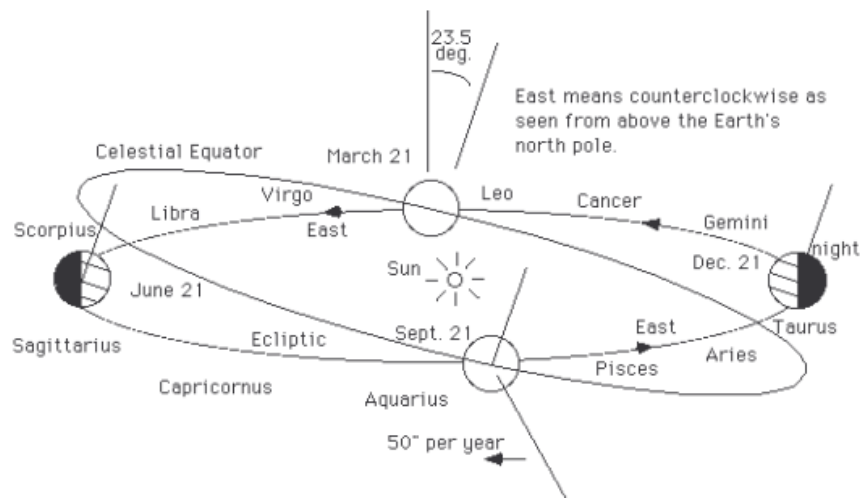
- Bila  $v_0 < v_c$  : Orbit berbentuk elips dengan sebagian lintasannya berada di Bumi, artinya benda akan jatuh.
- Bila  $v_0 < v_c$  : Orbit berbentuk elips dengan titik pelepasan sebagai apogee. Satelit semacam ini akan memiliki perigee yang sangat rendah, sehingga akan mudah terbakar dengan gesekan atmosfer.
- Bila  $v_0 = v_c$ , maka orbit benar-benar lingkaran.
- Bila  $v_c < v_0 < v_{lepas}$ , lintasan berbentuk elips.
- Bila  $v_0 = v_{lepas}$ , maka orbit akan berbentuk parabola dan satelit akan lepas dari Bumi.
- Bila  $v_0 > v_{lepas}$ , maka orbit hiperbola.

## SOAL

1. Pada suatu malam Ucon menyempatkan berkeliling daerah sekitar desa Tanjung yang masih asri dan alami, dalam keadaan malam yang cerah dengan langit yang bersih dan udara sepoi-sepoi. Ucon mengamati keberadaan planet-planet lain tata surya diantaranya Mars. Nampak sangat jelas di langit malam. Pernyataan berikut merupakan alasan mengapa saat sekitar oposisi Mars adalah saat terbaik untuk mengamati planet Mars, kecuali :
  - a. Mars nampak paling terang
  - b. Mars dapat diamati sepanjang malam
  - c. Mars paling dekat dengan Bumi
  - d. Mars terbit tengah malam
  - e. Semua pernyataan di atas salah
2. Diketahui gaya gravitasi yang bekerja di planet Mars adalah sebesar 37% dan yang di bumi, berapakah berat jenis suatu benda di permukaan Mars, jika berat jenis benda tersebut  $4,0 \times 10^4 \text{ N/m}^3$  di permukaan bumi?
  - a.  $1,08 \times 10^4$
  - b.  $1,48 \times 10^4$
  - c.  $4,00 \times 10^4$
  - d.  $10,80 \times 10^4$
  - e. informasi kurang untuk bisa menghitungnya
3. Selain melihat planet Mars, Ucon juga melihat keberadaan Planet Merkurius di langit. Saat mempelajari ilmu antariksa di sekolah menengah Ucon mengingat bahwa pada titik Perihelionnya jarak Merkurius 0,341 SA dari Matahari. Sedangkan setengah sumbu panjangnya adalah 0,387 SA. Berapakah luas daerah yang disapunya dalam satu periode?
  - a.  $0,442 \text{ SA}^2$
  - b.  $0,312 \text{ SA}^2$
  - c.  $0,104 \text{ SA}^2$
  - d.  $0,213 \text{ SA}^2$
  - e.  $0,621 \text{ SA}^2$
4. Merkurius dan Mars merupakan Planet yang sejenis karena termasuk dalam kelompok planet dalam. Pernyataan yang benar mengenai planet dalam adalah...
  - a. Planet dalam memiliki orbit diluar sabuk asteroid
  - b. Planet dalam mempunyai massa besar yang terkonsentrasi di atmosfer
  - c. Akibat adanya gravitasi yang besar, planet dalam tersusun atas inti logam
  - d. Kapasitas panas planet dalam cukup besar
  - e. Jawaban c dan d benar

5. Salah satu satelit alami planet Jupiter adalah Metis yang memiliki radius hanya 20 km dan massa  $9 \times 10^{16}$  kg, maka ...
  - a. volume Metis adalah  $3,35 \times 10^{13} \text{ m}^3$
  - b. rapat massa Metis adalah  $2685 \text{ kg/m}^3$
  - c. Metis tersusun atas es
  - d. jawaban (a) dan (b) saja yang benar
  - e. jawaban (a), (b) dan (c) benar
6. Dalam renungan malamnya Ucon mengingat keinginan masa kecilnya untuk dapat pergi ke ujung dunia untuk melihat Aurora namun Aurora ditemukan pada daerah-daerah kutub di bumi ini, hal ini sebagai akibat dari ...
  - a. Medan magnetik bumi yang cukup besar di daerah kutub
  - b. Jarak bulan yang dekat kutub
  - c. Suhu kutub yang sangat dingin
  - d. Jarak kutub yang dekat dengan inti bumi
  - e. Matahari hanya sedikit menyinari kutub
7. Berbeda dengan Bulan yang mengorbit Bumi, asteroid tidak mengorbit Bumi melainkan Matahari, hal ini disebabkan karena...
  - a. Ukuran asteroid lebih kecil dibanding Bulan
  - b. Ukuran asteroid lebih besar dibanding Bulan
  - c. Massa Bulan lebih besar dibanding massa total asteroid
  - d. Asteroid berasal dari luar Tata Surya, sedangkan Bulan sejak awal adalah pengiring Bumi
  - e. Bulan berada dalam daerah pengaruh gravitasi Bumi, sedangkan asteroid tidak
8. Asteroid Pallas mengorbit Matahari dengan periode 4,62 tahun dengan eksentrisitas orbit 0,233, maka ...
  - a. setengah sumbu panjang orbit Pallas kira-kira 2,77 au
  - b. jarak perihelion Pallas kira-kira 1,12 au
  - c. jarak aphelion Pallas kira-kira 5,42 au
  - d. kecepatan orbit Pallas adalah maksimum saat di aphelion
  - e. lintasan orbit Pallas memotong orbit planet Mars
9. Dalam tata koordinat benda langit dikenal istilah garis meridian. Garis meridian adalah busur lingkaran di langit yang melalui titik-titik .....
  - a. Barat-zenit-timur
  - b. Utara-nadir-timur
  - c. Utara-zenit-selatan
  - d. Barat-nadir-timur
  - e. Semua salah

10. Meskipun Matahari sudah dibawah horizon namun terkadang berkas cahaya Matahari masih terlihat di ufuk barat hal ini karena terdapat beberapa istilah senja dalam terbenamnya suatu benda langit. Senja terpendek terjadi apabila
- Pengamat berada di ekuator pada tanggal 21 Maret
  - Pengamat berada di kutub Selatan pada tanggal 22 Desember
  - Pengamat berada di kutub Utara pada tanggal 22 Desember
  - Pengamat berada di kutub Utara pada tanggal 21 Maret
  - Pengamat berada di ekuator pada tanggal 22 Desember
11. Pernyataan yang salah adalah
- Jika kita berada di venus, Bumi dapat nampak bergerak retrograde
  - Bumi Nampak sirkumpolar oleh pengamat pada titik tertentu di bulan
  - Matahari terbit dari arah selatan di kutub selatan pada tanggal 22 Desember
  - Sudut paralaks bintang yang sama akan Nampak lebih besar bila diamati dari Mars dibandingkan dengan Bumi
  - Tidak ada bintang sirkumpolar bagi pengamat di ekuator



12. Pada sekitar tengah malam di bulan Juni, konstelasi apakah yang akan nampak jelas di langit malam?
- Gemini & Taurus
  - Scorpius & Sagittarius
  - Libra & Capricornus
  - Cancer & Aries
  - Leo & Aquarius
13. Planet merkurius yang mempunyai jarak setengah sumbu panjang 0,39 SA dan eksentrisitas orbit 0,206 akan mempunyai jarak aphelion sebesar...
- 0,30 SA
  - 0,40 SA



- c. 0,45 SA
- d. 0,47 SA
- e. 0,51 SA

14. Suatu tempat terletak pada lintang  $+65^\circ$ , dan pada suatu saat didapati Matahari sedang berada pada deklinasi  $-20^\circ$ . Berapa lamakah Panjang siang yang akan dialami lokasi tersebut saat itu...

- a. 8 jam 30 menit
- b. 9 jam 10 menit
- c. 9 jam 20 menit
- d. 10 jam
- e. 10 jam 10 menit

15. Dua buah bintang memiliki magnitudo  $+4,1$  dan  $+5,3$ . Bintang yang lebih terang memberikan energi  $5 \times 10^{-4}$  Watt pada suatu teleskop. Berapa banyak energi yang dikumpulkan oleh bintang yang lebih redup pada teleskop??

- a.  $1,2 \times 10^{-4}$  Watt
- b.  $1,4 \times 10^{-4}$  Watt
- c.  $1,6 \times 10^{-4}$  Watt
- d.  $1,8 \times 10^{-4}$  Watt
- e.  $2,0 \times 10^{-4}$  Watt

16. Bayangkan anda sedang mengamati dua bintang pada deret utama dengan ukuran yang sama, yaitu bintang A dan B pada suatu teleskop. Kedua bintang memiliki magnitudo semu yang sama. Bintang A memiliki Panjang gelombang maksimum pada panjang gelombang biru sedangkan bintang B berwarna merah. Manakah pernyataan yang benar?

- a. Bintang B memiliki temperature efektif lebih besar dibanding bintang A.
- b. Bintang A memiliki magnitudo fotometri lebih besar dibanding bintang B.
- c. Bintang A dan B merupakan system bintang ganda.
- d. Bintang A memiliki Luminositas yang lebih besar dibanding bintang B.
- e. Bintang B memiliki magnitudo mutlak lebih kecil dibanding bintang A

17. Diketahui dua bintang dengan data magnitudo sebagai berikut!

| NO | B    | V    |
|----|------|------|
| 1  | 8,52 | 8,82 |
| 2  | 7,45 | 7,25 |
| 3  | 5,42 | 6,05 |
| 4  | 5,55 | 5,85 |
| 5  | 6,66 | 6,35 |

Pernyataan yang benar adalah...

- a. Bintang paling terang di langit malam adalah bintang 3

- b. Bintang 3 lebih terang dibanding bintang 4
  - c. Bintang paling panas adalah bintang 3
  - d. Bintang 5 lebih panas dibanding bintang 1
  - e. Bintang 5 lebih panas dibanding bintang 2
18. Bintang mana yang paling terang secara pengamatan mata biasa??
- a. 1
  - b. 2
  - c. 3
  - d. 4
  - e. 5
19. Pernyataan yang benar mengenai temperature bintang adalah, kecuali...
- a. Temperature permukaan bintang dapat ditentukan dengan mengamati Panjang gelombang maksimum bintang
  - b. Bintang berwarna biru memiliki temperature lebih tinggi dibanding bintang berwarna merah
  - c. Bintang dengan temperature rendah akan memancarkan gelombang pada spektrum cahaya merah
  - d. Temperatur bintang diketahui dengan mengamati magnitude visual bintang
  - e. Semua jawaban benar
20. Dalam film Interstellar, diketahui pada saat Cooper memasuki planet Miller yang memiliki kecepatan rotasi 0,87% kecepatan cahaya, dibandingkan dengan Murphy akan memiliki keadaan dimana waktu akan terasa lebih lambat atau mengalami dilatasi waktu. Maka factor Lorentz untuk jam yang digunakan Cooper adalah...
- a. 4,0
  - b. 4,1
  - c. 5,3
  - d. 5,7
  - e. 8,7
21. Pada evolusi Bintang, di tahap Deret Utama akan mulai terjadi reaksi pembangkitan energi yaitu reaksi fusi nuklir, namun selama masa hidupnya, Matahari tidak mampu membentuk inti besi, hal ini dikarenakan...
- a. Unsur besi tersimpan pada permukaan bintang akibat medan magnet yang kuat dari bintang-bintang tersebut
  - b. Semua besi yang terbentuk dari reaksi nuklir diubah menjadi uranium
  - c. Unsur besi sudah diciptakan pada saat awal pembentukan tata surya dan menjadi penyusun inti planet
  - d. Massa awal serta temperature Matahari tidak cukup untuk membangkitkan reaksi fusi membentuk besi

- e. Semua pernyataan salah
22. Dalam evolusi Bintang ketika Matahari menjadi Raksasa Merah, pusatnya akan...
  - a. Mengembang dan memanans
  - b. Mengembang dan mendingin
  - c. Mengerut dan memanans
  - d. Mengembang dengan temperature tetap
  - e. Mengerut dan mendingin
23. Pusat galaksi Bimasakti sulit diamati karena banyak kandungan debu antar bintang. Untuk mengamatinya, dilakukan pengamatan pada daerah Panjang gelombang...
  - a. Cahaya tampak, ultraviolet, dan sinar-X
  - b. Sinar gamma, sinar-X, infrared dan radio
  - c. Cahaya tampak, radio dan sinar gamma
  - d. Infrared, ultraviolet dan sinar-X
  - e. Ultraviolet, sinar-X, dan sinar gamma
24. Perbedaan antara Panjang hari matahari dan Sideris diakibatkan oleh...
  - a. Presesi equinox
  - b. Gangguan Bulan pada orbit Bumi
  - c. Gangguan Bumi pada Orbit Bulan
  - d. Gerak rotasi dan evolusi Bumi
  - e. Gaya pasang surut matahari yang mempengaruhi revolusi
25. Planet X dan Planet Y bergerak dengan orbit lingkaran mengelilingi sebuah bintang dengan kecepatan Planet X = 2 kali kecepatan planet Y. maka radius orbit planet X ( $R_x$ ) dinyatakan dalam radius planet Y ( $R_y$ ) adalah...
  - a.  $R_x = 2 R_y$
  - b.  $R_x = 0,5 R_y$
  - c.  $R_x = 3 R_y$
  - d.  $R_x = 0,25 R_y$
  - e. Semua jawaban salah
26. Dilihat dari lintang 44 LU, semua bintang sirkumpolar akan mempunyai...
  - a. Deklinasi lebih kecil dari +49
  - b. Deklinasi lebih besar dari +49
  - c. Asensioekta lebih besar dari  $14^h$
  - d. Deklinasi lebih kecil dari +41
  - e. Deklinasi lebih besar dari +41
27. Pilihlah pernyataan yang benar
  - a. Penampakkan spektrum hanya bergantung pada kelimpahan elemen
  - b. Penampakkan spektrum hanya bergantung kepada temperature permukaan bintang
  - c. Bintang kelas O menunjukkan garis Helium terionisasi pada pita molekul Titanium oksida
  - d. Dalam kelas spektrum yang sama garis spektrum bintang dengan kelas luminositas katai lebih lebar daripada kelas luminositas maharaksasa
  - e. Dalam kelas spektrum yang sama garis spektrum bintang dengan kelas luminositas katai lebih sempit daripada kelas luminositas maharaksasa
28. Jika sisi yang sama dari suatu planet selalu menghadap ke Matahari, maka Panjang hari Sideris planet tersebut adalah...

- a. Satu tahun
  - b. Satu hari
  - c. Satu minggu
  - d. Satu jam
  - e. Satu bulan
29. Planet Jupiter dibandingkan dengan planet Mars memiliki jarak orbit yang lebih besar namun selalu Nampak lebih terang di langit malam, hal ini disebabkan karena ...
- a. Albedonya lebih tinggi dari albedo Mars
  - b. Diameter linier planet Juppiter lebih besar dibanding dengan Mars
  - c. Albedonya lebih rendah daripada albedo Mars dan diameternya lebih besar daripada diameter Mars
  - d. Albedonya lebih tinggi daripada albedo Mars dan diameternya lebih besar daripada Mars
  - e. Tidak ada jawaban yang benar
30. Koordinat Matahari saat tanggal 23 Desember adalah...
- a.  $00^h00^m, +23^\circ30'$
  - b.  $12^h00^m, -23^\circ30'$
  - c.  $08^h30^m, -15^\circ30'$
  - d.  $00^h00^m, 00^\circ00'$
  - e.  $06^h00^m, -23^\circ30'$

# SMA KEBUMIAN

# PAKET 1



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## PEMBAHASAN PAKET 1

1. Jawaban : C. Intermediet  
 Dalam deret seri bowen, deret kontinu berisi mineral mineral plagioklas yang akan semakin memperkaya Na saat suhu semakin turun. Sedangkan pada deret kontinu berujung pada mineral biotit. Deret diskontinu dan kontinu akan bertemu dan membentuk mineral K-Feldspar. Batuan yang kaya biotit dan plagioklas akan membentuk batuan berkomposisi intermediet.
2. Jawaban : D. Jawaban a dan c benar  
 Piroksen terbagi menjadi dua kelompok mineral yaitu orthopiroksen dan klinopiroksen. Kelompok mineral orthopiroksen merupakan kelompok mineral piroksen yang dicirikan dengan pemadaman sejajar pada saat diamati sifat optiknya. Yang termasuk ke dalam kelompok orthopiroksen adalah mineral enstatite dan hyperstene. Sedangkan yang termasuk dalam klinopiroksen yaitu mineral aegirine, augite, pigeonit, hedenbergite, dan wollastonite.
3. Jawaban : D. tantalum  
 Biasanya mineral-mineral ekonomis berada di alam dalam bentuk bijih yang kemudian diekstrak menjadi unsur murninya. Mineral emas merupakan mineral yang biasanya diekstrak dalam bentuk bijih pada mineral atau batuan pembawa unsur Au. Diantaranya mineral Sylvanite, maldonite, electrum dan calaverite.
4. Jawaban : A. Orthorombik  
 Kristal dibagi menjadi 7 sistem kristal berdasarkan jumlah sumbu kristal, letak sumbu kristal yang satu dengan yang lain serta parameter sumbu kristal. Sedangkan kristal yang mempunyai 3 sumbu dengan panjang berbeda namun letak tiap sumbu saling tegak lurus termasuk dalam sistem Orthorombik.
5. Jawaban : B. Halite  
 Mineral yang terbentuk hasil dari presipitasi disebut dengan mineral golongan evaporit. Mineral yang terbentuk hasil presipitasi ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  adalah Halite yang komposisi kimianya  $\text{NaCl}$ . Halite akan terbentuk terakhir pada zona evaporit setelah presipitasi gypsum dan anhydrite.
6. Jawaban : A. Apatit  
 Mineral fosfat adalah mineral yang mempunyai anion  $\text{PO}_4^{3-}$  dalam komposisi kimianya, dan mineral yang termasuk golongan fosfat adalah Apatit yaitu  $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl}, \text{Oh})(\text{PO}_4)_3$ .
7. Jawaban : A. Glaukofan  
 Terdapat beberapa mineral yang dapat menjadi penciri atau termasuk dalam mineral indeks batuan metamorf yaitu garnet, andalusit, klorit, glaukofan, epidot, kordierit, silimanit, dan kyanit.
8. Jawaban : D. Scaly clay  
 Zona mélange atau bancuh merupakan zona dengan deformasi kuat yaitu pada batas konvergen berupa subduksi, batuan pada jalur ini berupa campuran batuan dan bisa terbentuk metamorfisme atau umumnya membentuk kumpulan berbagai macam batuan dalam suatu matriks berupa clay yang bertekstur sisik atau yang disebut dengan scaly clay.
9. Jawaban : A. Albit

Deret diskontinu adalah deret yang tidak menerus dimana terjadi incongruent melting sehingga terbentuk mineral mineral berbeda diantaranya Olivin, Piroksen, Hornblende, Biotit sedangkan deret kontinu terdiri atas mineral Plagioklas seperti Albit.

10. Jawaban : C. Flexible

Mineral memiliki sifat dalam yang dapat mencirikan suatu mineral. Sifat mineral yang bila dikenai gaya dapat kembali ke bentuk semula adalah flexible. Sectile berarti dapat diiris, Ductile berarti dapat dipintal, Brittle berarti rapuh.

11. Jawaban : D. Greywacke

Dalam Klasifikasi Pettijohn batupasir yang didominasi oleh Fragmen akan masuk kedalam kelompok arenite, sedangkan yang cukup banyak mengandung matriks masuk kedalam kelompok wacke dan yang dominan matriks akan masuk kelompok mud. Kelompok wacke memiliki persentase matriks antara 15-75% dan umumnya batuananya disebut dengan greywacke karena pencirinya berupa warna umum berupa abu-abu.

12. Jawaban : E. Warna

Dalam identifikasi mineral terdapat beberapa sifat fisis yang diketahui dan yang pertama diidentifikasi adalah warna mineral.

13. Jawaban : D. batusabak-filit-sekis-gneis

Batuan metamorf dibagi menjadi batuan foliasi dan non foliasi pada batuan metamorf foliasi terdapat empat batuan yang memiliki urutan tingkat metamorfisma dari rendah ke tinggi yaitu batusabak-filit-sekis-gneis

14. Jawaban : E. Granit

Dilihat dari gambar, batuan tersebut bertekstur fanerik dengan komposisi mineral seperti kuarsa, ortoklas dan muscovite. Karena komposisinya felsic sehingga dapat disimpulkan termasuk golongan batuan beku asam yaitu granit.

15. Jawaban : D. Batupasir

Batuan yang mampu menjadi reservoir biasanya adalah batuan yang memiliki pori seperti batuan sedimen klastik, semakin besar porositasnya maka batuan akan menjadi reservoir yang baik serta memiliki permeabilitas yang baik contohnya seperti batu pasir.

16. Jawaban : E. Flute cast

Flutecast termasuk struktur erosi yang terjadi saat setelah sedimen terdeposisi, terbentuk akibat gerusan akibat arus kepada lapisan sedimen yang baru mengendap dibawahnya. Struktur sedimen ini mampu menunjukkan arah arus purba dan mampu menjadi marker top & bottom perlapisan.

17. Jawaban : A. Dunit

Mineral olivine dan piroksen biasa muncul pada batuan beku mafik maupun ultramafik seperti peridotit, dunit, komatit, dll.

18. Jawaban : D. Penghilangan gas yang kemudian terisi mineral sekunder

Struktur pada gambar merupakan struktur pada batuan beku yang disebut amygdaloidal berupa struktur vesikuler (lubang-lubang gas) yang kemudian lubang gas tersebut terisi oleh mineral lain.

19. Jawaban : C. Silimanit

Mineral Kyanit mempunyai komposisi kimia  $\text{KAlSi}_2\text{O}_5$  dan memiliki kesamaan dengan mineral Silimanit dan Andalusit yang Bersama-sama juga menjadi mineral indeks batuan metamorf. Mineral dengan komposisi sama namun dengan bentuk kristal yang berbeda disebut dengan polimorf.

20. Jawaban : E. Basal berstruktur *pillow lava*

Batuan pada zona MOR (Mid Oceanic Ridge) merupakan batuan berkomposisi basaltik karena materialnya berasal dari pelelehan magma dari astenosfer yang komposisinya



basaltic(mafik), saat keluar akan berinteraksi dengan air laut sehingga akan menunjukkan struktur pillow lava dan batuan nya disebut basalt.

21. Jawaban : D. Obsidian

Suatu magma jika membeku dengan sangat cepat maka unsur-unsurnya tidak mampu mengkristal membentuk mineral karena pembekuannya terlalu cepat dan akan menghasilkan struktur berup gelas dan batuan nya disebut dengan obsidian.

22. Jawaban : B. Gelasan

Karena pembekuan yang terlalu cepat sehingga unsur unsur pada magma tidak sempat membentuk kristal mineral dan masih unsur yang acak sehingga strukturnya disebut Gelasan karena penampakkannya seperti gelas kaca.

23. Jawaban : E. Augit

Basalt merupakan mineral mafik bertekstur afanitik yang mengandung mineral deret bowen bagian atas seperti dominan Piroksen, Olivin, Hornblende dan feldspar kaya Ca.

24. Jawaban : B. Presipitasi larutan

Celah celah pada batu gamping maupun kekar pada batuan beku dapan mengandung kalsit hasil presipitasi larutan yang disebut dengan vein(urat) pada batuan.

25. Jawaban : B. Plagioklas

Mineral plagioklas dalam deret bowen termasuk ke dalam deret kontinu yang penyebarannya dalam rentang suhu yang lebar sehingga keterdapatannya memungkinkan ada di berbagai jenis batuan mulai dari sebagai mineral utama hingga mineral asesori.

26. Jawaban : B. Lahar

Perpindahan massa saat erupsi yang sifatnya eksplosif dapat menghasilkan mekanisme piroklastik fall, flow, maupun surge, dapat pula terjadi massflow akibat kelerengan dari gunung .

27. Jawaban : E. Porfiritik

Sesuai dengan gambar mineral pada batuan dapat terdapat dua komponen yaitu fenokris yang berwarna putih berukuran kasar serta massa dasar hijaugelap-kehitaman yang halus/afanit sehingga terksturnya adalah porfiritik.

28. Jawaban : E. Plagioklas, Piroksen, Amphibole

Mineral pada gambar mengandung banyak plagioklas serta Pirokesen dan Amphibole sehingga dapat disimpulkan batuan termasuk batuan berkomposisi Mafik, sedangkan komposisi plagioklasnya berupa Plagioklas Kaya Ca.

29. Jawaban : D. struktur laminasi

Struktur yang mampu Nampak pada batuan beku adalah struktur massif, vesikuler, amigdalioidal,columnar atau sheet joint, lava bantal dan sebagainya. Sedangkan struktur laminasi hanya dimiliki oleh batuan sedimen.

30. Jawaban :B. Kuarsit dan marmer

Metamorfosa kontak merupakan metamorfosa yang terjadi bila batuan terkena kontak dengan batuan intrusi/penerobos yang tiba-tiba muncul sehingga akan mengubah posisi dari mineral pada batuan sedimen yang menyebabkan metamorfisme kontak dan batuan nya contohnya kuarsit berasal dari batuan kaya kuarsa srta marmer dari batuan karbonat.

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## PEMBAHASAN PAKET 2

1. Jawaban : A. Antiklin simetris  
Untuk melihat bentuknya maka gunakan kaidah tangan kanan jika dip direction dari kedua titik saling berlawanan maka dapat diasumsikan bentukannya adalah antiklin, jika dipnya sama besar maka bentukannya simetris sehingga sesuai dengan soal struktur yang terbentuk adalah antiklin simetris.
2. Jawaban : B. Sinklin  
Pada gambar terlihat bentukan cekung kebawah yang mengindikasikan struktur sinklin.
3. Jawaban : A. Tegak lurus dengan arah jurus  
Sesuai dengan kaidah tangan kiri, kemiringan perlapisan akan selalu tegak lurus dengan arah strike atau jurus.
4. Jawaban : B. Sesar naik  
Adanya gaya tekan berlawanan pada arah horizontal (tegasan utama) akan mengakibatkan deformasi pada perlapisan. Deformasi yang melampaui batas elastisitas perlapisan akan membentuk sesar. Dan sesar yang terbentuk akibat gaya tekan utama pada arah horizontal adalah sesar naik.
5. Jawaban : A. Lipatan Overturned  
Lipatan yang ditandai dengan sumbu lipatan yang telah miring hingga mengakibatkan sayap pada kedua sisi lipatan miring pada arah yang sama disebut dengan lipatan overturned.
6. Jawaban : B. Thrust fault  
Pada gambar terlihat bidang sesar memiliki sudut kemiringan yang kecil ( $<40^\circ$ ) terhadap horizontal sehingga struktur tersebut termasuk struktur dip slip fault jenis thrust fault.
7. Jawaban : A. Graben  
Graben selalu berasosiasi dengan horst jika terdapat blok hanging wall yang berada diantara dua footwall dan diapit oleh sesar normal yang berhadapan maka strukturnya adalah graben.
8. Jawaban : E. Daerah pembentukan merupakan daerah tektonik pasif  
Kekar gerus merupakan kekar yang terbentuk hasil dari gaya kompresi yang berhadapan dan menciptakan bidang kekar yang rapat, saling berpasangan dan membentuk sudut lancip.
9. Jawaban : D. Sesar radial  
Sesar dengan strike yang mengarah ke suatu pusat dan menyebar dari pusatnya disebut sesar radial.
10. Jawaban : E. Homoklin  
Homoklin merupakan suatu morfologi hasil lipatan dengan kenampakan satu sayap pada satu orientasi kemiringan. Biasanya ditandai dengan bentuk punggung memanjang pada peta topografi.
11. Jawaban : B. Pola aliran sungai annular  
Dalam peta topografi/kontur adanya sesar dapat diketahui melalui kenampakan kelurusan di peta, salah satunya kelurusan berupa sungai yang biasanya memiliki orientasi tertentu dan dapat dipotong atau berbelok secara tiba-tiba. Pola aliran yang mencirikan cona sesar adalah rectangular.
12. Jawaban : A. Sesar normal;  $\sigma_1$  vertikal,  $\sigma_3$  horizontal  
Berdasarkan klasifikasi sesar Anderson (1951), sesar normal akan terbentuk apabila deformasi yang terjadi memiliki arah tegasan utama  $\sigma_1$  pada arah vertikal dan  $\sigma_3$  pada horizontal
13. Jawaban : C. Sesar geser sinistral

Salah satu indikasi keberadaan sesar adalah adanya ketidakmenusan lapisan, pada kasus soal tersebut dijelaskan bahwa lapisan batuan tidak menerus pada tebing kanan sungai dan ditemukan disebelah Utara. Keterangan tersebut menunjukkan adanya pergerakan sesar yang kemungkinan bidangnya ada pada dasar sungai, dan relative terhadap pengamat

14. Jawaban : B. Striasi

Struktur garis merupakan struktur berupa gabungan minimal dua titik yang menunjukkan orientasi berupa trend dan plunge. Striasi adalah salah satu jenis struktur berupa garis pada kekar ataupun akibat gesekan dua bidang yang membentuk garis

15. Jawaban : C. 1: monoklin ; 2: antiklin ; 3: sinklin

Monoklin merupakan morfologi pada daerah perlipatan yang hanya mempunyai satu sayap pada orientasi tertentu. Antiklin adalah morfologi lipatan dengan ciri lapisan tertua berada di dekat pusat kelengkungan. Sedangkan sinklin adalah morfologi lipatan yang dicirikan dengan lapisan termuda berada dekat dengan pusat kelengkungan.

16. Jawaban : e. Sesar en echelon

Sesar en echelon biasa menyertai suatu zona sesar geser dimana ketika gaya saling berpapasan pada kedua sisi bidang saling menekan dan membentuk rekahan pada masing-masing sisi sesar sepanjang zona sesar geser tersebut.

17. Jawaban : e. Daerah pembentukan merupakan daerah tektonik pasif

Kekar merupakan rekahan yang belum mengalami pergeseran dan diakibatkan oleh adanya gaya kompresi (semua gaya bersifat kompresi) dengan arah gaya-gaya utama. kekar gerus sendiri terbentuk akibat adanya shear stress yang membentuk kekar berpasangan dengan arah gaya utama pada sudut lancip akibat gaya kompresi pada arah sudut lancip tersebut.

18. Jawaban : e. kekar gerus

Kekar gerus memiliki ciri-ciri kekar dengan bidang yang membentuk pasangan sudut lancip dan tumpul yang saling berhadapan (selalu berpasangan).

19. Jawaban : d. 9,75 m

Sesuai dengan pemodelan pada soal, maka sudut yang digunakan adalah sudut lapisan berupa  $35^\circ$

$$t = \sin(35) \cdot 17 \text{ m} = 9,75 \text{ meter}$$

20. Jawaban : a.  $39^\circ$

Gunakan rumus tan untuk menentukan kemiringan

$$\tan a = \frac{40}{50} \Rightarrow a = \sim 39^\circ$$

21. Jawaban : E. 49 cm

Dari pengukuran didapatkan nilai tersebut dan jika dirproyeksikan dalam penampang maka akan tergambar bahwa dip lapisan memiliki arah yang berlawanan dengan dip lereng sehingga rumus yang digunakan adalah

$$t = 50 \text{ cm} \times \sin(70 + 15) = 49 \text{ cm}$$

22. Jawaban : C. Triangular facet merupakan morfologi yang berasosiasi dengan sesar normal sedangkan flat iron adalah morfologi yang berkaitan dengan sesar pada sepanjang batas lapisan

Seperti pernyataan pada jawaban, triangular facet merupakan morfologi yang memiliki bentuk segitiga yang merupakan konsekuensi dari keberadaan struktur sesar normal yang mengalami erosi, sedangkan flat iron berhubungan dengan sesar atau gawir yang bidang sesarnya sama dengan bidang perlapisan yang miring atau berupa singkapan lapisan yang miring dan mengalami erosi.

23. Jawaban : D. Ukur strike dan dip perlapisan pada kedua sisi blok

Pengukuran strike dan dip lapisan tidak mempengaruhi secara langsung dalam penentuan pergerakan sesar, namun dapat membantu dalam meyakinkan keberadaan sesar dari kenampakan ketidakmenerusan lapisan.

24. Jawaban : E. rectangular; trellis

Pola sungai untuk daerah sesar yaitu bentuk rectangular dimana sungai berbelok secara tiba-tiba mengikuti kelurusan sesar, sedangkan pola sungai pada daerah lipatan adalah trellis berupa kesejajaran sungai padalembah lembah lipatan.

25. Jawaban : A. Bidang kekar tegak lurus dengan arah  $\sigma_3$

Kekar ekstensi merupakan kekar terbuka yang bukaanannya mengikuti arah  $\sigma_3$ , sehingga memanjangnya kekar kan tegak lurus arah tegasan terkecil ( $\sigma_3$ ).

26. Jawaban : A. Sesar listrik

Sesar listrik merupakan sesar yang memiliki bidang sesar berbentuk lengkungan. Sesar semacam ini memungkinkan terbentuk apabila bidang lemahnya merupakan bidang yang berbentuk busur, atau pada daerah tersebut merupakan daerah yang unconsolidated.

27. Jawaban : C. Thrust Fault

Thrust fault merupakan salah satu jenis sesar dip-slip fault berupa pergerakan hangingwall yang naik terhadap footwall namun dibedakan dengan reverse fault karena sudut bidang sesar yang kurang dari 45 derajat.

28. Jawaban : D. trough

Dalam suatu perlipatan yang terdiri dari antiklin dan sinklin terbagi menjadi beberapa morfologi. Trough merupakan titik terendah pada suatu lipatan yang biasanya terdapat pada sinklin. Sedangkan titik tertingginya disebut crest yang biasanya terdapat pada antiklin.

29. Jawaban : D. Antiklin simetri menunjam

Dilihat dari keterangan soal, kedudukan kedua titik bila diplot memiliki dip direction yang saling berlawanan, titik A mengarah ke SW sedangkan titik B mengarah ke NE sehingga morfologinya kemungkinan berupa Antiklin. Kemudian dilihat dari nilai dip yang berbeda menunjukkan lipatan antiklin tersebut asimetris, sedangkan dilihat dari nilai kedua strike menunjukkan selisih kurang dari 180 derajat sehingga bentuknya menunjam.

30. Jawaban : E. mengiri turun

Dilihat dari nilai pitch yang kecil serta kedudukan struktur garis kemungkinan bentuk struktur pada lapangan tersebut adalah sesar mengiri turun. Pitch kecil yang arahnya searah jarum jam menunjukkan sesar tersebut cenderung bergerak strike-slip namun bersamaan dengan gerakan mengiri tersebut sesar menunjukkan gejala turun dilihat dari kedudukan pitch serta trend dan plunge.

# SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia





**PEMBAHASAN PAKET 3**

1. Jawaban : C. Crevasse splay  
Bagian dari bentang alam fluvial yang ditandai dengan material/ sedimen fluvial yang bocor menembus tanggul alam (natural levee) sehingga masuk sebagai overbank deposit disebut sebagai morfologi crevasse splay.
2. Jawaban : C. Split  
Split merupakan morfologi pesisir berupa sedimentasi pantai yang memanjang meninggalkan daratan dan biasanya terbentuk oleh long shore current yang kuat dan banyak mendeposisikan sedimen.
3. Jawaban : A. Volcanic Neck  
Volcanic neck merupakan morfologi/bentang alam vulkanik hasil erosi dari gunung purba yang meninggalkan material batuan beku yang menjulang tinggi dan vertical.
4. Jawaban : D. Atoll  
Atoll merupakan pulau terumbu yang dihasilkan dari pertumbuhan terumbu karang yang intensif disekeliling gunung laut yang tenggelam atau tererosi sehingga puncaknya sudah tak terlihat lagi.
5. Jawaban : A. Doline  
Doline merupakan bentang alam kars negative berupa depresi pada batu gamping yang memiliki diameter ratusan meter hingga 1 kilometer. Dasar doline/dolina biasanya berbatasan langsung dengan water table(batas muka air tanah).
6. Jawaban : B. Helektit  
Helektit adalah speleotem sejenis stalaktit atau stalakmit yang mempunyai cabang-cabang kecil horizontal di sekitarnya.
7. Jawaban : D. Yardang  
Yarding merupakan nama lain dari mushroom rock atau batujamur berupa morfologi berbentuk seperti jamur akibat erosi oleh angin pada dua litologi yang berbeda resistensinya.
8. Jawaban : C. Barchan dune  
Barchan dune berasosiasi dengan transversal dune dengan pasokan pasir yang cukup konstan dan kecepatan angin yang cukup kuat tanpa adanya pengaruh vegetasi. Dimana lereng yang menghadap angin lebih landai dibanding lereng di depannya.
9. Jawaban : B. Polish  
Polish merupakan batuan pada gurun yang mengalami erosi oleh angin sehingga permukaannya terpolir dan bertekstur halus/licin serta mengkilap.
10. Jawaban : C. Aretes  
Aretes merupakan bagian dari bentang alam gletser berupa gunung/punggungan yang puncaknya bergerigi akibat erosi oleh gletser.
11. Jawaban : D. Tsunami  
Tsunami merupakan bukti adanya pergerakan yang disebabkan oleh lempeng bergerak yang menyebabkan gempa dan menciptakan hentakan pada kolom air di laut dan menciptakan gelombang tinggi sebagai tsunami.
12. Jawaban : D. Alfred Wegener  
Alfred Wegener merupakan ilmuwan yang mengemukakan teori apungan benua dan pergeseran lempeng hasil dari studinya terhadap kesamaan garis pantai barat afrika dengan pantai timur amerika selatan serta kesamaan fosil.
13. Jawaban : A. Konvergensi  
Zona dimana lempeng saling bertumbukan/bertemu baik benua dengan benua maupun benua dengan Samudra disebut dengan zona konvergensi.
14. Jawaban : C. Divergen



MOR ( Mid Oceanic Ridge) merupakan batas lempeng tengah Samudra yang ditandai dengan saling menjauhnya lempeng Samudra sehingga menciptakan zona atau batas memanjang tempat keluarnya material dari astenosfer.

15. Jawaban : B. Lehman Discontinuity  
Batas antara inti luar yang cair dengan inti dalam yang padat dibatasi oleh batas ketidakselarasan yang disebut lehmann discontinuity.
16. Jawaban : B. Hotspot  
Hotspot merupakan pipa atau mantel plume yang materialnya berasal dari inti luar bagian luar hingga mantel dan magmanya bersifat basaltis. Hotspot memiliki posisi yang tetap dan tidak terpengaruh oleh pergerakan lempeng sehingga kan menciptakan kepulauan yang bersambungan seperti hawaii.
17. Jawaban : C. Scotia  
Lempeng scotia merupakan lempeng kecil hasil divergensi dengan batas lempeng amerika selatan di bagian utara dan lempeng antartika di bagian selatan.
18. Jawaban : E. Juan de Fuca  
Lempeng Juan de fuca merupakan lempeng yang terletak diantara lempeng pasifik dan lempeng amerika utara dan terbentuk hasil dari divergensi lempeng tersebut.
19. Jawaban : B. Siklus Wilson  
Pecah dan menyatunya lempeng merupakan suatu siklus yang berlangsung terus menerus disebut dengan siklus Wilson.
20. Jawaban : A. Terdapat Magmatic Arc  
Magmatic Arc merupakan busur kepulauan magmatic yang merupakan hasil dari pelelehan magma yang naik ke atas akibat massa jenis magma yang rendah dan menciptakan busur kepulauan magmatic.
21. Jawaban : C. Subsekuen  
Sungai dapat diklasifikasikan berdasarkan arah aliran sungai terhadap kemiringan perlapisan. Sungai yang memiliki arah aliran linear dengan arah kemiringan perlapisan disebut dengan sungai konsekuen sedangkan sungai yang memiliki arah aliran tegak lurus dengan lapisan disebut dengan sungai Subsekuen.
22. Jawaban : D. Peneplainisasi  
Proses perkembangan geomorfologi merupakan serangkaian proses yang merusak tatanan yang terbentuk oleh proses endogen yang diawali dengan proses erosi dan diakhiri oleh proses peneplainisasi. Proses geomorfik merupakan proses yang berulang.
23. Jawaban : C. Tills  
Tills merupakan hasil pengendapan sedimen oleh erosi akibat pencairan es pada bentang alam gletser. Umumnya tills terakumulasi pada rendahan-rendahan diantara punggung atau mengisi cirque.
24. Jawaban : D. a dan b benar  
Pelapukan merupakan proses disintegrasi pada batuan yang tingkatannya bergantung pada iklim dan jenis batuan yang mengalami pelapukan. Iklim yang cenderung ekstrim dan variative akan memiliki tingkat pelapukan lebih besar. Sedangkan jenis batuan dengan resistensi tinggi seperti batuan kristalin akan memiliki ketahanan terhadap pelapukan sehingga sulit untuk lapuk.
25. Jawaban : c. terjadi headward erosion (erosi ke hulu)  
Erosi hulu terjadi pada pangkal dari sungai yang dekat diantara punggung. Efek dari erosi di hulu ini dapat menyebabkan sungai semakin memanjang atau bahkan merubah aliran sungai.
26. Jawaban : A. ruang dan waktu  
Proses Geomorfik merupakan serangkaian proses yang berkaitan dengan ruang secara geologi dan waktu dalam hal perkembangan geomorfologi. Keduanya saling berkaitan dan beriringan membentuk komponen bentang alam tertentu.

27. Jawaban : E. floodplain

Floodplain (dataran banjir) merupakan dataran disisi-sisi sungai yang dibatasi oleh natural levee yang akan terakumulasi oleh air ketika periode banjir. Karena daerahnya secara periodic basah oleh banjir, daerah ini menjadi tempat yang baik untuk perkembangan vegetasi. Variabilitas vegetasi yang tinggi pada daerah ini akan meningkatkan akumulasi material organik yang bisa berpotensi juga sebagai reservoir.

28. Jawaban : C. turbidity current

Arus turbid (turbidity current) adalah proses pergerakan massa atau mass movement yang terjadi akibat akumulasi material pada suatu lereng. Transportasi yang terjadi dipengaruhi oleh factor lereng, sedangkan terbentuknya kipas laut dalam linear dengan proses transport material secara turbidit yang melalui celah di bawah laut dan akan terakumulasi pada dataran abyssal di laut dalam.

29. Jawaban : C. kekar gerus

Kekar gerus merupakan kekar yang ditandai dengan rekahan berpasangan namun berlawanan arah dengan sudut terkecilnya menunjukkan arah dari tegasan utama.

30. Jawaban : C. Coast

Coast merupakan batas akhir dari pengaruh laut dimana secara kedaan udara pada daerah ini sudah terasa lengket/khas udara laut serta mungkin bisa basah oleh pasang tertinggi atau karena efek dari gelombang karena badai.

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



**PEMBAHASAN PAKET 4**

1. Jawaban : B. Kurun, Masa, Zaman, dan Kala  
Pembagian skala waktu geologi didasarkan pada event yang menandai perubahan setiap rentang umur secara berurutan kolomnya terbagi dalam Kurun (Eon), Masa (Era), Zaman (Period) dan Kala (Epoch)
2. Jawaban : B. Karbon  
Pada zaman Karbon sekitar 360-286 juta tahun lalu daratan meluas karena terjadi pembentukan benua serta glasiasi yang meluas sehingga terjadi susut laut yang mengakibatkan tersingkapnya laut dangkal menjadi rawa-rawa yang selanjutnya ditumbuhi oleh vegetasi yang menjadi cikal bakal melimpahnya kandungan karbon organik pada zaman ini.
3. Jawaban : B. Cast  
Fosil cast merupakan fosil berupa hasil cetakan dari bentuk asli organisme yang nampak seperti bentuk organisme aslinya namun bagian tubuh asli organisme sudah tidak tampak lagi.
4. Jawaban : E. 208 – 144 juta tahun lalu  
Zaman Jura merupakan umur pertengahan dari Masa Mesozoikum yang ditandai perkembangan Dinosaurius dan munculnya mamalia pertama terjadi pada rentang 208-144 juta tahun lalu.
5. Jawaban : D. Replacement  
Replacement merupakan salah satu jenis fosilisasi berupa penggantian seluruh bagian tubuh organisme oleh mineral lain. mineral yang biasa mengisinya adalah kalsit, halite, anhidrit, gypsum, kuarsa dll.
6. Jawaban : C. Permian & Cretaceous  
Akhir dari masa Paleozoikum adalah zaman permian dan akhir dari Mesozoikum adalah zaman Cretaceous keduanya ditandai dengan adanya kepunahan massal organisme.
7. Jawaban : E. Histometabasis  
Histometabasis merupakan jenis fosilisasi pada tumbuhan berkayu berupa masuknya mineral melalui serat-serat tumbuhan berkayu.
8. Jawaban : A. Fosil indeks  
Fosil indeks adalah fosil yang dapat menjadi penciri umur geologi tertentu karena penyebaran yang luas dan rentang umurnya pendek sehingga dapat menjadi penciri zaman tertentu.
9. Jawaban : B. Ostracod  
Fosil yang dapat mencirikan zona pasang surut adalah organisme jenis ostracod dan ballanus.
10. Jawaban : D. Berumur kurang dari 11.000 tahun lalu

Suatu benda dapat dikatakan fosil jika terkubur secara alami dan telah berumur lebih tua dari holosen (10.000 ribu tahun lalu).

11. Jawaban : E. Semua Salah  
Trilobit merupakan fosil yang tidak dapat menjadi penciri zaman karena rentang umurnya panjang yaitu dari Cambrian hingga punah saat Permian.
12. Jawaban : D. Cambrian-Ordovician-Silurian-Devonian-Karbon-Perm  
Urutan zaman pada masa Paleozoikum dari yang paling tua adalah Cambrian, Ordovician, Silurian, Devonian, Carbon, dan Permian.
13. Jawaban : D. Miosen  
Pada saat Miosen ditandai dengan munculnya kera, ikan paus dan mamalia besar pemakan rumput.
14. Jawaban : A. Permian  
Kepunahan masal pertama terjadi di zaman per yang memusnahkan Trilobit dan organisme lainnya.
15. Jawaban : D. Lateral continuity  
Salah satu hukum dasar stratigrafi adalah lateral continuity yang berarti bahwa penyebaran lapisan secara lateral pada tepi cekungan linear dengan penyebaran lapisan secara horizontal sehingga lapisan akan memiliki urutan yang sama secara umur. Yang membedakan adalah pada tepi cekungan penyebaran lapisan akan semakin menipis.
16. Jawaban : B. Superposisi  
Hukum Superposisi (Nicholaus Steno) menyatakan bahwa dalam keadaan tak terganggu maka batuan yang berada di bawah akan berumur lebih tua dari batuan di atasnya.
17. Jawaban : A. Inklusi  
Hukum inklusi adalah hukum yang menyatakan bahwa adanya batuan inklusi menandakan bahwa batuan yang diinklusi berumur lebih tua dari batuan yang menginklusi.
18. Jawaban : B. Disconformity  
Disconformity adalah salah satu ketidakselarasan batuan yang ditandai dengan adanya bidang erosi.
19. Jawaban : B. Faunal Succesion  
Faunal Succesion merupakan salah satu hukum dasar stratigrafi yang mengidentifikasi umur relatif batuan dengan kandungan fosilnya yang memperlihatkan keadaan fosil yang semakin kompleks ke lapisan yang muda.
20. Jawaban : D. Mold  
Mold adalah jenis fosilisasi berupa cetakan dari bagian tubuh organisme, yang bagian tubuhnya sudah tidak ada lagi dan hanya meninggalkan bentuk tubuh seperti organisme aslinya.
21. Jawaban : D. Biostratigrafi

Dalam ilmu stratigrafi dibagi lagi menjadi cabang-cabang ilmu salah satunya adalah Biostratigrafi yang mempelajari urutan lapisan batuan berdasarkan kandungan fosilnya. Dalam biostratigrafi, fosil yang seringkali digunakan adalah fosil indeks dari organisme foraminifera terutama foraminifera planktonic. Foram digunakan dalam biostratigrafi karena penyebarannya luas dan memiliki perkembangan genus yang kontinu sehingga mudah dipelajari menjadi kolom biostratigrafi.

22. Jawaban : B. Rawa

Untuk menghasilkan fosil yang terkonservasi baik diperlukan lingkungan yang tenang dengan sedimen halus dan memungkinkan sisa tubuh organisme tidak terekspos atau rusak oleh reaksi kimia salah satunya di lingkungan Rawa.

23. Jawaban : E. B-G-E-I-C-A

Hukum stratigrafi yang berlaku adalah original horizontaliti untuk lapisan B, E, C, dan A dan hukum Cross Cutting pada batuan G dan I serta I juga merupakan Inklusi.

24. Jawaban : E. Batulempung

Agar fosil terkonservasi secara baik maka fosil harus tertimbun oleh sedimen yang ukurannya halus agar fosil tidak rusak.

25. Jawaban : D. Sulit ditemukan

Fosil Indeks merupakan fosil yang digunakan sebagai penciri zaman yang harus memiliki rentang waktu pendek serta penyebaran yang luas dan berjumlah banyak.

26. Jawaban : D. Adanya jejak bakar pada batuan yang diintrusi

Untuk menentukan umur relatif pada batuan intrusi dapat dilakukan dengan melihat adanya jejak bakar pada batuan sampling. Apabila terdapat jejak bakar maka intrusi berumur lebih muda.

27. Jawaban : C. Batuan akan terendapkan berkesinambungan secara lateral

Lateral continuity adalah hukum dasar stratigrafi berupa kesinambungan lapisan yang melampar secara lateral.

28. Jawaban : B. Cretaceous

Cretaceous atau zaman kapur adalah zaman terakhir pada masa mesozoikum yang ditandai oleh kepunahan masal organisme dan juga Ammonit.

29. Jawaban : E. Karbon

Zaman karbon disebut Carboniferus karena pada zaman itu banyak terbentuk rawa-rawa yang menghasilkan lapisan tebal batubara.

30. Jawaban : E. Nonconformity

Ketidakselarasan pada gambar merupakan ketidakselarasan antara batuan kristalin dengan batuan sedimen yang disebut dengan Nonconformity.

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia





## PEMBAHASAN PAKET 5

1. Jawaban : D. Termometer max-min, termohigrograf, psikrometer  
Sangkar Stevenson merupakan sebuah tempat berbentuk seperti sangkar berwarna putih untuk meletakkan alat-alat ukur meteorologi tertentu seperti Psikrometer (Termometer bola basah-bola kering), Termometer Max-Min, Piche Evaporimeter, dan Termohigrograf.
2. Jawaban : C. Mesosfer  
Meteor yang memasuki bumi akan terbakar pada lapisan Mesosfer karena pada lapisan tersebut terjadi penurunan suhu yang signifikan terhadap ketinggian sehingga hukum tentang kalor berlaku yang mengakibatkan meteor akan terbakar di angkasa.
3. Jawaban : D. 15 dan 35 km  
Konsentrasi lapisan ozon terletak pada lapisan Stratosfer pada ketinggian 15 dan 35 km sehingga lapisan stratosfer menjadi lapisan atmosfer yang panas karena terdapat ozon yang menyerap radiasi UV.
4. Jawaban : A. 0.02 mm  
Tetes hujan terbentuk akibat penggabungan tetes awan dengan teori tumbukkan penggabungan maupun teori 3 fasa. Tipikal diameter untuk tetes awan adalah 0.02 mm.
5. Jawaban : D. Tetes besar memiliki kecepatan terminal besar  
Tetes Hujan yang terbentuk secara Collision-Coalescence terjadi akibat adanya tumbukan tetes besar pada tetes kecil di depannya akibat tetes besar mempunyai kecepatan terminal yang lebih besar sedang tetes kecil akan dibelokkan dan bergabung di belakangnya membentuk tetes besar berikutnya hingga akhirnya jatuh sebagai hujan.
6. Jawaban : B. Mesosfer  
Awan Noctilucent merupakan awan yang terbentuk hasil dari debu pembakaran meteor pada lapisan Mesosfer sehingga awan tersebut merupakan awan tertinggi yang dapat terbentuk di atmosfer.
7. Jawaban : C. Rime ice  
Rime ice merupakan salah satu hasil presipitasi es berupa embun beku yang menghasilkan endapan es pada benda-benda padat seperti tiang listrik dan ranting pohon.
8. Jawaban : D. Virga  
Virga merupakan salah satu fenomena presipitasi berupa hujan yang tidak mencapai permukaan bumi, hal ini bisa disebabkan oleh tetes hujan yang kembali menguap ataupun kecepatan terminal tetes yang tidak mencukupi untuk jatuh.
9. Jawaban : C. Aurora  
Aurora merupakan fenomena akibat adanya tumbukan partikel matahari dengan pengaruh medan magnet bumi yang dapat memicu perpindahan elektron terluar dan mengeluarkan foton sehingga menimbulkan cahaya pada peristiwa aurora.
10. Jawaban : C. Cirrostratus  
Cirrostratus merupakan awan yang sulit dideteksi, namun dengan adanya awan ini, itu biasanya menandakan datangnya front panas. Ini berarti mungkin akan ada hujan atau jatuhnya presipitasi. Cirrostratus dapat menimbulkan HALO (halo adalah pelangi yang berbentuk cincin) jika cukup tebal.
11. Jawaban : A. Mulai ada downdraft yang kuat

Awan kumulunimbus yang memasuki tahap matang saat sudah adanya downdraft yang kuat yang menimbulkan hujan lebat isap, adanya updraft. Hujan pada awan kumulunimbus bersifat hujan curah (shower) yang lebat dan berdurasi singkat.

12. Jawaban : E. Lamanya penyinaran matahari  
Campbell stokes adalah salah satu alat meteorologi yang berfungsi menentukan lamanya penyinaran matahari dengan melihat hasil pembakaran pada pias.
13. Jawaban : A. Hamburan dan Pantulan  
Panas yang masuk ke bumi terjadi akibat radiasi yang masuk dihamburkan oleh awan dan aerosol kemudian terpantulkan secara berulang oleh atmosfer.
14. Jawaban : B. hail mengalami updraft yang berulang hingga akhirnya jatuh  
Hail yang besar dan berlapis terjadi pada awan kumulunimbus yang terdapat updraft yang kuat sehingga hail yang harusnya jatuh terdorong kembali ke awan dan semakin membesar dan menebal hingga akhirnya jatuh.
15. Jawaban : E. Evapotransmeter  
Evapotransmeter adalah suatu alat yang digunakan untuk menghitung total evaporasi yang terjadi di bumi yaitu evaporasi + transpirasi.
16. Jawaban : E. a dan c benar  
Alat ukur pasang surut diantaranya adalah tide staff yaitu berupa papan mistar yang terdapat angka ketinggian muka air layaknya fungsi penggaris serta tide gauge yang biasanya berupa alat pelampung yang diletakkan pada pelabuhan dengan ukuran kenaikan muka air laut.
17. Jawaban : B. 8 km  
Rata-rata ketebalan troposfer adalah 10-12 km, namun menipis di kutub akibat adanya efek sentrifugal sehingga tebalnya sekitar 8 km.
18. Jawaban : A. Nimbostratus  
Nimbostratus merupakan awan yang bersifat menurunkan hujan dengan intensitas ringan-sedang dengan durasi yang lama, merupakan golongan awan rendah yang biasanya berwarna abu-abu gelap.
19. Jawaban : B. Sel Walker  
Sel sirkulasi atmosfer yang melintang di akuator adalah Sel Walker yang umumnya terdapat di atas pasifik, pergerakan sel ini dapat menjadi acuan untuk menentukan adanya El Nino maupun La Nina.
20. Jawaban : B. 10 meter  
Ketinggian anemometer yang sesuai untuk pengukuran adalah pada 10 meter agar terhindar dari pengaruh gesekan permukaan sehingga pengukuran kecepatannya akurat.
21. Jawaban : C. Kelembapan Mutlak  
Kelembapan mutlak yaitu massa air yang terkandung dalam satu satuan volume udara lengas. Dapat juga dikatakan sebagai densitas uap air.
22. Jawaban : E. Hujan Konveksi  
Hujan Konveksi atau Konvektif adalah hujan akibat naiknya massa udara. Hujan Konvektif (Convective Storms) Hujan yang disebabkan oleh adanya beda panas yang diterima permukaan tanah dengan panas yang diterima oleh lapisan udara di atas permukaan bumi.
23. Jawaban : B. Altocumulus lenticularis  
Awan yang terbentuk dibelakang gunung biasanya terjadi akibat adanya efek Fohn karena massa paket udara yang tidak stabil sehingga ingin kembali ke ketinggian awalnya sehingga akan membentuk gelombang dan terkondensasi membentuk perawan Altocumulus lenticularis.

24. Jawaban : E. a dan c benar

Adanya El Nino ditandai dengan siklus Walker yang mengecil dan terkonsentrasi di Samudra Pasifik sehingga presipitasi akan terpusat di tengah samudra sehingga akan melemahkan Monsoon dan juga angin pasat timuran.

25. Jawaban : D. a dan b benar

Banyaknya jumlah radiasi yang datang ke bumi dipengaruhi oleh jarak Bumi-Matahari terutama posisi Aphelion dan Perihelion dipengaruhi juga oleh derajat lintang karena mempengaruhi pada sudut datang sinar matahari ke bumi.

26. Jawaban : B. Doldrum

Doldrum merupakan sebuah pita berangin tenang dan biasanya berupa pertemuan angin pasat yang lemah.

27. Jawaban : C. Barometer Aneroid

Barometer Aneroid merupakan alat ukur untuk mengukur tekanan udara

28. Jawaban : A. Barat Laut

Pada Peta sinoptik ditunjukkan arah angin dari tenggara sehingga angin tersebut akan menuju ke Barat Laut dengan kecepatan 15 knot.

29. Jawaban : B. 22° C

Peta sinoptik yang menunjukkan suhu dalam derajat Celcius yang terletak pada bagian kiri peta sinoptik di samping lambang cuaca. Pada peta menunjukkan suhu udara sebesar 22° C.

30. Jawaban : A. 978, 5 mb

Cara membaca peta sinoptik untuk tekanan udara adalah apabila angkanya lebih dari 500 maka ditambahkan angka 9 dan dibagi 10. Sedangkan bila angka menunjukkan kurang dari 500 maka ditambah angka 10 di depan dan dibagi 100.



@alc\_indonesia



### PEMBAHASAN PAKET 6

1. Jawaban : a.  $N_2$   
Gas di atmosfer dibagi menjadi gas permanen yang konsentrasinya cenderung tetap dengan gas variable yang konsentrasinya berubah sepanjang waktu. Gas di atmosfer memiliki karakteristik tertentu salah satunya  $N_2$  yang bermanfaat pada kesuburan tumbuhan.
2. Jawaban : b. cT (Continental Polar)  
Continental Tropical merupakan tipe massa udara yang berasal dari daratan yang memiliki suhu tinggi sehingga udaranya akan bersifat panas kering Karena diatas daratan yang dingin akan sedikit uap air dan kelembabannya rendah.
3. Jawaban : b. Updraft yang mendorong pipa vortex  
Tornado merupakan hasil dari pertemuan udara yang menciptakan friksi menjadi suatu pipa vortex yang kemudian terkena updraft sehingga salah satu ujungnya akan menyentuh Jetstream sedang ujung yang lain menyentuh daratan.
4. Jawaban : a. Musim dingin yang tidak terlalu dingin/ekstrem  
Sirkulasi arus global yang terjadi di Samudra atlantik dikenal dengan nama Gulfstream yang berupa arus hangat yang mengalir ke arah Inggris sehingga ikut menghangatkan atmosfer diatasnya menyebabkan musim dingin yang tak terlalu dingin.
5. Jawaban : c. Bs  
Pembagian iklim menurut Koeppen didasarkan pada kondisi atmosfer yang dihubungkan juga dengan vegetasi yang tumbuh dibagi menjadi tipe A,B,C,D, dan E. Iklim yang bertipe Gurun masuk dalam tipe B dan untuk vegetasi dominannya steppa masuk pada tipe Bs.
6. Jawaban : a. Jumlah rata-rata curah hujan kurang dari 60 mm  
Pembagian iklim menurut Mohr didasarkan pada rasio bulan basah dengan bulan kering. Bulan kering adalah bulan dimana rata-rata curah hujannya kurang dari 60mm.
7. Jawaban : a. Tahap Pembentukan  
Tahap pembentukan siklon tropis ditandai dengan adanya gangguan atmosfer, terbentuknya wilayah konvektif dengan awan-awan kumulunimbus, serta adanya pusat sirkulasi yang belum terbentuk namun sudah nampak pada ujung sabuk perawanan yang berbentuk spiral.
8. Jawaban : e. krypton  
Gas-gas rumah kaca adalah gas-gas di atmosfer yang berfungsi sebagai selubung bumi untuk menjaga temperatur bumi tetap panas. Contohnya adalah karbondioksida, metana, CFC, dan ozon.
9. Jawaban : d. 10 Tahun.  
Suatu gas di bumi memiliki siklus tersendiri di atmosfer maupun system bumi yang lamanya akan berbeda-beda untuk masing-masing gas bergantung banyaknya dan panjangnya proses tersebut. Untuk  $N_2$  memiliki waktu satu kali siklus selama 10 tahun.
10. Jawaban : e. Dibiaskan oleh partikel gas atmosfer  
Radiasi bumi merupakan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh bumi dan akan mengalami perlakuan di atmosfer seperti penyerapan oleh atmosfer, sebagian diteruskan ke angkasa, dan sebagian lagi akan dipantulkan kembali ke permukaan bumi.
11. Jawaban : d. Fluktuasi temperature tahunan besar

Fluktuasi temperature adalah tingkat perubahan temperature disuatu tempat yang dilihat secara harian maupun tahunan yang dipengaruhi oleh lokasi. Di daerah kutub fluktuasi temperature tahunan akan besar sedangkan fluktuasi hariannya kecil.

12. Jawaban : d.  $\text{HSO}_4^-$

Kandungan air sungai terdiri atas ion-ion yang biasanya sama dengan kandungan ion-ion di laut namun dengan konsentrasi yang berbeda seperti ion Ca, Sulfat, ion Na, ion Cl dll.

13. Jawaban : e. Perbedaan pancaran sinar matahari di berbagai lintang

Adanya sirkulasi atmosfer merupakan suatu kesatuan system bumi yang dipengaruhi oleh distribusi daratan dan lautan yang berbeda, rotasi bumi, serta adanya perbedaan penerimaan pancaran di berbagai lintang berbeda.

14. Jawaban : d. Suhu muka laut cenderung hangat (sekitar  $26^\circ\text{C}$ )

Siklon tropis memiliki beberapa prasyarat kondisi agar dapat tumbuh dan berkembang diantaranya temperature muka air laut harus hangat sekitar  $26^\circ\text{C}$ , kondisi udara yang lembab, tidak terganggu oleh daratan dan biasanya berada pada lintang 10-20 LU/LS untuk siklon tropis.

15. Jawaban : b. Angin geostrofik

Angina geostrofik adalah angina yang terjadi Karena adanya kesetimbangan antara gaya gradien tekanan dengan gaya Coriolis.

16. Jawaban : b. Teori meteoric

Ada beberapa anggapan yang memunculkan teori mengenai perubahan iklim diantaranya teori hanyutan benua, teori gunung berapi, teori karbondioksida dan teori sunspot.

17. Jawaban : b. UV B

Sinar ultraviolet merupakan radiasi yang ada pada gelombang pendek yang terdiri atas UV A, UV B dan UV C. dan yang berbahaya untuk kulit Karena dapat menyebabkan kanker adalah UV B.

18. Jawaban : b. Front Hangat

Front hangat merupakan pertemuan massa udara hangat dan dingin dimana massa udara hangat lebih mendesak kepada massa udara dingin sehingga menciptakan kelandaian yang kecil menciptakan jajaran perawanen sepanjang  $\sim 700$  km dengan perawanen nimbostratus hingga sirostratus/sirus.

19. Jawaban : b.  $6,5^\circ\text{C}/\text{km}$

Kondisi udara jenuh diartikan sebagai udara yang banyak mengandung uap air sehingga akan mudah menyimpan kalor akibat sifat dari air itu sendiri sehingga adiabatic jenuh akan mengikuti lapserate  $6,5^\circ\text{C}/\text{km}$ .

20. Jawaban : c. Afrika Utara

Pusat atau sumber massa udara bertipe CT atau Continental Tropical adalah Afrika Utara serta Sentral Asia yang tipe udaranya kering dan panas.

21. Jawaban : a. Adanya Jetstream

Beberapa factor melemahnya siklon adalah Karena hilangnya sumber uap air hangat, memasuki wilayah daratan, dilemahkan oleh system siklon lain dan atmosfer yang menjadi stabil.

22. Jawaban : a. Adanya pusat tekanan rendah dominan

Tanda tanda siklon dapat dilihat melalui karakteristik peta sinoptik maupun citra perawanan diantara yang menandainya adalah adanya system isobar tertutup yang rapat, adanya pusat tekanan rendah yang dominan serta kumpulan perawanan kumulunimbus.

23. Jawaban : c. stasioner

Stationary Front adalah pertemuan antara massa udara dingin dan hangat yang seimbang, biasanya bias dilihat pada pusat pusat tekanan tinggi maupu rendah.

24. Jawaban : e. Rain Shower

Cuaca pada peta sinoptik akan diwakilkan oleh symbol cuaca, symbol pada gambar merupakan symbol cuaca untuk rain shower atau hujan curah.

25. Jawaban : d. Gelombang Rossby

Gelombang Rossby merupakan salah satu fenomena atmosfer yang merupakan suatu bentukan bergelombang akibat adanya pusat massa udara dingin yaitu kutub yang dikelilingi massa udara hangat disekitarnya. Kenampakan gelombang ini dapat dilihat dari perilaku aliran dari Jetstream.

26. Jawaban : b. Iklim Subtropis

Iklim subtropics adalah iklim peralihan antara iklim tropis dengan iklim sedang dengan ditandai adanya 4 musim dengan musim dingin tak terlalu dingin dan musim panas tidak terlalu panas serta sedikitnya presipitasi.

27. Jawaban : d. Strahler

Klasifikasi iklim secara genetic adalah klasifikasi iklim yang didasarkan pada factor penyebab iklim seperti radiasi bersih, atapun massa udara dominan dan ciri curahan seperti klasifikasi oleh Strahler.

28. Jawaban : c. Daerah Sejuk

Daerah Sejuk menurut Junghunh merupakan daerah dengan elevasi 1500-2500mdpl, Suhu 17°-11°C serta dominasi tanaman oleh the, kina, kopi dan sayuran.

29. Jawaban : c. badai Tropis

Badai Tropis merupakan tahap siklon yang ditandai dengan sabuk perawanan yang sudah jelas dan adanya 3 atau lebih isobar tertutup, kondisi siklon cenderung stabil dan pada tahap ini badai sudah mulai diberi nama.

30. Jawaban : d. EF3

Skala kekuatan Tornado dilihat dari kecepatan anginnya yang dibagi dalam skala Fujita. Untuk skala EF3 kecepatan angina berkisar antara 219-256 km/h.



## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



### PEMBAHASAN PAKET 7

1. Jawaban : d.  $\text{Sr}^{2+}$   
 $\text{Sr}^{2+}$  atau Stronsium merupakan salah satu unsur terlarut dalam air laut yang termasuk dalam unsur minor sehingga pengaruhnya kecil dalam menentukan kadar garam air laut. Sedangkan unsur yang memiliki pengaruh besar dalam kadar garam air laut adalah ion-ion seperti  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .
2. Jawaban : a. Panjang gelombang besar dan amplitudo gelombang kecil  
Gelombang Tsunami tidak dapat dirasakan oleh kapal ditengah laut Karena memiliki amplitudo yang kecil sehingga bergerak sebagai gelombang perairan dalam dan akan bergerak sebagai gelombang perairan dangkal atau sebagai tsunami saat mendekati daratan.
3. Jawaban : b. Palung (*Trench*)  
Palung adalah celah sempit di dasar lau yang sangat dalam yang terbentuk akibat pertemuan lempeng Samudra yang menunjam terhadap lempeng benua yang disebut zona subduksi.
4. Jawaban : b. Gelombang pada kondisi perairan laut dangkal dengan kondisi kecepatan angin kecil  
Gelombang pada gambar termasuk ke dalam kategori gelombang spilling breaker ditandai dengan adanya buih gelombang dan akibat lereng gelombang yang landau serta kecepatan angina yang kecil.
5. Jawaban : d. Di permukaan air laut suhu air laut lebih panas dibandingkan dengan suhu air di air laut yang semakin dalam, sehingga terbentuk lapisan termoklin.  
Lapisan termoklin merupakan lapisan dimana terjadi penurunan suhu air secara signifikan akibat permukaan Samudra yang terpanaskan oleh radiasi matahari dan semakin ke dalam efeknya berkurang sehingga suhu air menurun.
6. Jawaban : d. Subtropis (sekitar  $25^\circ \text{LU}$  dan  $25^\circ \text{LS}$ )  
Salinitas atau kadar garam di air laut akan maksimum disekitar lintang subtropics Karena efek pemanasan yang maksimum sehingga menguapkan molekul air serta infiltrasi serta presipitasi yang minimum sehingga kadar garamnya tinggi.
7. Jawaban : a. dataran abisal  
Sedimen pelagic merupakan sedimen laut yang biasanya akan terakumulasi pada dataran abisal.
8. Jawaban : b. kedalaman dasar laut lebih dari setengah panjang gelombang  
Glombang perairan dalam merupakan gelombang dengan karakteristik kedalaman dasar laut lebih besar dari setengah panjang gelombang.
9. Jawaban : e. Kondisi gelombang tinggi dan kemiringan pantai landai serta daratan rendah  
Gelombang Tsunami akan memiliki pengaruh yang besar jika tinggi gelombang yang tinggi dan menyapu daerah dataran rendah dengan kondisi lereng pantai yang landai.
10. Jawaban : d. Fluor  
Fluor termasuk ke dalam unsur minor
11. Jawaban : a. Tropis  
Pada profil vertical dapat dilihat bahwa daerah tropis memiliki termoklin yang tebal dan salinitas yang cukup tinggi.
12. Jawaban : d. Evaporasi

Samudra akan terpanaskan akibat penyinaran atau radiasi dari matahari, adanya kondensasi uap air serta konduksi panas dari atmosfer.

13. Jawaban : a. Haloklin

Haloklin adalah kolom air/ lapisan dimana salinitas meningkat secara derastis terhadap kedalaman.

14. Jawaban : b. 4 kali

Pengangkatan yang terjadi dapat terlihat dari hirizontalitas lapisan atoll/ masa atoll sehingga diketahui sebanyak 4 kali.

15. Jawaban : a. CCD (Carbonate Compensation Depth)

CCD adalah batas dimana material karbonat akan larut secara kimiawi secara sempurna pada kolom air laut.

16. Jawaban : a. Fitoplankton

Organisme Nekton merupakan organisme laut yang hidupnya sebagai perenang bebas pada kolom air.

17. Jawaban : e. Kadar garam air laut seringkali tidak merata, arus laut dapat meratakan kadar garam pada air laut

Kadar air laut ditentukan oleh adanya perbedaan evaporasi serta evaporasi yang kompleks sehingga sangat dipengaruhi oleh factor local dan sulit untuk diratakan kadarnya.

18. Jawaban : b. jenis endapan

Warna air laut dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya jenis endapan, partikel terlarut serta adanya blooming organisme.

19. Jawaban : e. Radiolaria

Salah satu organisme yang bercangkang silika adalah organisme sejenis radiolaria.

20. Jawaban : d. *Deep-see fan*

*Deep-see fan* adalah morfologi bawah laut yang tercipta hasil dari pengendapan sedimen yang melalui celah bawah laut yang tertransport secara turbidit.

21. Jawaban : b. Batimetri

Batimetri adalah cabang ilmu Oseanografi yang mempelajari secara khusus mengenai dasar laut.

22. Jawaban : a. banyak muatan suspensi di dalam air laut

Material yang tersuspensi pada air laut akan ikut mencerminkan warna laut sesuai dengan warna material yang terlarut tersebut.

23. Jawaban : a. Seiche

Seiche adalah fenomena gelombang yang tidak memperlihatkan arah maju atau mundur gelombang yang biasanya terjadi pada perairan tertutup seperti danau.

24. Jawaban : d. 6,2 m/s

Gunakan rumus

$$C = \frac{L}{T} = \frac{g \cdot T}{2\pi} = \frac{9,81 \times 4}{2\pi} = 6,24 \text{ m/s}$$

25. Jawaban : a. Mayor

Yang termasuk unsur mayor dalam air laut diantaranya adalah Cl, Na, SO<sub>4</sub>, Mg, Ca, K

26. Jawaban : a. Seamount

Morfologi Atoll adalah bentukan yang terbentuk akibat pertumbuhan koral disaat ada degradasi/tenggelamnya dari gunung laut.

27. Jawaban : d. cuaca

Cuaca tidak mempengaruhi air laut, sebaliknya blooming organisme serta partikel terlarut dalam air laut akan berpengaruh pada warna air laut.

28. Jawaban : a. Continental shelf

Continental Shelf atau paparan benua adalah bagian dari benua yang cenderung datar atau memiliki kelerengan yang kecil.

29. Jawaban : d. Bentos sesil

Bentos sesil adalah organisme yang hidupnya di dasar laut dengan cara menambatkan diri pada suatu substrat.

30. Jawaban : c.  $H_2S$

Gas  $H_2S$  adalah salah satu gas yang bersifat toksik bagi organisme yang biasanya berupa gas yang keluar dari system gunung api bawah laut.

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## **PEMBAHASAN PAKET 8**

1. Jawaban : c. arus laut tidak mengalami defleksi arah  
Gaya Coriolis adalah gaya yang timbul akibat efek dari bumi yang berotasi yang mengakibatkan pembelokan arah dipengaruhi oleh posisi lintang. Efek Coriolis akan maksimum pada daerah kutub dan minimum pada daerah katulistiwa sesuai dengan persamaan Coriolis sehingga pada daerah katulistiwa arus laut tidak mengalami defleksi arah.
2. Jawaban : b. Makrotidal  $> 4$  m, Mesotidal  $2 - 4$  m, Mikrotidal  $< 2$  m  
Pasang surut diklasifikasikan berdasarkan ketinggiannya yang dibagi menjadi makrotidal, mesotidal, dan mikrotidal.
3. Jawaban : a. laut tengah  
Laut regresi adalah laut yang mengalami penyempitan dan biasanya cenderung landai dasar lautnya. Karena banyak mengalami sedimentasi yang berakibat pada pendangkalan lautan.
4. Jawaban : c. Pasang surut campuran dominan harian ganda  
Pasang surut dibagi menjadi 4 tipe berdasarkan jumlah pasang dan surut serta ketinggiannya, apabila terjadi dua pasang dan dua surut dengan amplitude yang berbeda maka tipenya pasang surut campuran dominan harian ganda.
5. Jawaban : a. Iklim dunia arus laut dunia akan panas karena arus laut tersebut bersifat panas  
Arus yang melintasi Samudra Indonesia dikenal dengan sebutan Arlindo atau arus lintas Indonesia yang merupakan bagian dari sirkulasi global Great Ocean Conveyor Belt System, yang apabila arus tersebut melewati Samudra Pasifik akan bersifat panas sehingga saat mengalir melalui Indonesia arus tersebut sifatnya panas dan apabila aksesnya tertutup maka iklim dunia akan memanas. Karena arus tidak terdinginkan oleh Samudra Atlantik.
6. Jawaban : c. siklus Milankovitch  
Adanya Es abadi di sumbu kutub bumi menandai bahwa bumi masih dalam tahap zaman es dan akan mencair. Karena keterjadiannya bersiklus yang disebut dengan siklus Milankovitch.
7. Jawaban : a. 4  
Skala Beaufort dibuat berdasarkan kenampakan pada gelombang laut dan ciri-ciri yang diperlihatkan berdasarkan kecepatan angin. Skala Beaufort 4 disebut dengan moderate breeze yang ditandai dengan ranting pohon yang mulai bergoyang dan munculnya gelombang kecil di perairan dalam.
8. Jawaban : b. 22  
Satuan kecepatan angin yang sering digunakan di perairan adalah knot yang memiliki istilah lain mil laut per jam sehingga 22 knot akan sama dengan 22 mil laut per jam.
9. Jawaban : e. Limnogenik  
Sedimen di laut terbagi menjadi 5 jenis diantaranya yaitu sedimen lithogenic, sedimen vulkanogenik, sedimen biogenik, sedimen hidrogenik dan sedimen kosmogenik.
10. Jawaban : e. Pasang air laut terjadi ada awal bulan dan pertengahan bulan.  
Pasang air laut selalu terjadi pada awal bulan dan pertengahan bulan akibat konfigurasi Matahari, Bulan, dan Bumi yang dalam satu garis lurus sehingga gaya gravitasi diantaranya mengakibatkan gaya pasang.

11. Jawaban : c. Mixed Predominantly Semidiurnal  
Pasang surut terbagi menjadi empat tipe, tipe pasang surut yang ditandai dengan periode 2 kali pasang dan 2 kali surut dengan ketinggian yang berbeda termasuk dalam tipe pasang surut campuran dominan harian ganda.
12. Jawaban : b. Garis pantai akan maju  
Terjadinya pengangkatan akan mengakibatkan penambahan luas daerah pantai sehingga garis pantai menjadi maju menuju lautan.
13. Jawaban : e. *Equator Current*  
Diantara arus-arus yang mengalir dan menjadi bagian dalam sirkulasi dunia yang bersifat panas adalah *equator current*.
14. Jawaban : e. Arus Benguela  
Arus dalam pola sirkulasi dunia dapat bersifat panas maupun dingin bergantung pada sumber arus tersebut berasal. Salah satu arus yang bersifat dingin adalah arus Benguela yang mengalir disepanjang pantai barat Afrika.
15. Jawaban : e. Tipe Pasang Surut Diurnal  
Tipe pasang surut diurnal adalah tipe pasang surut yang ditandai dengan terjadinya satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari.
16. Jawaban : d. Kedudukan muka air Tertinggi tinggi (*Highest High Water Level*)  
Pada saat konfigurasi Matahari Bumi dan bulan tepat segaris lurus ditambah dengan kondisi bulan ataupun bumi sedang di perigee maupun perihelion akan mengakibatkan pasang tinggi yang paling tinggi disebut Kedudukan muka air Tertinggi tinggi (*Highest High Water Level*).
17. Jawaban : a. Laut tepi  
Laut yang terletak diantara benua-benua disebut laut tepi seperti contohnya adalah Laut Cina Selatan.
18. Jawaban : c. Posisi bulan terhadap bumi  
Gaya pasang surut merupakan gaya yang terjadi akibat dari efek gaya gravitasi bulan sebagaigaya utama yang menarik massa air pada bumi mengakibatkan pasang. Sehingga posisi Bulan terhadap Bumi akan memberikan pengaruh lebih besar terhadap gaya pasang surut.
19. Jawaban : b. Arus Agulhas  
Arus Agulhas adalah arus yang bersifat panas yang mengalir menuju ke selatan sepanjang pantai timur Afrika Timur.
20. Jawaban : a. Seiche  
Fenomena gelombang stasioner berupa gelombang yang tidak memperlihatkan gerakan meju dari bentuk gelombang yang terjadi dan biasanya terjadi pada perairan tertutup seperti danau disebut dengan Seiche.
21. Jawaban : a. Zona litoral  
Zona Litoral ada zona kedalaman laut hingga 200 meter yang selalu tergenang oleh air laut dan merupakan zona dengan keanekaragaman biota laut yang paling tinggi Karena sinar matahari dapat selalu menembus zona tersebut.
22. Jawaban : b. Formzhal number  
Tipe pasang surut dapat ditentukan dengan menentukan Bilangan Formzhal yaitu sebuah bilangan hasil dari perhitungan komponen-komponen pada pasang surut.
23. Jawaban : a. 1, 3, 2, 4  
Urutan kedalaman lingkungan laut yang benar dari yang terdalam ke dangkal adalah Hadal, Abbyssal, Batial, Neritik.



24. Jawaban : b. Plunging Breaker

Plunging Breaker adalah salah satu tipe gelombang pecah yang terjadi pada pantai dengan dasar yang miring, bentuk gelombangnya melengkung ke depan dengan puncak gelombang yang menghadap ke daratan.

25. Jawaban : a. Coast

Daerah coast merupakan bagian dari pantai yang ditandai dengan udara yang lengket khas laut serta dapat tergenang jika terjadi pasang sangat tinggi ataupun badai yang mengakibatkan gelombang tinggi.

26. Jawaban : d. 6,2 m/s

Untuk menjawab gunakan rumus cepat rambat gelombang pada perairan dalam :

$$C = \frac{g \cdot T}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 4}{2\pi} = 6,2 \text{ m/s}$$

27. Jawaban : c. Silika

CCD merupakan batas dimana Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) tidak akan terbentuk atau terpresipitasi secara kimia Karena setelah batas tersebut semua karbonat akan larut.

28. Jawaban : d. Seiche

Seiche adalah suatu fenomena gelombang stasioner yaitu gelombang yang tidak memperlihatkan gerakan maju dan mundur, biasanya terjadi pada perairan tertutup.

29. Jawaban : b. Upwelling

Fenomena Upwelling adalah naiknya massa air di kedalaman menuju ke permukaan yang bias disebabkan oleh miringnya termoklin. Pada mekanisme mampu mengangkat nutrient yang ada di laut dalam sehingga meningkatkan populasi ikan/biota di permukaan laut.

30. Jawaban : e. 23,5

Efek Coriolis atau gaya Coriolis yaitu pembelokan arah fluida akibat rotasi bumi akan besar efeknya semakin ke utara/ selatan menjauhi ekuator bumi sehingga semakin tinggi lintang efeknya semakin besar.

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



### PEMBAHASAN PAKET 9

1. Jawaban : b. *Pyroclastic Flow*  
Terdapat tiga tipe endapan piroklastik yaitu piroklastik jatuhan, piroklastik aliran dan piroklastik sentakan. Endapan piroklastik flow dicirikan dengan endapan yang memiliki pemilahan butir buruk dan cenderung mengisi cekungan.
2. Jawaban : d. Kemas tertutup, sortasi baik, butiran membulat  
kematanan tekstur (maturity) merupakan penanda bahwa butiran telah mengalami transport yang jauh dengan tingkat erosi yang intensif yang ditandai dengan kemas tertutup, sortasi baik dan bentuk butir yang membulat.
3. Jawaban : c. Vitroirik  
Terdapat tiga material yang mampu menyusun batuan piroklastik sebagai massa dasar yaitu massa dasar mineral, batuan, ataupun gelas. Pada Batuan piroklastik dengan massa dasar gelas, teksturnya disebut dengan tekstur vitroverik.
4. Jawaban : a. Diorit  
Dilihat dari gambar, batuan tersebut memiliki tekstur felsic (terdiri atas mineral berwarna terang). Secara kenampakan batuan terdiri atas mineral-mineral felsik serta dominasi Plagioklas sehingga batuannya disebut Diorit.
5. Jawaban : c. Tipe A yaitu gunungapi yang menunjukkan aktivitas vulkanik setelah tahun 1600  
Bila suatu Gunung api menunjukkan gejala vulkanisme setelah tahun 1600 maka berdasarkan klasifikasi Gunungapi di Indonesia Gunung tersebut termasuk dalam Tipe A.
6. Jawaban : e. Konglomerat  
Untuk membaca kolom dari beberapa sumur tentukan dahulu lapisan penanda (marker) dapat berupa fosil maupun batuan. Batuan termuda pada lapisan tak terganggu akan diendapkan paling atas, sehingga pada kenampakan hasil pemboran tersebut yang memiliki umur paling muda adalah Konglomerat.
7. Jawaban : a. Batuan metamorf - konglomerat – batupasir – batulanau – batulempung – batupasir - Batugamping - batulempung – konglomerat  
Penentuan umur dilihat menggunakan hukum steno (superposisi) dimana batuan termuda akan terendapkan paling atas pada lapisan tak terganggu. Batuan metamorf - konglomerat – batupasir – batulanau – batulempung – batupasir - Batugamping - batulempung – konglomerat.
8. Jawaban : d. Disconformity  
Ditandai dengan adanya erosi, kontak ketidakselarasan tersebut adalah disconformity.

9. Jawaban : b. *Carbon dating*  
Carbon dating cocok digunakan pada unsur organik dengan umur maksimal 20000 tahun.
10. Jawaban : e. Mollusca, Gastropoda  
bentuk fosil pada gambar dicirikan dengan bentuk cangkang spiral yang khas pada kelas Gastropoda pada Filum Molluska
11. Jawaban : b. Bentos Vagile  
Terdapat berbagai cara organisme di perairan laut dapat hidup. Bentos vagile adalah cara hidup bergerak didasar perairan.
12. Jawaban : c. Cambrian, 505-570 jtl  
Organisme multiseluler muncul sejak Jaman Cambrian sekitar 570-505 jta tahun lalu.
13. Jawaban : d. Arthropoda  
Ciri tubuh yang terdiri atas ruas-ruas menunjukkan fosil termasuk Filum Arthropoda
14. Jawaban : d. Mesozoikum, karena konsentrasi oksigen tinggi sehingga meningkatkan metabolisme organisme  
Pada mesozoikum setelah kepunahan massal di Permian, kehidupan berubah karena dominasi gas oksigen di atmosfer sehingga organisme yang berkembang pada zaman itu adalah organisme dengan ukuran yang besar sehingga disebut zaman dinosaurus. Mesozoikum, karena konsentrasi oksigen tinggi sehingga meningkatkan metabolisme organisme.
15. Jawaban : b.  

|                      |         |                             |
|----------------------|---------|-----------------------------|
| <i>nonconformity</i> | selaras | <i>angular unconformity</i> |
|----------------------|---------|-----------------------------|

Batuan A dan Batuan E = ketidakselarasan antara batuan kristalin dan batuan sedimen (Nonconformity); Batuan E dan Batuan F = selaras ; Batuan G dan Batuan H = ketidakselarasan yang membentuk sudut (Angular unconformity)
16. Jawaban : b. Adanya BIF ini mengimplikasikan bahwa atmosfer purba sudah memiliki banyak Oksigen  
Adanya BIF ini mengimplikasikan bahwa atmosfer purba sudah memiliki banyak Oksigen menjadi salah, karena pembentukan besi tersebut akibat lingkungan yang teroksidasi.
17. Jawaban : c. Lingkungan laut berarus tenang.  
Lingkungan laut berarus tenang memungkinkan pembentukan strata lapisan yang baik karena sedimentasi tidak terganggu oleh energi arus.
18. Jawaban : a. 1.7 Ga

konsep waktu paruh merupakan perbandingan antara isotop anak dan isotop orang tua sehingga  $(47/53) \times 2 \text{ Ga} = 1,77 \text{ Ga}$

19. Jawaban : c. Selatan  
berdasarkan V rule maka kemiringan lapisan batuan ke arah selatan karena pada gambar kemiringan lereng cenderung berarah ke selatan.
20. Jawaban : d. lempeng Amerika Utara dan Eurasia  
Amerika Utara bergerak ke barat sedangkan Eurasia cenderung ke timur sehingga menghasilkan zona rifting.
21. Jawaban : b. Indigenus  
Terdapat beberapa cara pengawetan fosil yang dilihat dari hubungan antara umur fosil dengan umur lapisan. Fosil indigenus sudah mengalami transport namun masih dalam lingkungan yang sama.
22. Jawaban : c. Travertine merupakan salah satu morfologi aliran fluida bersifat panas.  
Travertine merupakan salah satu morfologi akibat aliran fluida bersifat panas yang berbentuk seperti jejak pelarutan pada dinding atau lapisan batugamping. Travertine biasanya hadir pada lingkungan batugamping pada zona hydrothermal.
23. Jawaban : a. 1  
Fosil yang mampu dijadikan sebagai fosil indeks harus memiliki persebaran yang luas, ditunjukkan dengan fosil nomor 1 yang tersebar pada keempat bor
24. Jawaban : c. Green shale  
karena lapisan merupakan lapisan tak terganggu dan fosil 1 menjadi marker, sehingga sesuai dengan hukum steno yaitu superposisi dimana lapisan tertua terendapkan paling bawah, pada gambar lapisan paling bawah merupakan lapisan tertua yaitu green shale.
25. Jawaban : e. Sub lithic arenite  
berdasarkan klasifikasi pettijohn kandungan matrix menunjukkan batuan termasuk kelompok arenite yang dinamai sub lithic arenite, karena matrix masih sedikit dan fragmen batupasir tersebut didominasi oleh litik dan feldspar.
26. Jawaban : c. Mollusca, Perm  
Ammonit merupakan organisme yang termasuk filum Mollusca kelas Cephalopoda yang punah pada Permian.
27. Jawaban : d. laut dangkal  
umumnya batugamping diendapkan pada lingkungan laut dangkal terutama batugamping terumbu.
28. Jawaban : e. Red sandstone – brown siltstone – black shale

Sesuai dengan klasifikasi Wentworth sehingga urutan batuanannya berdasarkan ukuran adalah Red sandstone – brown siltstone – black shale.

29. Jawaban : b. Tuff terendapkan secara merata pada berbagai arah mata angin.  
syarat menjadi marker adalah penyebaran yang luas dalam rentang waktu singkat sehingga Tuff yang terendapkan pada daerah yang luas dalam waktu yang relatif singkat akibat vulkanisme mampu menjadi marker.
30. Jawaban : b. Faunal Succession  
suksesi vertikal lapisan akan mengalami perubahan kandungan fosil yang semakin kompleks pada umur yang lebih muda.

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia





## **PEMBAHASAN PAKET 10**

1. Jawaban : c. Komet ISON  
Obyek langit biasanya apabila ditemukan akan mengambil penamaan dari wahana yang menemukan ataupun orang yang menemukan, salah satunya komet ISON yang ditemukan oleh wahana ISON.
2. Jawaban : b. Transit planet di depan bintang induknya  
Keberadaan exoplanet atau ekstrasolar planet, dapat diketahui melalui transit planet di depan bintang induknya, yaitu saat luminositas bintang induknya tiba-tiba berkurang karena tertutup oleh planet yang sedang transit.
3. Jawaban : c. Fotosfer  
Pancaran sinar matahari terutama berasal dari lapisan Fotosfer pada matahari.
4. Jawaban : b. Planet-Matahari-Bumi  
Konjungsi Superior adalah keadaan saat konfigurasi Planet-Matahari-Bumi dalam posisi segaris, yaitu saat sudut elongasinya 0.
5. Jawaban : b. Prograde  
Gerak benda langit dalam tata surya terutama planet umumnya bergerak berlawanan arah jarum jam terhadap acuan sehingga disebut gerak Prograde sebaliknya gerak orbital planet yang berlawanan arah jarum jam disebut dengan Retrograde.
6. Jawaban : d. Garis absorpsi dalam berbagai elemen piringan hitam  
Garis Fraunhofer adalah garis yang menandai adanya unsur-unsur pada pancaran spektrum bintang. Tiap unsur akan memiliki pancarannya masing-masing yang khas.
7. Jawaban : b. ekinok musim semi  
Panjangnya siang dan malam diseluruh belahan bumi akan sama saat matahari sedang dalam posisi ekuinoks yaitu saat matahari tepat berada di atas ekuator. Ekuinoks musim semi atau ekuinoks musim gugur.
8. Jawaban : b. gaya pasang surut Jupiter  
Komet Shoemaker-Levy 09 pecah akibat adanya gaya pasang surut oleh Planet Jupiter yang besar. Komet tersebut pecah menjadi Sembilan bagian karena melampaui nilai Limit Roche Planet Jupiter.
9. Jawaban : a. Konjungsi Inferior  
Konjungsi Inferior adalah konfigurasi saat Matahari-Bulan-Bumi berada dalam keadaan segaris sehingga sisi Bulan tidak akan terlihat karena gelap bulan sedang menghadap Bumi.
10. Jawaban : c. 0<sup>m</sup>, 022

Gunakan perbandingan keadaan saat Transit dengan saat Normal/tidak transit, asumsi keadaan normal  $L = 100\%$  sedangkan saat transit  $L = 98\%$ . Kemudian gunakan rumus magnitude

$$2,5 \log \frac{E_1}{E_2} = m_2 - m_1 \quad \text{sehingga} \quad , \quad 2,5 \log \frac{L_1}{L_2} = m_2 - m_1 \quad \text{karena} \quad L_2 = 0,98\% \quad L_1$$

$$\text{sehingga} \quad 2,5 \log \frac{L_1}{0,98 L_1} = m_2 - m_1$$

$$\text{Menjadi} \quad 0,0219 = m_2 - m_1$$

11. Jawaban : a. lebih besar

Kondisi Bulan Baru adalah kondisi saat Bulan berada diantara Bumi dan Matahari sehingga gaya pasang surut akan bernilai maksimum sehingga yang terjadi adalah pasang lebih tinggi dibanding bulan kuarter.

12. Jawaban : Venus dan Merkurius

Konjungsi inferior hanya akan terjadi pada planet yang termasuk dalam planet inferior seperti Venus dan Merkurius.

13. Jawaban : c. Lingkaran

Eksentrisitas adalah besaran yang menyatakan tingkat kebulatan suatu orbit planet yang memiliki rentang nilai 0-1, sengan eksentrisitas 0 adalah benda langit dengan orbit lingkaran.

14. Jawaban : d. UV

Pancaran gelombang maksimum dapat ditentukan dengan rumus wien yaitu

$$\gamma_{\max} = \frac{0,2898}{T} = \frac{0,2898}{9000} = 3,22 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

15. Jawaban : c. Diagram hubungan antara Luminositas dan kelas spektrum bintang

Diagram Hertzsprung-Russel adalah Diagram hubungan antara Luminositas dan kelas spektrum bintang ataupun suhu bintang dan dapat juga menjelaskan evolusi bintang.

16. Jawaban : d. O

Bintang diklasifikasikan berdasar kelas-kelas bintang berdasarkan temperature efektif bintang, bintang kelas O adalah bintang dengan temperature efektif 11.000-30.000K.

17. Jawaban : c. Diferensiasi

Reaksi Fusi pada bintang akan menyebabkan pembentukan unsur baru akibat adanya penggabungan unsur dengan massa atom yang lebih kecil dan akan membentuk lapisan terpisah yang prosesnya disebut Diferensiasi.

18. Jawaban : b. Radiative Zone

Interior matahari terbagi menjadi inti, zona radiative, zona konvektif dan juga atmosfer. Wilayah dimana radiasi matahari berasal disebut Radiative Zone.

19. Jawaban : a. 0,30 SA

Gunakan rumus menghitung jarak Perihelion

$$d_{\text{Peri}} = a(1 - e) = 0,39(1 - 0,206) = 0,30966 \text{ SA}$$

20. Jawaban : d. Sunspot

Aktivitas matahari dapat diamati melalui produksi sunspot pada piringan matahari, semakin banyak sunspot menandakan aktivitas matahari yang tinggi.

21. Jawaban : Protostar-Deret utama-Raksasa merah-Katai Putih

Bintang dalam masa hidupnya mengalami revolusi berawal dari Protobintang yang kemudian melangsungkan Fusi pada tahap Deret Utama kemudian Raksasa merah dan diakhiri dengan tahap Katai putih.

22. Jawaban : b. Katai coklat

Katai Coklat adalah bintang yang mempunyai massa kecil yang tidak sempat melangsungkan reaksi fusi atau tidak sampai tahap Deret utama pada evolusi bintang.

23. Jawaban : b. Jupiter

Planet Jupiter dikenal mempunyai Great Red Spot karena kenampakan bintik besar pada permukaan Planet Jupiter yang berwarna merah yang sebenarnya adalah badai yang terjadi di Jupiter.

24. Jawaban : a.  $1,98 \times 10^{30}$

Gunakan aplikasi rumus hukum kepler ketiga yaitu

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{GM}{4\pi^2} \text{ dengan nilai } a \text{ dan } T \text{ diketahui sehingga } \frac{(149.570.000.000)^3}{(365,25 \times 24 \times 60 \times 60)^2} = \frac{GM}{4\pi^2}$$

dengan  $G$  berupa tetapan  $6,67 \times 10^{-11}$

$$\text{sehingga } M = 1,98 \times 10^{30} \text{ kg}$$

25. Jawaban : e. semua jawaban salah

Kelas Spektrum bintang dibedakan berdasarkan temperature efektif permukaan bintang berurutan dari O,B,F,A,G,K, dan M. semakin besar temperature maka semakin pendek panjang gelombang yang dipancarkan sehingga memiliki urutan yang terbalik dari kecil ke besar dengan kelas spektrumnya.

26. Jawaban : b. 0,0526

Panjang focus elips-pusat elips sama dengan nilai  $c$ , sehingga jika diasumsikan jarak planet-Bintang 1 maka jarak setengah sumbu panjangnya  $a$  adalah  $19/20$  sehingga

$$e = \frac{c}{a} = \frac{\frac{1}{20}}{\frac{19}{20}} = \frac{1}{19} = 0,0526$$

27. Jawaban : a. 7 kg

Massa merupakan salah satu besaran yang sifatnya kekal dikenal dengan hukum kekekalan massa sehingga berat balita akan tetap terukur 7 kg.

28. Jawaban : c. planet luar mempunyai diameter yang sangat besar

Planet luar memiliki resistensi yang lebih kecil serta memiliki atmosfer yang sangat tebal karena penyusun utamanya berupa gas sehingga planet luar mempunyai diameter yang sangat besar.

29. Jawaban : a. Ganymede-Callisto-Io-Europa

Planet Jupiter memiliki satelit yang cukup banyak dan 4 diantaranya berukuran besar secara berurutan adalah Ganymede-Callisto-Io-Europa.

30. Jawaban : d. pecahnya Bulan karena melampaui batas

Semua benda langit yang memasuki pengaruh gravitasi pada suatu planet tertentu akan pecah jika orbitnya melampaui batas Limit Roche akibat efek gaya pasang surut planet tersebut.

# SMA KEBUMIAN

## PAKET 11



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## PEMBAHASAN PAKET 11

1. Jawaban : d.  $\text{Sr}^{2+}$   
 $\text{Sr}^{2+}$  atau Stronsium merupakan salah satu unsur terlarut dalam air laut yang termasuk dalam unsur minor sehingga pengaruhnya kecil dalam menentukan kadar garam air laut. Sedangkan unsur yang memiliki pengaruh besar dalam kadar garam air laut adalah ion-ion seperti  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .
2. Jawaban : a. Panjang gelombang besar dan amplitudo gelombang kecil  
Gelombang Tsunami tidak dapat dirasakan oleh kapal ditengah laut Karena memiliki amplitudo yang kecil sehingga bergerak sebagai gelombang perairan dalam dan akan bergerak sebagai gelombang perairan dangkal atau sebagai tsunami saat mendekati daratan.
3. Jawaban : b. Palung (*Trench*)  
Palung adalah celah sempit di dasar lau yang sangat dalam yang terbentuk akibat pertemuan lempeng Samudra yang menunjam terhadap lempeng benua yang disebut zona subduksi.
4. Jawaban : b. Gelombang pada kondisi perairan laut dangkal dengan kondisi kecepatan angin kecil  
Gelombang pada gambar termasuk ke dalam kategori gelombang spilling breaker ditandai dengan adanya buih gelombang dan akibat lereng gelombang yang landau serta kecepatan angina yang kecil.
5. Jawaban : d. Di permukaan air laut suhu air laut lebih panas dibandingkan dengan suhu air di air laut yang semakin dalam, sehingga terbentuk lapisan termoklin.  
Lapisan termoklin merupakan lapisan dimana terjadi penurunan suhu air secara signifikan akibat permukaan Samudra yang terpanaskan oleh radiasi matahari dan semakin ke dalam efeknya berkurang sehingga suhu air menurun.
6. Jawaban : d. Subtropis (sekitar  $25^\circ \text{LU}$  dan  $25^\circ \text{LS}$ )  
Salinitas atau kadar garam di air laut akan maksimum disekitar lintang subtropics Karena efek pemanasan yang maksimum sehingga menguapkan molekul air serta infiltrasi serta presipitasi yang minimum sehingga kadar garamnya tinggi.
7. Jawaban : a. dataran abisal  
Sedimen pelagic merupakan sedimen laut yang biasanya akan terakumulasi pada dataran abisal.
8. Jawaban : b. kedalaman dasar laut lebih dari setengah panjang gelombang  
Glombang perairan dalam merupakan gelombang dengan karakteristik kedalaman dasar laut lebih besar dari setengah panjang gelombang.
9. Jawaban : e. Kondisi gelombang tinggi dan kemiringan pantai landai serta daratan rendah  
Gelombang Tsunami akan memiliki pengaruh yang besar jika tinggi gelombnag yang tinggi dan menyapu daerah dataran rendah dengan kondisi lereng pantai yang landai.
10. Jawaban : d. Fluor

Fluor termasuk ke dalam unsur minor

11. Jawaban : a. Tropis

Pada profil vertical dapat dilihat bahwa daerah tropis memiliki termoklin yang tebal dan salinitas yang cukup tinggi.

12. Jawaban : d. Evaporasi

Samudra akan terpanaskan akibat penyinaran atau radiasi dari matahari, adanya kondensasi uap air serta konduksi panas dari atmosfer.

13. Jawaban : a. Haloklin

Haloklin adalah kolom air/ lapisan dimana salinitas meningkat secara drastis terhadap kedalaman.

14. Jawaban : b. 4 kali

Pengangkatan yang terjadi dapat terlihat dari hirizontalitas lapisan atoll/ masa atoll sehingga diketahui sebanyak 4 kali.

15. Jawaban : a. CCD (Carbonate Compensation Depth)

CCD adalah batas dimana material karbonat akan larut secara kimiawi secara sempurna pada kolom air laut.

16. Jawaban : a. Fitoplankton

Organisme Nekton merupakan organisme laut yang hidupnya sebagai perenang bebas pada kolom air.

17. Jawaban : e. Kadar garam air laut seringkali tidak merata, arus laut dapat meratakan kadar garam pada air laut

Kadar air laut ditentukan oleh adanya perbedaan evaporasi serta evaporasi yang kompleks sehingga sangat dipengaruhi oleh factor local dan sulit untuk diratakan kadarnya.

18. Jawaban : b. jenis endapan

Warna air laut dipengaruhi oleh beberapa factor diantaranya jenis endapan, partikel terlarut serta adanya blooming organisme.

19. Jawaban : e. Radiolaria

Salah satu organisme yang bercangkang silika adalah organisme sejenis radiolaria.

20. Jawaban : d. *Deep-see fan*

*Deep-see fan* adalah morfologi bawah laut yang tercipta hasil dari pengendapan sedimen yang melalui celah bawah laut yang tertransport secara turbidit.

21. Jawaban : b. Batimetri

Batimetri adalah cabang ilmu Oseanografi yang mempelajari secara khusus mengenai dasar laut.

22. Jawaban : a. banyak muatan suspensi di dalam air laut

Material yang tersuspensi pada air laut akan ikut mencerminkan warna laut sesuai dengan warna material yang terlarut tersebut.

23. Jawaban : a. Seiche

Seiche adalah fenomena gelombang yang tidak memperlihatkan arah maju atau mundur gelombang yang biasanya terjadi pada perairan tertutup seperti danau.

24. Jawaban : d. 6,2 m/s

Gunakan rumus

$$C = \frac{L}{T} = \frac{g \cdot T}{2\pi} = \frac{9,81 \times 4}{2\pi} = 6,24 \text{ m/s}$$



25. Jawaban : a. Mayor

Yang termasuk unsur mayor dalam air laut diantaranya adalah Cl, Na, SO<sub>4</sub>, Mg, Ca, K

26. Jawaban : a. Seamount

Morfologi Atoll adalah bentukan yang terbentuk akibat pertumbuhan koral disaat ada degradasi/tenggelamnya dari gunung laut.

27. Jawaban : d. cuaca

Cuaca tidak mempengaruhi air laut, sebaliknya blooming organisme serta partikel terlarut dalam air laut akan berpengaruh pada warna air laut.

28. Jawaban : a. Continental shelf

Continental Shelf atau paparan benua adalah bagian dari benua yang cenderung datar atau memiliki kelerengan yang kecil.

29. Jawaban : d. Bentos sesil

Bentos sesil adalah organisme yang hidupnya di dasar laut dengan cara menambatkan diri pada suatu substrat.

30. Jawaban : c. H<sub>2</sub>S

Gas H<sub>2</sub>S adalah salah satu gas yang bersifat toksik bagi organisme yang biasanya berupa gas yang keluar dari system gunung api bawah laut.

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## PEMBAHASAN PAKET 12

1. Jawaban : a. swash  
sedimen swash merupakan sedimen yang dibawa hasil erosi oleh arus atau gelombang yang datang menuju pantai sehingga butirannya menyudut. Sebaliknya sedimen backwash adalah sedimen yang dibawa kembali oleh gelombang yang mengarah kembali ke laut sehingga telah mengalami erosi yang berulang dan memiliki kenampakan sedimen yang lebih membulat bentuknya.
2. Jawaban : d. jawaban a, b, dan c benar  
ketika mendekati pantai gelombang akan mengalami perubahan kecepatan, ketinggian, dan Panjang gelombang akibat mengalami pendangkalan (d berubah). Sehingga saat mendekati pantai kecepatan gelombang akan mengecil, ketinggian gelombang membesar,.
3. Jawaban : e. semua jawaban benar  
Organisme yang ditemukan oleh Ucon merupakan organisme yang pada termasuk dalam filum echinodermata kelas echinoidea dilihat dari pencirinya yaitu kulitnya terdiri dari duri sebagai alat perlindungan diri yang berfungsi juga sebagai alat gerak.
4. Jawaban : d. iklim Hongkong dengan minimnya presipitasi dan *run off*.  
salinitas pada lintang subtropis tinggi akibat tingginya evaporasi dan minimnya runoff yang masuk ke perairan laut salah satunya adalah Hongkong yang terletak pada lintang subtropics sekitar 20-30 LU.
5. Jawaban : e. jawaban a dan c benar  
terjadinya gelombang pecah diakibatkan oleh kelandaian dasar lautnya, bila dasar lautnya landai maka tipe gelombang pecahnya adalah spilling breaker, sebaliknya jika dasar lautnya curam tipe gelombang pecahnya adalah plunging breaker.
6. Jawaban : e. jawaban a, b dan c benar  
organisme yang hidup di pantai dengan gelombang plunging haruslah tahan akan pukulan gelombang karena pada daerah tersebut energi gelombang sangatlah besar, sehingga membentuk tubuh atau cangkang yang tebal dan menjadi organisme penggali.
7. Jawaban : e. semua jawaban salah  
Air laut memiliki karakteristik tertentu berkaitan dengan sifatnya yang memiliki kandungan garam-garam terlarut diantaranya tekanan uap air laut akan lebih kecil karena air diikat oleh garam terlarut juga yang mengakibatkan juga meningkatnya nilai titik didih serta menurunnya titik lebur air laut. Air laut memiliki salinitas yang lebih tinggi dari air tawar berkaitan dengan

kandungan garam terlarut yang lebih besar yaitu 2,7%-3,5%.

8. Jawaban : d. Gelombang dikategorikan sebagai gelombang perairan antara  $1/20 < d/L < 1/2$ . bila dihitung  $d/L$  gelombang memiliki nilai 0,528 sehingga termasuk perairan transisi. Dimana gelombang perairan dangkat memiliki nilai  $d/L < 0,05$  sedangkan gelombang perairan dalam harus memiliki  $d/L > 0,5$ .
9. Jawaban : a. Efek Coriolis menyebabkan *gyre* yang terbentuk akan searah dengan arah putaran jarum jam pada Pantai di Hongkong. akibat corolis fluida akan dibelokkan ke kanan di BBU dan ke arah kiri di BBS serta meningkat pengaruhnya semakin ke lintang tinggi, sehingga pada perairan Hongkong yang berada pada lintang BBU akan terbentuk *gyre* yang searah dengan arah putaran jarum jam.
10. Jawaban : Jawaban a, b dan c benar  
warna perairan ditentukan oleh kedalaman perairan, aktivitas organisme seperti plankton dan alga, serta kandungan material tersuspensi.
11. Jawaban : a. Zona eufotik yang mendapat 99 % cahaya  
Zona di laut berdasarkan penetrasi cahaya dibagi menjadi zona eufotik, disfotik dan afotik, dimana zona eufotik merupakan zona dengan penetrasi cahaya hingga 99% cahaya yang masuk ke perairan laut, 1% cahaya masuk dalam zona disfotik, dan zona tanpa adanya penetrasi cahaya adalah zona afotik.
12. Jawaban : d. Mengakibatkan pergerakan material organik *nutrient* dari kolom perairan laut yang dalam.  
coastal upwelling terjadi ketika pantai berada di sisi kiri angin yang kemudian membawa *nutrient* dari laut dalam ke permukaan, sehingga berdampak pada meningkatnya aktivitas organisme pada permukaan perairan tersebut
13. Jawaban : b. Samudra Pasifik semakin sempit  
samudra pasifik mengalami penyempitan akibat penunjaman serta samudra atlantik mengalami perluasan akibat rift zone.
14. Jawaban : e. jawaban a, b dan c benar  
pembentukan endapan sedimen bisa berasal dari daratan (litogenik), aktivitas vulkanik (volkanogenik), presipitasi kimiawi (hidrogenik), sedimen asal luar angkasa (kosmogenik) maupun sisa organisme (biogenik).
15. Jawaban : e. jawaban a dan c benar  
tepi benua aktif akan memiliki paparan benua yang sempit sehingga persebaran terumbu menjadi terbatas. Zona reef yang tidak berkembang biasanya juga diakibatkan oleh besarnya

supply sedimen pada daerah pesisir, misalnya pada muara sungai besar, serta aktivitas tektonik yang aktif.

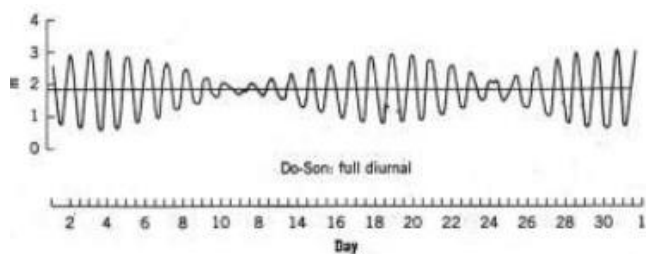
16. Jawaban : a. Terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari

Tipe pasang surut dibagi menjadi 4 tipe yaitu pasut diurnal, semidiurnal, pasut campuran dominan semidiurnal, pasut campuran dominan diurnal. Pasut diurnal terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari yang biasanya terjadi pada pagi dan sore hari.

17. Jawaban : b. Pasut harian tunggal

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} = \frac{23,4 + 15,7}{2,5 + 4,0} = 25,81$$

Berdasarkan perhitungan tersebut sehingga tipe pasang surut termasuk pada tipe Pasut Harian tunggal dimana dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Sehingga grafiknya berbentuk seperti pada gambar dibawah



18. Jawaban : e. jawaban a dan c benar

variasi pasut dibagi menjadi variasi harian dikontrol oleh tipe pasut, variasi bulanan oleh fase bulan dan variasi tahunan oleh jarak perihelion-aphelion Bumi

19. Jawaban : d. Tubuhnya tersusun atas unit-unit yang disebut sebagai spikula

Porifera merupakan organisme berpori banyak yang pencernaannya terjadi secara intraseluler dan tersusun atas banyak spikula sebagai unit-unit yang akan mencerna material yang ditangkap oleh tentakelnya.

20. Jawaban : a. Nodul Mangan

mineralisasi di cekungan samudra bisa terjadi melalui banyak cara salah satunya adalah mineralisasi dalam bentuk nodul-nodul mangan di dasar laut akibat konsentrasi tinggi unsur mangan serta Sedimentary Exhalative atau SedEx.

21. Jawaban : e. jawaban a, b dan c benar

endapan bauksit akan mudah terbentuk bila berasosiasi dengan Al serta daerah termasuk beriklim tropis yang hangat.

22. Jawaban : c. Shoaling

Gambar menunjukkan adanya perubahan kedalaman laut yang berakibat pada meningginya gelombang karena rotasi partikel yang menyentuh dasar laut, sehingga gelombang mengalami shoaling serta mengalami gelombang pecah bergantung pada kelandaian dasar lautnya.

23. Jawaban : e. jawaban a, b dan c benar

Tsunami dihasilkan dari adanya rupture vertikal atau oleh gempa dangkal dengan  $M > 6,5$  berpusat di laut serta bisa diakibatkan oleh longsoran bawah laut.

24. Jawaban : a. Difraksi gelombang merupakan peristiwa perambatan gelombang dimana gelombang mengalami pembelokan akibat menabrak penghalang. Ketika gelombang mendekati pantai akan mengalami beberapa peristiwa diantaranya difraksi, refraksi, refleksi, shoaling. Difraksi gelombang merupakan peristiwa perambatan gelombang dimana gelombang mengalami pembelokan akibat menabrak penghalang.

25. Jawaban : e. 12,5 m/s

cepat rambat gelombang perairan dangkal dirumuskan dengan  $c = \sqrt{g \cdot d} = \sqrt{9,81 \cdot 16} = 12,52$  m/s.

26. Jawaban : c. Silika

mayoritas sedimen pada cekungan samudra yang dalam memiliki komposisi silika karena material silika mempunyai resistensi yang tinggi terhadap pelarutan dan susah diikat oleh reaksi kimia dalam air laut.

27. Jawaban : b. Upwelling

upwelling merupakan mekanisme pengangkatan massa air dari kedalaman yang mampu membawa serta nutrient dari kedalaman ke permukaan

28. Jawaban : a. Litogenik

sedimen asal darat yang diendapkan di cekungan samudra disebut sedimen litogenik, berasal dari kata litos yaitu batu.

29. Jawaban : b. jenis endapan

jenis endapan yang terdeposisi di laut mampu mengubah warna perairan, sesuai dengan karakter endapan terutama yang berasal dari darat.

30. Jawaban : e. radiolaria

organisme yang memiliki cangkang silika salah satunya adalah Radiolaria. Radiolaria merupakan organisme mikroskopis yang menjadi filum tersendiri dengan karakter memiliki cangkang yang berkomposisi silika.

## SMA KEBUMIHAN



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia





### PEMBAHASAN PAKET 13

1. Jawaban : e. Efek Coriolis akan semakin besar ke lintang tinggi dan perputaran gyre searah jarum jam.  
Efek Coriolis akan semakin besar ke lintang tinggi karena gayanya semakin besar dan perputaran gyre searah jarum jam karena letak gyre di BBU.
2. Jawaban : c. Perubahan sudut datang sinar matahari  
Perubahan sudut datang sinar matahari tidak berpengaruh terhadap warna laut melainkan mempengaruhi intensitas radiasi yang diterima oleh permukaan bumi. Sedangkan yang mempengaruhi warna perairan laut adalah adanya blooming organisme, kandungan material tersuspensi, serta pengaruh kedalaman perairan.
3. Jawaban : .e. Arus Oyashio  
Arus Oyashio datang dari perairan dingin di utara Jepang yang dekat dengan Samudra Arctic, sebaliknya Kuroshio merupakan arus yang bersifat hangat yang datang dari perairan lintang rendah di Samudra pasifik utara.
4. Jawaban : b. 11 hari  
Bila dihitung menggunakan rumus  $V_g = v \cdot \sin \theta$  , serta jarak dibagi dengan hasil  $V_g$  maka didapatkan waktu tempuh selama 11 hari.
5. Jawaban : e. *equator current*  
sesuai dengan namanya arus berhubungan dengan lokasi terjadinya sehingga yang terjadi di ekuator disebut equator current.
6. Jawaban : a. spilling breaker  
gelombang pecah yang terbentuk didasarkan pada kelandaian dasar laut, ketika dasar lautnya landai yang terbentuk adalah spilling breaker yaitu kenampakkan gelombang yang ditandai dengan buih pada puncak gelombang.
7. Jawaban : e. semua jawaban benar
  - Refleksi gelombang yakni peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya disebabkan oleh suatu bidang bangunan di lokasi pantai.
  - *Wave shoaling* yakni peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal.
  - *Wave damping* yakni peristiwa tereduksinya energi gelombang yang biasanya disebabkan adanya gaya gesekan dengan dasar pantai.

- *Wave breaking* yakni peristiwa pecahnya gelombang yang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati garis pantai (*surf zone*).
8. Jawaban : a. Conductivity, temperature and depth instrument (CTD)  
alat pada gambar disebut Conductivity, temperature and depth yaitu alat yang berbentuk tabung dengan katup untuk mengambil sampel air pada suatu kedalaman yang diinginkan.
  9. Jawaban : b. barat daya & tenggara  
saat musim kemarau akan terkonsentrasi tekanan tinggi di australia dan tekanan rendah di asia sehingga angin bergerak dari tenggara diatas pamekasan serta baratdaya diatas singkawang
  10. Jawaban : d. timur laut dan barat laut  
sebaliknya saat musim hujan angin akan berbalik 180 derajat dari arah saat musim kemarau di atas langit Sampang dan Singkawang.
  11. Jawaban : a. Pyrheliometer, mengukur radiasi langsung matahari  
Pyrheliometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur radiasi langsung matahari.
  12. Jawaban : c. gulf stream  
Gulf stream di baratdaya laut Inggris mentransfer arus hangat yang mempengaruhi udara hangat yang dibawa sehingga musim dingin menjadi tidak terlalu dingin.
  13. Jawaban : c. Cw  
Cw merupakan tipe iklim sedang 4 musim dengan musim panas tidak terlalu panas dan musim dingin tidak terlalu dingin
  14. Jawaban : a. 1  
karena permukaan daratan akan lebih cepat memanaskan sehingga membentuk tekanan rendah, dimana angin akan bergerak mengikuti hukum buys-ballot yaitu bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah.
  15. Jawaban : b. 2  
Grafik nomor 2 menunjukkan keadaan temperature yang berbanding terbalik dengan lintang, karena semakin tinggi lintang intensitas insolasi semakin mengecil.
  16. Jawaban : b. Panas, kering, windy air  
kondisi panas kering serta berangin akan meningkatkan laju evaporasi akibat adanya gradien tekanan uap air, evaporasi tinggi meningkatkan kandungan uap air dalam udara bila permukaan tempat evaporasi terjadi memiliki kandungan air yang tinggi sehingga akan meningkatkan perawanan di atmosfer sekitar lokasi tersebut.

17. Jawaban : c. Air pressure gradient  
semakin besar gradien tekanan udara maka linear (berbanding lurus) dengan kecepatan angin.
18. Jawaban : e. Angin Geostrofik  
angin geostrofik dihasilkan oleh kesetimbangan gaya coriolis dengan gaya gradien tekanan.
19. Jawaban : e. freezing rain  
Peta sinoptik bias juga mewakili unsur-unsur cuaca salah satunya adalah kondisi cuaca tertentu pada suatu lokasi, berdasar gambar symbol tersebut berupa simbol cuaca berupa freezing rain.
20. Jawaban : a. 29,9 mph  
 $26 \text{ knot} = 26 \times 1,15 \text{ mph} = 29,9 \text{ mph}$
21. Jawaban : a. storm surge  
Siklon merupakan fenomena meteorology akibat adanya pusat tekanan rendah dominan yang meliputi wilayah yang luas, dampak dari siklon adalah berupa storm surge. storm surge merupakan gelombang akibat badai atau siklon
22. Jawaban : e. Wilayah pembentukan ditandai dengan adanya *windshear* yang kuat  
Windshear merupakan fenomena yang terjadi akibat adanya adanya vector angin yang berbeda pada berbagai ketinggian. windshear yang kuat cenderung akan mematikan siklon.
23. Jawaban : e. SS V  
SS V merupakan kelas siklon dengan kecepatan  $>156 \text{ mph}$
24. Jawaban : jawaban a & d benar  
pengelompokkan iklim secara empiris didasarkan oleh efek iklim sedangkan bila secara genetik didasarkan pada faktor penentu iklim.
25. Jawaban : e. Jawaban a dan c benar  
sleet dan rime ice merupakan hasil presipitasi es yang jatuh dan mampu menempel pada permukaan kering.
26. Jawaban : a. Angin Harmattan – Gurun Sahara  
angin fohn merupakan angin yang bersifat panas dan kering akibat terjadi di daerah bayang hujan contohnya harmattan di sahara dan siroco di italia
27. Jawaban : e. jawaban a, b dan c benar

temperatur dasar awan saat kondensasi mencapai RH 100 % adalah 15 derajat celcius yang disebut ketinggian atau paras kondensasi angkat

28. Jawaban : c. Gelombang Rossby terjadi akibat kombinasi rotasi Bumi dengan massa udara kutub yang dingin dengan massa udara hangat di lintang rendah.

pola gelombang Rossby biasa teramati pada jetstream yang bentuk gelombangnya akibat massa udara dingin di kutub dan massa udara hangat di lintang rendah yang tersebar mengelilingi Bumi.

29. Jawaban : d. Riwayat perjalanan massa udara

Sifat massa udara ditentukan oleh sumber massa udaradan riwayat perjalanan massa udara.

30. Jawaban : e. jawaban a dan c benar

pemanasan massa udara dari bawah ketika melalui permukaan yang hangat serta pergerakan udara ke atas yang berhubungan dengan adanya konvergensi merupakan proses yang diakibatkan udara yang stabil

# SMA KEBUMIAN

## PAKET 14



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## PEMBAHASAN PAKET 14

1. Jawaban : c.  $53^{\circ}42'$

Gunakan konsep bola langit, Bintang kondisi transit menandai bahwa planet tepat di meridian dan ketinggian dihitung dari titik utara sehingga

$$H_{\text{bintang}} = 90 - 25 - 12^{\circ}8' = 53^{\circ}42'$$

2. Jawaban : d.  $45^{\circ}$

Ketinggian atau deklinasi benda langit diukur dari ekuator sehingga

$$\delta_{\text{Bintang}} = 90 - 30 - 15 = 45$$

3. Jawaban : a.  $+65^{\circ}$

Agar bintang akan tepat di horizon, maka

$$\theta_{\text{pengamat}} = 90 - |-25| = +65$$

4. Jawaban : c. 9h15m

Waktu Sideris local adalah waktu jika acuannya adalah jam bintang, gunakan rumus

$$LST = HA_{\text{bintang}} + RA_{\text{bintang}}, \text{ RA bintang diketahui } 11\text{h}15\text{m} \text{ sedangkan diketahui } HA_{\text{bintang}} -2 \text{ karena diketahui } 2 \text{ jam lagi bintang mencapai meridian sehingga } LST = 11\text{h}15\text{m} - 2\text{h} = 9\text{h}15\text{m}$$

5. Jawaban : d. 17h08m

4 Juli apabila didekatkan dengan tanggal patokan 22 Juni adalah selisih 12 hari. Karena bintang lebih cepat terbit 4 menit/hari maka  $12 \times 4 = 48$  menit. LST saat 22 Juni jam 00.00 WMM adalah 18 jam sehingga LST 4 juli saat 00.00 WMM adalah  $18\text{jam} + 48\text{menit} = 18\text{h}48\text{m}$ .

Sedangkan jam local adalah 22.20, sehingga  $LST = 18\text{h}48\text{m} + 22\text{h}20\text{m} - 24\text{h} = 17\text{h}08\text{m}$

6. Jawaban : c. Tata Koordinat Equatorial

Tata koordinat ekuator adalah tata koordinat yang menggunakan lingkaran ekuator langit sebagai lingkaran dasar utama dengan parameter Asensiorekta/Sudut Jam sebagai Bujur benda langit dan Deklinasi sebagai lintang benda langit.

7. Jawaban : a. Lingkaran yang pusatnya berimpitan dengan pusat bola langit

Lingkaran besar merupakan salah satu elemen pembentuk bola langit yaitu berupa lingkaran yang pusatnya berimpitan dengan pusat bola langit.

8. Jawaban : a. Konjungsi Inferior

Konjungsi Inferior adalah konfigurasi benda langit berupa Matahari-Bulan-Bumi dalam satu garis lurus sehingga saat konfigurasi tersebut kita tidak bisa melihat bulan karena bagian gelap Bulan sedang menghadap Bumi.

9. Jawaban : a. Bootes

Bintang Arcturus merupakan bintang yang paling terang pada rasi Bootes

10. Jawaban : c. Lyra

Rasi zodiac adalah rasi-rasi yang menjadi latar belakang matahari saat matahari bergerak semu terhadap bumi yang terdapat 13 Rasi/Konstelasi.

11. Jawaban : b. Scorpius

Antares adalah Bintang alpha atau bintang paling terang pada rasi Scorpius.

12. Jawaban : b. Mounting, penggerak tabung utama teleskop

Bagian yang diberi lingkaran merah disebut sebagai mounting yaitu sebagai alat penggerak utama tabung teleskop sesuai dengan system koordinat yang digunakan.

13. Jawaban : a. 1000 mm ; 10 mm

Perbesaran teleskop dirumuskan dengan  $M = \frac{F_{obyektif}}{F_{okuler}}$  sehingga nilai yang memberi angka terbesar adalah  $M = 1000/10 = 100x$  perbesaran.

14. Jawaban : b. Reflector

Teleskop jenis reflector adalah teleskop yang menggunakan prinsip pantulan cahaya dengan cermin.

15. Jawaban : b. Ekuatorial

Sistem penggerak teleskop yang lazim digunakan adalah dengan system ekuatorial.

16. Jawaban : c.  $-6^\circ$

Senja sipil adalah kedudukan saat matahari berada 6 derajat dibawah Horison.

17. Jawaban : b. Menggunakan sistem refleksi

Teleskop Newtonian adalah teleskop yang menggunakan cermin yaitu memanfaatkan refleksi dari sinar obyek langit.

18. Jawaban : a. Terlambat 50 menit

Bulan akan terbit atau tenggelam terlambat 50 menit terhadap acuan matahari.

19. Jawaban: c. Schmidt-cassegrain

Teleskop tersebut bertipe Schmidt-cassegrain karena sistemnya menggunakan prinsip cermin atau refleksi dan pengamat mengamati obyek dari belakang tabung.

20. Jawaban : c. 5,25 mm

$M = \frac{F_{ob}}{F_{ok}}$  sehingga jika nilai  $M = 8$  maka  $F_{okuler} = 42/8 = 5,25$  mm

21. Jawaban : a. Ophiucus

Ophiucus adalah rasi zodiac yang terbaru dimasukkan dalam rasi zodiac sebagai rasi ke 13.

22. Jawaban : a. Capricorn

Rasi atau konstelasi yang terlihat pada gambar adalah salah satu rasi zodiac yaitu Capricorn.

23. Jawaban : d. Algedi

Bintang paling terang pada rasi Capricorn adalah Algedi

24. Jawaban : d. Teleskop, Galileo



Zaman dahulu Galileo menciptakan teleskop untuk mengamati benda langit dalam penjelajahannya.

25. Jawaban : e. Jawaban a dan d benar

Dalam melakukan rotasi bumi membutuhkan waktu 24 jam jika acuannya matahari dan 23 jam 56 menit jika acuannya bintang selain matahari.

26. Jawaban : b. lingkaran Horison

Lingkaran dasar adalah lingkaran utama yang menjadi dasar pengukuran koordinat benda langit, tata koordinat horizon akan menggunakan lingkaran dasar horizon pengamat.

27. Jawaban : a. Orion

Orion adalah Rasi bintang pada ekuator langit yang mampu menunjukkan arah barat.

28. Jawaban : b. 8x

Rumus perbesaran teleskop adalah  $M = \frac{F_{ob}}{F_{ok}} = \frac{40}{5} = 8x$

29. Jawaban : c. 28,5

Deklinasi maksimum Bulan terhadap ekuator adalah 28,5 derajat, karena deklinasi bulan terhadap ekliptika adalah 5 derajat sedangkan kemiringan ekliptika adalah 23,5 derajat.

30. Jawaban : d. Altair, Deneb, Vega

Segitiga musim panas adalah bintang-bintang yang muncul membentuk suatu segitiga yang jika muncul di langit malam menandakan dimulainya musim panas.

# SMA KEBUMIAN

## PAKET 15



[po.alcindonesia.co.id](http://po.alcindonesia.co.id)

085223273373

@alc\_indonesia



## PEMBAHASAN PAKET 15

1. Jawaban : b. Mars dapat diamati sepanjang malam.  
oposisi merupakan konfigurasi Matahari - Bumi - Planet dalam hal ini Mars dalam satu garis lurus sehingga Mars dapat diamati sepanjang malam.
2. Jawaban : e. Informasinya kurang untuk menghitungnya.  
pada perhitungan gaya gravitasi diperlukan parameter lain seperti massa planet serta massa benda.
3. Jawaban : b.  $0,312 SA^2$   
Pertama gunakan rumus mencari jarak Perihelion ( $d_{Peri}$ ) untuk menentukan eksentrisitasnya  
$$d_{Peri} = a(1 - e)$$
  
Melalui nilai eksentrisitas gunakan untuk mencari nilai setengah sumbu pendek  
$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$
  
Setelah didapat nilai b, hitung luas dengan rumus  
$$L = \pi ab$$
  
Sehingga didapatkan nilai  $0,312 SA^2$
4. Jawaban : c. Akibat adanya gravitasi yang besar, planet dalam tersusun atas inti logam.  
Planet dalam memiliki orbit lebih kecil dari orbit asteroid, dicirikan dengan gaya gravitasi yang besar sehingga membentuk inti logam dan permukaan batuan.
5. Jawaban : e. Jawaban (a), (b), (c) benar  
Metis merupakan salah satu dari dua satelit terkecil Jupiter yang memungkinkan adanya es di permukaannya.
6. Jawaban : a. Medan magnetik bumi yang cukup besar di daerah kutub  
Aurora merupakan peristiwa pelepasan foton oleh elektron suatu ion yang ditumbuk oleh partikel angin matahari.
7. Jawaban : e. Bulan berada dalam daerah pengaruh gravitasi Bumi, sedangkan asteroid tidak  
orbit asteroid berada diantara orbit Mars dan Jupiter sehingga asteroid mengorbit pada matahari sedangkan bulan mengorbit pada Bumi.

8. Jawaban : e. 2,77 SA  
bila digunakan menggunakan hukum Kepler 3 didapatkan  $a = \sqrt[3]{(T^2)} = 2,77 \text{ SA}$
9. Jawaban : c. Utara - Zenith – Selatan  
Horizon merupakan suatu busur khayal yang menghubungkan titik Utara-zenith-selatan.
10. Jawaban : c. Pengamat berada di kutub Utara pada tanggal 22 Desember.  
Jarak antara pengamat dan deklinasi matahari agar lamanya senja akan minimum di kutub utara saat deklinasi minimum dan lintang maksimum.
11. Jawaban : c. Matahari terbit dari arah selatan di kutub selatan pada tanggal 22 Desember  
Matahari nampak maksimum negatif untuk pengamat di kutub selatan, namun bukan berarti Matahari terbit dari selatan.
12. Jawaban : b. Scorpius & Sagittarius  
Scorpius dan Sagittarius dekat dengan meridian di sekitar bulan Juni karena rasi tersebut tidak menjadi latar belakang matahari pada bulan tersebut.
13. Jawaban : d. 0,47 SA  
Gunakan rumus menghitung jarak Aphelion yaitu  $dA = a(1+e) = 0,39(1+0,206) = 0,47 \text{ SA}$
14. Jawaban : b. 9 jam 10 menit  
Diketahui :  
Lintang pengamat +45  
Deklinasi Matahari -20  
Untuk mengetahui lamanya penyinaran matahari digunakan formula  
$$\cos HA = -\tan(\text{lintang}) \cdot \tan(\text{deklinasi}) = -\tan\theta \cdot \tan\delta$$
  
Sehingga  
$$\cos HA = -\tan(+45) \cdot \tan(-20)$$
  
$$\cos HA = 0,3639702343$$
  
$$HA = 68^\circ 39' 20''$$
  
Penyinaran matahari berlangsung dari terbit hingga terbenam yaitu sebesar 2HA, sehingga  
$$2HA = 137^\circ 18' 41''$$
  
Lamanya penyinaran di lokasi pengamat saat itu adalah  
$$\text{lamanya penyinaran} = \frac{137^\circ 18' 41''}{360^\circ} \times 24 \text{ jam} = 9 \text{ jam } 9 \text{ menit } 14 \text{ detik}$$
15. Jawaban : c.  $1,65 \times 10^{-4} \text{ Watt}$   
 $(5 \times 10^{-4} \text{ Watt}) / [(2,512)^{(5,3-4,1)}] = 1,65 \times 10^{-4} \text{ Watt}$
16. Jawaban : a. Bintang B memiliki temperature efektif lebih besar dibanding bintang A.

secara pengamatan visual mata yang diterima oleh pengamat adalah satuan energi fluks pengamat yang sebenarnya ditentukan juga oleh jarak, sehingga bila dilihat dari panjang gelombang maksimum yang dipancarkan bintang, Bintang A akan memiliki magnitude mutlak paling kecil karena temperaturnya tinggi.

17. Jawaban : c. Bintang paling panas adalah bintang 3  
untuk mengetahui temperatur bintang secara relatif dapat digunakan parameter, index warna =  $B - V$  , sehingga nilai terkecil akan menunjukkan temperatur bintang paling panas dan bintang yang mempunyai magnitude mutlak paling kecil.
18. Jawaban : d. 4  
magnitude visual terkecil menunjukkan kempakkan bintang paling terang di langit.
19. Jawaban : Temperatur bintang diketahui dengan mengamati magnitude visual bintang  
Temperatur bintang tidak diketahui hanya dengan mengamati magnitude visual bintang, namun juga mengamati pancaran spektrum gelombang dan gerak bintang.
20. Jawaban : b. 4,11  
 $\gamma = 1 / (1 - v^2/c^2)^{1/2} = 4,11$
21. Jawaban : d. Massa awal serta temperature Matahari tidak cukup untuk membangkitkan reaksi fusi membentuk besi  
Massa awal serta temperature Matahari tidak cukup untuk membangkitkan reaksi fusi membentuk besi karena fusi terakhir dalam evolusi bintang adalah fusi pembentukan inti besi dan untuk menuju fusi tersebut diperlukan massa awal bintang sangat besar.
22. Jawaban : b. mengembang dan mendingin  
Bila sudah mencapai tahap raksasa merah maka bintang akan Mengembang dan mendingin karena inti tidak bisa mempertahankan gaya gravitasi untuk mengikat massa bintang di permukaan.
23. Jawaban : b. Sinar gamma, sinar-X, infrared dan radio  
Sinar gamma, sinar-X, infrared dan radio digunakan dalam pengamatan pusat galaksi agar mampu menangkap pancaran gelombang dari Panjang gelombang pendek hingga Panjang.
24. Jawaban : d. Gerak rotasi dan evolusi Bumi  
Gerak rotasi dan evolusi Bumi mengakibatkan adanya perbedaan antara hari yang diukur berdasarkan letak bintang jauh dan hari sinodis berdasarkan fase Bumi. Perbedaannya sekitar satu derajat setiap harinya yang linear dengan nilai waktu hamper 4 menit.
25. Jawaban : b. 0,5Ry  
gunakan rumus kecepatan orbit  $v^2 = GM/R$  , sehingga didapatkan  $R_x = 0,5R_y$
26. Jawaban : b. Deklinasi lebih besar dari +49

Bintang sirkumpolar merupakan bintang yang tidak pernah terbenam atau selalu berada diatas horizon, sehingga untuk menjadi bintang sirkumpolar, pengamat harus beda pada horizon lebih besar dari deklinasi bintang.

27. Jawaban : d. Dalam kelas spektrum yang sama garis spektrum bintang dengan kelas luminositas katai lebih lebar daripada kelas luminositas maharaksasa  
Dalam kelas spektrum yang sama garis spektrum bintang dengan kelas luminositas katai lebih lebar daripada kelas luminositas maharaksasa, hal tersebut dapat terlihat dari diagram H-R dimana bintang katai terletak pada kiri bawah pada diagram yang menandakan memiliki luminositas yang kecil.
28. Jawaban : a. satu tahun  
jika muka planet yang sama senantiasa menghadap ke matahari maka satu hari sideris sama dengan satu tahun planet.
29. Jawaban : d. Albedonya lebih tinggi daripada albedo Mars dan diameternya lebih besar daripada Mars  
Albedo adalah perbandingan antara radiasi yang doantulkan dengan radiasi yang dating. Pada planet Mars dan Jupiter akan menerima radiasi yang berbeda karena jaraknya berbeda namun Jupiter memiliki kecerlangan di langit lebih besar dibanding mars karena Albedonya lebih tinggi daripada albedo Mars dan diameternya lebih besar daripada Mars.
30. Jawaban : b. 12h00m, -23o30'  
Pada 23 Desember matahari berada pada titik balik selatan sehingga RA dan Deklinasinya secara berurutan adalah 12h00m, -23°30'