

Memahami

GEOGRAFI

SMA/MA

1

Untuk Kelas X, Semester 1 dan 2

Bagja Waluya



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

MEMAHAMI GEOGRAFI

SMA / MA

Untuk Kelas X
Semester 1 dan 2

Penulis

Bagja Waluya

Editor Ahli

Dr. Gurniwan Kamil Pasya, M.Si

Ilustrator

Tim Redaksi

Desain Cover

Iwan Dharmawan



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

**Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi oleh Undang-undang**

MEMAHAMI GEOGRAFI SMA / MA KELAS X SEMESTER 1 DAN 2

Penulis : Bagja Waluya
Editor Ahli : Dr. Gurniwan Kamil Pasya, M.Si.
Ilustrator : Tim Redaksi
Desain Cover : Iwan Dharmawan

910.07

Bagja Waluya
g Memahami Geografi 1 SMA/MA : Untuk Kelas X, Semester 1 dan 2
/ Oleh Bagja Waluya ; Editor Gurniwan Kamil Pasya ; Ilustrator Tim Redaksi
. — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vi, 286 hlm. : illus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 271-272

Indeks

ISBN : 978-979-068-140-8 (no.jil.lengkap)

978-979-068-141-5

1. Geografi-Studi dan Pengajaran 2. Pasya, Gurniwan Kamil
3. Tim Redaksi 4. Judul

**Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen
Pendidikan Nasional dari Penerbit ARMICO**

**Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional Tahun 2009**

Diperbanyak oleh

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 69 Tahun 2008 tanggal 7 November 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Februari 2009
Kepala Pusat Perbukuan

KATA PENGANTAR

Buku teks memiliki peranan penting dan strategis dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan nasional, khususnya pada satuan pendidikan dasar dan menengah. Atas dasar pemikiran tersebut, pemerintah telah menetapkan kebijakan melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 11 Tahun 2005 yang mengatur tentang berbagai hal yang berkaitan dengan buku teks pelajaran.

Sehubungan dengan itu, penulis merasa terpanggil untuk menulis buku pelajaran yang berjudul *Memahami Geografi SMA / MA untuk Kelas X*. Buku ini terdiri atas enam bab, yaitu mengenai Hakikat Geografi, Sejarah Pembentukan Bumi, Tata Surya dan Jagat Raya, dan Dinamika Litosfer dan Pedosfer, Dinamika Perubahan Atmosfer, Dinamika Perubahan Hidrosfer. Penyajian materi buku ini, tidak terlalu memberikan penekanan yang berlebihan pada pengetahuan, melainkan mengajak siswa untuk melihat contoh dalam kehidupan sehari-hari dan melibatkannya dalam proses tersebut secara aktif. Penggunaan gaya bahasa yang baik dan mudah dimengerti sangat diutamakan, sehingga hasil belajar siswa akan lebih bermakna. Media gambar diberikan agar lebih menarik dan kontekstual. Setiap bab dilengkapi tugas mandiri dan kelompok dalam rangka memupuk nilai-nilai (apektif) dan keterampilan (psikomotor) pribadi siswa serta kerja samanya dalam kelompok. Adapun untuk mengukur keberhasilan belajar siswa (kognitif), akan dievaluasi melalui tes formatif atau latihan dan refleksi. Pengenalan terhadap obyek geografi ditekankan pada pengamatan lingkungan sekitar.

Semoga buku ini dapat dijadikan media belajar yang sesuai dengan standar nasional pendidikan yang bertujuan: untuk meningkatkan mutu pendidikan, melindungi peserta didik dari buku-buku yang tidak bermutu, meningkatkan minat dan kegemaran membaca, serta meningkatkan mutu perbukuan nasional, baik produk yang dihasilkan, proses, maupun sumber daya manusianya.

Bandung, Juni 2007

Penulis

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v

SEMESTER KESATU

BAB 1 HAKIKAT GEOGRAFI	1
A. Pengertian Geografi	4
B. Konsep-konsep Geografi	5
C. Pendekatan Dalam Geografi	10
D. Prinsip-prinsip Geografi	12
E. Aspek Geografi	13
F. Manfaat Ilmu Geografi	24
Ringkasan	25
Glosarium	26
Uji Kompetensi	28
BAB 2 SEJARAH PEMBENTUKAN BUMI	33
A. Proses Terjadinya Bumi	36
B. Pangea dan Gondwana	39
C. Karakteristik Perlapisan Bumi	40
D. Teori Terbentuknya Kulit Bumi	42
E. Gejala Lempeng Tektonik Kaitannya dengan Persebaran Gunungapi dan Gempa Bumi	49
Ringkasan	51
Glosarium	52
Uji Kompetensi	54
BAB 3 TATA SURYADAN JAGATRAYA	59
A. Tata Surya (<i>The Solar System</i>)	62
B. Jagat Raya	82
Ringkasan	88
Glosarium	89
Uji Kompetensi	92
LATIHAN AKHIR SEMESTER KESATU	95

SEMESTER KEDUA

BAB 4 DINAMIKA LITOSFER DAN PEDOSFER	101
A. Dinamika Perubahan Litosfer	104
B. Dinamika Perubahan Pedosfer	146
Ringkasan	162
Glosarium	164
Uji Kompetensi	166
BAB 5 DINAMIKA PERUBAHAN ATMOSFER	171
A. Struktur Lapisan Atmosfer dan Pemanfaatannya	174
B. Unsur-unsur Cuaca dan Iklim	177
C. Klasifikasi Iklim	179
D. Pola Curah Hujan di Indonesia	204
E. Jenis-jenis Vegetasi Alam Menurut Iklim	205
F. Perubahan Iklim Global	209
Ringkasan	211
Glosarium	211
Uji Kompetensi	214
BAB 6 DINAMIKA PERUBAHAN HIDROSFER	219
A. Siklus Air (Siklus Hidrologi)	222
B. Perairan Darat	224
C. Perairan Laut	244
Ringkasan	256
Glosarium	257
Uji Kompetensi	259
LATIHAN AKHIR SEMESTER KEDUA	263
DAFTAR PUSTAKA	271
INDEKS	273

1

HAKIKAT GEOGRAFI

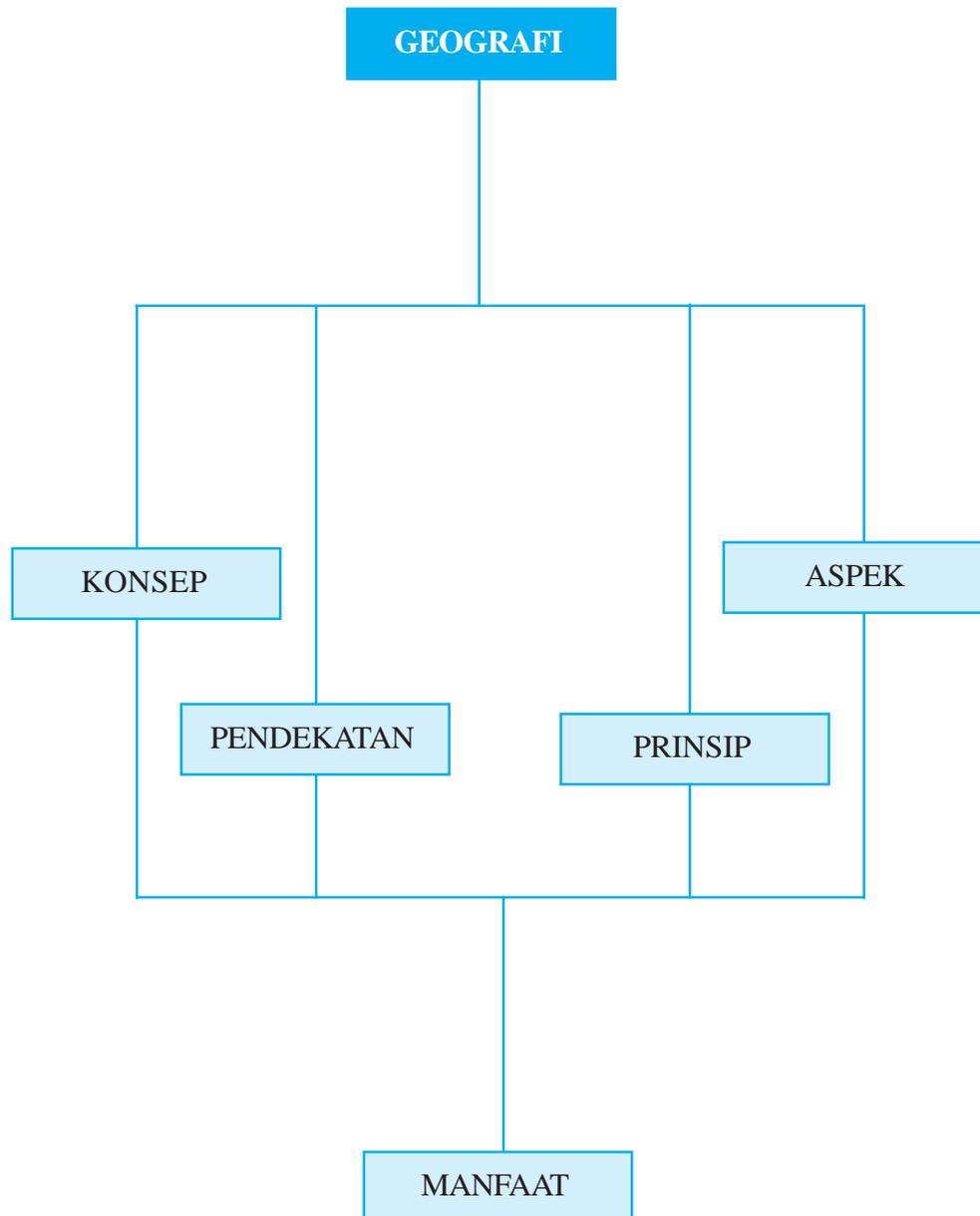


(Sumber: Koleksi penulis, 2006)

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- menjelaskan konsep geografi
- menjelaskan pendekatan geografi
- menjelaskan prinsip geografi
- mendeskripsikan aspek geografi

PETA KONSEP



Pengetahuan tentang bumi sudah dimiliki manusia sejak ada di bumi ini. Sebab sejak lahir sampai akhir hayatnya, manusia tidak dapat melepaskan diri dari pengaruh alam lingkungannya. Manusia membutuhkan berbagai unsur yang ada di bumi, mulai dari air yang diminum, udara bersih yang dihirup, sumber makanan, bahan pakaian, sampai tempat berlindung (rumah) dari cuaca buruk dan gangguan binatang liar. Semuanya diperoleh manusia dari alam atau bumi ini.

Seiring dengan bertambahnya jumlah manusia, timbul tuntutan untuk memenuhi berbagai kebutuhan hidup yang tidak mereka peroleh dari lingkungan tempat tinggalnya. Begitu pula hasrat ingin tahu tentang benda dan gejala yang ada di permukaan bumi, telah mendorong mereka untuk mengadakan perjalanan ke daerah di luar tempat tinggalnya.

Berkembangnya sistem pengetahuan ikut mendorong manusia untuk mengenal alam dan lingkungannya lebih jauh lagi. Misalnya, perdagangan antardaerah telah mendorong manusia untuk mengenal daerah di luar wilayahnya. Dari hasil kunjungannya tersebut, mereka dapat mengenal kondisi alam, penduduk, dan hal-hal lainnya. Berbagai hasil perjalanannya tersebut, kemudian diberitakan kepada orang lain, sehingga orang lain akan tertarik untuk mengunjunginya. Inilah awal lahirnya *studi geografi* yang sebelumnya merupakan suatu kisah perjalanan umat manusia di permukaan bumi.

Pada bab ini akan dipelajari tentang hakikat geografi sebagai disiplin ilmu dan manfaatnya bagi kehidupan manusia di permukaan bumi. Dengan mempelajarinya, diharapkan kalian memahami berbagai konsep, pendekatan, dan prinsip yang digunakan dalam ilmu geografi, serta ruang lingkup yang menjadi kajiannya.



Gambar 1.1
Danau Maninjau di Sumatera Barat
(Sumber: Kataloge Kalender, 2002)

Sebelumnya coba kamu amati gambar 1.1 di atas! Kemudian berikan pemahaman kamu untuk menyebutkan apa saja yang menjadi objek kajian geografi?

Kata Kunci :

Pengertian, prinsip, konsep, ruang lingkup, lokasi, jarak, ruang, interrelasi.

A. PENGERTIAN GEOGRAFI

Selama sejarah perkembangan geografi, telah banyak ahli yang mengemukakan definisi geografi. Sebagai gambaran, di bawah ini dikemukakan definisi geografi yang dilatarbelakangi ilmu dan pemahaman para ahli itu sendiri.

1. Erastotenes

Geografi adalah *penulisan tentang bumi*. Definisi ini sesuai dengan perkembangan geografi pada masa itu yang membicarakan keadaan daerah-daerah lain (geo = bumi; graphein = penulisan atau uraian).

2. Strabo

Menyebutkan bahwa *geografi erat kaitannya dengan karakteristik tertentu mengenai suatu tempat dengan memperhatikan juga hubungan antara berbagai tempat secara keseluruhan*. Geografi sejak perkembangannya, dimulai dari menceritakan tentang daerah lain, sudah lebih dikhususkan lagi dan sudah adanya konsep region yaitu daerah yang sudah mempunyai ciri khas tersendiri dan adanya hubungan antardaerah (tempat).

3. Karl Ritter

Geografi ialah *studi tentang daerah yang berbeda-beda di permukaan bumi (Different areal) dalam keragamannya*.

4. John Hanrath

Geografi adalah *pengetahuan yang menyelidiki persebaran gejala-gejala fisik biologis dan antropologis pada ruang di permukaan bumi, sebab akibat dan gejala menurut ukuran nilai, motif yang hasilnya dapat dibandingkan*.

5. James E. Preston

Geografi adalah *ilmu yang berhubungan dengan interrelasi manusia dan habitatnya*. Batasan ini lebih ditekankan pada interelasi di antara habitat manusia.

6. R. Bintarto

Geografi mempelajari hubungan kausal gejala-gejala di permukaan bumi dan peristiwa-peristiwa yang terjadi di permukaan bumi, baik secara fisik maupun yang menyangkut makhluk hidup beserta permasalahannya melalui pendekatan keruangan, ekologi, dan regional untuk kepentingan program, proses, dan keberhasilan pembangunan.

7. Seminar dan lokakarya peningkatan kualitas pengajaran geografi 1988

Geografi adalah ilmu yang mempelajari persamaan dan perbedaan fenomena geosfera dengan sudut pandang kelingkungan atau kewilayahan dalam konteks keruangan.

Jika kita amati, makna geografi yang terdapat dalam setiap definisi di atas menjadi sangat sulit diketahui, terlebih lagi apabila yang ditafsirkan hanya isi definisinya, tanpa mengetahui konsep, faktor, prinsip, dan hakikat geografi itu sendiri. Dari berbagai definisi yang telah dikemukakan oleh para ahli tersebut, kita dapat mengetahui paling sedikit sesuatu yang telah dikerjakan oleh mereka terhadap ruang permukaan bumi serta perkembangan geografi yang terjadi pada masa itu. Adapun pekerjaan ahli geografi pada dasarnya yaitu meneliti, menganalisis, menjelaskan, dan melukiskan tentang berbagai relasi antara manusia dengan alam sekitarnya.

B. KONSEP-KONSEP GEOGRAFI

Banyak pendapat yang menyatakan bahwa di permukaan bumi terdapat hubungan timbal balik antara manusia dengan lingkungan alam. Pandangan tersebut, garis besarnya sebagai berikut:

1. Kehidupan manusia dan kebudayaannya ditentukan oleh alam.
2. Manusia dan kebudayaannya tidak ditentukan oleh alam, tetapi manusia mempunyai peranan aktif terhadap alam, sehingga manusia dapat memilih kebudayaannya, sedangkan alam hanya memberikan kemungkinan-kemungkinan.

Kedua pandangan tersebut sampai sekarang masih banyak penganutnya, satu sama lain saling mempertahankan. *Pendapat pertama (Fisis Determinis)* mempertahankan pengaruhnya terhadap kritikan-kritikan dari pendapat kedua (*Possibilis*). Pendapat pertama menyatakan bahwa faktor-faktor geografik atau alam sering memainkan peranan yang dinamik dalam perkembangan kebudayaan manusia, berarti alam tidak memainkan peranan yang pasif. *Pendapat kedua (Possibilisme)* menyatakan bahwa hampir semua praktik kebudayaan

yang spesifik tidak dengan logis dikembalikan langsung pada alam sebagai habitat geografis semata-mata, melainkan manusia yang memegang peranan dalam menentukan budayanya (aktif).

Berdasarkan pernyataan paham fisis determinis maupun paham possibilis, yang terus menerus saling mempengaruhi pemikiran manusia dan saling melakukan kritikan, maka secara sederhana dapat diambil jalan tengah, yaitu melalui beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Berapa jauh kebudayaan suatu wilayah atau suatu bangsa ditentukan oleh alam dan lingkungannya?
2. Berapa jauh bahwa lingkungan alam dapat diubah oleh kegiatan manusia?

Selain itu, dalam kenyataan sehari-hari banyak kita temukan berbagai kenampakan dan gejala di muka bumi yang tanpa disadari membawa kita untuk merenung dan berpikir. Misalnya, mengapa permukaan bumi ini tidak rata, melainkan ada bagian yang tinggi seperti dataran tinggi, bukit, gunung atau pegunungan serta ada pula bagian-bagian yang rendah seperti lembah, palung, atau ngarai, sehingga terdapat berbagai kawasan muka bumi yang berbeda karakteristiknya? Bagaimana fenomena alam ini dapat terjadi? Mengapa suhu udara di wilayah pantai sangat panas, sedangkan di pegunungan dingin? Mengapa daerah A memiliki curah hujan tinggi, sehingga berbagai jenis tumbuhan tumbuh subur, sedangkan daerah B sangat gersang? Apa yang menyebabkan daerah dataran rendah sangat cocok ditanami kelapa atau padi sawah, sedangkan di dataran tinggi cocok untuk sayur-mayur?

Disadari atau tidak, pada hakikatnya pertanyaan-pertanyaan tersebut telah menuntun kita ke arah pemahaman konsep-konsep geografi. Dalam mengkaji gejala atau peristiwa dalam ruang, geografi selalu mempergunakan konsep lokasi, hubungan timbal balik, gerakan, dan perwilayahan.

Agar dapat memahami geografi, diperlukan konsep-konsep dasar mengenai geografi itu sendiri, artinya memahami pengertian istilah-istilah yang umum digunakan oleh geografi sebagai disiplin ilmu. Konsep ini merupakan suatu hal yang abstrak berkenaan dengan gejala nyata tentang geografi untuk mengungkapkan beberapa gejala, faktor atau masalah, sehingga setiap kata mengandung arti tersendiri.

Pemahaman geografi dimulai dari hal yang konkret secara bertahap akan menuju kepada hal yang abstrak. Misalnya, dalam memahami atmosfera dan mempelajari cuaca, tentu saja harus mengenal unsur-unsur cuaca, yaitu salah satunya adalah *hujan*. Sebelum terjadinya hujan tentu terjadi pemanasan oleh sinar matahari yang menimbulkan *penguapan*, kemudian membentuk *awan*, tentu saja awan apabila *berkondensasi* maka akan menimbulkan hujan. Hujan yang diturunkan di suatu tempat dapat dipengaruhi *angin*. Dengan demikian, angin berperan dalam menjatuhkan hujan. Apabila hal ini terus menerus berlangsung

maka dinamakan *daur hidrologi*. Dari uraian di atas, dapat ditarik beberapa konsep, yaitu hujan, penguapan, awan, kondensasi, dan angin.

Apabila seseorang telah dapat membina konsepnya, maka ia akan dapat mengembangkan generalisasi. Maksudnya bahwa pengertian geografi sudah tidak perlu diuraikan, baik secara denotatif maupun konotatif lagi, melainkan secara langsung orang yang bersangkutan dapat berbicara tanpa mendefinisikan konsep tersebut satu persatu.

Generalisasi adalah *hubungan atau gabungan antara dua konsep atau lebih*. Dengan demikian, pernyataan generalisasi berupa prinsip geografi. Contoh, generalisasi terdiri atas beberapa konsep seperti berikut ini:

1. *Urbanisasi* merupakan masalah sosial yang harus diatasi karena menambah *padatnya kota*, sedangkan *commuter* atau *penglaju* memerlukan sarana *transportasi* yang mendukung dari *sub-urban* ke wilayah-wilayah kegiatan di kota
2. Awan *Cumulonimbus* dapat mendatangkan *hujan besar* jika telah berkondensasi dibanding dengan awan *Cirrus*.
3. *Erosi* yang dominan terjadi di *sungai bagian hilir* yaitu erosi *lateral*, sehingga di daerah ini banyak dijumpai *meander*.

Banyak para ahli yang memberikan konsep-konsep tentang geografi, sehingga perlu dibentuk konsep dasar bagi perkembangan geografi di Indonesia. Untuk itu, diselenggarakan Seminar dan Lokakarya Ahli Geografi tahun 1998 yang menghasilkan kesepakatan berupa 10 konsep esensial geografi, yaitu sebagai berikut:

1. Konsep lokasi

Suatu tempat di permukaan bumi memiliki nilai ekonomi apabila dihubungkan dengan harga.

Misalnya:

- a. Di daerah dingin orang cenderung berpakaian tebal.
- b. Nilai tanah atau lahan untuk pemukiman akan berkurang apabila berdekatan dengan kuburan, terminal kendaraan umum, pasar, atau pabrik karena kebisingan dan pencemaran.

2. Konsep jarak

Jarak dihubungkan dengan keuntungan yang diperoleh, sehingga manusia cenderung akan memperhitungkan jarak.

Misalnya:

- a. Harga tanah akan semakin tinggi apabila mendekati pusat kota dibandingkan dengan harga tanah di pedesaan.
- b. Peternakan ayam cenderung mendekati kota sebagai tempat pemasaran, agar telur dan ayam yang dibawa ke tempat pemasaran tidak banyak mengalami kerusakan, dibandingkan apabila peternakan ditempatkan jauh dari kota.

3. Konsep keterjangkauan

Hubungan atau interaksi antartempat dapat dicapai, baik dengan menggunakan sarana transportasi umum, tradisional, atau jalan kaki.

Misalnya:

- a. Keterjangkauan, Jakarta – Biak (pesawat terbang); Bandung – Jakarta (kereta api).
- b. Daerah A penghasil beras dan daerah B penghasil sandang. Kedua daerah ini tidak akan berinteraksi apabila tidak ada transportasi.
- c. Suatu daerah tidak akan berkembang apabila tidak dapat dijangkau oleh sarana transportasi.

4. Konsep pola

Bentuk interaksi manusia dengan lingkungan atau interaksi alam dengan alam, hubungannya dengan pola persebaran, seperti sebagai berikut.

- a. Pola aliran sungai terkait dengan jenis batuan dan struktur geologi.
- b. Pola pemukiman terkait dengan sungai, jalan, bentuk lahan, dan sebagainya.

5. Konsep morfologi

Bentuk permukaan bumi sebagai hasil proses alam dan hubungannya dengan aktivitas manusia.

Misalnya:

- a. Bentuk lahan akan terkait dengan erosi dan pengendapan, penggunaan lahan, ketebalan lapisan tanah, ketersediaan air, dan sebagainya.
- b. Pengelompokan pemukiman cenderung di daerah datar.

6. Konsep aglomerasi

Pengelompokan penduduk dan aktivitasnya di suatu daerah.

Misalnya:

- a. Masyarakat atau penduduk cenderung mengelompok pada tingkat sejenis, sehingga timbul daerah elit, daerah kumuh, daerah perumnas, pedagang besi tua, pedagang barang atau pakaian bekas, dan lain-lain.
- b. Enam puluh delapan persen industri tekstil Indonesia berada di Bandung.

7. Konsep nilai kegunaan

Manfaat suatu wilayah atau daerah mempunyai nilai tersendiri bagi orang yang menggunakannya.

Misalnya:

- a. Daerah sejuk di pegunungan yang jauh dari kebisingan, seperti di Puncak antara Bogor dengan Cianjur, banyak dijadikan tempat peristirahatan dan rekreasi.
- b. Lahan pertanian yang subur sangat bernilai bagi petani dibandingkan bagi nelayan atau karyawan/pegawai kantor.

8. Konsep interaksi dan interdependensi

Setiap wilayah tidak dapat memenuhi kebutuhannya sendiri, tetapi memerlukan hubungan dengan wilayah lain, sehingga memunculkan adanya hubungan timbal balik dalam bentuk arus barang dan jasa, komunikasi, persebaran ide, dan lain-lain. Misalnya: gerakan orang, barang, dan gagasan dari suatu tempat ke tempat lain seperti,

- a. Pergerakan penduduk, berupa sirkulasi, komutasi (ulang-alik), dan migrasi.
- b. Pergerakan barang (sandang) dari kota ke desa; pangan dari desa ke kota.
- c. Pergerakan berita (informasi) melalui radio, televisi, surat kabar dan lain-lain, terhadap pembaca atau pemirsa.

9. Konsep differensiasi area (struktur keruangan atau distribusi keruangan)

Suatu wilayah kaitannya dengan wilayah lain. Wilayah di permukaan bumi memiliki perbedaan nilai yang terdapat di dalamnya.

Misalnya:

- a. Fenomena yang berbeda dari suatu tempat ke tempat lain, seperti:
 - 1) jarak dekat, jarak sedang, atau jarak jauh.
 - 2) pemukiman padat, sedang, atau jarang.

- b. Pertanian sayuran dihasilkan di daerah pegunungan; perikanan laut atau tambak di pantai; dan padi di daerah yang relatif datar.

10. Konsep keterkaitan keruangan (proses keruangan)

Suatu wilayah dapat berkembang karena adanya hubungan dengan wilayah lain, atau adanya saling keterkaitan antarwilayah dalam memenuhi kebutuhan dan sosial penduduknya. Misalnya, jika dikaji melalui peta, maka terdapat konservasi spasial (keterkaitan wilayah) antara wilayah A, B, C, dan D.

Sepuluh konsep tersebut, sengaja dibuat untuk penyatubahasaan pemikiran geografi, semuanya merupakan awal dari memahami geografi. Dengan demikian, pendidikan geografi mulai dari pendidikan dasar sampai pendidikan tinggi harus mencakup sepuluh konsep tersebut, hanya materi yang diberikan sesuai dengan jenjang pendidikannya.

C. PENDEKATAN DALAM GEOGRAFI

Dalam pengkajian geografi, kita mengenal tiga pendekatan utama, yaitu sebagai berikut.

1. Pendekatan spasial (keruangan)

Ruang adalah seluruh permukaan bumi yang merupakan tempat hidup tumbuhan, hewan, dan manusia. Pendekatan keruangan menganalisis gejala atau fenomena geografis berdasarkan penyebarannya dalam ruang. Analisis keruangan merupakan pendekatan yang khas dalam geografi, sebab merupakan studi tentang keanekaragaman ruang muka bumi dengan membahas masing-masing aspek-aspek keruangannya.

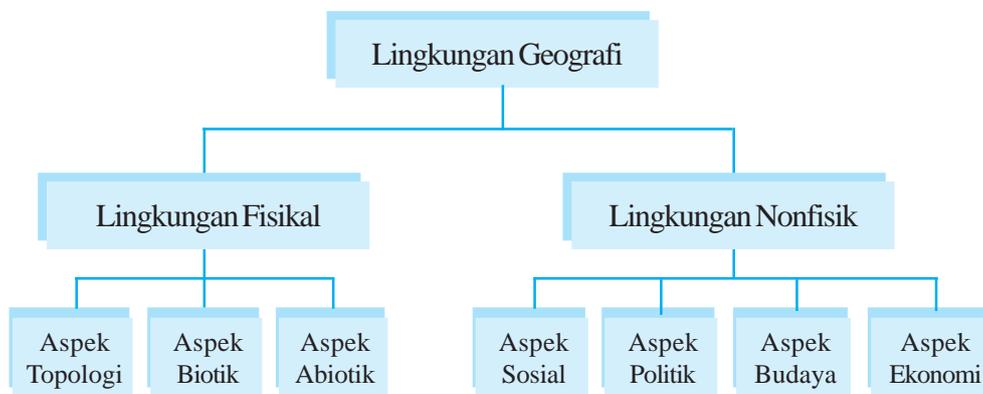
Aspek-aspek ruang muka bumi meliputi faktor lokasi, kondisi alam, dan kondisi sosial budaya masyarakatnya. Dalam mengkaji aspek-aspek tersebut, seorang ahli geografi sangat memperhatikan faktor letak, distribusi (persebaran), interrelasi serta interaksinya. Karena itu, analisis keruangan dapat dijadikan dasar untuk perencanaan penggunaan lahan tertentu.

2. Pendekatan ekologi (lingkungan)

Ekologi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antara organisme hidup dan lingkungannya. Organisma hidup meliputi manusia, hewan, dan tumbuhan, sedangkan lingkungan meliputi air, tanah, dan udara. Ekologi manusia (*human ecology*) adalah studi mengenai interaksi antara manusia dan lingkungannya, atau manusia dan manusia lainnya. Ekologi manusia sering pula disebut sebagai *objek kajian geografi*.

Pendekatan ekologis menekankan hubungan antarmakhluk hidup dan komponen lingkungan hidup lainnya. Dalam hal ini, hubungan antara manusia dan lingkungannya. Interaksinya antara manusia dan lingkungan bersifat sebab akibat. Misalnya, kalau manusia merusak hutan maka manusia juga akan terkena dampaknya seperti longsor. Jadi, melalui pendekatan ini agar manusia selalu menjaga lingkungannya.

Pendekatan lingkungan didasari oleh salah satu prinsip dalam biologi, yaitu adanya interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Dalam analisis lingkungan, geografi mencoba menelaah gejala saling pengaruh-mempengaruhi (interaksi) dan hubungan timbal balik (interrelasi) antara komponen fisik (alamiah) dengan nonfisik (sosial). Untuk lebih jelasnya, coba kalian perhatikan bagan berikut ini.



Gambar 1.2
Bagan Kajian Lingkungan Geografi
(Sumber: Bintarto dan Soerastopo, 1982 (disederhanakan))

3. Pendekatan kewilayahan (regional)

Pendekatan kewilayahan (regional) mencoba membandingkan berbagai kawasan di muka bumi dengan memperhatikan aspek-aspek keruangan dan lingkungan dari masing-masing wilayah secara komprehensif. Pendekatan kompleks wilayah merupakan gabungan antara pendekatan keruangan dan pendekatan ekologi. Hal ini karena setiap daerah memiliki perbedaan, baik kondisi alam maupun manusia, sehingga setiap daerah akan melakukan interaksi dengan daerah lain untuk memenuhi kebutuhannya. Karena itu, terjadi penawaran dan permintaan akan barang dan jasa. Misalnya, daerah yang subur dan banyak memiliki sumber daya akan banyak dikunjungi penduduk dari daerah yang miskin sumber daya.

D. PRINSIP-PRINSIP GEOGRAFI

Dalam studi geografi, kita mengenal empat prinsip utama, yaitu prinsip persebaran, interrelasi, deskripsi, dan korologi. Keempat prinsip ini merupakan dasar dalam uraian, pengkajian, dan pengungkapan gejala, variabel, faktor, dan masalah geografi (Nursid Sumaatmadja, 1988 : 42).

1. *Prinsip persebaran*, artinya bahwa gejala, kenampakan, dan masalah yang terdapat di ruang muka bumi persebarannya sangat bervariasi. Ada yang tersebar secara merata, bergerombol di wilayah-wilayah tertentu, ataupun sama sekali tidak merata. Karena itu, dapat diketahui di daerah mana saja objek tersebut berada? Bagaimana persebarannya? Misalnya, persebaran daerah rawan longsor di Jawa Barat. Oleh karena tidak semua wilayah Jawa Barat merupakan daerah rawan longsor maka di wilayah mana saja terdapat daerah longsor? Jawabannya terdapat di sekitar Zona Pegunungan Selatan Jawa Barat.
2. *Prinsip interrelasi*, artinya bahwa antara komponen atau aspek-aspek lingkungan geografi senantiasa ada hubungan timbal balik atau saling keterkaitan satu sama lain. Prinsip interrelasi didasarkan pada hubungan antara satu gejala dengan gejala lain atau antara objek fisik yang satu dengan objek fisik lainnya, objek fisik dengan sosial, atau sosial dengan sosial lainnya. Misalnya, daerah longsor sangat berkaitan dengan morfologi wilayahnya. Karena Zona Selatan Jawa Barat merupakan wilayah pegunungan maka morfologinya berbukit-bukit, sehingga memiliki banyak lereng yang terjal.
3. *Prinsip deskripsi*, merupakan cara pemaparan hasil pengkajian studi geografi terhadap gejala, fenomena atau masalah yang ada. Penjelasan atau deskripsi hasil pengkajian tersebut dapat berupa uraian, peta, chart, tabel, grafik, citra, ataupun media lainnya. Misalnya, melalui peta dapat dilihat persebaran daerah rawan longsor Jawa Barat.
4. *Prinsip korologi*, merupakan gabungan atau perpaduan dari ketiga prinsip di atas. Dalam prinsip ini gejala dan permasalahan geografi dianalisis persebarannya, interaksi dan interelasinya dari berbagai aspek yang mempengaruhinya. Misalnya, dapat diketahui bahwa sering terjadinya longsor di Zona Selatan Jawa Barat karena morfologinya yang berbukit-bukit. Selain itu, mungkin juga dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang membuka hutan untuk lahan pertanian atau memotong lereng untuk jalan.

Dalam mengkaji fenomena geosfer, keempat prinsip ini saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain.

E. ASPEK GEOGRAFI

1. Aspek fisik dan aspek sosial

Setelah kita mencoba membahas apa hakikat geografi melalui berbagai pengertian, konsep, pendekatan, dan prinsip-prinsip keilmuannya, pada kesempatan ini kita akan mencoba untuk mengetahui lebih jauh tentang apa yang menjadi aspek geografi melalui objek-objek kajiannya.

Berbagai pengertian geografi seperti yang dikemukakan para ahli, dapatlah disimpulkan bahwa geografi merupakan suatu ilmu pengetahuan dengan objek utamanya yaitu bumi beserta segala isinya, termasuk di dalamnya segala peristiwa atau fenomena yang timbul akibat adanya hubungan interaksi antara berbagai unsur fisik maupun sosial dilihat dari konteks keruangan. Dengan demikian, secara garis besarnya aspek-aspek geografi meliputi *aspek fisik* dan *aspek sosial*.

Aspek fisik dalam geografi hanya membahas unsur-unsur geosfer yang bersifat fisik antara lain meliputi tanah, air, iklim dengan segala proses alamiahnya. Aspek sosial geografi mengambil manusia dengan berbagai gejalanya sebagai objek studi pokok, seperti aspek kependudukan, aspek aktivitas ekonomi, sosial, budaya, dan politiknya.

Untuk membedakan kedua aspek tersebut, kamu dapat melihat melalui gejala-gejala geosfer dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, terjadinya perubahan musim, gempa bumi, meletusnya gunung berapi, pola pengaliran sungai, dan lain-lain merupakan aspek fisik geografi. Sedangkan yang menyangkut aspek manusianya antara lain, mobilitas penduduk, urbanisasi, masyarakat kota dengan kegiatan industri dan perdagangannya, kegiatan pertanian di desa, dan lain sebagainya.

Kedua aspek geografi tersebut tidak dibahas sendiri-sendiri, melainkan saling berhubungan (korelasi) membentuk berbagai gejala dan fenomena di permukaan bumi yang tidak terlepas dari kegiatan alam dan manusia secara bersama-sama serta saling mempengaruhi. Misalnya, ketersediaan air tanah tergantung pada banyak sedikitnya peresapan air ke dalam tanah. Hal ini dipengaruhi oleh jenis batuan dan jenis penutupan lahan. Jenis penutupan lahan sangat tergantung pada aktivitas manusia dalam mengolah lahan. Jika lahan banyak ditutup oleh tembok-tembok karena kegiatan industri atau permukiman maka kesempatan tanah untuk menyerap air sangat sedikit dan akibatnya cadangan air tanah akan berkurang. Contoh lain, kegiatan pertanian di dataran rendah lebih mengandalkan pertanian sawah (lahan basah) karena banyak tersedia air, sedangkan di pegunungan, penduduk lebih banyak mengusahakan perkebunan atau pertanian lahan kering karena lebih mengandalkan hujan sebagai sumber airnya.

Coba kamu cari gejala-gejala geografis lainnya dalam kehidupan sehari-hari yang mencerminkan hubungan antara aspek fisik dan aspek manusia!

2. Ruang lingkup geografi

Seperti telah dikemukakan sebelumnya bahwa studi geografi meliputi analisa gejala fisik (alam) dan sosial (manusia), dan meliputi pula analisa penyebarannya, interelasinya, dan interaksinya dalam ruang. Melihat analisa gejala yang dipelajari, geografi selalu mempertanyakan *apa (What)* yang terjadi di permukaan bumi? *Di mana (Where)* ruang atau tempat terjadinya? *Mengapa (Why)* gejala tersebut terjadi? *Kapan (When)* waktu terjadi atau berlangsungnya? *Siapa (Who)* yang terlibat dalam gejala yang terjadi? *Bagaimana (How)* keterkaitan antara manusia dengan manusia, manusia dengan alam, dan alam dengan alam yang berpengaruh terhadap kehidupan manusia, serta untuk *kepentingan apa (What for)*?

Dengan demikian, ruang lingkup geografi cukup luas dan mendasar. Untuk melihat apa dan bagaimana ruang lingkup geografi, *Daldjoeni* mengemukakan pokok-pokok telaah geografi sebagai berikut.

- a. Ukuran, bentuk, dan aneka gerakan bumi.
- b. Persebaran serta posisi masa daratan dan wujud perairan.
- c. Batuan, struktur dan berbagai relief permukaan bumi.
- d. Air yang ada di berbagai samudra, lautan, serta seluk beluk gerakannya.
- e. Pola persebaran dunia tumbuhan dan hewan.
- f. Atmosfer dengan gejala-gejala di dalamnya serta pola-pola iklim yang terdapat di permukaan bumi.
- g. Ras-ras umat manusia dan persebarannya yang berdasarkan unit kenegaraan.
- h. Aneka bentuk kegiatan manusia dalam rangka menegakkan perekonomian.
- i. Berbagai macam ciri dan jenis pemukiman manusia yang ada.
- j. Ciri-ciri sosial dan budaya masyarakat manusia
- k. Pengaturan umat manusia secara politis dan relasi antarmereka.

Dari beberapa hal tersebut, jelaslah bahwa ruang lingkup geografi tidak terlepas dari aspek fisik dan aspek manusia yang menjadi obyek studinya. Dalam ruang lingkup inilah tercermin sifat karakteristik geografi sebagai suatu bidang ilmu pengetahuan dan bidang studi yang berbeda dengan ilmu pengetahuan dan bidang studi lainnya.

3. Objek studi geografi

Banyak ahli telah mengemukakan objek geografi, akan tetapi semuanya tampak berbeda. Apabila diurutkan kembali, akan tampak bahwa objek geografi terdiri atas dua aspek yaitu material dan formal.

a. *Objek material*

Objek material geografi adalah *geosfer* yang terdiri atas *litosfer, hidrosfer, atmosfer, biosfer, dan antroposfer*, dengan menekankan antroposfer sebagai makhluk yang paling berperan dalam biosfer. Unsur-unsur ini, sebenarnya dikaji pula oleh bidang ilmu lain seperti litosfer oleh geologi, atmosfer oleh klimatologi, geofisika dan meteorologi, hidrosfer oleh hidrologi, biosfer oleh biologi, dan antroposfer oleh sosiologi, antropologi, politik, ekonomi, dan lain sebagainya.

Di manakah letak geografi? Geografi mempelajari ilmu kebumihan dan kehidupan manusia secara terintegrasi. Bagaimana hubungan dan pengaruhnya secara timbal baik antara faktor fisik dan manusia tersebut secara menyeluruh. Karena itu, ilmu geografi berada di dua pijakan, yaitu antara ilmu alam dan ilmu sosial.

Geografi mempelajari semua lapisan tersebut dengan menggunakan pendekatan kelingkungan dan kewilayahan serta dalam konteks keruangan, sebagaimana dijelaskan dalam pendekatan geografi di atas. Pendekatan kelingkungan dalam geografi artinya selalu melihat bagaimana hubungan dan keterkaitan aspek fisik dan makhluk hidup lainnya di permukaan bumi. Pendekatan kewilayahan atau regional adalah melihat ruang sebagai wadah yang mempunyai keunikan atau perbedaan dengan wilayah lainnya sebagai hasil interrelasi dan integrasi antara aspek fisik dan manusia yang ada di dalamnya. Konteks keruangan artinya geografi selalu melihat ruang dalam pengertian tiga dimensi yaitu atas (*atmosfer*), bawah (*litosfer*), dan luasan (*hidrosfer, biosfer, dan antroposfer*).

Geografi selalu melihat pola penyebaran suatu fenomena dalam ruang atau permukaan bumi. Bagaimana keterkaitan fenomena dengan fenomena lain di suatu tempat, fenomena suatu tempat dengan fenomena lain di lain tempat, dan bagaimana pengaruh suatu fenomena atau gejala terhadap fenomena atau gejala lain dalam ruang yang lebih jelas.

Adapun yang menjadi ciri-ciri geografi adalah sebagai berikut.

- 1) Geografi melihat permukaan bumi sebagai lingkungan hidup manusia, dan lingkungan yang berpengaruh terhadap kehidupan manusia.
- 2) Geografi melihat penyebaran manusia dalam ruang dan bagaimana ruang dengan segala sumber dayanya.

- 3) Geografi melihat ciri khas suatu daerah, sehingga persamaan dan perbedaan wilayah di permukaan bumi dapat dilihat dengan jelas.
- 4) Dalam mempelajari suatu fenomena atau gejala, geografi selalu mengaitkannya dengan unsur letak, jarak, penyebaran, interrelasi, gerakan, dan regionalisasi.

Contoh dalam mengkaji masalah banjir, geografi tidak hanya melihat luas, genangan, kedalaman, dan pengaruhnya terhadap kehidupan manusia, tetapi juga dikaji bagaimana latar belakang timbulnya banjir, bagaimana penggunaan lahan di daerah hulu, penggarapan lahan, kemiringan lerengnya, intensitas hujan dan faktor sosial budaya penduduk di daerah hulu sungai seperti jumlah dan kepadatan penduduk, pemilikan lahan, cara penggarapan lahan, tingkat pendidikan, pendapatan, dan kebiasaan-kebiasaan lainnya dalam memanfaatkan lingkungan. Kemudian juga dilihat bagaimana peranan daerah hilir sebagai daerah limpasan air seperti lebar dan kedalaman sungai, penggunaan lahan dan faktor sosial budaya ekonomi penduduknya di sekitar sungai.

b. Objek formal

Objek formal geografi adalah cara pandang dan cara berpikir terhadap gejala yang ada di permukaan bumi, baik keadaan fisik maupun keadaan sosialnya. Cara pandang geografi terhadap objek formal dapat dilihat dari organisasi keruangan (*spatial setting*) yang meliputi:

- 1) pola persebaran gejala tertentu di permukaan bumi (*spatial pattern*);
- 2) keterkaitan atau hubungan sesama antargejala tersebut (*spatial system*);
- 3) perkembangan atau perubahan yang terjadi pada gejala tersebut (*spatial process*).

Dari pandangan objek formal, akan muncul beberapa pertanyaan yang dikenal dengan 5 *WH*. Maksudnya untuk mengetahui gejala-gejala yang terdapat di permukaan bumi, sehingga jelas hasil uraiannya sebagai cara pandang geografi, yaitu sebagai berikut.

1) What

Pertanyaan untuk mengetahui *apa* yang terjadi?

2) Where

Pertanyaan khas geografi mengenai lokasi atau persebaran fenomena atau gejala di permukaan bumi, dengan tujuan untuk mengetahui *di mana* peristiwa itu terjadi?

3) When

Merupakan peristiwa awal yang mnejelaskan terjadinya suatu gejala atau fenomena. Pertanyaan ini untuk mengetahui *kapan* peristiwa itu terjadi?

4) Why

Pertanyaan ini maksudnya untuk mengetahui *mengapa* peristiwa tersebut dapat terjadi?

5) Who

Mencari pelaku terjadinya suatu peristiwa, agar kita mengetahui *siapa* yang bertanggung jawab atas terjadinya peristiwa tersebut atau yang terlibat di dalamnya?.

6) How

Mencari penyelesaian suatu masalah apabila peristiwa yang terjadi sudah tampak gejala-gejalanya dan akibat yang ditimbulkannya. Pertanyaan ini untuk mencari jawaban dari *bagaimana* peristiwa tersebut seharusnya diselesaikan dengan baik?

Contoh penggunaan 5WH di atas dapat digunakan untuk mengkaji bencana Tsunami, sebagai berikut.

- 1) (*What*) Apa yang terjadi?
Bencana alam Tsunami
- 2) (*Where*) Di mana terjadi bencana tersebut?
Di Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam dan sebagian Provinsi Sumatera Utara bagian barat.
- 3) (*When*) Kapan terjadi bencana tsunami tersebut?
Pada hari Minggu pagi, tanggal 26 Desember 2004, sekitar pukul 08.40 WIB.
- 4) (*Why*) Mengapa terjadi bencana tersebut?
Karena terjadinya pergerakan (dislokasi dan deformasi) lempeng tektonik Samudera Hindia-Australia yang bergesekan dengan lempeng tektonik Benua Eurasia (Bagian Sumatra), sehingga terjadi gempa bumi berkekuatan 9,2 skala richter di dasar laut Samudera Hindia. Akibatnya air laut yang berada di atasnya terpengaruh dan menjadi gelombang besar (Tsunami), kemudian menyapu kota serta desa-desa yang berada di sepanjang pantai barat Aceh dan sekitarnya.
- 5) (*Who*) Siapa yang menyebabkannya?
Tenaga yang berasal dari dalam bumi (tenaga endogen) yang mengakibatkan terjadinya gempa dan tenaga dari luar bumi (tenaga eksogen) berupa gelombang Tsunami.

6) (*How*) Bagaimana cara menanggulangnya?

Daerah sepanjang pantai barat Pulau Sumatera merupakan daerah yang berpotensi sering terjadi gempa bumi dan Tsunami. Oleh karena itu, cara penanggulangan bencana tersebut antara lain dengan cara sebagai berikut.

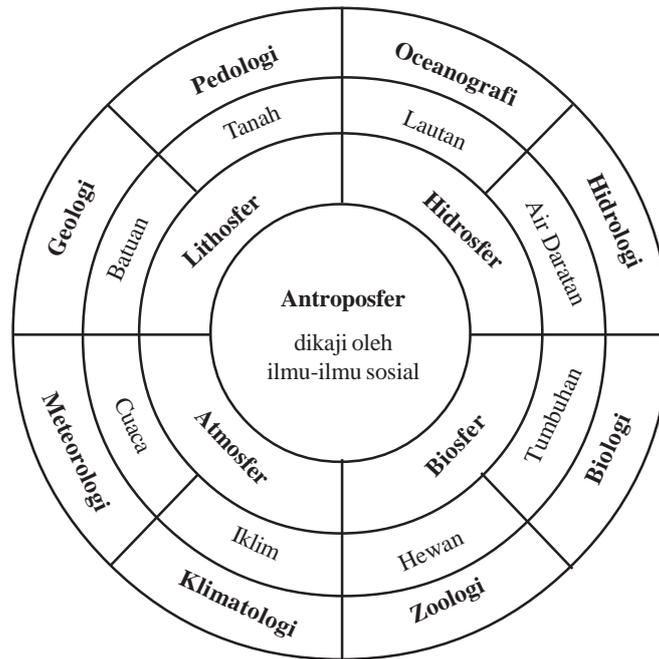
- a) Pembuatan undang-undang untuk tidak mendirikan bangunan permanen apalagi berbentuk kota besar di sepanjang daerah jalur gempa dan tsunami yang tertuang dalam undang-undang perencanaan wilayah.
- b) Memberikan penyuluhan (*public education*) kepada penduduk tentang kondisi geologis daerah yang berpotensi terjadinya gempa bumi dan tsunami. Dengan demikian, mereka tetap selalu waspada terhadap kemungkinan terjadinya gempa bumi yang disertai tsunami.
- c) Pengembangan sistem pemantauan terhadap gempa dan tsunami.
- d) Pengembangan sistem peringatan dini di daerah rawan gempa dan tsunami.

Tema yang paling mendasar dari objek formal geografi adalah region, yaitu kesatuan daerah yang menunjukkan karakteristik tertentu atau ciri khas yang dapat dibedakan dengan daerah lainnya. Karakteristik atau ciri khas suatu tempat itu dapat berupa karakteristik aspek fisik, manusia, atau gabungan keduanya.

Banyak cara untuk menentukan region tergantung pada kriteria apa yang akan dipergunakan (fisik, sosial, aktivitas ekonomi, budaya, politik, bahasa, agama, etnik, dan sebagainya). Ruang lingkup atau cakupan region pun dapat meluas mulai dari desa, kota, kabupaten, propinsi, negara, sampai himpunan-himpunan internasional, contohnya region Asia Tenggara. Regionalisasi pada dasarnya adalah pengumpulan dan pengklasifikasian atau pengelompokan wilayah ke dalam wilayah yang sejenis. Dari pengelompokan tersebut, akan tampak daerah yang menunjukkan persamaan dan perbedaan.

4. Struktur geografi

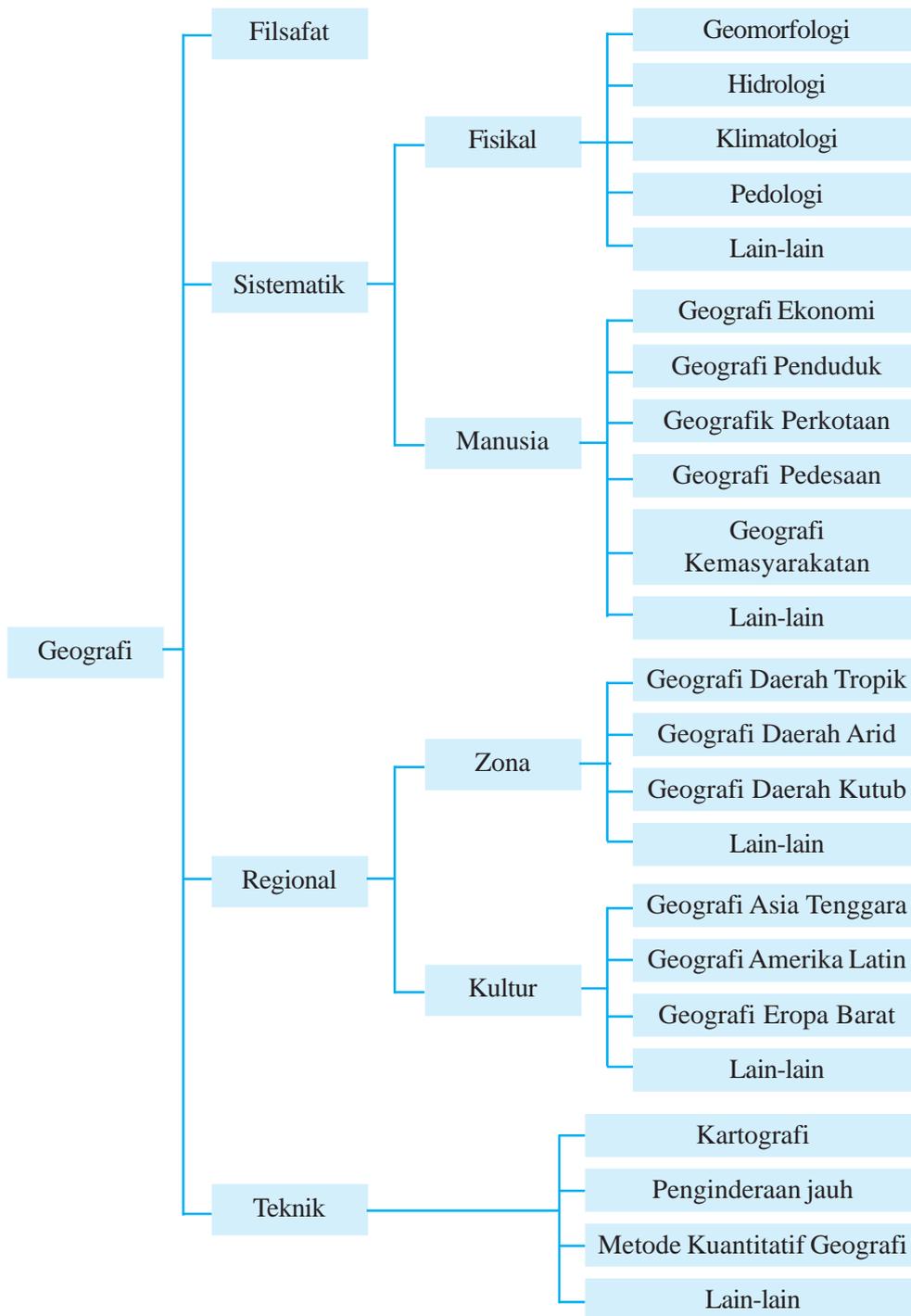
Agar ilmu geografi dapat menjelaskan setiap fenomena geosfer yang menjadi kajiannya, dibutuhkan ilmu-ilmu penunjang. Sebab di dalam sistem pengetahuan, geografi berada dalam dua bagian ilmu, yaitu di satu pihak mempelajari hal-hal yang bersifat eksak dan di lain pihak mempelajari hal-hal yang bersifat sosial. Dengan demikian, tampaknya dengan jelas bahwa geografi tidak dapat berdiri sendiri tanpa adanya dukungan dari ilmu penunjang lainnya.



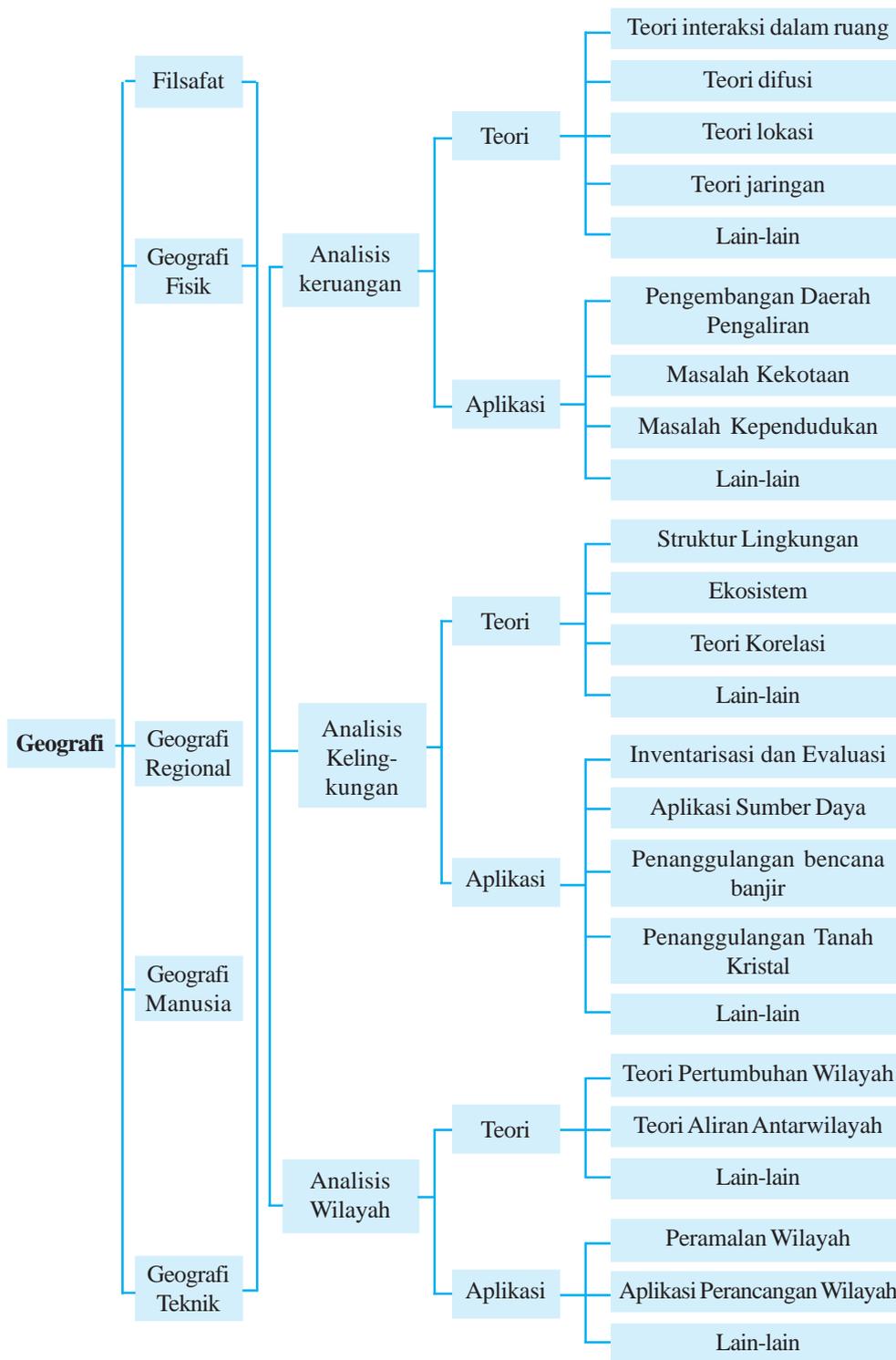
Geosfer dan ilmu yang mengkajinya

Gambar 1.3 Geosfer dan Ilmu yang Mengkajinya

Geografi yang memisahkan kajian antara geografi fisik dan geografi manusia sudah banyak ditinggalkan dan melahirkan struktur geografi yang terintegrasi. Dalam geografi yang terintegrasi, seluruh cabang ilmu geografi tidak ditonjolkan dalam struktur ilmu. Geografi terintegrasi menonjolkan pendekatan ilmunya, yaitu analisis keruangan, kelingkungan, dan kewilayahan. Ketiga pendekatan tersebut dibedakan atas teoritis dan aplikasinya. Perhatikan bagan struktur geografi berikut ini.



Gambar 1.4
 Struktur kajian geografi ortodoks
 (Sumber: P. Hagget 1972, *Geography a Modern Synthesis*)



Gambar 1.5
 Struktur kajian geografi terintegrasi
 (Sumber: Gurniwan K. Pasya, 2002 halaman 118)

Berdasarkan bidang kajian, geografi terbagi atas tiga cabang ilmu yaitu sebagai berikut.

a. Geografi fisik

Geografi fisik mempelajari *bentang lahan (Landscape)* yaitu bagian ruang dari permukaan bumi yang dibentuk oleh interaksi dan interdependensi bentuk lahan. Perhatian utama geografi fisik adalah *lapisan hidup (Life layer)* dari lingkungan fisik, yaitu zone tipis dari daratan dan lautan yang di dalamnya terdapat sebagian besar kehidupan. Adapun ilmu-ilmu yang menunjang geografi fisik adalah sebagai berikut.

- 1) *Meteorologi dan klimatologi*, merupakan ilmu yang mempelajari gejala cuaca di atmosfer.
- 2) *Oceanografi* adalah ilmu pengetahuan dan studi eksplorasi mengenai lautan serta semua aspek yang terdapat di dalamnya termasuk sedimen, batuan yang membentuk dasar laut, interaksi antara laut dengan atmosfer, pergerakan air laut serta tenaga yang menyebabkan adanya gerakan tersebut baik tenaga yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari luar.
- 3) *Hidrologi* mempelajari gerakan dan distribusi air di bumi.
- 4) *Hidrografi* adalah suatu cabang ilmu geografi fisik yang berhubungan dengan penelitian dan pemetaan air di permukaan bumi.
- 5) *Geologi* menjelaskan bagaimana bumi terbentuk dan bagaimana bumi berubah dari waktu ke waktu.
- 6) *Geomorfologi* mempelajari bentuk permukaan lahan dan sejarahnya.
- 7) *Ilmu tanah* adalah ilmu yang mempelajari hal ihwal atau sifat-sifat tanah.
- 8) *Geografi tanah* ialah ilmu yang mempelajari tentang tanah, meliputi sifat, genesis, penyebaran, dan penerapannya terhadap kehidupan manusia.
- 9) *Biologi* adalah ilmu pengetahuan tentang makhluk hidup, baik manusia maupun tumbuhan dan hewan.
- 10) *Biogeografi* adalah ilmu yang mempelajari penyebaran organisme dalam ruang dan waktu, serta faktor-faktor yang memengaruhi, membatasi atau menentukan pola penyebaran jarak.

b. Geografi manusia

Geografi manusia mempelajari manusia dalam ruang, termasuk jumlah penduduk, penyebaran penduduk, dinamika penduduk, aktivitas ekonomi, politik, sosial dan budayanya. Cabang geografi manusia di antaranya sebagai berikut.

- 1) *Ekonomi* adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari usaha-usaha manusia untuk mencapai kemakmuran, gejala-gejalanya dan hubungan timbal balik dari usaha tersebut.
- 2) *Geografi ekonomi* membahas bagaimana manusia mengeksploitasi sumber daya alam, menghasilkan barang dagangan, pola lokasi, dan persebaran kegiatan industri, serta seluk beluk komunikasi.
- 3) *Politik* adalah kegiatan pada suatu negara yang berhubungan dengan proses untuk menentukan tujuan-tujuan yang telah dipilih oleh suatu negara dalam rangka mencapai tujuan yang akan dicapai oleh negara itu sendiri.
- 4) *Geografi politik* mempelajari unit-unit politik, wilayahnya, perbatasan, serta ibukotanya dengan unsur-unsur kekuatan nasional dan politik internasional.
- 5) *Demografi* adalah ilmu yang mempelajari persoalan dan keadaan perubahan-perubahan penduduk.
- 6) *Geografi penduduk* adalah cabang disiplin geografi yang membicarakan variasi-variasi kualitas ruang dalam demografi dan nondemografi dari penduduk manusia dan konsekuensi-konsekuensi sosial dan ekonomi yang berasal dari rangkaian interaksi dengan suatu rangkaian khusus dari kondisi-kondisi yang terdapat di dalamnya yang diberikan oleh suatu unit atau daerah.

c. **Geografi teknik**

Geografi teknik mempelajari cara-cara memvisualisasikan dan menganalisis data dan informasi geografis dalam bentuk peta, diagram, foto udara dan citra hasil penginderaan jauh. Cabang ilmu geografi teknik yaitu sebagai berikut.

- 1) *Kartografi* adalah ilmu dan seni membuat peta yang menyajikan hasil-hasil ukuran dan pengumpulan data berbagai unsur permukaan bumi yang telah dilakukan oleh surveyor, geograf, kartograf, dan lain-lain.
- 2) *Penginderaan jauh* adalah ilmu dan seni yang memperoleh informasi mengenai objek, daerah, atau gejala dengan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap objek, daerah, atau gejala yang dikaji.
- 3) *Sistem Informasi Geografis (SIG)* adalah sistem informasi berbasis komputer yang dapat menyimpan, mengelola, memproses, menganalisis data geografis dan nongeografis serta menyediakan informasi dan grafis secara terpadu.

Menelaah setiap gejala di permukaan bumi, geografi tidak memisahkan aspek fisik dan manusia, tetapi selalu memadukan keduanya, aspek fisik dan

manusia ditelaah secara terintegrasi. Perpaduan antara geografi fisik dan geografi manusia secara faktual di lapangan menghasilkan geografi regional. Regional adalah geosfer ditelaah dengan menggunakan pendekatan geografi, sehingga regional adalah objek formal dari ilmu geografi.

Kalau *geologi* mempelajari batuan, *geomorfologi* mempelajari bentuk lahan, *ilmu tanah* mempelajari keadaan fisik tanah, *klimatologi* mempelajari iklim, *meteorologi* mempelajari cuaca. Semua itu menganalisis kebumian secara murni tanpa diintegrasikan dengan kehidupan manusia. Demikian pula ilmu politik, sosiologi, ekonomi, dan demografi mempelajari manusia secara murni, geografi mempelajari kehidupan manusia dan kebumian secara terpadu.

Contoh dalam mempelajari penduduk. *Demografi* membahas tentang jumlah, pertumbuhan, kepadatan dan penyebaran penduduk. Geografi mempelajari jumlah, pertumbuhan dan penyebaran penduduk dalam kaitannya dengan aspek fisik, seperti mengapa di daerah dataran penduduknya lebih banyak bila dibandingkan dengan daerah pegunungan, mengapa penduduk di daerah dataran cenderung menyebar secara merata, sedangkan di pegunungan mengelompok, mengapa pertumbuhan penduduk di suatu wilayah tinggi atau rendah, faktor fisik dan sosial budaya apa yang berpengaruh dan sebagainya.

Contoh lain dalam mempelajari pertanian, *ahli agronomi* mempelajari cara bercocok tanam, *ahli ekonomi* mempelajari biaya produksi, pengelolaan dan pemasaran, *ahli geografi* mempelajari lokasi berbagai jenis usaha tani di permukaan bumi, bagaimana kaitannya dengan aspek fisik seperti iklim, kemiringan lereng, ketinggian, tata air, aspek sosial seperti cara bertani, penerapan teknologi, modal, kepemilikan lahan, kebijakan pemerintah, dan adat istiadat dalam bercocok tanam.

F. MANFAAT ILMU GEOGRAFI

Banyak sekali manfaat yang dapat diambil dari ilmu geografi. Secara umum manfaat geografi ialah membantu dalam memahami kondisi negara sendiri dan memahami dunia. Memahami negara sendiri karena dengan belajar geografi akan mengetahui kelebihan dan kekurangan negara sendiri, baik keadaan alamnya maupun kondisi manusianya, sehingga menumbuhkan perasaan nasionalisme. Selain itu, dalam rangka otonomi daerah, keberadaan geografi sangat diperlukan untuk mengetahui potensi daerahnya.

Memahami dunia sangat penting karena tidak bisa dipungkiri bahwa saat ini sudah memasuki era globalisasi. Apa yang terjadi di belahan bumi lain akan segera diketahui, sehingga diperlukan pengetahuan tentang geografi negara lain. Misalnya, Perang Irak, Badai Katrina di Teluk Meksiko, dan Kerusuhan di Perancis. Selain itu, dengan mempelajari geografi akan mengetahui kelemahan

dan kelebihan negara lain, yang menyangkut sumber daya alamnya maupun manusianya. Misalnya, dengan belajar geografi dapat diketahui bahwa Jepang merupakan negara miskin akan sumber daya alam, tetapi dari segi penduduknya memiliki kualitas yang baik, sehingga dapat dijadikan dasar untuk merencanakan hubungan kerjasama yang saling menguntungkan dengan negara Jepang.

Ringkasan

Geografi merupakan suatu ilmu pengetahuan dengan objek utamanya ialah bumi beserta segala isinya termasuk segala peristiwa atau gejala atau fenomena yang timbul akibat adanya hubungan interaksi antara berbagai unsur fisik maupun sosial dilihat dari konteks keruangan. Berdasarkan hasil Seminar dan Lokakarya Peningkatan Kualitas Pengajaran Geografi tahun 1988, geografi adalah ilmu yang mempelajari persamaan dan perbedaan fenomena geosfera dengan sudut pandang kelengkapan atau kewilayahan dalam konteks keruangan.

Geografi bertujuan untuk memahami hal-hal yang menyangkut: penyebaran fenomena di atas permukaan bumi; hubungan antarfenomena di suatu tempat; hubungan suatu fenomena dengan fenomena di tempat lain; efek suatu fenomena pada fenomena lain; variasi suatu fenomena dari satu tempat ke tempat lain; mengapa suatu fenomena terdapat di suatu tempat, sedangkan di tempat lain tidak ada; difusi keruangan dan fenomena; lokasi dan lokalisasi suatu fenomena; akibat suatu tindakan pada suatu tempat terhadap fenomena lain di tempat lain; manfaat dan kegunaan suatu fenomena atau tindakan guna meningkatkan kesejahteraan manusia dan pembangunan.

Dalam mengkaji gejala atau peristiwa dalam ruang, geografi selalu mempergunakan konsep lokasi, hubungan timbal balik, gerakan dan perwilayahan. Sepuluh konsep esensial (dasar) geografi, yaitu konsep lokasi, jarak, keterjangkauan, pola, morfologi, aglomerasi, nilai kegunaan, interaksi dan interdependensi, diferensiasi areal, dan keterkaitan keruangan.

Untuk lebih memahami dalam mengkaji ilmu geografi digunakan tiga pendekatan, yaitu pendekatan spasial (keruangan), pendekatan ekologi (lingkungan), dan pendekatan kompleks wilayah (regional) Selain konsep dan pendekatannya, juga terdapat prinsip-prinsip dasar geografi seperti prinsip persebaran, interrelasi, deskripsi, dan korologi (keruangan).

Objek geografi terbagi menjadi dua yaitu objek material adalah geosfer yang terdiri atas *litosfer*, *hidrosfer*, dan *antroposfer* dengan menekankan antroposfer sebagai makhluk yang paling berperan di dalam biosfer; dan objek formal geografi adalah cara pandang dan cara berpikir terhadap gejala yang ada di permukaan bumi, baik keadaan fisik maupun keadaan sosialnya.

Berdasarkan bidang kajiannya, geografi terbagi atas tiga cabang ilmu yaitu geografi fisik, geografi manusia, dan geografi teknik.

Glosarium

- Ekologi* : ilmu yang mempelajari interaksi antara organisme hidup dan lingkungannya
- Fenomena* : hal-hal yang dapat disaksikan dengan pancaindra dan dapat diterapkan secara ilmiah; gejala.
- Fisis Determinis* : aliran atau paham dalam geografi mengenai kehidupan manusia dan kebudayaannya ditentukan oleh alam.
- Geosentrik* : pandangan yang dikemukakan oleh *Aristoteles* (350 SM) dan kemudian dikembangkan oleh *Ptolemaeus* (140 M) menyatakan bumi sebagai pusat, semua benda langit beredar mengelilingi bumi.
- Hakekat* : intisari atau dasar.
- Heliosentrik* : pandangan yang dikemukakan oleh Nicolaus Copernicus (1473) yang menyatakan bahwa matahari sebagai pusat bagi planet-planet yang beredar mengelilinginya.
- Konsep* : pengertian abstrak tentang suatu hal.
- Logografi* : ilmu yang menceritakan berbagai tempat di muka bumi sebagai hasil penjelajahan ke berbagai penjuru dunia.
- Lokasi* : letak, tempat.
- Pendekatan kewilayahan* : melihat ruang sebagai wadah yang mempunyai keunikan atau perbedaan dengan wilayah lainnya sebagai hasil interrelasi dan integrasi antara aspek fisik dan manusia yang ada di dalamnya.
- Possibilisme* : aliran atau paham dalam geografi di mana manusia dan kebudayaannya tidak ditentukan oleh alam, tetapi manusia mempunyai peranan aktif terhadap alam, sehingga manusia dapat memilih kebudayaannya, sedangkan alam hanya memberikan kemungkinan-kemungkinan.
- Region* : suatu kawasan di permukaan bumi yang memiliki karakteristik khas, sehingga dapat dibedakan dengan wilayah-wilayah lain.
- Ruang* : seluruh permukaan bumi yang merupakan tempat hidup tumbuhan, hewan, dan manusia.

- Ruang lingkup* : luasnya subjek yang tercakup.
Spesifik : khusus; bersifat khusus; khas.
Urbanisasi : perpindahan penduduk dari desa ke kota.

Kegiatan kelompok

1. Buatlah kelompok belajar di dalam kelas kamu, masing-masing kelompok berjumlah 3-4 orang!
2. Identifikasi fenomena di sekitar tempat tinggalmu sebagai objek kajian geografi dengan menggunakan prinsip geografi. Kemudian buat hasilnya di buku tugasmu dengan mengikuti format berikut.

No.	Objek Geografi	Prinsip Geografi			
		Persebaran	Interrelasi	Keruangan	Deskripsi
1.
2.
3.
4.
5.

3. Carilah artikel atau berita dari koran atau majalah tentang peristiwa-peristiwa bencana alam. Analisis artikel tersebut melalui isian tabel berikut!

Pertanyaan	Jawaban
Peristiwa apa?	
Di mana peristiwa tersebut terjadi?	
Kapan peristiwa itu terjadi?	
Mengapa terjadi?	
Siapa pelaku utama yang menyebabkan peristiwa itu terjadi?	
Bagaimana cara penyelesaiannya?	

Tugas mandiri

Identifikasi fenomena di sekitar tempat tinggal kamu sebagai objek kajian geografi dengan menggunakan rumus 5W1H. Hasil analisis kamu dibuatkan dalam buku tugasmu dengan mengikuti format berikut. Kemudian, diskusikan hasil analisis tersebut dengan teman-teman sekelasmu dan buatlah resumennya!

No	What	Where	When	Who	Why	How
1.
2.
3.
4.
5.

UJI KOMPETENSI

I. Pilihan Ganda

Berilah tanda silang pada jawaban yang paling tepat.

- Lahirnya studi geografi, yaitu
 - sejak abad pertengahan
 - sejak orang melakukan perjalanan atau penjelajahan di muka bumi
 - sejak manusia mengenal tulisan
 - sejak munculnya cerita tentang keadaan muka bumi
 - sejak manusia hidup secara nomaden
- Istilah geografi pertama kali dikemukakan oleh
 - Erathosthenes
 - Strabo
 - J.E. Preston
 - Karl Ritter
 - John Hanrath
- Geografi adalah penulisan tentang bumi. Definisi ini dikemukakan oleh
 - Karl Ritter
 - John Hanrath
 - Strabo
 - Eratosthenes
 - J.E. Preston

4. Menurut aliran fisis determinis, kehidupan manusia ditentukan oleh
 - a. manusia itu sendiri
 - b. ilmu pengetahuan
 - c. budaya manusia
 - d. teknologi
 - e. alam
5. Pandangan aliran possibilisme ialah
 - a. manusia sebagai pandangan yang pasif
 - b. manusia tunduk pada alam
 - c. alam hanya memberi kemungkinan produktivitas pada manusia
 - d. budaya manusia menentukan alam
 - e. karakter manusia ditentukan oleh alam
6. Geografi mungkin akan memiliki objek yang sama dengan ilmu-ilmu lain, terutama dalam objek
 - a. material
 - b. fungsional
 - c. formal
 - d. kajian
 - e. ruang lingkup
7. Objek material geografi, yaitu
 - a. antroposfera
 - b. geosfera
 - c. oceanografi
 - d. troposfera
 - e. hidrofera
8. Di bawah ini yang bukan merupakan konsep dasar geografi yaitu
 - a. pola
 - b. budaya
 - c. jarak
 - d. aglomerasi
 - e. lokasi
9. Berikut ini ialah tujuan mempelajari geografi, *kecuali*
 - a. memiliki pengetahuan, sikap, dan keterampilan untuk mengembangkan kemampuan berpikir analisis geografis dalam memahami gejala geosfer
 - b. memiliki kemampuan untuk menguasai bumi
 - c. memupuk rasa cinta pada tanah air
 - d. menghargai keberadaan negara asing
 - e. mengetahui berbagai fenomena geosfer yang terjadi
10. Prinsip ilmu geografi yang merupakan dasar atau kunci pertama dalam kajian ilmu geografi yang dapat menggambarkan prinsip-prinsip lainnya, disebut
 - a. interrelasi
 - b. persebaran
 - c. deskripsi
 - d. korologi
 - e. jarak

11. Penduduk dunia cenderung menempati wilayah-wilayah yang banyak memiliki cadangan air dengan topografi yang datar. Dalam geografi, fenomena tersebut sesuai dengan salah satu konsep esensialnya, yaitu
 - a. jarak
 - b. aglomerasi
 - c. lokasi
 - d. keterjangkauan
 - e. kemudahan
12. Saat ini, istilah ilmu bumi sudah tidak tepat lagi untuk menyebut geografi karena
 - a. ilmu yang mempelajari manusia
 - b. pengertiannya sama dengan geologi
 - c. sudah ketinggalan zaman
 - d. geografi adalah ilmu tentang wilayah
 - e. ilmu bumi sudah berubah menjadi geografi
13. Gejala yang terdapat pada suatu daerah akan berkaitan dengan gejala di daerah lainnya. Hal ini merupakan perwujudan konsep
 - a. interaksi keruangan
 - b. relasi wilayah
 - c. persamaan wilayah
 - d. perbedaan wilayah
 - e. keunikan wilayah
14. Pertanyaan yang merupakan ciri khas geografi yaitu
 - a. what
 - b. where
 - c. why
 - d. when
 - e. how
15. Suatu lokasi pengertiannya akan menjadi tempat apabila
 - a. menunjukkan posisi suatu daerah
 - b. memiliki informasi tertentu
 - c. dapat menunjukkan kaitannya dengan daerah lain
 - d. mudah dijangkau
 - e. menunjukkan interaksi dengan objek lainnya
16. Pendekatan geografi dalam menganalisis gejala atau fenomena geografis berdasarkan penyebarannya ialah
 - a. keruangan
 - b. kelingkungan
 - c. kompleks wilayah
 - d. deskripsi
 - e. interrelasi
17. Dalam mengkaji proses terbentuknya bumi, geografi dibantu oleh ilmu penunjang, yaitu

- a. geologi
 - b. geomorfologi
 - c. hidrologi
 - d. ilmu tanah
 - e. biologi
18. Untuk memvisualisasikan data dan informasi geografis dengan menggunakan teknik komputer diperlukan cabang geografi teknik, yaitu
- a. kartografi
 - b. penginderaan jauh
 - c. sistem informasi geografis
 - d. interpretasi foto udara
 - e. interpretasi citra
19. Karawang saat ini merupakan kawasan lumbung padi Jawa Barat, tetapi belum tentu untuk masa yang akan datang. Hal ini merupakan contoh dari konsep
- a. keunikan wilayah
 - b. lokasi relatif
 - c. relasi wilayah
 - d. interaksi keruangan
 - e. perubahan yang terus menerus
20. Konsep geografi yang akan muncul dalam mengkaji fenomena banjir adalah
- a. hujan, permukiman, lereng, hutan
 - b. erosi, tebing, air, tanah, batuan
 - c. kerusakan hutan, hujan, sungai, sampah
 - d. sedimentasi, tanah, vegetasi, muara
 - e. sampah, permukiman, dataran rendah, erosi

II. Uraian

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut secara tepat!

1. Jelaskan tentang konsep geografi yang menyatakan bahwa manusia sebagai ekologi yang dominan!
2. Jelaskan yang dimaksud dengan aglomerasi?
3. Apa yang kalian ketahui tentang region?
4. Mengapa ilmu geografi memerlukan ilmu penunjang lainnya?
5. Jelaskan pendekatan keruangan dalam kajian geografi!
6. Jelaskan proses terjadinya banjir dengan menggunakan prinsip geografi!
7. Mengapa pendekatan regional dianggap sebagai kajian yang paling komprehensif dalam studi geografi?
8. Jelaskan mengapa ekonomi dikatakan sebagai ilmu bantu geografi!

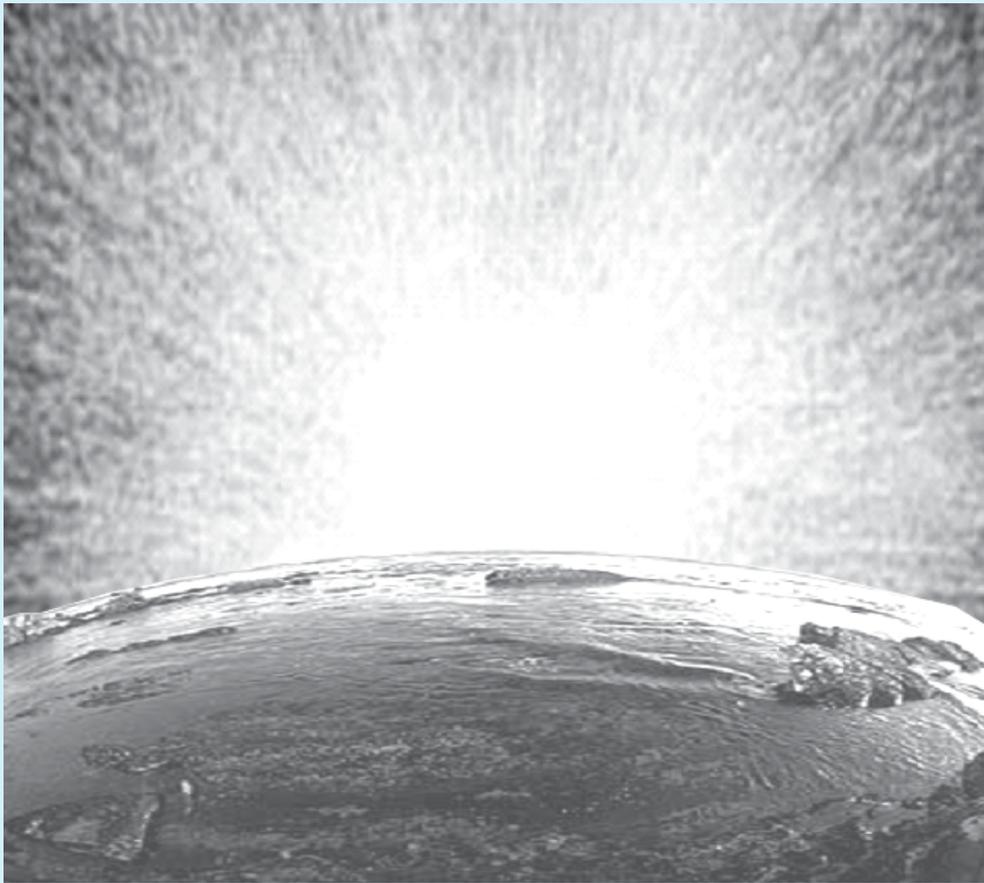
9. Jelaskan aktivitas perdagangan jika dikaji berdasarkan pendekatan kompleks wilayah!
10. Jelaskan perbedaan antara objek material dan formal geografi!

Refleksi

1. Setelah kamu membaca dan mempelajari ruang lingkup, prinsip, dan studi geografi pada bab ini. Bagaimana tanggapan kamu?
2. Manfaat apa yang kamu dapatkan setelah mempelajari bab ini?

2

SEJARAH PEMBENTUKAN BUMI

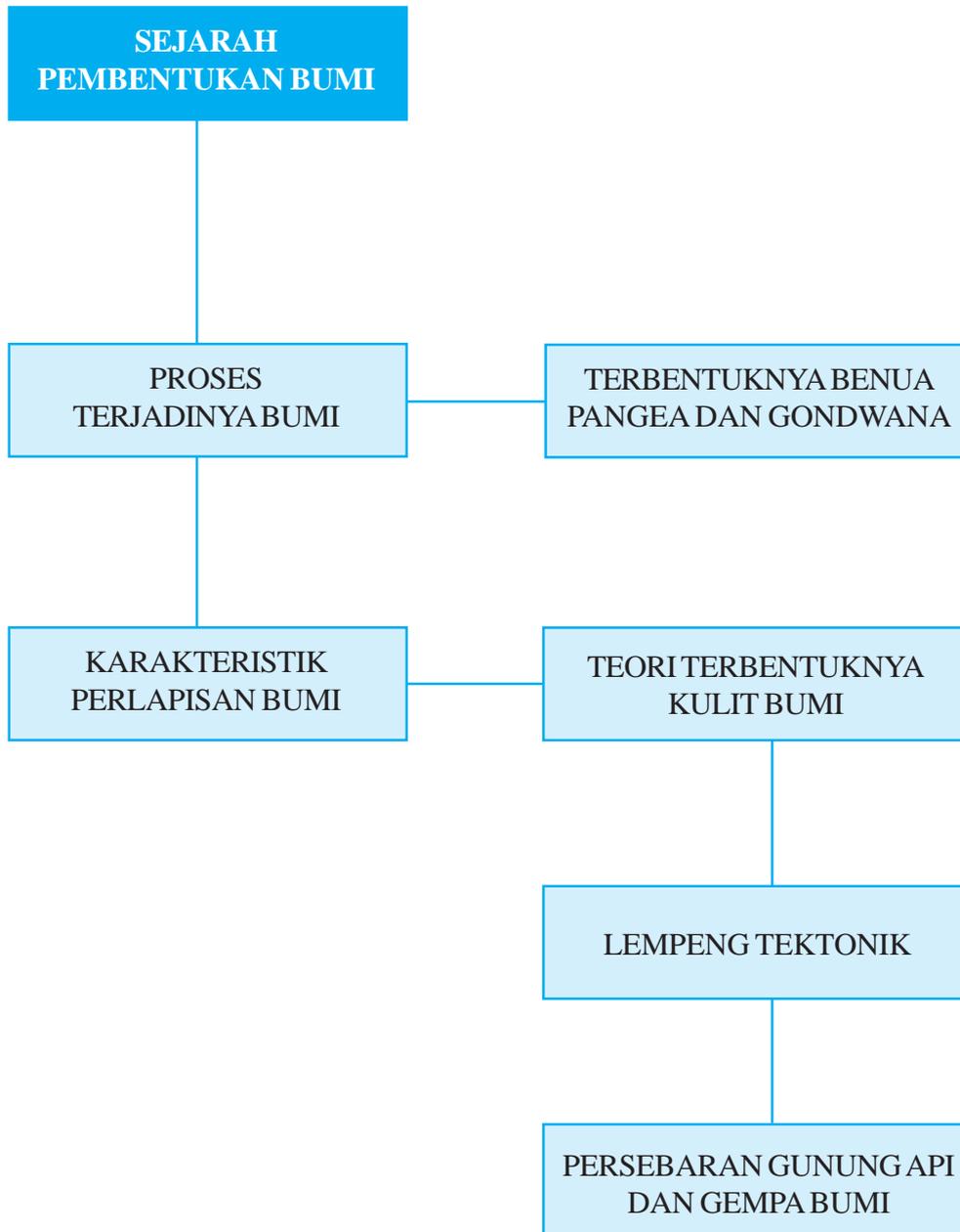


(Sumber: Koleksi penulis, 2006)

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- mendeskripsikan proses terjadinya bumi
- menganalisis sejarah perkembangan bumi (Pangea, Gondwana)
- mendeskripsikan karakteristik per lapisan bumi
- menganalisis teori lempeng tektonik dan kaitannya dengan persebaran gunungapi dan gempa bumi

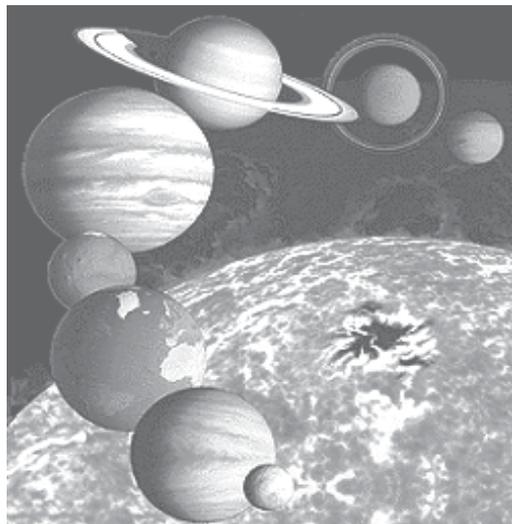
PETA KONSEP



Coba kamu kenali! Bumi adalah bola batuan raksasa yang bergerak di angkasa dengan kecepatan hampir mencapai 3000 m per detik. Beratnya 6000 juta, juta, juta ton. Hampir dua pertiga permukaan bumi yang berbatu-batu tertutup oleh air. Batuan yang tidak tertutup air membentuk daratan. Bumi diselimuti lapisan gas yang disebut *atmosfer* dengan mencapai ketinggian lapisan sekitar 700 km dari permukaan bumi. Di luar batas atmosfer inilah, dimulainya lapisan luar angkasa.

Bumi merupakan salah satu planet dari sistem tata surya yang terdapat dalam suatu galaksi bernama *Galaksi Bima Sakti (The Milky Ways* atau Kabut Putih). Selain planet-planet yang terdapat dalam tata surya, juga terdapat benda-benda angkasa lain, dan sekitar 200 milyar bintang yang ada di dalam Galaksi Bima Sakti. Lebih jauh lagi berdasarkan penelitian, Bima Sakti bukanlah satu-satunya galaksi, tetapi terdapat ratusan, jutaan, bahkan milyaran galaksi pengisi jagat raya ini. Sungguh Maha Besar dan Maha Tinggi Tuhan yang telah menciptakan bumi dan jagat raya dengan segala isinya.

Pada bab ini akan dibahas tentang sejarah pembentukan bumi dan tata surya dalam jagat raya. Dengan mempelajarinya, diharapkan kamu dapat menjelaskan proses pembentukan bumi dan mendeskripsikan tata surya dalam jagat raya.



Gambar 2.1

Bumi diantara planet-planet lain dalam Tata Surya

(Sumber: www.answering-christianity.com/earth.htm)

Tahukah kamu? Manakah dari deretan planet pada gambar 2.1 yang merupakan planet bumi? Urutan ke berapakah planet kita pada sistem tata surya? Apakah kamu melihat perbedaan dengan planet lain, apanya? Sebutkan alasan dari perbedaan tersebut!

Kata Kunci :

Bumi, Nebula, Akresi, Kompresi, Lempeng, Tata Surya, Galaksi, Pangea, Gondwana, Planet.

A. PROSES TERJADINYA BUMI

Kita semua bertempat tinggal di permukaan bumi yang kita rasakan sangat luas. Bayangkan saja, jari-jari yang dimiliki bumi mencapai 6.370 km. Panjang keliling Khatulistiwa yang melewati negara kita sekitar 40.000 km. Jadi kalau dibandingkan sama dengan 40 kali panjang Pulau Jawa.

Akan tetapi, pernahkah kamu merenungkan tentang bagaimana bumi tempat kita berpijak ini terbentuk? Apakah bumi suatu benda yang bulat dan kaku? Bagaimana sejarah pembentukan dan perkembangan muka bumi? Seperti apakah karakteristik lapisan bumi? Semua pertanyaan tersebut tentunya akan kita bahas dalam subbab ini, sehingga kamu mengetahui dan lebih memahaminya.

Proses terbentuknya planet bumi tidak dapat dipisahkan dengan sejarah terbentuknya tata surya. Hal ini dikarenakan bumi merupakan salah satu anggota keluarga matahari, di samping planet-planet lain, komet, asteroid, dan meteor. Bahkan para ilmuwan memperkirakan bahwa matahari terbentuk terlebih dahulu, sedangkan planet-planet masih dalam wujud awan debu dan gas kosmis yang disebut *nebula* berputar mengelilingi matahari. Awan, debu, dan gas kosmis tersebut terus berputar dan akhirnya saling bersatu karena pengaruh gravitasi, kemudian mengelompok membentuk bulatan-bulatan bola besar yang disebut *planet*, termasuk planet bumi.

Dari proses tersebut, kita memperoleh gambaran bahwa sistem tata surya berasal dari massa gas (kabut gas atau *nebula*) yang bercahaya dan berputar perlahan-lahan. Massa gas tersebut secara berangsur-angsur mendingin, mengecil, dan mendekati bentuk bola. Karena massa gas itu berotasi dengan kecepatan yang makin lama semakin tinggi, pada bagian khatulistiwa (ekuatornya) yang mendapat gaya sentrifugal paling besar, sehingga massa tersebut menggelembung. Akhirnya dari bagian yang menggelembung tersebut ada bagian yang terlepas (terlempar) dan membentuk bola-bola pijar dengan ukuran berbeda satu sama lain.

Massa gas induk tersebut akhirnya menjadi *matahari*, sedangkan bola-bola kecil yang terlepas dari massa induknya mendingin menjadi planet, termasuk bumi kita. Pada saat terlepas dari massa induknya, planet-planet anggota tata surya masih merupakan bola pijar dengan suhu sangat tinggi. Karena planet berotasi, maka ada bagian tubuhnya yang terlepas dan berotasi sambil beredar mengelilingi planet tersebut. Benda tersebut selanjutnya dinamakan *bulan (satelit alam)*.

Menurut hasil penelitian para ahli astronomi dan geologi, bumi kita sendiri terbentuk atau terlepas dari tubuh matahari sekitar 4500 juta tahun yang lalu. Perkiraan terbentuknya bumi ini didasarkan atas penelaahan *palentologi* (ilmu yang mempelajari fosil-fosil sisa makhluk hidup purba pada masa lampau) dan *stratigrafi* (ilmu yang mempelajari struktur lapisan-lapisan batuan pembentuk muka bumi).

Pada saat terlahir (sekitar 4500 juta tahun yang lalu) bumi kita pada awalnya masih merupakan bola pijar yang sangat panas, suhu permukaannya mencapai 4.000°C . Dalam jangka waktu jutaan tahun, secara berangsur-angsur bumi kita mendingin. Akibat proses pendinginan, bagian luar bumi membeku membentuk lapisan kerak bumi atau kulit bumi yang disebut *litosfer*, sedangkan bagian dalam planet bumi sampai sekarang masih dalam keadaan panas dan berpijar.

Selain pembekuan kerak bumi, pendinginan massa bumi ini mengakibatkan terjadinya proses penguapan gas secara besar-besaran ke angkasa. Proses penguapan ini terjadi dalam waktu jutaan tahun, sehingga terjadi akumulasi uap dan gas yang sangat banyak. Pada saat inilah mulai terbentuk *atmosfer* bumi.

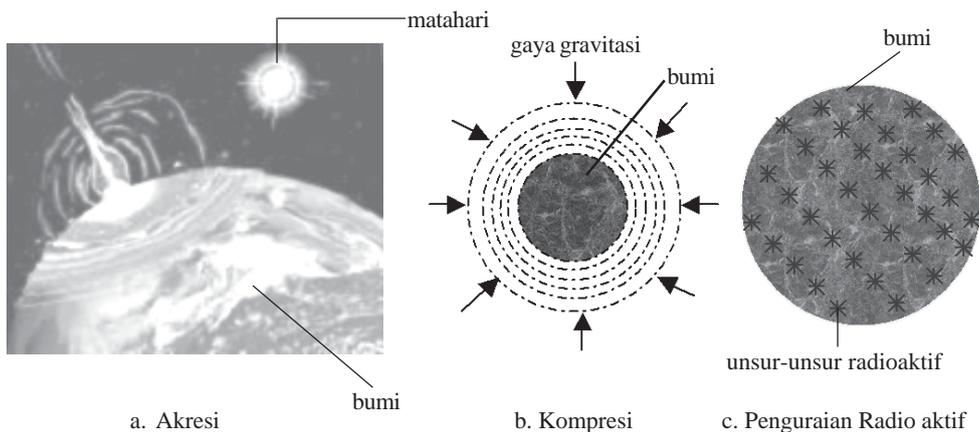
Uap air yang terkumpul di atmosfer dalam waktu jutaan tahun tersebut, pada akhirnya dijatuhkan kembali sebagai hujan untuk pertama kalinya di bumi, dengan intensitas tinggi dan dalam waktu yang sangat lama. Titik-titik air hujan yang jatuh selanjutnya mengisi cekungan-cekungan muka bumi membentuk bentang *perairan laut* dan *samudera*.

Sebagaimana dikemukakan di atas, bahwa pada awal pembentukannya, seluruh bagian planet bumi relatif dingin. Kemudian pada proses selanjutnya, suhu bumi semakin meningkat hingga mencapai suhu seperti saat ini. Berdasarkan penelitian para ilmuwan, dijelaskan adanya tiga faktor yang menyebabkan naiknya suhu bumi tersebut, yaitu sebagai berikut:

1. Akresi (*accretion*) yaitu naiknya suhu bumi akibat tumbukan benda-benda angkasa atau meteor yang menghujani bumi. Energi dari benda-benda tersebut berubah menjadi panas. Bayangkan saja, 5 ton berat benda angkasa, kemudian menghantam bumi dengan kecepatan 30 km per detik, diperkirakan memberikan energi yang sama dengan ledakan nuklir sebesar 1000 ton. Daerah sekitar tumbukan tersebut meninggalkan lubang-lubang yang sangat besar (kawah) di permukaan bumi. Pada saat bersamaan, bulan juga ditabrak oleh benda angkasa tersebut. Karena itu, apabila kamu melihat bulan dengan menggunakan teropong maka kamu bisa menyaksikan kawah yang terbentuk pada masa lampau.
2. Kompresi yaitu semakin memadatnya bumi karena adanya gaya gravitasi. Bagian dalam bumi menerima tekanan yang lebih besar dibandingkan

bagian luarnya, sehingga pada bagian dalam bumi suhunya lebih panas. Tingginya suhu di bagian dalam bumi (inti bumi) mengakibatkan unsur besi pada bumi menjadi cair, sehingga inti bumi merupakan cairan.

- Adanya disintegrasi atau penguraian unsur-unsur radioaktif seperti uranium, thorium, dan potasium. Jumlah unsur-unsur tersebut sebenarnya relatif kecil tetapi dapat meningkatkan suhu bumi. Atom-atom dari unsur-unsur tersebut secara spontan terurai dan mengeluarkan partikel-partikel atom yang berubah menjadi unsur lain dan diserap oleh batuan di sekitarnya.

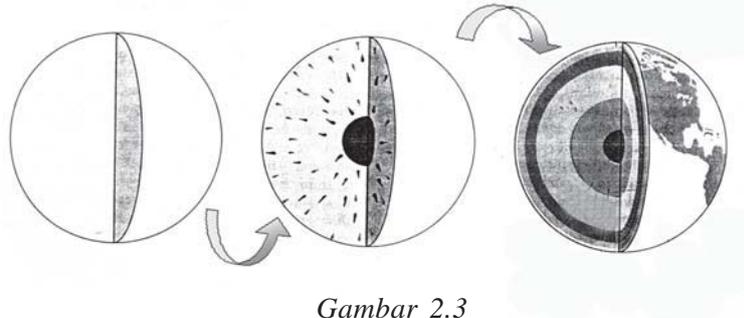


Gambar 2.2
Proses meningkatnya suhu bumi
(Sumber: www.e-dukasi.net)

Itulah proses pembentukan bumi, tempat kita tinggal dan hidup di dalamnya. Lalu bagaimana dengan proses terjadinya peralihan di bumi? Secara ringkas, proses pembentukan bumi hingga terjadinya peralihan tersebut terbagi menjadi tiga tahap, yaitu sebagai berikut:

- Tahap pada saat bumi merupakan planet yang homogen atau belum terjadi diferensiasi dan zonafikasi.
- Proses diferensiasi atau pemilahan, yaitu ketika material besi yang lebih berat tenggelam menuju pusat bumi, sedangkan material yang lebih ringan bergerak ke permukaan. Dengan demikian, bumi tidak lagi dalam keadaan homogen, melainkan terdiri atas material yang lebih berat (besi) di pusat bumi dan material yang lebih ringan di bagian yang lebih luar atau kerak bumi.
- Proses zonafikasi, yaitu tahap ketika bumi terbagi menjadi beberapa zona atau lapisan, yaitu inti besi yang padat, inti besi cair, mantel bagian bawah, zona transisi, astenosfer yang cair, dan litosfer yang terdiri atas kerak benua dan kerak samudera.

Dengan demikian, perubahan suhu yang dimulai dari bahan pembentuk bumi hingga terbentuk bumi, kemudian mengalami pendinginan dan terjadinya kenaikan suhu kembali, seperti yang dijelaskan di atas, mengakibatkan bumi sebagai planet yang memiliki lapisan-lapisan. Proses zonafikasi pada bumi telah membaginya ke dalam beberapa lapisan.



Gambar 2.3

Proses pembentukan lapisan bumi

(Sumber: Frank Press and Raymond Siever, 1986, *Earth*, halaman 13)

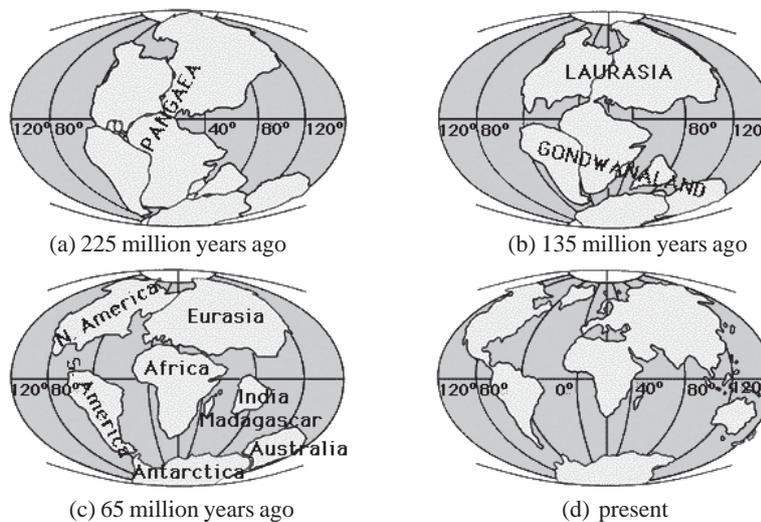
B. PANGEA DAN GONDWANA

Lapisan bumi yang tersusun dari berbagai proses secara sedemikian rupa, nampaklah bagian-bagian yang di antaranya bagian terluar yang keras dan bagian bawah yang relatif cair. Kita merasakan seolah-oleh permukaan bumi sesuatu yang kaku dan diam (tidak bergerak). Ternyata sejak zaman dulu, permukaan bumi yang diam ini telah mengalami perjalanan atau pergeseran yang jauh dari bentuknya semula. Di antara para ilmuwan yang memberikan gagasan tentang adanya pergeseran di bumi yaitu *Antonio Snidar – Pellegrini* yang mengamati benua-benua Afrika dan Amerika Selatan merupakan benua yang pernah bersatu.

Seorang ahli ilmu cuaca dari Jerman yang bernama *Alfred Wegener* (1912), dalam teorinya yang terkenal yaitu *teori pengapungan benua (Continental drift theory)* mengemukakan bahwa sampai sekitar 225 juta tahun lalu, di bumi baru ada satu benua dan samudra yang maha luas. Benua raksasa ini dinamakan *pangea*, sedangkan kawasan samudera yang mengapitnya dinamakan *panthalassa*.

Sedikit demi sedikit pangea mengalami retakan-retakan dan pecah. Sekitar 135 juta tahun yang lalu, benua raksasa tersebut pecah menjadi dua, yaitu pecahan benua di sebelah utara dinamakan *Laurasia* dan di bagian selatan dinamakan *gondwana*. Kedua benua itu dipisahkan oleh jalur laut sempit yang dinamakan *Laut Tethys*. Sisa Laut Tethys pada saat ini merupakan jalur cebakan minyak bumi di sekitar laut-laut di kawasan Timur Tengah.

Baik Laurasia maupun Gondwana kemudian terpecah-pecah lagi menjadi daratan yang lebih kecil dan bergerak secara tidak beraturan dengan kecepatan gerak berkisar antara 1 – 10 cm pertahun (coba kalian lihat teori tektonik lempeng). Dalam sejarah perkembangan planet bumi, sekitar 65 juta tahun lalu, Laurasia merupakan cikal bakal benua-benua yang saat ini letaknya di sebelah utara ekuator (belahan bumi utara), meliputi Eurasia, Amerika Utara, dan pulau-pulau kecil di sekitarnya. Adapun Gondwana merupakan cikal bakal benua-benua di belahan bumi selatan, meliputi Amerika Selatan, Afrika, Sub benua India, Australia, dan Antartika, hingga terbentuklah benua-benua yang kita saksikan saat ini. Perhatikan gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.4
Rangkaian Pergerakan Benua
(Sumber: <http://land.heim.at/toskana/210137/>)

Kerak bumi atau lapisan bumi bagian atas pada dasarnya terdiri atas *kerak samudera* dan *kerak benua*. Kedua kerak ini bukanlah sesuatu yang kaku dan diam, tetapi terus bergerak aktif mengalami pergeseran hingga saat ini. Lalu bagaimanakah pergeseran benua terjadi? Selanjutnya akan dibahas pada bagian lempeng tektonik.

C. KARAKTERISTIK PERLAPISAN BUMI

Setelah planet bumi ini terbentuk dari massa gas, lambat laun mengalami proses pendinginan. Akibatnya bagian terluarnya menjadi keras, sedangkan, bagian dalamnya masih tetap merupakan massa zat yang panas dalam keadaan lunak.

Sepanjang proses pendinginan berlangsung dalam jangka waktu jutaan tahun, zat-zat pembentuk bumi yang terdiri atas berbagai jenis sifat kimia dan fisiknya sempat memisahkan diri sesuai dengan perbedaan sifat-sifat tersebut. Hasil-hasil penelitian terhadap fisik bumi menunjukkan bahwa batuan-batuan pembentuk bumi mulai dari kerak bumi sampai inti bumi mempunyai komposisi mineral dan unsur kimia yang berbeda-beda.

Pada dasarnya planet bumi mempunyai struktur utama (dari permukaan sampai ke dalam), yaitu sebagai berikut.

1. Litosfer (lapisan batuan pembentuk kulit bumi atau *crust*)

Litosfer berasal dari kata *lithos* berarti *batu* dan *sphere/sphaira* berarti *bulatan* atau *lapisan*. Dengan demikian *Litosfer* dapat diartikan *lapisan batuan pembentuk kulit bumi*. Dalam pengertian lain, litosfer adalah lapisan bumi paling atas dengan ketebalan lebih kurang 70 km yang tersusun dari batuan penyusun kulit bumi. Lebih lanjut mengenai litosfer akan dibahas dalam bab 4.

2. Astenosfer (lapisan selubung atau *mantle*)

Astenosfer, yaitu lapisan yang terletak di bawah litosfer dengan ketebalan sekitar 2.900 km berupa material cair kental dan berpijar dengan suhu sekitar 3.000 °C, merupakan campuran dari berbagai bahan yang bersifat cair, padat dan gas bersuhu tinggi.

3. Barisfer (lapisan inti bumi atau *core*)

Barisfer, yaitu lapisan inti bumi yang merupakan bagian bumi paling dalam yang tersusun atas lapisan Nife (*Niccolum* atau nikel dan *ferrrum* atau besi). Lapisan ini dapat pula dibedakan atas dua bagian yaitu *inti luar* dan *inti dalam*.

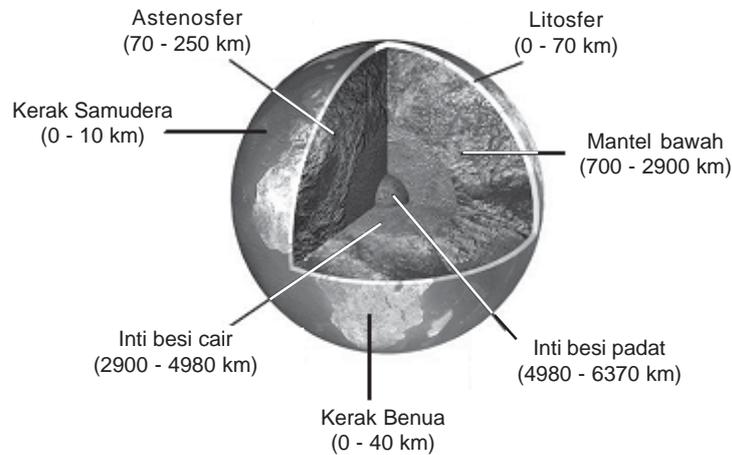
a. Inti luar (*Outer core*)

Inti luar adalah inti bumi yang ada di bagian luar. Tebal lapisan ini sekitar 2.200 km, tersusun atas materi besi dan nikel yang bersifat cair, kental, dan panas berpijar bersuhu sekitar 3.900 °C.

b. Inti dalam (*Inner core*)

Inti dalam adalah inti bumi yang ada di lapisan dalam dengan ketebalan sekitar 2.500 km, tersusun atas materi besi dan nikel pada suhu yang sangat tinggi yakni sekitar 4.800⁰ C, akan tetapi tetap dalam keadaan padat dengan densitas sekitar 10 gram/cm³. Hal itu disebabkan adanya tekanan yang sangat tinggi dari bagian-bagian bumi lainnya.

Untuk lebih jelasnya tentang karakteristik perlapisan bumi, dapat kamu lihat pada ilustrasi gambar berikut.



Gambar 2.5

Struktur lapisan bumi

(Sumber: Frank Press & Raymond Slever, 1986, *Earth*, halaman 17)

Lapisan atas kerak bumi, di daerah daratan, biasanya dilapisi tanah. Tanah, yang terdiri atas partikel batuan yang ditimpa cuaca, juga mengandung banyak zat organik yang berasal dari pembusukan makhluk hidup zaman purba. Tanah mendukung kehidupan tanaman di bumi dan juga binatang karena makanan hewan, baik langsung maupun tidak berasal dari tanaman.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa karakteristik lapisan bumi paling dalam (inti) memiliki sifat pejal atau keras yang diselubungi lapisan cair relatif kental, sedangkan bagian luar atau atasnya berupa litosfer yang pejal dan keras pula.

D. TEORI TERBENTUKNYA KULIT BUMI

Kulit bumi dari waktu ke waktu selalu mengalami perubahan. Hal ini telah menjadi bahan pemikiran para ahli untuk mengungkap proses perubahan dan perkembangan kulit bumi pada masa lalu, sekarang dan prediksi pada masa yang akan datang. Adapun berbagai teori terbentuknya kulit bumi yang dikemukakan para ahli antara lain sebagai berikut.

1. Teori kontraksi (*Contraction theory*)

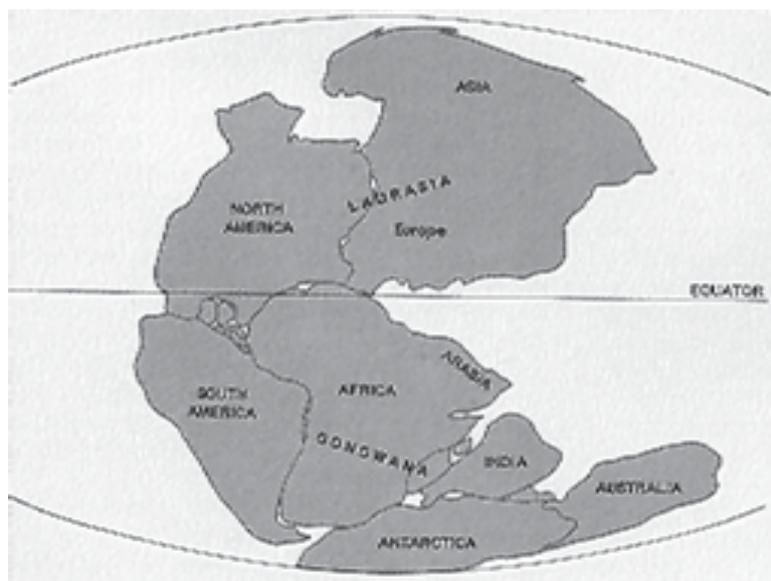
Teori ini dikemukakan pertama kali oleh *Descrates* (1596-1650). Ia menyatakan bahwa bumi semakin lama semakin susut dan mengkerut yang

disebabkan oleh terjadinya proses pendinginan, sehingga di bagian permukaannya terbentuk relief berupa gunung, lembah, dan dataran.

Teori kontraksi didukung pula oleh *James Dana* (1847) dan *Elie de Baumant* (1852). Mereka berpendapat bahwa bumi mengalami pengerutan karena terjadi proses pendinginan di bagian dalam bumi yang mengakibatkan bagian permukaan bumi mengerut membentuk pegunungan dan lembah-lembah.

2. Teori dua benua (*Laurasia-Gondwana theory*)

Teori ini menyatakan bahwa pada awalnya bumi terdiri atas dua benua yang sangat besar, yaitu *Laurasia* di sekitar kutub utara dan *Gondwana* di sekitar kutub selatan bumi. Kedua benua tersebut kemudian bergerak perlahan ke arah equator bumi, sehingga akhirnya terpecah-pecah menjadi benua-benua yang lebih kecil. Laurasia terpecah menjadi *Asia*, *Eropa* dan *Amerika Utara*, sedangkan Gondwana terpecah menjadi *Afrika*, *Australia* dan *Amerika Selatan*. Teori Laurasia-Gondwana kali pertama dikemukakan oleh *Edward Zuess* pada 1884.



Gambar 2.6

Benua Laurasia dan Benua Gondwana
(Sumber: <http://land.heim.at/toskana/210137/>)

3. Teori pengapungan benua (*Continental drift theory*)

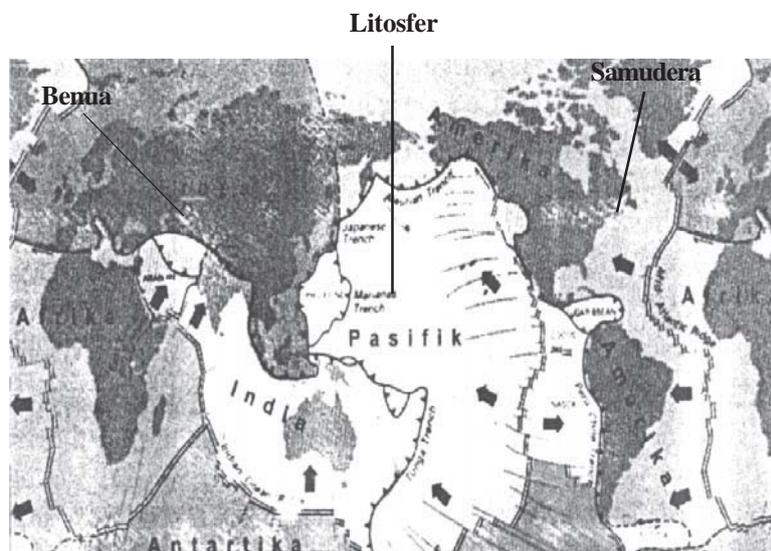
Teori pengapungan benua dikemukakan oleh *Alfred Wegener* pada 1912. Ia menyatakan bahwa pada awalnya di bumi hanya ada satu benua maha

besar yang disebut Pangea. Menurut teori ini benua tersebut kemudian terpecah-pecah dan terus bergerak melalui dasar laut. Gerakan rotasi bumi yang sentripetal, mengakibatkan pecahan benua tersebut bergerak ke arah barat menuju equator. Teori ini didukung oleh bukti-bukti berupa kesamaan garis pantai Afrika bagian barat dengan Amerika Selatan bagian timur, serta adanya kesamaan batuan dan fosil pada kedua daerah tersebut.

4. Teori konveksi (*Convection theory*)

Menurut teori konveksi yang dikemukakan oleh *Arthur Holmes* dan *Harry H. Hess* dan dikembangkan lebih lanjut oleh *Robert Diefz*, menyatakan bahwa di dalam bumi yang masih dalam keadaan panas dan berpijar terjadi arus konveksi ke arah lapisan kulit bumi yang berada di atasnya, sehingga ketika arus konveksi yang membawa materi berupa lava sampai ke permukaan bumi di *mid oceanic ridge* (punggung tengah samudera), lava tersebut akan membeku membentuk lapisan kulit bumi yang baru menggeser dan menggantikan kulit bumi yang lebih tua.

Bukti kebenaran teori konveksi adalah terdapatnya tanggul dasar samudera (*Mid Oceanic Ridge*), seperti *Mid Atlantic Ridge* dan *Pasific-Atlantic Ridge*. Bukti lainnya didasarkan pada penelitian umur dasar laut yang membuktikan bahwa semakin jauh dari punggung tengah samudera, umur batuan semakin tua. Artinya terdapat gerakan yang berasal dari *Mid Oceanic Ridge* ke arah berlawanan yang disebabkan oleh adanya arus konveksi dari lapisan di bawah kulit bumi.



Gambar 2.7 Arus Konveksi
(Sumber: Koleksi penulis, 2007)

5. Teori lempeng tektonik (*Plate Tectonic theory*)

Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa planet bumi terdiri atas sejumlah lapisan. Lapisan bagian atas bumi merupakan bagian yang tegar dan kaku berada pada suatu lapisan yang plastik atau cair. Hal ini mengakibatkan lapisan permukaan bumi bagian atas menjadi tidak stabil dan selalu bergerak sesuai dengan gerakan yang berada di bawahnya. Keadaan inilah yang melatarbelakangi lahirnya teori Lempeng Tektonik. Lahirnya *teori lempeng tektonik (tectonic Plate theory)* pada tahun 1968 merupakan kenyataan mutakhir dalam geologi yang menunjukkan terjadinya evolusi bentuk permukaan bumi.

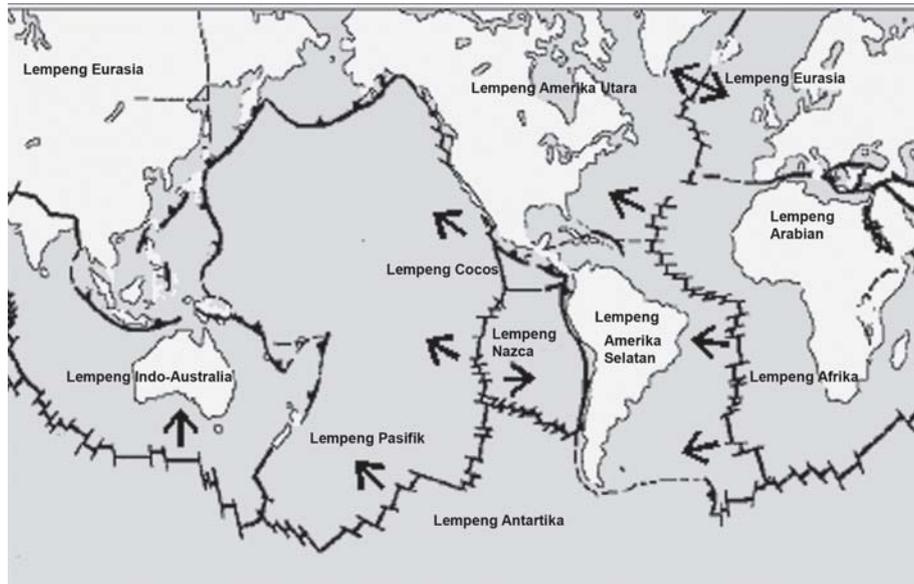
Teori lempeng tektonik dikemukakan oleh *Tozo Wilso*. Berdasarkan teori ini, kulit bumi atau litosfer terdiri atas beberapa lempeng tektonik yang berada di atas lapisan astenosfer, Lempeng-lempeng tektonik pembentuk kulit bumi selalu bergerak karena pengaruh arus konveksi yang terjadi pada lapisan astenosfer yang berada di bawah lempeng tektonik kulit bumi.

Litosfer sebagai lapisan paling luar dari badan bumi, bagaikan kulit ari pada kulit manusia dan merupakan lapisan kerak bumi yang tipis. Prinsip teori tektonik lempeng adalah *kulit bumi terdiri atas lempeng-lempeng yang kaku dengan bentuk tidak beraturan*. Dinamakan *lempeng* karena bagian litosfer mempunyai ukuran yang besar di kedua dimensi horizontal (panjang dan lebar), tetapi berukuran kecil pada arah vertikal (ketebalan). Bandingkan dengan daun meja, daun pintu, atau lantai di kelas kalian! Lempeng ini terdiri atas lempeng benua (tebal sekitar 40 km) dan lempeng samudera (tebal sekitar 10 km). Kedua lempeng tersebut berada di atas lapisan *astenosfer* dengan kecepatan rata-rata 10 cm/tahun atau 100 km/10 juta tahun.

Astenosfer merupakan suatu lapisan yang cair (kental) dan sangat panas. Panasnya cairan astenosfer senantiasa memberikan kekuatan besar dari dalam bumi untuk menggerakkan lempeng-lempeng secara tidak beraturan. Kekuatan ini dinamakan *tenaga endogen* yang telah menghasilkan berbagai bentuk di permukaan bumi. Di bumi ini litosfer terpecah-pecah menjadi sekitar 12 lempeng.

Teori lempeng tektonik banyak didukung oleh fakta ilmiah, terutama dari data penelitian geologi, geologi kelautan, kemagnetan purba, kegempaan, pendugaan paleontologi, dan pemboran laut dalam. Lahirnya teori lempeng tektonik sebenarnya merupakan jalinan dari berbagai konsep dan teori lama seperti Teori Apungan Benua, Teori Arus Konveksi, Teori Pemekaran Lantai samudera, dan Teori Sesar Mendatar, sebagaimana telah dijelaskan pada teori-teori di atas.

Berdasarkan kajian para ahli, lempeng tektonik yang tersebar di permukaan bumi dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.8 Lempeng-lempeng Litosfer
(Sumber: Modifikasi dari Frank P. dan Raymond S., 1985)

Lempeng-lempeng tersebut selalu bergerak dan mendesak satu sama lain. Lempeng tektonik bagian atas disebut *lempeng samudera*, sedangkan lempeng tektonik pada bagian atas terdapat masa kontinen disebut *lempeng benua*. Kedua lempeng ini memiliki sifat yang berbeda. Apabila dua lempeng yang berbeda sifat tersebut saling mendekat, umumnya lempeng samudera akan ditekuk ke bawah lempeng benua hingga jauh ke dalam lapisan astenosfer. Bertemuinya antara dua lempeng seperti ini dinamakan *gerakan bertumbukan (subduction)*, sedangkan daerah yang menjadi tempat tumbukan lempeng-lempeng disebut *subduction zone*.

Selain saling mendekat kemudian bertumbukan, gerakan lempeng juga ada yang saling menjauh dengan lempeng lainnya, dinamakan gerak *divergent* atau disebut juga sebagai *proses pemekaran*. Hasil pemekaran lempeng yang berada di atas benua disebut *rifting*, sedangkan pemekaran yang berada di samudera disebut *spreading*. Contoh proses ini adalah pecahnya Benua Pangea pada Zaman Trias dengan membentuk celah sepanjang pinggir Atlantik yang memisahkan Afrika dan Amerika Latin. Coba kamu perhatikan kedua benua tersebut! Pasti nampak seperti sebuah sobekan kertas yang keduanya menunjukkan ciri-ciri bekas sobekan yang berpasangan. Selain itu, ada juga gerakan lempeng yang hanya bersinggungan atau berpapasan, disebut juga *transcurrent fault*.

Setiap gerakan lempeng yang berbeda tersebut, akan mempengaruhi gejala dan fenomena alam di atas permukaan bumi. Secara lengkap, prinsip pergerakan lempeng-lempeng tektonik adalah sebagai berikut:

a. Konvergensi

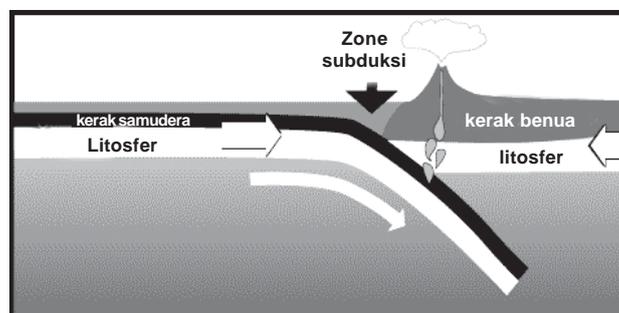
Konvergensi, yaitu gerakan saling bertumbukan antarlempeng tektonik. Tumbukan antarlempeng tektonik dapat berupa tumbukan antara lempeng benua dengan benua atau antara lempeng benua dengan lempeng dasar samudera. Zone atau tempat terjadinya tumbukan antara lempeng tektonik benua dengan benua disebut *Zone Konvergen*. Contohnya tumbukan antara lempeng India dengan lempeng Benua Eurasia yang menghasilkan terbentuknya pegunungan lipatan muda Himalaya yang merupakan pegunungan tertinggi di dunia dengan puncak tertingginya, yaitu *Mount Everest*. Contoh lainnya, tumbukan lempeng Italia dengan Benua Eropa yang menghasilkan terbentuknya *Pegunungan Alpen*.

Zone berupa jalur tumbukan antarlempeng benua dengan lempeng dasar samudera, disebut *Zone Subduksi* atau *zone tunjam*, contohnya tumbukan antara lempeng benua Amerika dengan lempeng dasar Samudera Pasifik yang menghasilkan terbentuknya *Pegunungan Rocky* dan *Pegunungan Andes*. Fenomena yang dihasilkannya:

- 1) lempeng samudera menghujam ke bawah lempeng benua;
- 2) terbentuk palung laut di tempat tumbukan tersebut;
- 3) pembengkakan tepi lempeng benua yang merupakan deretan pegunungan;
- 4) terdapat aktivitas vulkanisme, intrusi dan ekstrusi;
- 5) daerah hiposentra gempa dangkal dan dalam;
- 6) penghancuran lempeng akibat pergesekan lempeng;
- 7) timbunan sedimen campuran atau *melange*.

Contoh:

Pegunungan di pantai barat Amerika, deretan Pulau Sumatera, Jawa dan Nusa Tenggara, merupakan akibat pembengkakan lempeng benua. Bermunculan puncak gunungapi dan terjadi gempa di sepanjang pulau dan pegunungan tersebut. Ingatlah bahaya gempa yang menimbulkan Tsunami di Aceh dan Sumatera Utara pada akhir Desember 2004, gempa tersebut timbul akibat adanya tumbukan antara lempeng samudera Australia terhadap lempeng benua Asia.



Gambar 2.9 Daerah tumbukan dua lempeng
(Sumber: <http://www.platetectonics.com/book/images/Subduction2.gif>)

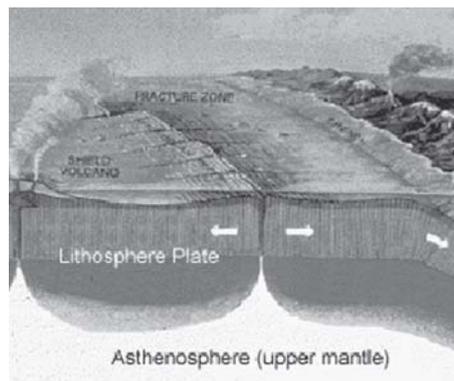
b. Divergensi

Divergensi yaitu gerakan saling menjauh antarlempeng tektonik contohnya gerakan saling menjauh antara lempeng Afrika dengan Amerika bagian selatan. Zone berupa jalur tempat berpisahya lempeng-lempeng tektonik disebut *Zone Divergen* (zone sebar pisah). Fenomena yang terjadi, sebagai berikut:

- 1) Perenggangan lempeng yang disertai pertumbukan kedua tepinya.
- 2) Pembentukan tanggul dasar samudera (*med ocean ridge*) di sepanjang tempat perenggangan lempeng-lempeng tersebut.
- 3) Aktivitas vulkanisme laut dalam yang menghasilkan lava basa berstruktur bantal (lava bantal) dan hamparan leleran lava encer, dan
- 4) Aktivitas gempa.

Contoh:

Di Lautan Atlantik, tanggul dasar samudera memanjang dari dekat Kutub Utara sampai mendekati Kutub Selatan. Celah ini menjadikan benua Amerika bergerak saling menjauh dengan benua Eropa dan Afrika.



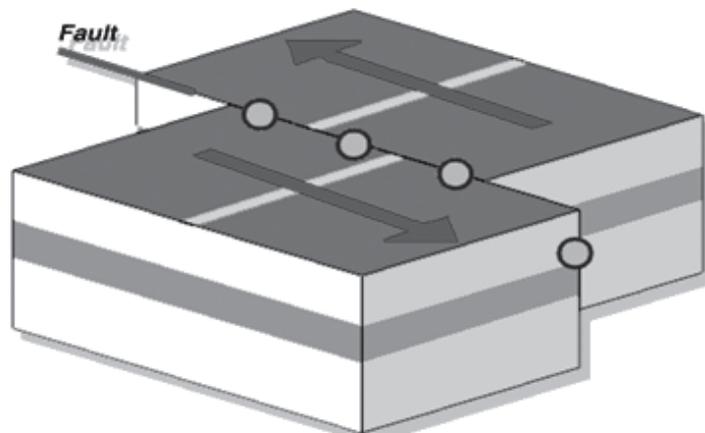
Gambar 2.10

Dua lempeng saling menjauh

(http://www.windows.ucar.edu/earth/images/earths_crust_small.gif)

c. Sesar mendatar

Sesar mendatar (Transform), yaitu gerakan saling bergesekan (berlawanan arah) antarlempeng tektonik. Contohnya, gesekan antara lempeng Samudera Pasifik dengan lempeng daratan Amerika Utara yang mengakibatkan terbentuknya Sesar San Andreas yang membentang sepanjang kurang lebih 1.200 km dari San Francisco di utara sampai Los Angeles di selatan Amerika Serikat. Zone berupa jalur tempat bergesekan lempeng-lempeng tektonik disebut *Zone Sesar Mendatar (Zone Transform)*. Bentuk alam yang dihasilkan antara lain patahan atau *sesar mendatar*. Gerak patahan atau sesar ini dapat menimbulkan gempa bumi. Contoh: Sesar Sam Andreas di California.



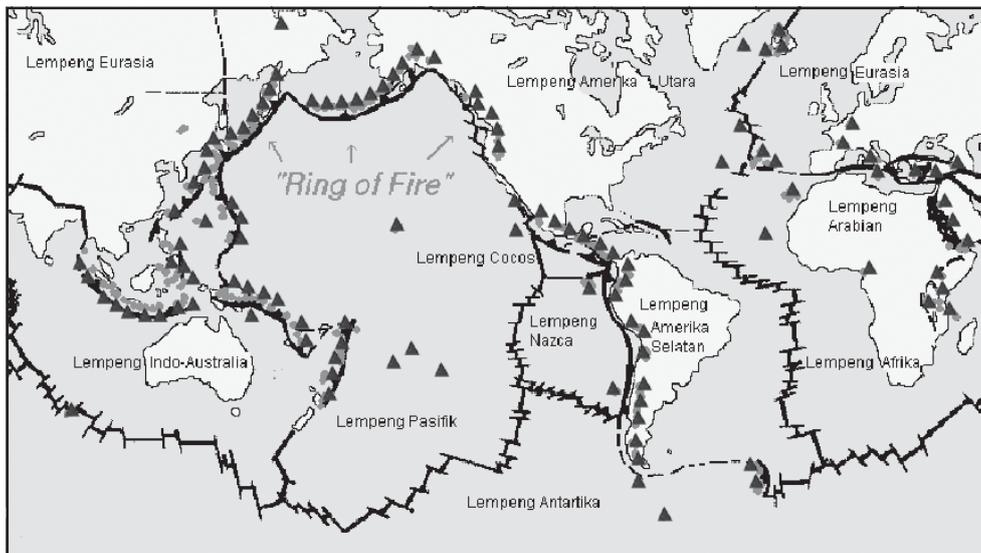
Gambar 2.11
Dasar pergeseeran horizontal di Samudera Atlantik
(Sumber: <http://www.stvincent.ac.uk/Resources/EarthSci/>)

Tenaga endogen yang telah mengakibatkan adanya variasi bentuk muka bumi, tidak hanya terjadi di daratan melainkan juga di dasar laut.

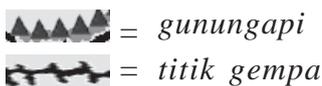
E. GEJALA LEMPENG TEKTONIK KAITANNYA DENGAN PERSEBARAN GUNUNGAPI DAN GEMPA BUMI

Dalam aktivitas gerak lempeng tektonik, pada tepian lempeng tersebut umumnya muncul aktivitas vulkanisme dan gempa bumi. Benarkah dan bagaimana itu bisa terjadi? Sebelum kita pelajari lebih jauh, coba kamu lihat dan pahami gambar 2.12 di bawah ini, tentang persebaran gunungapi dan titik gempa di dunia!

Pada gambar 2.12 tersebut nampak bahwa setiap tepi dari lempeng-lempeng yang bergerak adalah merupakan rangkaian gunungapi atau juga terdapat titik-titik pusat gempa. Pola dan sebaran gunungapi serta gempa bumi tersebut tentunya tidak terlepas dari keterkaitannya dengan proses alam lainnya, yaitu akibat gerak mendatar lempeng-lempeng, baik secara tumbukan (konvergen), divergen, maupun berpapasan.



Keterangan:



Gambar 2.12

Persebaran gunungapi dan titik gempa di dunia
(Sumber: Modifikasi dari Frank P. dan Raymond S., 1985)

Saat ini gunungapi yang aktif di dunia berjumlah 500 sampai 600 buah yang tersebar di tiga tempat utama, yaitu sebagai berikut:

1. Di sekitar Samudera Pasifik (sekitar 62%) dengan rincian sekitar 45% tersebar di kepulauan Pasifik Bagian Barat dan 17% di daerah pinggiran Pasifik Utara dan Pasifik Selatan.
2. Di Indonesia (14%). Terletak memanjang membentuk jalur pengunungan aktif sepanjang 7.000 – 7.500 km dan lebar 50 – 200 km, mulai dari Aceh di ujung barat hingga Halmahera di ujung timurnya.
3. Sisanya tersebar di busur kepulauan dan pinggiran Amerika di Pasifik. Sekitar 3% terletak di Pasifik Tengah (Hawaii dan Samoa), 1% terdapat di pulau-pulau di Samudera Hindia, 13% di Atlantik (Azores, Cape Verde Island, Kanada, dan Medeira yang merupakan gunungapi bawah laut), dan 7% tersebar di Mediteran dan Asia Kecil Utara. Sekitar 4%-nya terletak di tengah benua dan dikenal sebagai *African Rift System*.

Gunungapi tersebut sebagian besar terdapat di daratan, yaitu sekitar 83%, sedangkan sisanya tersebar sebagai gunungapi bawah laut atau dinamakan *sub marine volcano*. Penyebarannya mengikuti jalur-jalur memanjang, yang diduga ada kaitannya dengan rekahan-rekahan kulit bumi.

Jalur I merupakan jalur gunungapi yang mengikuti jalur pegunungan lipatan di sepanjang pinggiran Pasifik, terus menyambung melalui Pegunungan Andes, Amerika Tengah, Meksiko, Amerika Bagian Barat, dan Kanada, Alaska, Asia, Kamchatka, Jepang, Filipina, Indonesia Timur, Kepulauan Melanesia, dan Selandia Baru. Di sebelah barat, di sepanjang pinggiran benua Asia dan Afrika, deretan gunungapinya mengikuti rangkaian kepulauan dan sisanya membusur ke samudera. Batas antara rangkaian pulau-pulau tersebut dan Samudera Pasifik masing-masing mempunyai sifat dan keadaan geologi mulai dari sebelah timur pulau-pulau Bouier dan Mariana di utara Irian (Papua), melewati Kepulauan Solomon dan berakhir di Kepulauan Tonga dan Karnadek.

Jalur II merupakan daerah gunungapi yang tak sempurna mengikuti jalur pegunungan lipatan muda. Mulai laut tengah hingga ke Asia Kecil dan Kepulauan Indonesia. Jalur ini di bagian timur Asia dipotong oleh deretan pegunungan tinggi Asia. Gunungapi bawah laut pada jalur ini ditemukan di beberapa tempat, antara lain di Laut Tengah, yaitu antara Sisilia dan Tunisia, di daerah Kepulauan Lipari dekat pesisir Arakan dan di Indonesia.

Aktivitas gunungapi merupakan sebab utama adanya sebaran panas bumi, terutama hidrotermal. Batuan pemanas dari aktivitas vulkanisme akan berfungsi sebagai sumber pemanasan air. Panas yang ditimbulkan oleh pergerakan sesar aktif kadang-kadang berfungsi pula sebagai sumber panas. Seperti sumber-sumber mata air panas di daerah sekitar gunungapi di sepanjang jalur sesar aktif Palu – Koro, di Sulawesi.

Ringkasan

Proses terbentuknya planet bumi tidak dapat dipisahkan dengan sejarah terbentuknya tata surya, sebab bumi merupakan salah satu anggota planetnya.

Sistem tata surya berasal dari kabut gas atau *nebula* yang bercahaya dan berputar perlahan, kemudian berangsur-angsur mendingin, mengecil, dan mendekati bentuk bola. Karena massa gas itu berotasi dengan kecepatan semakin tinggi, pada bagian khatulistiwa yang mendapat gaya sentrifugal paling besar maka massa tersebut menggelembung. Dari bagian tersebut ada yang terlepas dan membentuk bola-bola pijar dengan ukuran berbeda satu sama lain. Massa gas induk menjadi matahari, sedangkan bola-bola kecil yang terlepas dari massa induk mendingin menjadi planet, termasuk bumi.

Mendinginnya suhu bumi membekukan bagian luarnya dan membentuk *litosfer*, sedangkan bagian dalamnya masih panas dan pijar. Kemudian suhu bumi meningkat panas kembali. Ada tiga faktor yang menyebabkan naiknya suhu bumi tersebut, yaitu akresi, kompresi, dan disintegrasi atau penguraian

unsur-unsur radioaktif. Hal ini mengakibatkan bumi sebagai planet yang memiliki lapisan-lapisan.

Teori Pengapungan Benua mengemukakan bahwa pada awalnya di bumi baru ada satu benua dan samudra. Benua raksasa ini dinamakan *Pangea*, sedangkan kawasan samudra yang mengapitnya dinamakan *Panthalassa*. Kemudian, mengalami retakan-retakan dan pecah menjadi *Laurasia* dan *Gondwana* yang dipisahkan oleh alur laut sempit, yaitu *Laut Tethys*. Laurasia merupakan cikal bakal benua-benua Eurasia, Amerika Utara, dan pulau-pulau kecil di sekitarnya. Adapun Gondwana merupakan cikal bakal benua-benua Amerika Selatan, Afrika, Sub benua India, Australia, dan Antartika.

Struktur utama perlapisan planet bumi mulai dari lapisan *litosfer*, *astenosfer*, dan *barisfer*. Berdasarkan Teori Lempeng Tektonik, kulit bumi atau litosfer terdiri atas beberapa lempeng tektonik yang berada di atas lapisan astenosfer, Lempeng-lempeng tektonik pembentuk kulit bumi selalu bergerak karena pengaruh arus konveksi yang terjadi pada lapisan astenosfer yang berada di bawah lempeng tektonik kulit bumi.

Setiap lempeng bergerak saling menumbuk (Konvergensi), saling menjauh (Divergensi), dan bergesekan (*Transform fault*). Setiap gerakan lempeng mengakibatkan berbagai fenomena alam di lapisan litosfer seperti, vulkanisme dan gempa bumi.

Glosarium

- Astenoefer* : lapisan bumi di bawah litosfer antara lain dicirikan oleh kecepatan rambat getaran gempa yang rendah dan merupakan lapisan yang lunak dengan bagian-bagian yang cair.
- Continental drift* : pergeseran horizontal benua-benua yang menyebabkan perubahan letak satu benua terhadap benua yang lain.
- Continental shelf* : bagian benua yang tergenang laut, merupakan dasar laut yang dalamnya kurang dari 200 meter dan reliefnya hampir datar berbatasan dengan slope.
- Episentrum* : titik di permukaan bumi tepat di atas hiposentrum sebuah gempa tempat gelombang permukaan mulai dirambatkan.
- Kerak bumi* : bagian paling luar litosfer yang terdiri atas batuan dengan berat jenis yang relatif kecil. Kerak benua

- umumnya terjadi dari batuan granit dan granodiorit (lebih asam), sedangkan kerak dasar samudera pada umumnya terjadi dari batuan basal (basa).
- Magellan* : galaksi kecil yang paling dekat dengan galaksi Bimasakti dan tampak di belahan langit selatan.
- Magma* : batuan cair pijar yang terjadi dari berbagai mineral yang terdapat di dalam dapur magma dan akan menjadi batuan beku setelah mengalami pendinginan.
- Nebula* : benda langit menyerupai gumpalan awan terdiri atas gas dan debu yang terdapat di antara bintang-bintang.
- Tektonik Lempeng* : teori tentang kedudukan, pergerakan, interaksi dan perusakan lempeng-lempeng; menerangkan kegiatan gempa, kegunungapian, pembentukan pegunungan dan peristiwa gunung api pada masa lalu dalam hubungannya dengan pergerakan lempeng.

Kegiatan kelompok

1. Buatlah kelompok belajar di dalam kelas kamu dengan masing-masing kelompok berjumlah 3-4 orang!
2. Carilah artikel atau berita tentang fenomena geosfera akibat terjadinya gerakan lempeng di media-media cetak sebanyak-banyaknya untuk kemudian dibuatkan kliping.
3. Analisis berbagai fenomena yang kalian dapatkan dengan metode 5WH!

Tugas mandiri

Kerjakan tugas di bawah ini dan ikuti semua petunjuknya!

1. Sumber/Alat/Bahan:
 - Bahan : Peta dunia
 - Alat : Alat tulis, spidol berwarna, kertas gambar.
 - Bahan : Buku geografi
2. Langkah kegiatan:
 - a) Gambar peta dunia tersebut dengan menjiplaknya pada kertas gambar.
 - b) Gambarkan enam lempeng tektonik dunia dengan memberikan garis pembatas pada masing-masing lempeng tersebut.
 - c) Berikan warna yang berbeda dari lempeng-lempeng tersebut.

3. Pertanyaan:
- Dari hasil gambar yang kamu kerjakan, manakah lempeng tektonik yang terbesar dan terkecil luasnya?
 - Lempeng-lempeng apakah yang berpengaruh di Indonesia?
 - Sebutkan fenomena yang terdapat di Indonesia akibat pergerakan lempeng-lempeng tersebut?

UJI KOMPETENSI

I. Pilihan Ganda

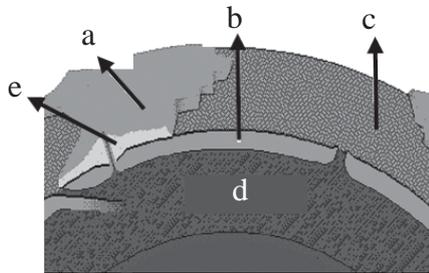
Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

- Kabut atau awan debu dan gas yang bercahaya dalam suatu kumpulan yang sangat luas, disebut
 - nebulae
 - galaksi
 - prominences
 - korona
 - black hole
- Tata surya berasal dari nebula yaitu gas atau kabut tipis yang sangat luas, bersuhu tinggi, dan berputar sangat lambat. Tokoh yang mengemukannya adalah
 - Immanuel Kant
 - Karl Ritter
 - Moulton dan Chamberlain
 - Jeans dan Jeffereys
 - Strabo
- Berikut ini adalah teori kontraksi yang dikemukakan oleh Descartes, yaitu
 - bumi semakin lama semakin menyusut dan mengerut yang disebabkan terjadinya proses pendinginan, sehingga di bagian permukaannya terbentuk relief berupa gunung, lembah, dan dataran.
 - pada awalnya bumi terdiri atas dua benua yang sangat besar yang kemudian bergerak perlahan ke arah equator bumi.
 - pada awalnya di bumi hanya ada satu benua maha besar yang disebut pangea, kemudian terpecah-pecah dan terus bergerak melalui dasar laut.
 - di dalam pecah bumi yang masih dalam keadaan panas dan berpijar terjadi arus konveksi ke arah lapisan kulit bumi yang berada di atasnya.
 - bumi bermula dari sesuatu yang homogen, kemudian terbentuk unsur-unsurnya secara berangsur-angsur.

4. Gerak konvergen adalah
 - a. gerakan saling bertumbukan antarlempeng tektonik
 - b. gerakan saling menjauh antarlempeng tektonik
 - c. gerakan saling bergesekan antarlempeng tektonik
 - d. gerakan pemisahan antara dua lempeng tektonik
 - e. gerakan membentuk sesar mendatar
5. Lapisan niccolum dan ferrum merupakan unsur utama penyusun lapisan
 - a. litosfer
 - b. barisfer
 - c. hidrosfer
 - d. astenosfer
 - e. kromosfer
6. Continental Drift Theory dikemukakan oleh
 - a. Alfred Wegener
 - b. Tozo Wilso
 - c. Moulton dan Chamberlain
 - d. Arthur Holmes
 - e. James Dana
7. Terbentuknya mid oceanic ridge menguatkan salah satu teori tentang proses terbentuknya bumi, yaitu
 - a. teori pengapungan benua
 - b. teori dua benua
 - c. teori tektonik lempeng
 - d. teori konveksi
 - e. teori kontraksi
8. Menurut Alfred Wegener dalam teorinya mengatakan bahwa pada awalnya di bumi hanya ada satu benua maha besar, dinamakan
 - a. Pangea
 - b. Green Land
 - c. Laurasia
 - d. Gondwana
 - e. Amerika
9. Pegunungan lipatan muda Himalaya terbentuk akibat gerakan
 - a. konvergen
 - b. konvergen dan divergen
 - c. sesar mendatar
 - d. divergen
 - e. tektovulkanik
10. San Andreas Fault merupakan salah satu contoh
 - a. sesar mendatar
 - b. sesar menjauh
 - c. tumbukan
 - d. sesar miring
 - e. sesar jatuh

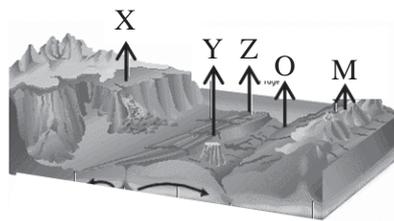
11. Sebagian besar unsur pembentuk inti bumi, yaitu
- silisium dan aluminium
 - mangan dan tembaga
 - besi dan nikel
 - silisium dan magnesium
 - mangan dan aluminium
12. Bagian cairan panas yang merupakan tempat terapungnya dan menggerakkan lempeng-lempeng, dinamakan
- litosfer
 - inti bumi
 - magma
 - barisfer
 - astenosfer

Untuk menjawab soal nomor 13, 14, dan 15, perhatikan gambar lapisan bumi berikut!

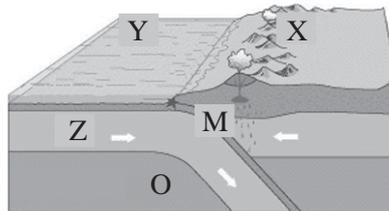


13. Yang merupakan lapisan astenosfer, ialah
- a
 - b
 - c
 - d
 - e
14. Yang merupakan lapisan litosfer, ialah
- a
 - b
 - c
 - d
 - e
15. Yang merupakan bagian kontinen, yaitu.....
- a
 - b
 - c
 - d
 - e

16. Gambar di samping merupakan berbagai bentukan di dasar laut. Adapun yang merupakan bagian dari paparan benua, ialah....
- X
 - Y
 - Z
 - O
 - M



17. Jalur hiposentrum gempa pada zona tumbukan lempeng disebut
- jalur subduksi
 - jalur sebar pisah
 - jalur gempa
 - jalur beniof
 - jalur divergensi
18. Gempa di Indonesia banyak terjadi dari jenis
- tektonik
 - tekto-vulkanik
 - tsunami
 - vulkanik
 - runtuhan
19. Gejala yang mengiringi pemekaran lantai samudera, yaitu
- gempa tektonik
 - keluarnya magma
 - letusan gunungapi bawah laut
 - convection current
 - panas bumi
20. Perhatikan gambar di samping. Adapun yang merupakan zone subduksi yaitu
- X
 - Z
 - M
 - Y
 - O



II. Uraian

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jelas.

- Sebutkan struktur bumi (dari permukaan bumi sampai ke dalam bumi)!
- Sebutkan beberapa teori tentang terbentuknya kulit bumi?
- Jelaskan proses pembentukan bumi dengan menggunakan teori pengapungan benua.
- Apa yang kamu ketahui tentang pangea dan gondwana?
- Jelaskan pergerakan lempeng-lempeng bumi berdasarkan arahnya.
- Sebutkan tiga struktur utama pembentuk bumi.
- Apa yang kamu ketahui mengenai lapisan barisfer?
- Bagaimana proses pembentukan batuan metamorfik?
- Jelaskan tiga faktor yang menyebabkan naiknya suhu bumi!
- Apa yang dimaksud istilah-istilah di bawah ini
 - Konvergensi?
 - Divergensi?
 - Sesar mendatar?

Refleksi

1. Setelah kamu membaca dan mempelajari sejarah pembentukan bumi pada bab ini. Bagaimana tanggapan kamu?
2. Manfaat apa yang dapat kamu lakukan sebagai makhluk yang berbudaya terhadap bumi ini?
3. Sudahkah kamu berbuat kebaikan terhadap bumi ini!

3

TATA SURYA DAN JAGAT RAYA

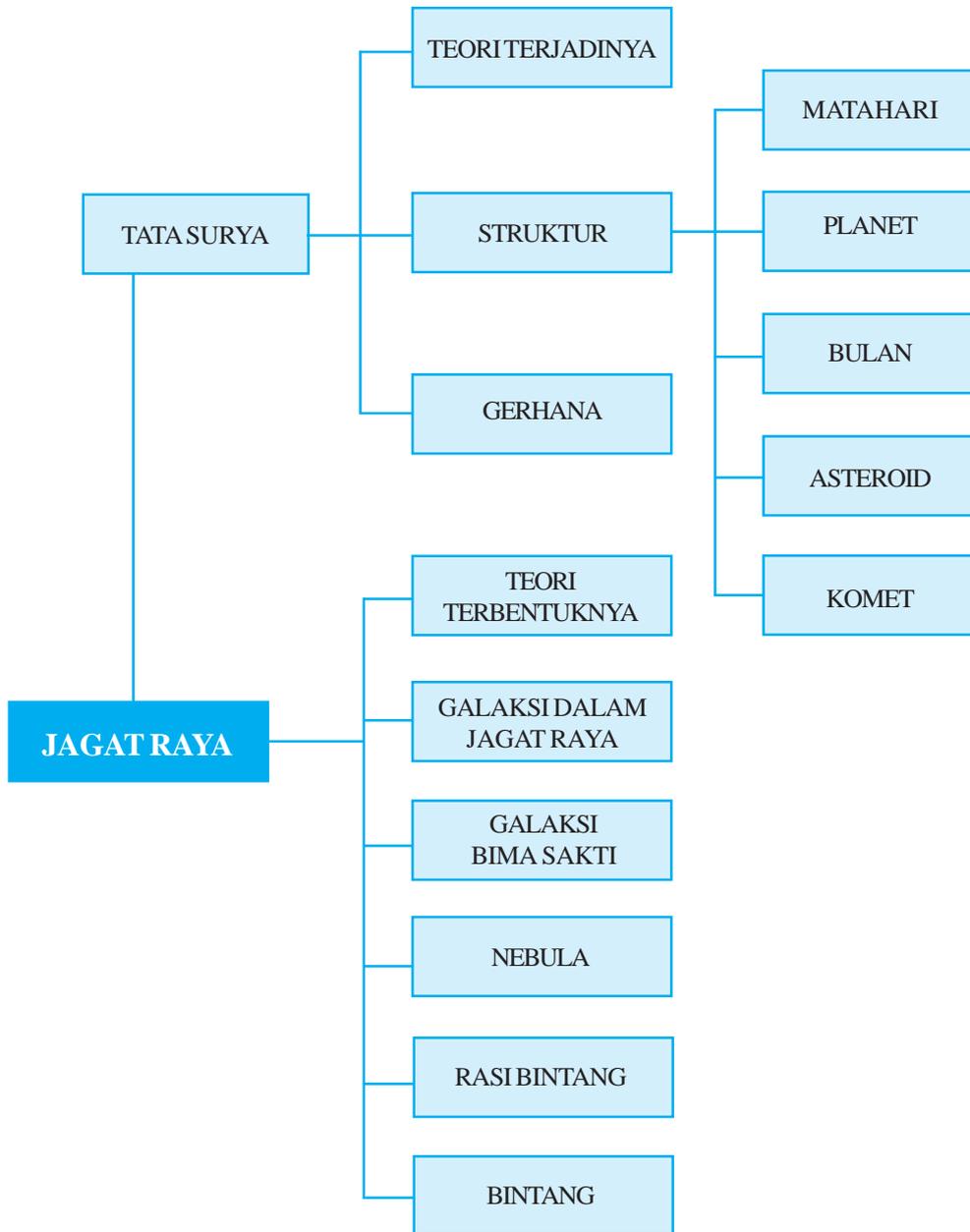


(Sumber: www.ipac.jpl.nasa.gov)

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- mendeskripsikan galaksi dalam jagat raya
- mendeskripsikan matahari sebagai sebuah bintang
- menganalisis terjadinya tata surya
- mendeskripsikan anggota tata surya

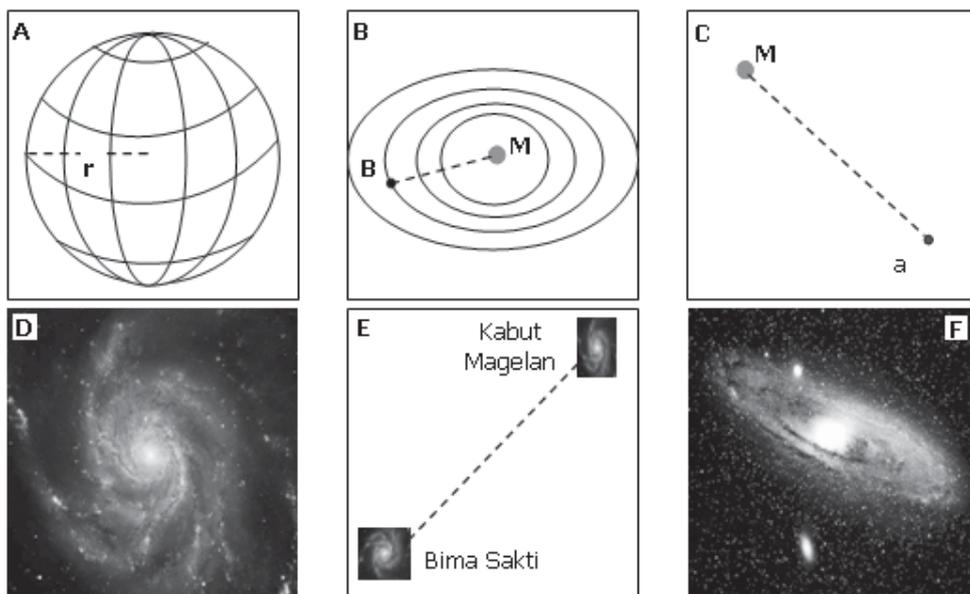
PETA KONSEP



Jika kamu mengatakan *alam semesta*, maka terkandung pengertian tentang sesuatu yang luas atau tak terhingga. Itulah jagat raya, merupakan ruang tak terbatas tempat di mana ribuan galaksi berada dengan jarak yang sangat besar dan masing-masing berukuran besar pula. Galaksi kita yaitu tempat matahari kita sebagai anggotanya dinamakan *Bima Sakti (Milky Way)* memiliki diameter 80.000 tahun cahaya. Galaksi yang terdekat dengan Bima Sakti ialah *Awan Magellan (Magellanic Clouds)* memiliki jarak 160.000 tahun cahaya. Matahari merupakan pusat dari sistem tata surya yang di dalamnya terdapat planet-planet sebagai anggotanya, termasuk bumi kita. Matahari hanya merupakan sebuah bintang dari sekitar 200 milyar bintang yang ada di Galaksi Bima Sakti.

Pada bab ini kamu akan belajar tentang tata surya dan jagat raya. Dengan mempelajarinya, diharapkan kamu dapat mendeskripsikan dan menganalisis terjadinya tata surya dalam jagat raya.

Berikut ini melukiskan urutan gambaran ukuran di jagat raya.



Gambar 3.1 Ukuran dalam Jagat Raya
(Sumber: Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa, 1994, halaman 92)

Keterangan:

- A. Jarak khatulistiwa bumi = 6.370 km.
- B. Jarak Bumi dengan Matahari = 149.600.000 km = 1 Satuan Astronomis
- C. Jarak Matahari dengan Alpha Centauri = 4,5 tahun cahaya.
- D. Panjang Galaksi Bima Sakti = 80.000 tahun cahaya
- E. Jarak Galaksi Bima Sakti dengan Kabut Magellan = 160.000 tahun cahaya.
- F. Panjang Galaksi Andromeda = 180.000 tahun cahaya.

Jelaslah bahwa jagat raya tak dapat diukur, dalam arti batas-batasnya tak dapat diketahui. Kiranya Tuhan jualah yang Maha Mengetahui, betapa luas jagat raya ini. Nah sekarang, coba kamu cari tahu tentang jarak planet lain dengan galaksi-galaksi dan jarak antarplanet dalam galaksi Bima Sakti!

Kata Kunci : Tata Surya, Jagat Raya, Bigbang, Bima Sakti, Andromeda, Planet, Satelit.

A. TATA SURYA (*THE SOLAR SYSTEM*)

Tata Surya, adalah suatu sistem di jagat raya yang terdiri atas matahari sebagai pusatnya dan planet-planet (termasuk Planet Bumi), satelit-satelit alam (misalnya bulan), asteroid, komet, meteor, debu, kabut, dan benda-benda lainnya sebagai anggotanya yang beredar mengelilingi pusatnya, yakni matahari pada orbit atau garis edarnya masing-masing.

Berdasarkan pengertian tersebut, dapatlah diduga bahwa bintang-bintang yang lainnya kemungkinan besar mempunyai sistem seperti tata surya. Dengan kata lain, bukan tidak mungkin setiap bintang mempunyai sistem bintang seperti matahari, sebab matahari hanya merupakan satu dari milyaran bintang yang ada di jagat raya.

1. Teori terjadinya tata surya

Teori-teori tentang proses terbentuknya tata surya dapat dikelompokkan menjadi beberapa teori, yaitu sebagai berikut.

a. Teori nebula (*Kant dan Laplace*)

Teori Nebula pertama kali dikemukakan seorang filsuf Jerman bernama *Immanuel Kant*. Menurutnya, tata surya berasal dari nebula yaitu gas atau kabut tipis yang sangat luas dan bersuhu tinggi yang berputar sangat lambat. Perputaran yang lambat itu menyebabkan terbentuknya konsentrasi materi yang mempunyai berat jenis tinggi yang disebut *inti massa* di beberapa tempat yang berbeda. Inti massa yang terbesar terbentuk di tengah, sedangkan yang kecil terbentuk di sekitarnya. Karena terjadi proses pendinginan, inti-inti massa yang lebih kecil berubah menjadi planet-planet, sedangkan yang paling besar masih tetap dalam keadaan pijar dan bersuhu tinggi yang disebut *matahari*.

Teori nebula lainnya dikemukakan oleh *Pierre Simon Laplace*. Menurut Laplace, tata surya berasal dari bola gas yang bersuhu tinggi dan berputar sangat cepat. Karena perputaran yang sangat cepat, sehingga terlepaslah bagian-bagian dari bola gas tersebut dalam ukuran dan jangka waktu yang

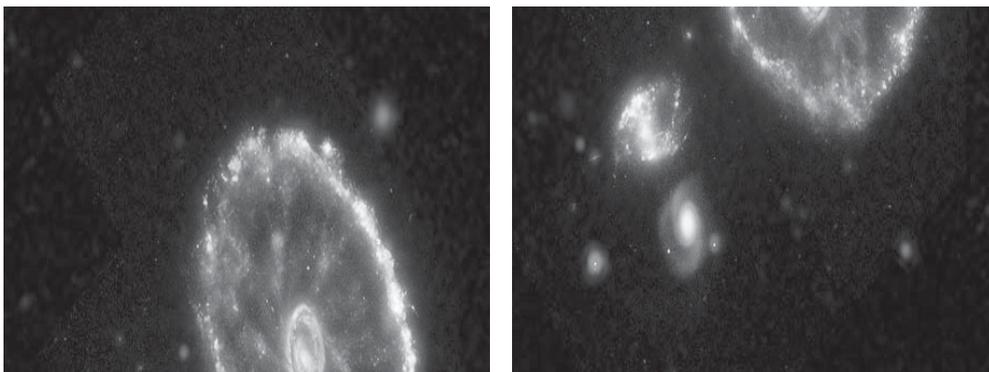
berbeda-beda. Bagian-bagian yang terlepas itu berputar dan akhirnya mendingin membentuk planet-planet, sedangkan bola gas asal dinamakan *matahari*.



Gambar 3.2
Pembentukan tata surya menurut teori nebula
(Sumber: Moh. Ma'mur Tanudidjaja, halaman 98)

b. Teori planetesimal (Moulton dan Chamberlain)

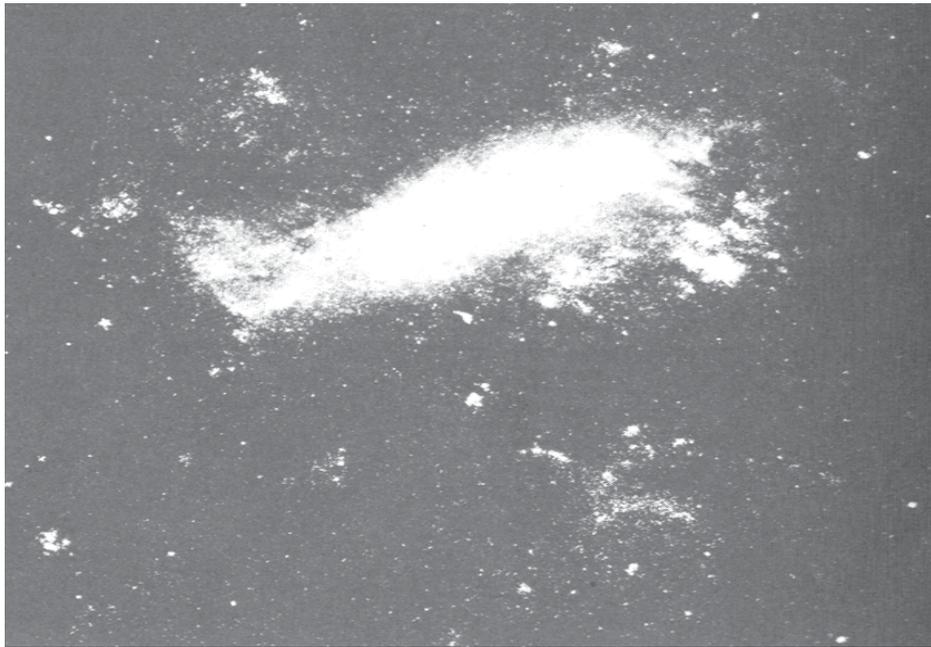
Moulton dan *Chamberlain*, berpendapat bahwa tata surya berasal dari adanya bahan-bahan padat kecil yang disebut planetesimal yang mengelilingi inti yang berwujud gas bersuhu tinggi. Gabungan bahan-bahan padat kecil itu kemudian membentuk planet-planet, sedangkan inti massa yang bersifat gas dan bersuhu tinggi membentuk matahari.



Gambar 3.3
Pembentukan tata surya menurut teori planetesimal
(Sumber: Moh. Ma'mur Tanudidjaja, halaman 99)

c. Teori pasang surut (Jeans dan Jeffreys)

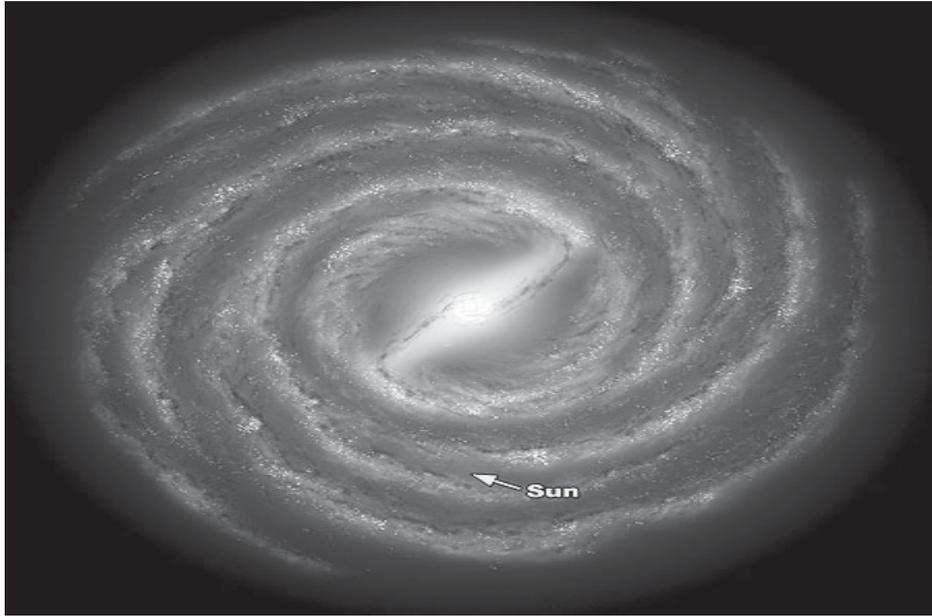
Astronom *Jeans* dan *Jeffreys*, mengemukakan pendapat bahwa tata surya pada awalnya hanya matahari saja tanpa mempunyai anggota. Planet-planet dan anggota lainnya terbentuk karena adanya bagian dari matahari yang tertarik dan terlepas oleh pengaruh gravitasi bintang yang melintas ke dekat matahari. Bagian yang terlepas itu berbentuk seperti cerutu panjang (bagian tengah besar dan kedua ujungnya mengecil) yang terus berputar mengelilingi matahari, sehingga lama kelamaan mendingin membentuk bulatan-bulatan yang disebut *planet*.



Gambar 3.4
Pembentukan tata surya menurut teori pasang surut
(Sumber: Moh. Ma'mur Tanudidjaja, halaman 100)

d. Teori bintang kembar (Lyttleton)

Teori bintang kembar dikemukakan astronom Inggris bernama *Lyttleton*. Teori ini menyatakan bahwa pada awalnya matahari merupakan bintang kembar yang satu dengan lainnya saling mengelilingi, pada suatu masa melintas bintang lainnya dan menabrak salah satu bintang kembar itu dan menghancurkannya menjadi bagian-bagian kecil yang terus berputar dan mendingin menjadi planet-planet yang mengelilingi bintang yang tidak hancur, yaitu matahari.



Gambar 3.5
Pembentukan tata surya menurut teori bintang kembar
(Sumber: Moh. Ma'mur Tanudidjaja, halaman 98)

e. Teori awan debu (Weizsaecker dan Kuiper)

Weizsaecker dan *Kuiper*, berpendapat bahwa tata surya berasal dari awan yang sangat luas yang terdiri atas debu dan gas (hidrogen dan helium). Ketidakteraturan dalam awan tersebut menyebabkan terjadinya penyusutan karena gaya tarik menarik dan gerakan berputar yang sangat cepat dan teratur, sehingga terbentuklah piringan seperti cakram. Inti cakram yang menggelembung menjadi *matahari*, sedangkan bagian pinggirnya berubah menjadi *planet-planet*.

Ahli astronomi lainnya yang mengemukakan teori awan debu antara lain, *F.L Whippel* dari Amerika Serikat dan *Hannes Alven* dari Swedia. Menurutnya, tata surya berawal dari matahari yang berputar dengan cepat dengan piringan gas di sekelingnya yang kemudian membentuk planet-planet yang beredar mengelilingi matahari.

2. Struktur tata surya

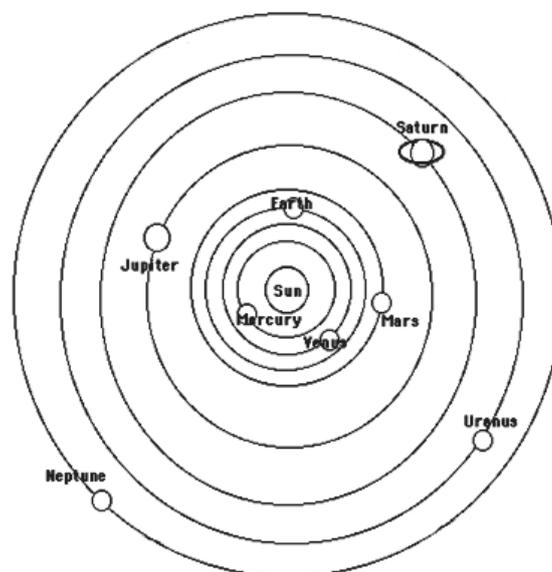
Benda-benda angkasa yang termasuk struktur utama dari tata surya adalah sebagai berikut:

- a. Matahari (*The Sun*)
- b. Planet-planet (*The Planets*)

- c. Bulan (*The Moon*) dan satelit alam lainnya
- d. Asteroid
- e. Komet

a. Matahari (*The Sun*) sebagai pusat tata surya

Matahari merupakan salah satu bintang di dalam Galaksi Bima Sakti yang mempunyai fungsi dan peranan paling penting di dalam struktur tata surya. Hal itu disebabkan matahari merupakan bagian dari tata surya yang mempunyai ukuran, massa, volume, temperatur, dan gravitasi yang paling besar, sehingga matahari mempunyai pengaruh yang sangat besar pula terhadap benda-benda angkasa yang beredar mengelilinginya.



Gambar 3.6
Sistem tata surya

(Sumber: www.EnchantedLearning.com)

Matahari mempunyai garis tengah sekitar 1.392.000 km atau sekitar 109 kali garis tengah bumi. Massa atau berat totalnya sekitar 332.000 kali bumi, volumenya diperkirakan 1.300.000 kali bumi dan temperatur di permukaannya sekitar 6.000⁰ C, sedangkan temperatur di pusatnya sekitar 15.000.000 ⁰ C.

Temperatur matahari yang sangat tinggi menurut *Dr. Bethe* (1938) disebabkan oleh adanya reaksi inti di dalam tubuh matahari. Ia berpendapat bahwa dalam keadaan panas dan tekanan yang sangat tinggi, atom-atom di dalam tubuh matahari akan kehilangan elektron-elektronnya sehingga menjadi inti atom

yang bergerak ke berbagai arah dengan kecepatan yang sangat tinggi dan menimbulkan tumbukan antarinti atom yang menyebabkan penghancuran sebagian massanya (*Massa Defect*) dan berubah menjadi energi panas dan cahaya yang dipancarkan ke berbagai arah.

1) Struktur Matahari

Secara garis besar, struktur matahari terdiri atas tiga bagian utama, yaitu sebagai berikut.

a) Atmosfer Matahari

Atmosfer Matahari adalah lapisan paling luar dari matahari yang berbentuk gas, yang terdiri atas dua lapisan yaitu *kromosfer* dan *korona*. Kromosfer merupakan lapisan atmosfer Matahari bagian bawah yang terdiri atas gas yang renggang berwarna merah dengan ketebalan sekitar 10.000 km. Lapisan gas ini merupakan lapisan yang paling dinamis karena seringkali muncul tonjolan cahaya berbentuk lidah api yang memancar sampai ketinggian lebih dari 200.000 km yang disebut *Prominensa (Protuberans)*. *Korona* adalah lapisan atmosfer matahari bagian atas yang terdiri atas gas yang sangat renggang berwarna putih atau kuning kebiruan dan mempunyai ketebalan mencapai ribuan kilometer.

Lapisan atmosfer Matahari yaitu kromosfer dan korona dalam keadaan normal tidak dapat terlihat jelas dari bumi, sebab tingkat terangnya lebih rendah daripada lapisan permukaan Matahari. Atmosfer Matahari (Kromosfer, Korona, dan Prominensa) hanya dapat terlihat jelas apabila bulatan matahari tertutup oleh bulatan bulan ketika terjadi gerhana matahari total atau melalui pengamatan dengan menggunakan alat *Koronagraf*.

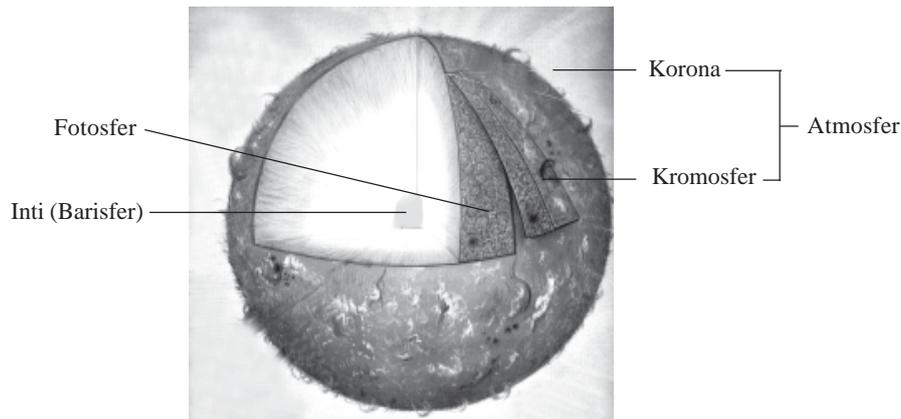
b) Fotosfer Matahari

Fotosfer Matahari adalah lapisan berupa bulatan berwarna perak kekuningan yang terdiri atas gas padat bersuhu tinggi. Pada fotosfer matahari seringkali terlihat adanya bintik atau noda hitam berdiameter sekitar 300.000 km, bahkan ada yang berdiameter lebih besar daripada diameter bumi dengan kedalaman sekitar 800 km yang disebut *umbra*. Di sekeliling *umbra* biasanya terdapat lingkaran yang lebih terang disebut *penumbra*. Noda-noda hitam pada matahari secara keseluruhan dinamakan *Sun spots*.

Pergeseran *sun spots* pada permukaan fotosfer matahari dapatlah dijadikan acuan atau bukti yang kuat tentang gerakan rotasi matahari yang berlangsung sekitar 25,5 hari di bagian ekuator dan sekitar 27 hari di bagian kutub matahari untuk satu kali putaran. Perbedaan waktu rotasi di ekuator dan kutub matahari disebabkan oleh materi dari matahari yang terdiri atas gas yang berbeda tingkat kerenggangannya (densitas).

c) **Barisfer atau inti Matahari**

Inti Matahari, adalah bagian dari matahari yang letaknya paling dalam, berdiameter sekitar 500.000 km dan temperatur sekitar 15.000.000⁰ C. Pada barisfer berlangsung reaksi inti beranting putar yang menyebabkan terjadinya sintesa hidrogen menjadi helium dengan karbon sebagai katalisatornya.



*Gambar 3.7 Struktur matahari
(Sumber: Planet dan Antariksa, halaman 40)*

2) **Pergerakan Matahari**

Matahari tidaklah dalam keadaan statis, tetapi selalu bergerak baik secara individu maupun sistem. Adapun gerakan matahari secara garis besar terdiri atas gerak rotasi dan revolusi. Rotasi Matahari, adalah gerakan matahari berputar pada sumbunya yang berlangsung sekitar 25,5 hari di bagian ekuator dan sekitar 27 hari di bagian kutub matahari untuk satu kali putaran. Perbedaan waktu rotasi di ekuator dan kutub matahari disebabkan oleh materi dari matahari yang terdiri atas gas yang berbeda tingkat kerenggannya (densitas). Revolusi Matahari, adalah gerakan matahari beserta anggota-anggotanya mengelilingi pusat galaksi Bima Sakti.

3) **Peranan Matahari terhadap kehidupan di planet Bumi**

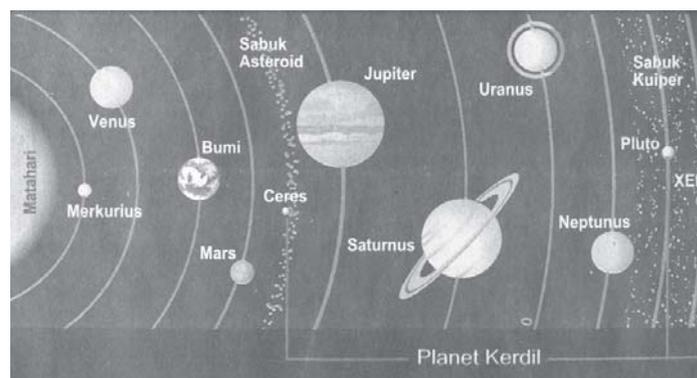
Matahari merupakan benda angkasa yang mempunyai cahaya sendiri. Oleh karena itu, matahari mempunyai peranan sangat penting, antara lain sebagai sumber cahaya dan panas bagi planet-planet di sekitarnya termasuk planet bumi, sehingga kehidupan manusia, tumbuhan dan hewan di planet bumi dapat berlangsung. Selain sebagai sumber panas dan cahaya, matahari mempunyai peranan penting lainnya, yaitu sebagai pengatur variasi iklim dan cuaca di muka bumi, sehingga memungkinkan terjadinya variasi kehidupan di muka bumi.

b. Planet-planet (*The planets*)

Kata *planet* berasal dari bahasa Yunani yaitu *planetai*, yang berarti *pengembara*. Hal ini disebabkan kedudukan planet terhadap bintang tidaklah tetap. Planet adalah benda angkasa yang tidak mempunyai cahaya sendiri, berbentuk bulatan, dan beredar mengelilingi bintang (Matahari). Sebagian besar planet mempunyai pengiring atau pengikut yang disebut *Satelit* yang beredar mengelilingi planet.

Sebelumnya, para ahli menetapkan bahwa di dalam tata surya terdapat sembilan planet. Sembilan planet tersebut berdasarkan urutannya dari matahari yang terdiri atas *planet Merkurius, Venus, Bumi, Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus* dan *Pluto*. Sejalan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang dimiliki manusia, maka berdasarkan Sidang Umum *International Astronomical Union (IAU)* ke-26, pada tanggal 25 Agustus 2006 di Praha, ditetapkan delapan planet dengan mengeluarkan Planet Pluto dari Sistem Tata Surya kita. Sementara itu, Pluto diturunkan statusnya sebagai kategori planet kerdil bersama-sama dengan *Xena* dan *Asteroid Ceres*.

Keputusan mengeluarkan Pluto yang sudah menjadi anggota keluarga planet tata surya selama 76 tahun merupakan konsekuensi ditetapkannya definisi baru tentang planet. Dalam resolusi tersebut, sebuah benda langit bisa disebut planet apabila memenuhi tiga syarat, yakni *mengorbit matahari, berukuran cukup besar sehingga mampu mempertahankan bentuk bulat, dan memiliki jalur orbit yang jelas dan "bersih" (tidak ada benda langit lain pada orbit tersebut)*. Dari kriteria ini, planet Pluto memiliki kelemahan, antara lain ukurannya sangat kecil dan bentuk orbitnya yang memanjang dan memotong orbit Neptunus, sehingga dalam perjalanannya mengelilingi matahari, Pluto kadang-kadang lebih dekat dengan matahari dibandingkan Neptunus. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3.8

Sistem Tata Surya Baru

(S(Sumber : Media Indonesia, 26 Agustus 2006, halaman 1)

Planet-planet yang ada di tata surya dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria, antara lain sebagai berikut.

- 1) Berdasarkan massanya, planet dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut:
 - a) Planet bermassa besar (*Superior planet*), terdiri atas Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus.
 - b) Planet bermassa kecil (*Inferior Planet*), terdiri atas Merkurius, Venus, Bumi, dan Mars.
- 2) Berdasarkan jaraknya ke matahari, planet dapat dibedakan atas planet dalam dan planet luar.
 - a) *Planet dalam (Interior planet)*, yaitu planet-planet yang jarak rata-ratanya ke matahari lebih pendek daripada jarak rata-rata Planet Bumi ke Matahari. Berdasarkan kriteria tersebut, maka yang termasuk planet dalam, adalah Planet Merkurius dan Venus.

Planet Merkurius ataupun Venus mempunyai kecepatan beredar mengelilingi matahari berbeda-beda, sehingga letak atau kedudukan planet tersebut bila dilihat dari bumi akan berubah-ubah pula. Sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan Bumi-Matahari dengan suatu planet disebut *elongasi*. Besarnya sudut elongasi yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan Bumi-Matahari-Merkurius yaitu antara 0° - 28° , sedangkan sudut elongasi Bumi-matahari-Venus adalah 0° - 50° .

Berdasarkan besarnya sudut elongasi paling besar yang dapat dicapai oleh planet tersebut, sehingga dapat dihitung lamanya waktu planet Merkurius dan Venus terlihat dari bumi, yakni Planet Merkurius

dapat terlihat dari bumi paling lama sekitar $\frac{28}{360} \times 24 \text{ jam} = 1 \text{ jam } 52 \text{ menit}$, sedangkan Planet Venus dapat terlihat dari bumi

paling lama sekitar $\frac{50}{360} \times 24 \text{ jam} = 3 \text{ jam } 20 \text{ menit}$. Elongasi

planet dalam (*interior planet*) dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *elongasi barat*, jika posisi suatu planet berada di sebelah barat matahari dilihat dari bumi dan *elongasi timur*, jika posisi suatu planet berada di sebelah timur matahari dilihat dari bumi. Planet Venus ataupun Merkurius yang berada pada posisi elongasi barat akan terbit terlebih dahulu di ufuk timur pada saat matahari masih berada di bawah horizon timur, sehingga planet tersebut terlihat berkilauan dilihat dari bumi karena sinar matahari yang diterimanya dipantulkan kembali ke bumi. Oleh karena itu, orang-orang di bumi menyebut

Planet Venus atau Merkurius yang sedang berada pada kedudukan elongasi barat sebagai *Bintang Timur*. Sebaliknya apabila planet Merkurius atau Venus sedang berada pada posisi elongasi Timur, maka-planet-planet itu akan memantulkan cahaya matahari beberapa saat setelah matahari terbenam di ufuk barat, sehingga akan terlihat dari bumi sebagai *Bintang Senja*.

- b) Planet luar (*Eksterior planet*), yaitu planet-planet yang jarak rata-ratanya ke matahari lebih panjang daripada jarak rata-rata Planet Bumi ke Matahari. Termasuk ke dalam kelompok planet luar, yaitu Planet Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, dan Neptunus.

Dilihat dari bumi, sudut elongasi kelompok planet luar berkisar antara 0° – 180° . Bila elongasi salah satu planet mencapai 180° hal ini berarti planet tersebut sedang berada dalam kedudukan *oposisi*, yaitu kedudukan suatu planet berlawanan arah dengan posisi matahari dilihat dari bumi. Pada saat oposisi, berarti planet tersebut berada pada jarak paling dekat dengan bumi.

Bila elongasi salah satu planet mencapai 0° berarti planet tersebut mencapai kedudukan *konjungsi*, yaitu suatu kedudukan planet yang berada dalam posisi searah dengan matahari dilihat dari bumi. Pada saat konjungsi, berarti planet tersebut berada pada jarak paling jauh dengan bumi.

Contoh soal:

- 1) Matahari terbit di ufuk timur pukul 06.00 dan terbenam di ufuk barat pukul 18.00, pukul berapakah planet Merkurius akan terbit, apabila planet tersebut sedang elongasi barat sebesar 15° ?

Jawab:

Diketahui : Elongasi barat Planet Merkurius sebesar 15°

Waktu yang diperlukan : $\frac{15}{360} \times 24 \text{ jam} = 1 \text{ jam}$

Planet Merkurius terbit : Pukul 06.00 – 1 jam = pukul 05.00

- 2) Matahari terbit di ufuk timur pukul 06.00 dan terbenam di ufuk barat pukul 18.00, pukul berapakah Planet Mars akan terbenam, apabila planet tersebut sedang elongasi timur sebesar $45,5^{\circ}$?

Jawab :

Diketahui : Elongasi timur Planet Mars sebesar $45,5^{\circ}$

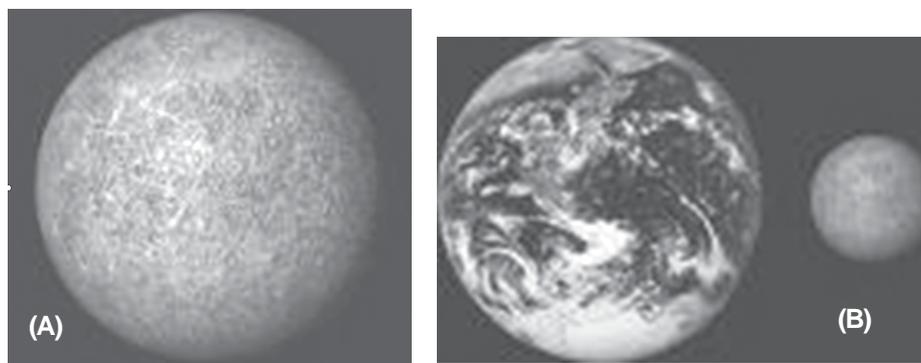
Waktu yang diperlukan : $\frac{45,5}{360} \times 24 \text{ jam} = 3 \text{ jam } 18 \text{ menit}$

Planet Mars terbenam : pukul 18.00 – 3 jam 18 menit = pukul 21.18¹

Berikut ini dijelaskan satu persatu mengenai planet-planet sebagai anggota tata surya.

1) Merkurius

Merkurius merupakan planet paling dekat ke matahari, jarak rata-ratanya hanya sekitar 57,8 juta km. Akibatnya, suhu udara pada siang hari sangat panas (mencapai 400°C), sedangkan malam hari sangat dingin (mencapai -200°C). Perbedaan suhu harian yang sangat besar disebabkan planet ini tidak mempunyai atmosfer. Merkurius berukuran paling kecil, garis tengahnya hanya 4.850 km hampir sama dengan ukuran bulan (diameter 3.476 km). Planet ini beredar mengelilingi matahari dalam suatu orbit eliptis (lonjong) dengan periode revolusinya sekitar 88 hari, sedangkan periode rotasinya sekitar 59 hari.



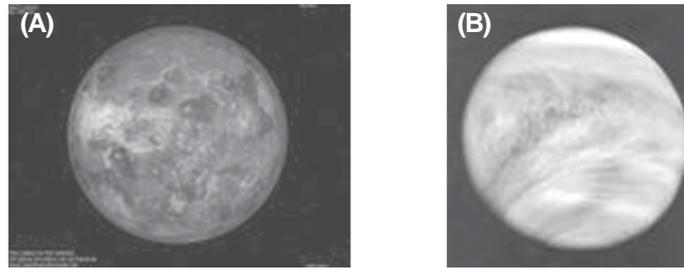
Gambar 3.9

A. Planet Merkurius dan B. Perbandingannya Merkurius dengan Bumi
(Sumber: www.sarkaniemi.fi)

2) Venus

Venus merupakan planet yang letaknya paling dekat ke bumi, yaitu sekitar 42 juta km, sehingga dapat terlihat jelas dari bumi sebagai suatu noktah kecil yang sangat terang dan berkilauan menyerupai bintang pada pagi atau senja hari. Venus sering disebut sebagai *bintang kejora* pada saat Planet Venus berada pada posisi elongasi barat dan *bintang senja* pada waktu elongasi timur. Kecemerlangan planet Venus disebabkan pula oleh adanya atmosfer berupa awan putih yang menyelubunginya dan berfungsi memantulkan cahaya matahari.

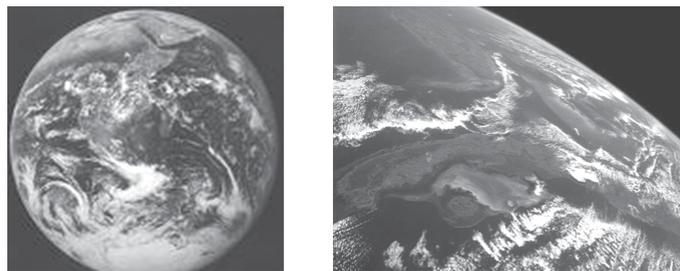
Jarak rata-rata Venus ke matahari sekitar 108 juta km, diselubungi atmosfer yang sangat tebal terdiri atas gas karbondioksida dan sulfat, sehingga pada siang hari suhunya dapat mencapai 477°C, sedangkan pada malam hari suhunya tetap tinggi karena panas yang diterima tertahan atmosfer. Diameter planet Venus sekitar 12.140 km, periode rotasinya sekitar 244 hari dengan arah sesuai jarum jam, dan periode revolusinya sekitar 225 hari.



Gambar 3.10 Planet Venus
 (Sumber: (A) www.celestia.motherlode.net dan (B) www.resa.net)

3) Bumi (The Earth)

Bumi merupakan planet yang berada pada urutan ketiga dari matahari. Jarak rata-ratanya ke matahari sekitar 150 juta km, periode revolusinya sekitar 365,25 hari, dan periode rotasinya sekitar 23 jam 56 menit dengan arah barat-timur. Planet bumi mempunyai satu satelit alam yang selalu beredar mengelilingi bumi yaitu *Bulan (The Moon)*. Diameter Bumi sekitar 12.756 km hampir sama dengan diameter Planet Venus.



Gambar 3.11 Planet Bumi
 (Sumber: www.solarviews.com)

4) Mars

Mars merupakan planet luar (eksterior planet) yang paling dekat ke bumi. Planet ini tampak sangat jelas dari bumi setiap 2 tahun 2 bulan sekali yaitu pada kedudukan oposisi. Sebab saat itu jaraknya hanya sekitar 56 juta km dari bumi, sehingga merupakan satu-satunya planet yang bagian permukaannya dapat diamati dari bumi dengan mempergunakan teleskop, sedangkan planet lain terlalu sulit diamati karena diselubungi oleh gas berupa awan tebal selain jaraknya yang terlalu jauh.



Gambar 3.12
Planet Mars
 (Sumber: www.uranian.uk)

Keadaan di Mars paling mirip dengan bumi, sehingga memungkinkan terdapatnya kehidupan. Karena itu, para astronom lebih banyak menghabiskan waktu mempelajari Mars daripada planet lain. Jarak rata-rata ke Matahari sekitar 228 juta km, periode revolusinya sekitar 687 hari, sedangkan periode rotasi sekitar 24 jam 37 menit. Diameter planet sekitar setengah dari diameter bumi (6.790 km), diselimuti lapisan atmosfer yang tipis, dengan suhu udara relatif lebih rendah daripada suhu udara di bumi. Planet Mars mempunyai dua satelit alam, yakni *Phobos* dan *Deimos*.

5) Jupiter

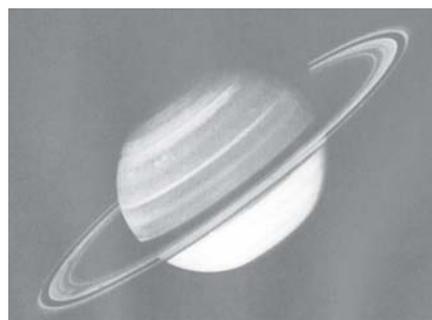
Jupiter merupakan planet terbesar di tata surya, diameter sekitar 142.600 km, terdiri atas materi dengan tingkat kerapatannya rendah, terutama hidrogen dan helium. Jarak rata-ratanya ke matahari sekitar 778 juta km, berotasi pada sumbunya dengan sangat cepat yakni sekitar 9 jam 50 menit, sedangkan periode revolusinya sekitar 11,9 tahun. Planet Jupiter mempunyai satelit alam yang jumlahnya paling banyak yaitu sekitar 13 satelit, di antaranya terdapat beberapa satelit yang ukurannya besar yaitu Ganymedes, Calisto, Galilea, Io dan Europa.



*Gambar 3.13
Planet Jupiter
(Sumber: www.urania.uk)*

6) Saturnus

Saturnus merupakan planet terbesar ke dua setelah Jupiter, diameternya sekitar 120.200 km, periode rotasinya sekitar 10 jam 14 menit, dan revolusinya sekitar 29,5 tahun. Planet ini mempunyai tiga cincin tipis yang arahnya selalu sejajar dengan ekuatornya, yaitu *Cincin Luar* (diameter 273.600 km), *Cincin Tengah* (diameter 152.000 km), dan *Cincin Dalam* (diameter 160.000 km). Antara Cincin Dalam dengan permukaan Saturnus dipisahkan oleh ruang kosong yang berjarak sekitar 11.265 km. Planet Saturnus mempunyai atmosfer sangat rapat

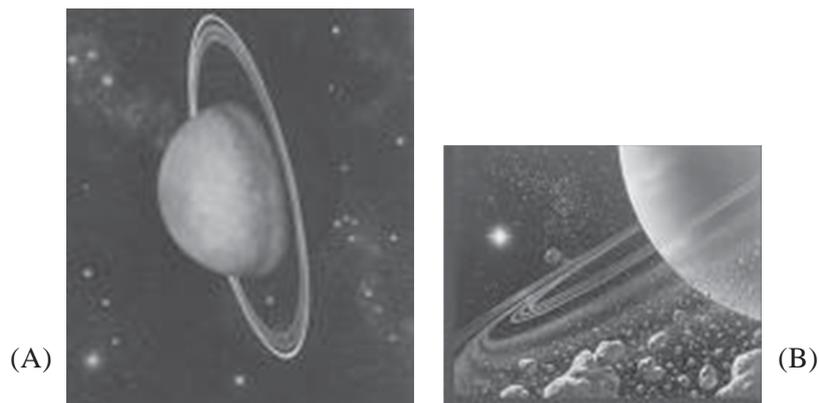


*Gambar 3.14 Planet Saturnus
(Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer
Jilid 1, halaman 129)*

terdiri atas hidrogen, helium, metana, dan amoniak. Planet Saturnus mempunyai satelit alam berjumlah sekitar 11 satelit, diantaranya *Titan*, *Rhea*, *Thetys*, dan *Dione*.

7) Uranus

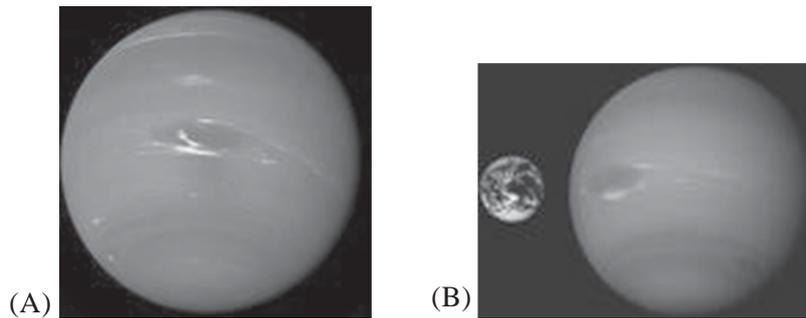
Uranus mempunyai diameter 49.000 km hampir empat kali lipat diameter bumi. Periode revolusinya sekitar 84 tahun, sedangkan rotasinya sekitar 10 jam 49 menit. Berbeda dengan planet lainnya, sumbu rotasi pada planet ini searah dengan arah datangnya sinar matahari, sehingga kutubnya seringkali menghadap ke arah matahari. Atmosfernya dipenuhi hidrogen, helium dan metana. Di luar batas atmosfer, Planet Uranus terdapat lima satelit alam yang mengelilinginya, yaitu *Miranda*, *Ariel*, *Umbriel*, *Titania*, dan *Oberon*. Jarak rata-rata ke matahari sekitar 2.870 juta km. Planet inipun merupakan planet raksasa yang sebagian besar massanya berupa gas dan bercincin, ketebalan cincinnya hanya sekitar 1 meter terdiri atas partikel-partikel gas yang sangat tipis dan redup.



Gambar 3.15 Planet Uranus
(Sumber: (A) Uranus.it.swin.edu.au (B) www.solarvoyager.com)

8) Neptunus

Neptunus merupakan planet superior dengan diameter 50.200 km, letaknya paling jauh dari matahari. Jarak rata-rata ke matahari sekitar 4.497 juta km. Periode revolusinya sekitar 164,8 tahun, sedangkan periode rotasinya sekitar 15 jam 48 menit. Atmosfer Neptunus dipenuhi oleh hidrogen, helium, metana, dan amoniak yang lebih padat dibandingkan dengan Jupiter dan Saturnus. Satelit alam yang beredar mengelilingi Neptunus ada dua, yaitu *Triton* dan *Nereid*. Planet Neptunus mempunyai dua cincin utama dan dua cincin redup di bagian dalam yang mempunyai lebar sekitar 15 km.



Gambar 3.16 Planet Neptunus
(Sumber: (A) www.einsteinflits.nl , (B) www.sarkaniemi.fi)

Walaupun sekarang Pluto sudah tidak termasuk planet sebagai anggota tata surya, tetapi tidak ada salahnya untuk diketahui demi menambah wawasan pengetahuan. Pluto memiliki diameter sekitar 6.400 km, letaknya paling jauh dari matahari. Jarak rata-ratanya ke matahari yaitu sekitar 5.900 juta km. Periode revolusinya sekitar 247,7 tahun, sedangkan periode rotasinya sekitar 153 jam. Jarak Pluto yang sangat jauh dari matahari mengakibatkan suhu planet ini menjadi sangat dingin dengan tingkat kepadatan tinggi pula. Walaupun demikian, Planet Pluto memiliki satu satelit alam yang mengelilingi planet itu dalam jarak sekitar 17.000 km yang dinamakan *Charon*.

c. Komet

Komet merupakan anggota tata surya yang terdiri atas pecahan benda angkasa, es dan gas yang membeku. Komet mengorbit matahari dalam suatu lintasan sangat elips. Strukturnya terdiri atas kepala dan ekor komet. Kepala komet mempunyai diameter lebih atas 65.000 km, meliputi inti komet dan selubung gas yang disebut *koma*, sedangkan ekor komet dapat mempunyai panjang sampai ribuan kilometer yang arahnya selalu menjauhi matahari.

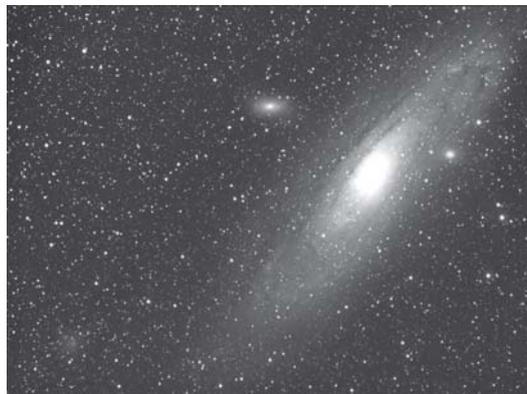
Berdasarkan bentuk dan panjang lintasannya, komet dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu sebagai berikut.

- 1) *Komet berekor panjang*, yaitu komet yang garis lintasannya sangat jauh melalui daerah-daerah yang sangat dingin di angkasa, sehingga berkesempatan menyerap gas-gas di daerah yang dilaluinya, ketika mendekati matahari komet tersebut melepaskan gas sehingga membentuk koma dan ekor yang sangat panjang. Contohnya komet Kohoutek yang melintas ke dekat matahari setiap 75.000 tahun sekali dan Komet Halley setiap 76 tahun sekali.



Gambar 3.17 Komet kohoutek
(Sumber: www.nichtsbesonderes.de)

- 2) *Komet berekor pendek*, yaitu komet yang garis lintasannya sangat pendek sehingga kurang mempunyai kesempatan untuk menyerap gas di daerah yang dilaluinya, ketika mendekati matahari komet tersebut melepaskan gas yang sangat sedikit sehingga hanya membentuk koma dan ekor yang sangat pendek bahkan hampir tak berekor. Contohnya Komet Encke yang melintas mendekati matahari setiap 3,3 tahun sekali.



Gambar 3.18 Komet encke
(Sumber: www.astrostudio.at)

Pada tahun 1705, *Edmond Halley* memperkirakan bahwa komet terlihat pada tahun 1531, 1607, dan 1682 dan kembali lagi tahun 1758. Karena hal tersebut maka salah satu dari sekian banyak komet diberikan nama komet *Halley*. Rata-rata periode munculnya orbit komet Halley adalah antara setiap 76-79 tahun sekali. Komet Halley terakhir terlihat pada tahun 1986 yang lalu. Inti atau pusat dari Komet Halley diperkirakan kurang lebih 1.024 km. Inti dari Halley sangat gelap. Diperkirakan Komet Halley akan nampak lagi

tahun 2061. Selain komet Halley terdapat berbagai macam nama komet lainnya yang di antaranya, komet Hyakutake dan komet Hale-Bopp.

Sekitar 251 juta tahun yang telah lalu, terjadi kepunahan sangat besar disebabkan komet yang menabrak bumi. Kesimpulan itu diperoleh dari atom yang terjebak di dalam kerangka molekul karbon. Tetapi belum diketahui di mana letak tempat tabrakan komet dengan bumi tersebut. Pada saat kejadian bumi masih berupa satu benua raksasa (Pangea). Para ilmuwan berhasil mengidentifikasi jalur komet atau asteroid yang menabrak bumi. Di dalam lapisan batu yang ada pada saat itu terdapat molekul karbon rumit yang disebut *fullerene* berisi isotop helium dan argon yang terjebak di dalamnya. Fullerene berisi sedikitnya 60 atom karbon dalam struktur yang mirip bola sepak. Para peneliti memperkirakan komet tersebut berdiameter 6 hingga 12 km. Asteroid atau komet sebesar ini yang memusnahkan dinosaurus pada 67 juta tahun lalu.

Para ilmuwan menentukan ukuran atas dasar dua faktor. Jika berukuran kurang dari 6 km, dampaknya tidak global. Tapi jika berukuran lebih besar dari 12 km, maka fullerene yang mengandung gas disebarkan ke seluruh dunia.

d. Asteroid

Asteroid atau planetoid adalah benda-benda langit berukuran kecil yang bergerak mengelilingi matahari. Sebagian besar asteroid ditemukan antara orbit Mars dan Jupiter. Dalam orbit ini, terdapat lebih dari 1.150 asteroid yang memiliki diameter lebih dari 30 km. Dalam tata surya kita, diperkirakan terdapat 30.000 asteroid, dan 6.000 di antaranya telah diketahui dengan pasti orbitnya.



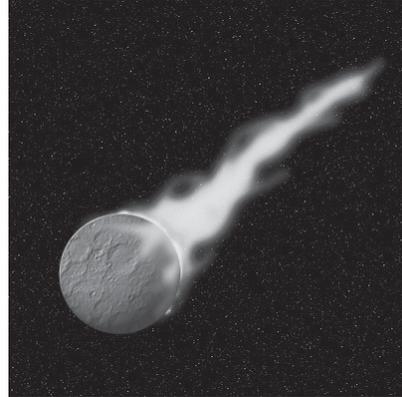
Gambar 3.19
Komet encke
(Sumber: www.astrostudio.at)



Gambar 3.20 Asteroid
(Sumber: www.netrevalo.hu)

e. *Meteor dan meteorit*

Meteor, adalah benda angkasa berupa pecahan batuan yang jatuh masuk ke dalam atmosfer bumi. Ketika meteor masuk ke dalam atmosfer bumi akan terjadi gesekan dengan udara, sehingga benda tersebut akan menjadi panas dan terbakar. Meteor yang tidak habis terbakar di atmosfer bumi dan sampai ke permukaan bumi disebut *meteorit*. Tumbukan meteorit berukuran besar seringkali menimbulkan lubang besar di permukaan bumi yang disebut *kawah meteorit*, contohnya Kawah Meteorit Arizona di Amerika Serikat yang lebarnya sekitar 1.265 m.



Gambar 3.21 Meteor
(Sumber: www.wingimp.org)



Gambar 3.22 Kawah Meteorit Arizona
(Sumber: www.astronomija.co.yu)

Berdasarkan jenis kandungan unsurnya, meteorit dibedakan menjadi dua kelompok meteorit, yaitu sebagai berikut.

- 1) *Meteorit batu*, yaitu meteorit yang kandungan materinya sebagian besar terdiri atas kalsium dan magnesium.
- 2) *Meteorit logam*, yaitu meteorit yang kandungan materinya sebagian besar terdiri atas ferum dan nikel.

f. *Bulan (The moon)*

Bulan merupakan benda angkasa berbentuk bulat yang beredar mengelilingi bumi dalam suatu lintasan garis edar tertentu (orbit). Oleh karena itu, bulan disebut sebagai *satelit alam bumi* (satelit artinya pengikut). Diameternya ± 3.476 km atau sekitar tiga perempat diameter bumi, jarak rata-rata ke

bumi sekitar 384.000 km. Periode revolusi bulan terhadap bumi sekitar 27,3 hari, sedangkan periode rotasinya tepat sama dengan revolusinya yaitu 27,3 hari atau satu *bulan sideris*, yaitu peredaran bulan mengelilingi bumi dalam suatu lingkaran penuh (360°). Ciri bahwa bulan telah menyelesaikan satu lingkaran penuh, apabila posisi bulan terhadap bintang adalah tetap, atau jika dilihat dari bumi posisi bulan telah kembali pada keadaan semula. Bulan merupakan benda angkasa sangat kecil gravitasinya, hanya $1/6$ gravitasi bumi, akibatnya bulan tidak mampu mengikat atmosfer.



Gambar 3.23 Bulan
(Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 1, halaman 106)

Ketiadaan atmosfer di bulan menjadikan keadaan bulan menjadi sangat sunyi karena tidak ada media yang berfungsi merambatkan gelombang suara. Akibat lainnya adalah pada siang hari suhu permukaan bulan menjadi sangat panas, yakni dapat mencapai 100°C , sedangkan pada bagian bulan yang mengalami malam hari suhu permukaannya menjadi sangat dingin, yakni dapat mencapai -150°C .

Bulan mengelilingi bumi dalam jangka waktu satu bulan. Pergerakan bulan dari waktu ke waktu menyebabkan terjadinya perubahan sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan antara matahari, bumi, dan bulan. Perubahan sudut itu mengakibatkan terjadinya perubahan tampak bulan dilihat dari bumi yang disebut *fase bulan*. Apabila bulan berada pada posisi terdekat ke matahari maka bagian bulan yang menghadap ke bumi akan tampak gelap, keadaan seperti itu disebut *fase bulan baru*.

Sementara bulan melanjutkan pergerakannya mengitari bumi, tampak bulan berubah pula menjadi *fase bulan sabit*, lalu *bulan setengah*, *bulan tiga perempat*, kemudian *bulan purnama*. Setelah tercapai fase purnama, fase berikutnya adalah kebalikannya hingga akhirnya terjadi fase gelap atau bulan baru.

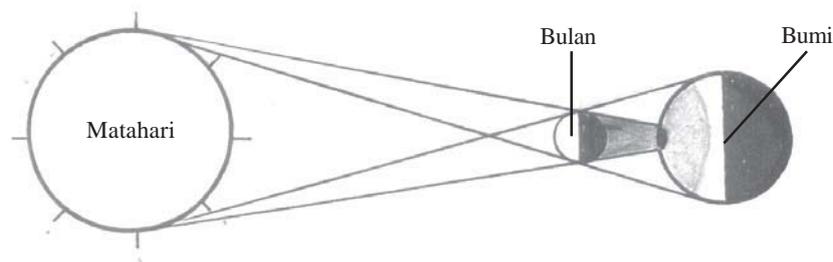
3. Gerhana

Bumi dan bulan merupakan benda angkasa yang tidak mempunyai cahaya sendiri. Tanpa adanya cahaya matahari yang dipantulkan oleh bumi maupun bulan, maka bumi tidak akan kelihatan dari bulan demikian juga bulan tidak akan kelihatan dari bumi. Apabila dalam peredarannya, baik bumi maupun

bulan berada dalam suatu garis lurus dengan matahari maka memungkinkan terjadinya *gerhana matahari* atau *gerhana bulan*.

a. *Gerhana matahari*

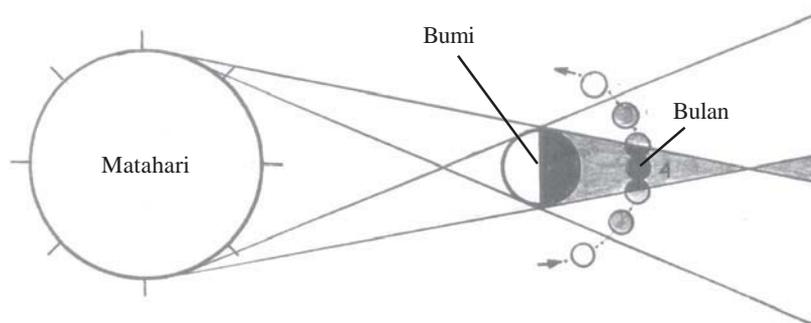
Gerhana matahari adalah gerhana yang terjadi akibat bayang-bayang bulan mengenai bumi, artinya cahaya matahari yang menuju bumi pada siang hari terhalang oleh bulatan bulan. Oleh karena diameter bulan tidak lebih besar daripada diameter bumi maka gerhana matahari hanya terjadi pada sebagian kecil permukaan bumi saja dan hanya berlangsung kurang lebih 7 menit.



Gambar 3.24 *Gerhana matahari*
(Sumber: koleksi penulis, 2006)

b. *Gerhana bulan*

Gerhana bulan, adalah gerhana yang terjadi akibat bayang-bayang bumi mengenai bulan, artinya cahaya matahari yang menuju bulan pada malam hari terhalang oleh bulatan bumi. Karena diameter bumi lebih besar daripada diameter bulan, seluruh bulatan bulan akan tertutup oleh bulatan bumi, sehingga ketika terjadi peristiwa gerhana bulan maka seluruh permukaan bumi yang pada saat itu sedang malam hari akan mengalami gerhana bulan yang berlangsung kurang lebih 1 jam 40 menit.



Gambar 3.25 *Gerhana bulan*
(Sumber: koleksi penulis, 2006)

B. JAGAT RAYA

Pernahkah kamu memikirkan tentang proses terbentuknya alam semesta atau jagat raya ini? Tuhan telah menganugrahkan kita akal untuk berfikir tentang apa yang ada di bumi dan di langit sebagai ciptaan-Nya. Walau sampai saat ini, masih banyak sisi gelap dari penciptaan alam semesta ini yang belum diketahui manusia.

Orang melihat kenyataan bahwa matahari dikelilingi oleh planet-planet yang orbitnya berbentuk hampir mendekati bentuk lingkaran dan lintasannya hampir berimpit. Arah peredaran semua planet itu adalah sama, yaitu berlawanan dengan arah perputaran jarum jam. Jika kita memandangnya dari Kutub Utara, ternyata arah revolusi planet-planet itu sama dengan arah rotasi matahari dan juga arah satelit-satelit pada planet. Arah seperti ini merupakan *arah negatif*, sedangkan arah benda langit yang berlawanan arah dengan arah tersebut dinamakan *arah positif*, seperti arah peredaran matahari terbit dari timur dan terbenam di barat, jika kita mengamatinya dari bumi.

Melihat kenyataan tersebut, para ahli di bidangnya menggunakan hukum yang berlaku bagi benda yang berputar untuk menganalisis kejadian yang berlaku di alam. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tata surya terbentuk dari material purba yang berputar dengan arah seperti di atas, arah negatif. Sekalipun pada kenyataannya, terdapat penyimpangan arah rotasi dari arah yang umum.

1. Teori terbentuknya jagat raya

Terdapat dua teori utama yang mendasari terjadinya alam semesta atau jagat raya ini, yaitu *teori ledakan besar* dan *teori mengembang dan memampat*, sebagai berikut.

a. Teori ledakan besar (*The big bang theory*)

Menurut teori ledakan besar, jagat raya berawal dari adanya suatu massa yang sangat besar dengan berat jenis besar pula yang mengalami ledakan yang sangat dahsyat karena adanya reaksi pada inti massa. Ketika terjadi ledakan besar, bagian-bagian dari massa tersebut berserakan terpental menjauhi pusat ledakan. Setelah milyaran tahun kemudian, bagian-bagian yang terpental itu membentuk kelompok-kelompok yang kita kenal sebagai *galaksi-galaksi*.

b. Teori mengembang dan memampat (*The oscillating theory*)

Teori ini dikenal pula dengan nama teori ekspansi dan kontraksi. Menurut teori ini, jagat raya terbentuk karena adanya suatu siklus materi yang diawali dengan masa ekspansi atau mengembang yang disebabkan oleh adanya reaksi inti hidrogen, pada tahap ini terbentuklah galaksi-galaksi. Tahap ini diperkirakan

berlangsung selama 30 milyar tahun, selanjutnya galaksi-galaksi dan bintang yang telah terbentuk akan meredup, kemudian memampat yang didahului dengan keluarnya pancaran panas yang sangat tinggi. Setelah tahap memampat maka tahap berikutnya adalah tahap mengembang dan kemudian memampat lagi.

2. Galaksi dalam jagat raya

Galaksi adalah kumpulan bintang yang membentuk suatu sistem yang terdiri atas satu atau lebih benda angkasa yang berukuran besar dan dikelilingi oleh benda-benda angkasa lainnya sebagai anggotanya yang bergerak mengelilinginya secara teratur.

Di dalam ilmu astronomi, galaksi diartikan sebagai suatu sistem yang terdiri atas bintang-bintang, gas dan debu yang amat luas, yang anggotanya mempunyai gaya tarik menarik (gravitasi). Suatu galaksi pada umumnya terdiri atas milyaran bintang-bintang yang mempunyai ukuran, warna, dan karakteristik yang sangat beraneka ragam.

Secara garis besar, menurut morfologinya, galaksi dibagi menjadi tiga tipe, yaitu *galaksi spiral*, *galaksi elips*, dan *galaksi tak beraturan*. Pembagian tipe ini berdasarkan bentuk atau penampakan galaksi-galaksi tersebut. Galaksi-galaksi yang diamati dan dipelajari oleh para astronom sejauh ini terdiri atas sekitar 75% galaksi spiral, 20% galaksi elips, dan 5% galaksi tak beraturan. Namun bukan berarti galaksi spiral adalah galaksi yang paling banyak terdapat di alam semesta ini.

Sesungguhnya yang paling banyak terdapat di alam semesta ini adalah galaksi elips. Jika kita mengambil volume ruang angkasa yang sama, kita akan menemukan lebih banyak galaksi elips daripada galaksi spiral. Hanya saja galaksi tipe ini banyak yang redup, sehingga sulit untuk diamati.

a. Galaksi spiral (Spiral galaxy)

Galaksi spiral merupakan tipe yang paling umum dikenal orang. Mungkin karena bentuk spiralnya yang indah itu. Jika kita mendengar kata galaksi, biasanya yang terbayang adalah galaksi tipe ini. Galaksi kita termasuk galaksi spiral. Bagian-bagian utama galaksi spiral adalah *halo*, *bidang galaksi* (termasuk lengan spiral), dan *bulge* (bagian pusat galaksi yang menonjol). Anggota galaksi spiral adalah bintang-bintang muda dan tua. Bintang-bintang tua terdapat pada gugus-gugus bola yang tersebar menyelimuti galaksi.

Gugus bola adalah kumpulan bintang-bintang yang berjumlah puluhan sampai ratusan ribu bintang yang lahir bersama-sama, mengumpul berbentuk bola. Gugus-gugus bola inilah yang membentuk *halo* bersama sama dengan bintang-bintang yang tidak terdapat di bidang galaksi.



Gambar 3.26 Galaksi Spiral
(Sumber: www.ipac.jpl.nasa.gov)

Bintang-bintang muda terdapat di lengan spiral galaksi yang berada di bidang galaksi. Bintang-bintang muda ini masih banyak diselimuti materi antar-bintang, yaitu bahan yang membentuk bintang itu. Bulge pada galaksi spiral adalah bagian yang paling padat.

Pada Bima Sakti, pusat galaksi terletak di arah Rasi Sagitarius, tetapi kita tidak dapat mengamatinya dengan mudah, sebab materi antarbintang banyak menyerap cahaya yang berasal dari pusat galaksi itu.

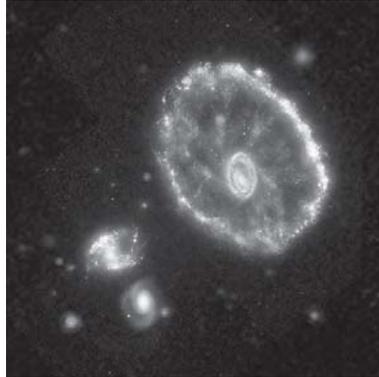
Galaksi spiral berotasi dengan kecepatan yang jauh lebih besar daripada galaksi elips. Kecepatan rotasinya yang besar itulah menyebabkan galaksi ini memipih dan membentuk bidang galaksi.

Besar kecilnya kecepatan rotasi pada galaksi spiral bergantung pada massa galaksi tersebut. Kecepatan rotasi tiap bagian galaksi spiral sendiri tidaklah sama. Semakin ke arah pusat galaksi, kecepatan rotasinya semakin besar. Contoh lain galaksi spiral selain Bima Sakti adalah galaksi *Andromeda*. Ukuran Andromeda ini sedikit lebih besar daripada Bima Sakti. Galaksi Andromeda dan Bima Sakti termasuk galaksi spiral raksasa. Jarak galaksi Andromeda ini sekitar 2,5 juta tahun cahaya. Untuk mengarungi jarak sejauh itu, cahaya memerlukan waktu 2,5 juta tahun. Ini berarti bahwa cahaya yang kita terima dari galaksi ini adalah cahaya yang dikirimnya 2,5 juta tahun yang lalu yang menggambarkan keadaan galaksi tersebut pada waktu itu. Jarak ini dalam ukuran astronomi masih terhitung dekat, jarak ke galaksi-galaksi lainnya jauh lebih fantastis. Bahkan ada yang sampai milyaran tahun cahaya.

b. Galaksi elips (*Elliptical galaxy*)

Galaksi berbentuk elips meliputi kurang lebih 17 % dari jumlah galaksi yang telah dikenal. Galaksi ini menyerupai bentuk dasar bulatan besar yang

berbentuk lonjong (elips) di angkasa yang memancarkan sinar yang relatif terang. Contohnya, Galaksi Fornax dan Galaksi Skulpter.



*Gambar 3.27 Galaksi elips
(Sumber: www.ipac.jpl.nasa.gov)*

c. Galaksi tak beraturan (Irregular galaxy)

Galaksi yang tidak mempunyai bentuk dasar spiral ataupun elips disebut galaksi tak beraturan. Dengan kata lain, galaksi ini terlihat seperti suatu kumpulan bintang dan benda-benda angkasa lainnya yang letaknya tidak beraturan. Contohnya Galaksi Magellan.

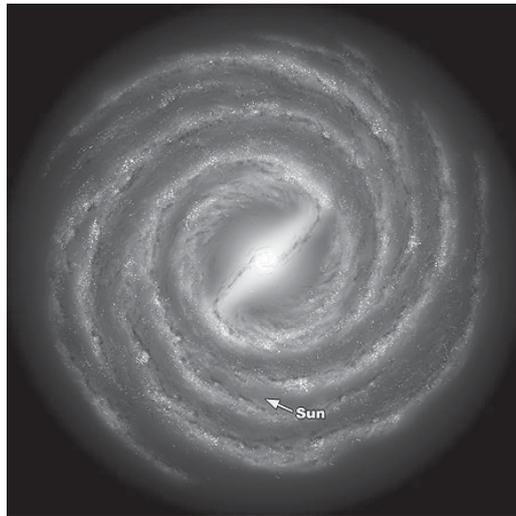


*Gambar 3.28
Galaksi Magellan merupakan galaksi tak beraturan
(Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 1, halaman 214 dan 220)*

3. Galaksi Bima Sakti (The Milky Ways Galaxy)

Galaksi kita termasuk galaksi spiral berbentuk seperti cakram dengan garis tengah kira-kira 100.000 tahun cahaya (30.600 pc). Bintang yang lebih tua ditemukan di pusat tonjolan dengan ketebalan 20.000 tahun cahaya (6.100

pc). Bintang yang lebih muda ditemukan di lengan spiral. Pusat galaksi berada dalam gugusan bintang Sagitarius. Kutub utaranya di Coma Berenices, sedangkan kutub selatannya di Sculptor. Matahari ada di sudut dalam lengan spiral Carina Cygnus kira-kira 32.000 tahun cahaya (9.800 pc) dari pusat galaksi. Diperkirakan galaksi berumur 12-14 miliar tahun dan terdiri atas 100 miliar bintang.



*Gambar 3.29 Galaksi Bima Sakti
(Sumber: www.ipac.jpl.nasa.gov)*

Untuk membayangkan bagaimana kira-kira bentuk galaksi kita, maka kita dapat membayangkan dua buah telur mata sapi yang bagian bawahnya disatukan. Istilah tahun cahaya menggambarkan jarak yang ditempuh oleh cahaya dalam waktu satu tahun. Dengan kecepatan 300.000 km/s, dalam waktu satu tahun cahaya akan menempuh jarak sekitar 9,5 juta juta kilometer. Jadi, satu tahun cahaya adalah 9,5 juta juta km. Ini berarti garis tengah galaksi kita sekitar $100.000 \times 9,5$ juta juta km, atau 950 ribu juta juta km (950 diikuti oleh 15 buah nol di belakangnya). Untuk memudahkan perhitungan, digunakan satuan jarak yaitu tahun cahaya. Dengan satuan ini, tebal bagian pusat galaksi kita sekitar 10.000 tahun cahaya.

Lalu, di mana letak Matahari kita? Matahari terletak sekitar 30.000 tahun cahaya dari pusat Bima Sakti. Matahari bukanlah bintang yang istimewa, tetapi hanyalah salah satu dari 200 milyar buah bintang anggota Bima Sakti. Bintang-bintang anggota Bima Sakti ini tersebar dengan jarak dari satu bintang ke bintang lain berkisar 4 sampai 10 tahun cahaya. Bintang terdekat dengan matahari adalah Proxima Centauri (anggota dari sistem tiga bintang Alpha Centauri), yang berjarak 4,23 tahun cahaya. Semakin ke arah pusat galaksi, jarak antarbintang semakin dekat, atau dengan kata lain kerapatan galaksi ke arah pusat semakin besar.

Bima Sakti bukanlah satu-satunya galaksi di alam semesta ini. Jumlah keseluruhan galaksi yang dapat dipotret dengan teleskop berdiameter 500 cm di Mt. Palomar mungkin sampai kira-kira satu milyar buah galaksi. Jadi, tidak salah jika kita mengira bahwa jika mempunyai teleskop yang lebih besar, kita akan dapat melihat jauh lebih banyak lagi.

Sebelum kita memiliki metode pengukuran jarak yang cukup baik, para astronom mengira Bima Sakti adalah keseluruhan dari alam semesta. Bercak-bercak cahaya yang tampak di langit pada mulanya diklasifikasikan sebagai *nebula* (kabut), yang juga adalah anggota Bima Sakti.

Dikenal ada dua macam nebula, yaitu *nebula gas* dan *nebula spiral*. Harlow Shapley dan George Ellery Hale, merupakan dua orang astronom yang amat berjasa membangun pengertian tentang galaksi. Shapley telah mengembangkan metode untuk mengukur diameter Bima Sakti, sedangkan Hale, amat besar perannya dalam pengembangan teleskop-teleskop besar, yang digunakan untuk pengamatan bintang-bintang dan nebula. Atas jasa merekalah, sehingga kita mengetahui bahwa yang semula disebut nebula spiral itu adalah galaksi yang juga seperti Bima Sakti, terdiri atas ratusan juta sampai milyaran bintang, dan berada amat jauh dari kita, jauh di luar Bima Sakti. Melalui jalan yang telah mereka rintis, kita menyadari bahwa Bima Sakti hanyalah satu dari sekian banyak galaksi yang bertebaran di alam semesta yang amat luas ini.

4. Nebula

Nebula adalah kabut atau awan debu dan gas yang bercahaya dalam suatu kumpulan sangat luas. Nebula banyak diyakini oleh para ahli sebagai suatu materi cikal bakal terbentuknya suatu sistem bintang, seperti sistem bintang matahari atau biasa disebut *tata surya*. Nebula yang terkenal, antara lain *Nebula Orion M42* di rasi Orion dan *Nebula Trifid* di rasi Sagitarius.



Gambar 3.30 Nabula
(Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 1, halaman .179)

5. Rasi bintang

Kelompok bintang-bintang yang membentuk pola tertentu dan letaknya berdekatan disebut *Rasi Bintang* atau *Konstelasi Bintang*. Contohnya Rasi Bintang Pari (*Cruce*) merupakan kumpulan dari empat bintang yang letaknya berdekatan, yakni Bintang Alfa, Beta, Gamma, dan Delta. Selain Rasi Bintang Pari, nama-nama rasi bintang lainnya antara lain Rasi Bintang Orion, Centauri, Ursa Mayor, Lyra, dan Aquilla.

Di sekitar Ekliptika yang seolah-olah melingkari bola langit terdapat 12 rasi bintang yang disebut *Zodiak*. 12 Rasi bintang yang ada di sekitar ekliptika adalah Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpio, Sagitarius, Capricornus, Aquarius, dan Pisces

6. Bintang (*The star*)

Bintang adalah benda angkasa berbentuk bulat yang mempunyai cahaya sendiri. Salah satu bintang yang paling kita kenal adalah *bintang Matahari* (*The Sun Star*), nama-nama bintang lainnya yaitu Polaris, Antares, Aldebaran, Sirius, Spica, Betelguese, Hidra, Pegasus, Phoenix, Carina, dan lain-lain.

Derajat terang atau tingkat kecemerlangan bintang disebut *magnitudo*. Magnitudo Bintang dihitung mulai dari 1 sampai 6. Bintang yang magnitudonya 1 lebih terang 2,5 kali daripada bintang yang bermagnitudo 2, dan seterusnya. Bintang pada tingkat kecemerlangan lebih terang daripada bintang bermagnitudo 1 diberi tanda – (minus). Matahari sebagai salah satu bintang mempunyai magnitudo sekitar – 26,8, artinya matahari merupakan bintang yang sangat cemerlang bila dilihat dari bumi. Hal ini dikarenakan letaknya paling dekat dengan bumi, sedangkan bintang yang sangat jauh dan hampir tidak terlihat oleh mata disebut *bintang bermagnitudo 6*.

Ringkasan

Teori-teori tentang proses terbentuknya tata surya dapat dikelompokkan menjadi beberapa teori yaitu Teori Nebula (Kant dan Laplace), Teori Planetesimal (Moulton dan Chamberlain), Teori Pasang Surut (Jeans dan Jeffreys), Teori Bintang Kembar (Lyttleton), dan Teori Awan Debu (Weizsaecker dan Kuiper).

Benda-benda angkasa yang termasuk struktur utama tata surya adalah Matahari (*The Sun*), Planet-planet (*The Planets*), Bulan (*The Moon*) dan satelit alam lainnya, Asteroid, dan Komet.

Rahasia mengenai bagaimana terbentuknya jagat raya dikemukakan dengan beberapa teori yaitu teori ledakan besar (*Big Bang Theory*), Teori Mengembang dan Memampat (*The Oscillating Theory*). Menurut Teori Big Bang, jagat

raya berawal dari adanya suatu massa yang sangat besar dengan berat jenis besar pula yang mengalami ledakan yang sangat dahsyat karena adanya reaksi pada inti massa. Ketika terjadi ledakan besar, bagian-bagian dari massa tersebut berserakan terpental menjauhi pusat ledakan. Setelah milyaran tahun kemudian bagian-bagian yang terpental itu membentuk kelompok-kelompok yang kita kenal sebagai galaksi-galaksi.

Berdasarkan bentuknya, galaksi dibedakan menjadi tiga bentuk utama, yaitu Galaksi Spiral (*Spiral Galaxy*), Galaksi Elips (*Elliptical Galaxy*), dan Galaksi Tak Beraturan (*Irregular Galaxy*).

Dua belas Rasi bintang yang ada di sekitar ekuator adalah Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpio, Sagitarius, Capricornus, Aquarius, dan Pisces

Glosarium

<i>Aphelium</i>	: titik pada lintasan planet yang jaraknya terbesar dari matahari.
<i>Asteroid</i>	: benda langit yang ukurannya lebih kecil daripada planet dan sebagian besar beredar di antara lintasan Jupiter dengan Mars, dinamakan juga <i>planetoid</i> .
<i>Azimut</i>	: busur pada horizon diukur dari Selatan atau Utara bearah sama dengan arah putaran jarum jam sampai proyeksi benda langit pada horizon.
<i>Cluster</i>	: kumpulan bintang di dalam jagat raya.
<i>Eksentrisitas</i>	: ukuran kelonjongan elips sama dengan perbandingan antara jarak dua fokus elips itu dengan panjang sumbu panjangnya.
<i>Elongasi</i>	: sudut yang diapit garis penghubung bumi-matahari dan bumi-planet. Elongasi barat, jika letak planet di sebelah barat matahari dilihat dari bumi. Elongasi 0° = konjungsi dan elongasi 180° = oposisi.
<i>Fase</i>	: bentuk bulan yang tampak dari bumi, terdiri atas bulan baru, sabit, perbani, benjol (gibbous dan purnama). Planet juga mempunyai perubahan fase, misalnya Venus mempunyai fase sabit ketika menjadi bintang timur.
<i>Inferior</i>	: planet-planet yang lintasannya di sebelah dalam lingkaran lintasan bumi, yaitu Merkurius dan Venus.
<i>Kromosfer</i>	: bagian matahari di sekeliling fotosfer di sebelah dalam korona.

- Magellan* : galaksi kecil yang paling dekat dengan galaksi Bimasakti dan tampak di belahan langit selatan.
- Nebula* : benda langit menyerupai gumpalan awan terdiri atas gas dan debu terdapat di antara bintang-bintang.
- Paralaks bintang* : beda lihat sudut yang diapit garis hubung antara sebuah bintang dengan kedua ujung jari-jari lintasan bumi. Paralaks bintang yang terbesar terdapat pada bintang terdekat, yaitu Alpha Centauri, besarnya $0,76^{\circ}$ jarak bintang itu 4,5 tahun cahaya.
- Polaris* : bintang terbesar pada Rasi Ursa Major yang terletak hampir tepat pada Kutub Langit Utara dewasa ini dalam period 26.000 tahun.
- Reflektor* : teleskop yang dilengkapi cermin cekung yang merefleksikan (mantulkan) cahaya benda langit untuk diamati pada fokus cermin tersebut. Teleskop terbesar jenis ini bergaris tengah 200 inci terdapat di Observatorium Mount Palomar.
- Refraktor* : teleskop yang dilengkapi lensa objektif dan lensa okuler yang membiaskan cahaya benda langit sebelum sampai ke mata pengamat.
- Retropad* : gerakan planet di antara bintang-bintang berarah timur barat, berlawanan dengan arah yang lazim yaitu ketika planet superior dalam aspek sekitar oposisi.
- Revolusi* : gerakan bumi berputar pada sumbunya dengan arah negatif (barat-timur) dalam periode satu hari siderik (23 jam 56 menit).
- Siderik* : period gerakan semu bulan (dilihat dari bumi) dari kedudukan searah dengan sebuah bintang sampai searah lagi dengan bintang tersebut. 1 bulan siderik = 27 sepertiga hari.
- Sinodik* : periode gerakan semu bulan dari kedudukan searah dengan matahari sampai searah lagi dengan matahari. 1 bulan sinodik = 29,5 hari, tepatnya 29 hari 12jam 44 menit 3 detik, digunakan untuk perhitungan tarikh bulan.
- Tahun siderik* : periode peredaran semu tahunan matahari dari kedudukan searah dengan sebuah bintang sampai searah lagi dengan bintang tersebut = 365 hari 6 jam 9 menit 10 detik.

<i>Tahun tropik</i>	: period peredaran semu tahunan matahari dari kedudukan searah dengan titik musim semi (titik Aries) sampai searah lagi dengan titik tersebut = 365 hari 5 jam 58 menit 46 detik; digunakan untuk perhitungan tarikh matahari seperti Tarikh Masehi.
<i>Teleskop</i>	: teropong yang digunakan untuk mengamati benda langit. Berdasarkan cara pemasangannya dikenal macam-macam teleskop, misalnya teropong meridian, pesawat <i>pelaluan</i> , pesawat universal, dan teropong ekuatorial.
<i>Umbra</i>	: <i>kerucut</i> bayang-bayang gelap bulan atau bumi di bagian belakang benda langit itu terhadap matahari. Dari dalam umbra sama sekali tidak dapat melihat matahari. Bayang-bayang semu sekeliling umbra dinamakan <i>penumbra</i> .
<i>Zodiak</i>	: susunan dua belas rasi bintang sepanjang ekliptika, yaitu Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpio, Sagitarius, Capricornus, Aquarius, dan Pisces.

Kegiatan kelompok

1. Buatlah kelompok belajar di dalam kelas kamu dengan masing-masing kelompok berjumlah 3 - 4 orang!
2. Carilah artikel atau berita tentang hasil seminar di Praha tanggal 25 Agustus 2006 yang berhubungan dengan keluarnya Planet Pluto dari sistem tata surya. Kemudian analisis oleh kelompok kamu alasannya!
3. Cari contoh rasi bintang yang bergambar pada majalah, buku astronomi atau sumber lain. Kemudian secara berkelompok, buatlah gambar berukuran paling kecil 50 cm × 60 cm. Tiap kelompok membuat satu gambar.

Tugas mandiri

1. Gunakanlah peta perbintangan untuk mengamati langit ketika malam hari yang cerah tanpa bulan. Mula-mula, cari rasi Salib Selatan (Crux) di langit sebelah selatan, lalu berturut-turut ke arah atas, cari juga Centaurus (dicirikan oleh Alpha Centauri yang paling terang di sebelah timur Crux), Virgo (dicirikan oleh Spica), Scorpio (ada Antares di perutnya), dan Sagitarius (di sebelah timur Scorpio).
2. Jika mungkin kunjungilah Planetarium Jakarta. Di sana kamu akan mendapat tambahan pengetahuan tentang perbintangan. Untuk yang tinggal di Bandung dan sekitarnya, kamu bisa mengunjungi Observatorium Boscha, Lembang.

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Tata surya berasal dari nebula yaitu gas atau kabut tipis yang sangat luas dan bersuhu tinggi yang berputar sangat lambat. Tokoh yang mengemukannya adalah
 - a. Immanuel Kant
 - b. Jeans dan Jeffereys
 - c. Lyttleton
 - d. Moulton dan Chamberlain
 - e. Karl Ritter
2. Berikut ini yang merupakan inti teori awan debu tentang pembentukan tata surya, ialah
 - a. tata surya berasal dari nebula yang sangat luas dan bersuhu tinggi yang berputar sangat lambat
 - b. tata surya berasal dari adanya bahan-bahan padat kecil yang mengelilingi inti
 - c. tata surya berasal dari bola gas yang bersuhu tinggi dan berputar sangat cepat
 - d. tata surya berasal dari awan yang sangat luas yang terdiri atas debu dan gas
 - e. tata surya merupakan pusat dari planet dan benda angkasa lainnya
3. Di bawah ini yang tidak memiliki pengertian sama dengan satu *bulan sideris*, ialah
 - a. peredaran bulan mengelilingi bumi.
 - b. period gerakan semu bulan (dilihat dari bumi) dari kedudukan searah dengan sebuah bintang sampai searah lagi dengan bintang tersebut.
 - c. bulan sebagai satelit alam beredar mengelilingi bumi dalam suatu lingkaran penuh (360°).
 - d. 1 bulan siderik = 27,3 hari.
 - e. period gerakan semu bulan dari kedudukan searah dengan matahari sampai searah lagi dengan matahari.
4. Atmosfer matahari terdiri atas dua lapisan yaitu
 - a. kromosfer dan korona
 - b. kromosfer dan prominences
 - c. korona dan sunspots
 - d. korona dan black hole
 - e. prominences dan sunspots

5. Gerakan matahari berputar pada sumbunya yang berlangsung 25,5 hari di bagian equator dan sekitar 27 hari di bagian kutub, disebut
 - a. rotasi matahari
 - b. revolusi matahari
 - c. gerak semu matahari
 - d. gerak positif matahari
 - e. elongasi
6. Berikut ini adalah planet-planet yang dikelompokkan ke dalam superior planet, *kecuali*
 - a. jupiter
 - b. neptunus
 - c. saturnus
 - d. uranus
 - e. merkurius
7. Kumpulan planet, bintang, meteor, dan benda-benda langit yang lain, disebut
 - a. matahari
 - b. rasi
 - c. revolusi
 - d. jagat raya
 - e. galaksi
8. Jagat raya terbentuk dari hasil ledakan karena adanya reaksi pada inti massa. Pernyataan ini merupakan inti dari teori
 - a. big bang theory
 - b. nebulae theory
 - c. teori kabut
 - d. oscillating theory
 - e. planetesimal theory
9. Galaksi Andromeda dan Galaksi Bima Sakti termasuk jenis galaksi
 - a. spiral
 - b. tak beraturan
 - c. lingkaran bulat
 - d. elips
 - e. Milky way
10. Benda langit yang memancarkan cahaya dan panasnya sendiri disebut
 - a. bintang
 - b. galaksi
 - c. bulan
 - d. rasi
 - e. asteroid
11. Persepsi yang mengemukakan bahwa pusat jagat raya adalah matahari yaitu
 - a. asimetris
 - b. geosentris
 - c. meteoris
 - d. geometris
 - e. heliosentris
12. Komet yang terakhir terlihat pada tahun 1986 yang lalu, dinamakan
 - a. komet Encke
 - b. komet Kohoutek
 - c. komet Berekor Pendek
 - d. komet Halley
 - e. komet Hale-Bopp

13. Pusat galaksi Bimasakti terletak pada rasi
 - a. Sagitarius
 - b. Virgo
 - c. Scorpio
 - d. Pisces
 - e. Leo
14. Kabut atau awan debu dan gas yang bercahaya dalam suatu kumpulan yang sangat luas disebut
 - a. nebulae
 - b. prominences
 - c. lunar
 - d. galaksi
 - e. korona
15. Galaksi kecil yang paling dekat dengan galaksi Bimasakti dan tampak di belahan langit selatan dinamakan
 - a. Milky Way
 - b. Andromeda
 - c. Rasi bintang
 - d. Magellan
 - e. Neptunus

II. Uraian

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jelas!

1. Jelaskan proses pembentukan jagat raya berdasar pada Big Bang Theory.
2. Apa yang dimaksud galaksi dalam ilmu astronomi?
3. Sebutkan perbedaan dan persamaan antara teori planetesimal dengan teori pasang surut!
4. Sebutkan klasifikasi planet berdasarkan massanya dan jaraknya ke matahari.
5. Jelaskan konsep elongasi, konjungsi, dan oposisi planet!
6. Mengapa planet dinamakan bintang pengembara?
7. Apa sebabnya ekor komet selalu menjauh dari matahari?
8. Apakah saat ini planet Pluto termasuk sistem tata surya? Berikan alasanmu!
9. Tulislah dua kenyataan alam yang menjadi landasan bagi para ahli astronomi untuk menciptakan hipotesisnya tentang jagat raya!
10. Sudahkah kamu melihat meteorit? Di manakah kamu melihatnya?

R e fleksi

1. Setelah kamu membaca dan mempelajari sejarah pembentukan tata surya dan jagat raya pada bab ini. Bagaimana tanggapan kamu?
2. Manfaat apa yang dapat kamu lakukan sebagai makhluk ciptaan Tuhan terhadap segala fenomena di alam semesta ini?

L UJIAN AKHIR SEMESTER KESATU

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Pengetahuan mengenai persamaan dan perbedaan gejala alam dan kehidupan di muka bumi (gejala geosfer) serta interaksi antara manusia dengan lingkungan dalam konteks keruangan dan kewilayahan, disebut
 - a. biogeografi
 - b. hidrografi
 - c. geografi
 - d. geologi
 - e. korografi
2. Ruang lingkup geografi meliputi kajian tentang berikut ini *kecuali*
 - a. pola keruangan desa dan kota
 - b. gejala geosfer
 - c. pertanian dan persebarannya
 - d. industri dan persebarannya
 - e. ras manusia
3. Kajian pokok geografi ditekankan pada konteks
 - a. spasial dan kewilayahan
 - b. aktivitas manusia
 - c. keadaan alam dan sosial
 - d. keruangan dan proses alam
 - e. persebaran manusia
4. Objek geografi terdiri atas fenomena geosfer dan sosial budaya. Adapun yang termasuk fenomena sosial budaya yaitu
 - a. persebaran flora
 - b. pola pemukiman penduduk
 - c. curah hujan
 - d. pola gerak angin
 - e. jenis tanah pertanian
5. Di bawah ini yang termasuk gejala fisis geografi, yaitu
 - a. pengangguran
 - b. kemiskinan
 - c. kelaparan
 - d. erosi
 - e. penyebaran penduduk
6. Pada awalnya geografi hanya bersifat cerita tentang kesan-kesan perjalanan dari berbagai penjuru bumi. Tulisan semacam ini dikenal dengan nama

- a. chorografi
 - b. kronologi
 - c. logografi
 - d. chorologi
 - e. kartografi
7. Menurut Eratosthenes yang dimaksud geografi, yaitu
- a. penyajian melalui peta dari sebagian permukaan bumi yang menunjukkan ketampakan umum
 - b. penulisan tentang bumi
 - c. kisah tentang perjalanan umat manusia
 - d. studi tentang variasi keruangan
 - e. studi tentang perbedaan dan persamaan muka bumi
8. Di dalam menganalisa fenomena di permukaan bumi, geografi memandang dari sudut berikut, *kecuali*
- a. geosfer
 - b. kewilayahan
 - c. kelingkungan
 - d. keruangan
 - e. parsial
9. Yang membedakan studi geografi dengan chorografi yaitu
- a. chorografi lebih menekankan pada ketampakan asli suatu daerah, sedangkan geografi menekankan pada kuantitatif suatu wilayah
 - b. chorografi lebih menekankan pada ketampakan asli suatu wilayah, sedangkan geografi lebih menekankan pada hal-hal yang kualitatif suatu wilayah
 - c. chorografi lebih menekankan pada hal-hal yang kuantitatif, sedangkan geografi menekankan pada ketampakan asli suatu daerah
 - d. chorografi lebih menekankan kesan-kesan perjalanan, sedangkan geografi lebih menekankan pada hal-hal yang kualitatif
 - e. chorografi lebih menekankan pada unsur perubahan waktu daripada geografi
10. Peristiwa naiknya daratan, sehingga permukaan laut turun karena tenaga endogen disebut
- a. orogenesis
 - b. epirogenesa positif
 - c. epirogenesa negatif
 - d. intrusi magma
 - e. ekstrusi magma
11. Naiknya pulau Timor dan Buton merupakan akibat gejala
- a. epirogenetik positif
 - b. tektonik
 - c. orogenetik
 - d. epirogenetik negatif
 - e. gesekan benua
12. Di bawah ini merupakan pertemuan tiga jalur pegunungan utama di Kepulauan Indonesia, *kecuali*

- a. sirkum Mediterania
 - b. sirkum Pasifik
 - c. lipatan busur Australia
 - d. sirkum Eurasia
 - e. paparan Sahul
13. Gerak orogenesis adalah gerak pembentuk
- a. dataran rendah dan pegunungan
 - b. karang penghalang
 - c. gunung dan lipatan
 - d. garis pantai yang bertingkat
 - e. karst
14. Bukti-bukti yang menguatkan pernyataan bahwa pada zaman glasial sebagian besar wilayah Indonesia barat merupakan satu kesatuan daratan, yaitu
- a. adanya alur sungai dasar laut
 - b. adanya jalur pegunungan yang memanjang di pulau Sumatera, pulau Jawa, dan Pulau Bali
 - c. adanya kesamaan beberapa spesies hewan
 - d. adanya Selat Karimata
 - e. adanya cekungan-cekungan di beberapa daerah tersebut
15. Harga tanah akan semakin tinggi jika mendekati pusat kota dibandingkan dengan harga tanah di pedesaan. Pernyataan tersebut dalam geografi termasuk pada konsep
- a. keterjangkauan
 - b. jarak
 - c. morfologi
 - d. pola
 - e. ruang
16. Adanya interaksi antara manusia dengan apa yang ada di sekitarnya, termasuk pendekatan
- a. kewilayahan
 - b. region
 - c. kelungkungan
 - d. regional
 - e. keruangan
17. Seni dan teknik membuat peta dalam geografi termasuk bagian dari kajian
- a. geomorfologi
 - b. pedologi
 - c. geologi
 - d. demografi
 - e. kartografi
18. Di bawah ini yang merupakan panjang dari jari-jari bumi yaitu
- a. 6.370 km
 - b. 6.770 km
 - c. 6.3370 km
 - d. 67.300 km
 - e. 6.700 km

19. Massa gas yang berputar-putar perlahan dan bercahaya dalam pembentukan tata surya merupakan teori
- Kabut
 - Pasang surut
 - Planetesimal
 - Awan debu
 - Nebula
20. Benua raksasa berdasarkan Teori Pengapungan Benua dinamakan
- Pangea
 - Laurasia
 - Gondwana
 - Tethys
 - Panthalassa
21. Lapisan cair yang menggerakkan lempeng-lempeng litosfer, yaitu
- atmosfer
 - barisfer
 - astenosfer
 - inti bumi
 - antroposfer
22. Di bawah ini yang bukan merupakan fenomena alam sebagai hasil proses konvergen antarlempeng yaitu
- adanya palung laut
 - tanggul dasar samudera
 - deretan pegunungan
 - melange
 - vulkanisme
23. Pegunungan Bukit Barisan yang memanjang dari utara Pulau Sumatera hingga ke selatan, merupakan hasil pengerjaan lempeng-lempeng tektonik dalam proses
- divergen
 - transform fault
 - konvergen
 - berjauhan
 - sesar mendatar
24. Bentuk galaksi yang paling banyak terdapat dalam jagat raya, yaitu
- elips
 - spiral
 - selinder
 - tak beraturan
 - kerucut
25. Karena bentuknya, Galaksi Magellan termasuk kelompok galaksi
- elips
 - selinder
 - spiral
 - beraturan
 - tak beraturan
26. Noda hitam yang terdapat pada tubuh matahari, disebut
- kromosfer
 - prominensa
 - sun spots
 - protuberans
 - korona

27. Planet dapat berarti *pengembara*. Pengertian ini di dasarkan pada alasan bahwa
- planet tidak memiliki cahaya sendiri
 - beredar mengelilingi matahari
 - diselimuti atmosfer yang berkelana mengelilingi planet
 - berbentuk bulat seperti bola
 - memiliki pengikut yang disebut satelit
28. Alasan kuat yang mengakibatkan Planet Pluto dikeluarkan dari sistem tata surya kita, yaitu
- berukuran cukup besar
 - memiliki jarak yang jauh
 - bentuk orbit memotong lintasan Neptunus
 - memiliki bentuk yang bulat
 - kurang bisa diamati dari bumi
29. Di bawah ini yang termasuk kelompok planet luar, yaitu
- Mars, Jupiter, dan Saturnus
 - Merkurius, Venus, dan Uranus
 - Bumi, Mars, Jupiter
 - Bumi, Venus, dan Uranus.
 - Neptunus, Uranus, dan Merkurius
30. Sebutan “Bintang Kejora” untuk Planet Venus, yaitu pada saat berada di posisi
- | | |
|--------------------|--------------------|
| a. konjungsi barat | d. preposisi barat |
| b. elongasi barat | e. elongasi timur |
| c. konjungsi atas | |

II. Uraian

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jelas!

- Jelaskan pengertian geografi menurut Erasthóthenes!
- Sebutkan tiga bagian utama pembagian geografi beserta ilmu yang menunjangnya!
- Mengapa dalam mengkaji sebuah fenomena di permukaan bumi, geografi selalu menggunakan pendekatan 5WH?
- Jelaskan empat prinsip yang mendasari kajian objek material dan objek formal dalam geografi!
- Apa yang kamu ketahui mengenai lokasi dalam ilmu geografi?

6. Mengapa region menjadi tema paling mendasar dari objek formal geografi?
7. Jelaskan tiga pembagian galaksi berdasarkan bentuknya!
8. Jelaskan teori nebula mengenai proses terbentuknya tata surya!
9. Gerakan matahari terdiri atas gerak rotasi dan revolusi matahari. Jelaskan kedua gerakan tersebut
10. Sebutkan klasifikasi planet berdasarkan massanya dan berdasarkan jaraknya ke matahari!
11. Jelaskan teori pengapungan benua dari Alfred Wegener!
12. Bagaimana proses terjadinya gerhana matahari?
13. Apa yang dimaksud komet dan berikan beberapa contohnya?
14. Jelaskan perbedaan antara penanggalan berdasarkan peredaran matahari (*samsiah*) dengan berdasarkan bulan (*komariah*)!
15. Bulan merupakan satelit alam bumi, coba sebutkan apa saja yang kamu ketahui tentang karakteristik yang dimiliki bulan!

4

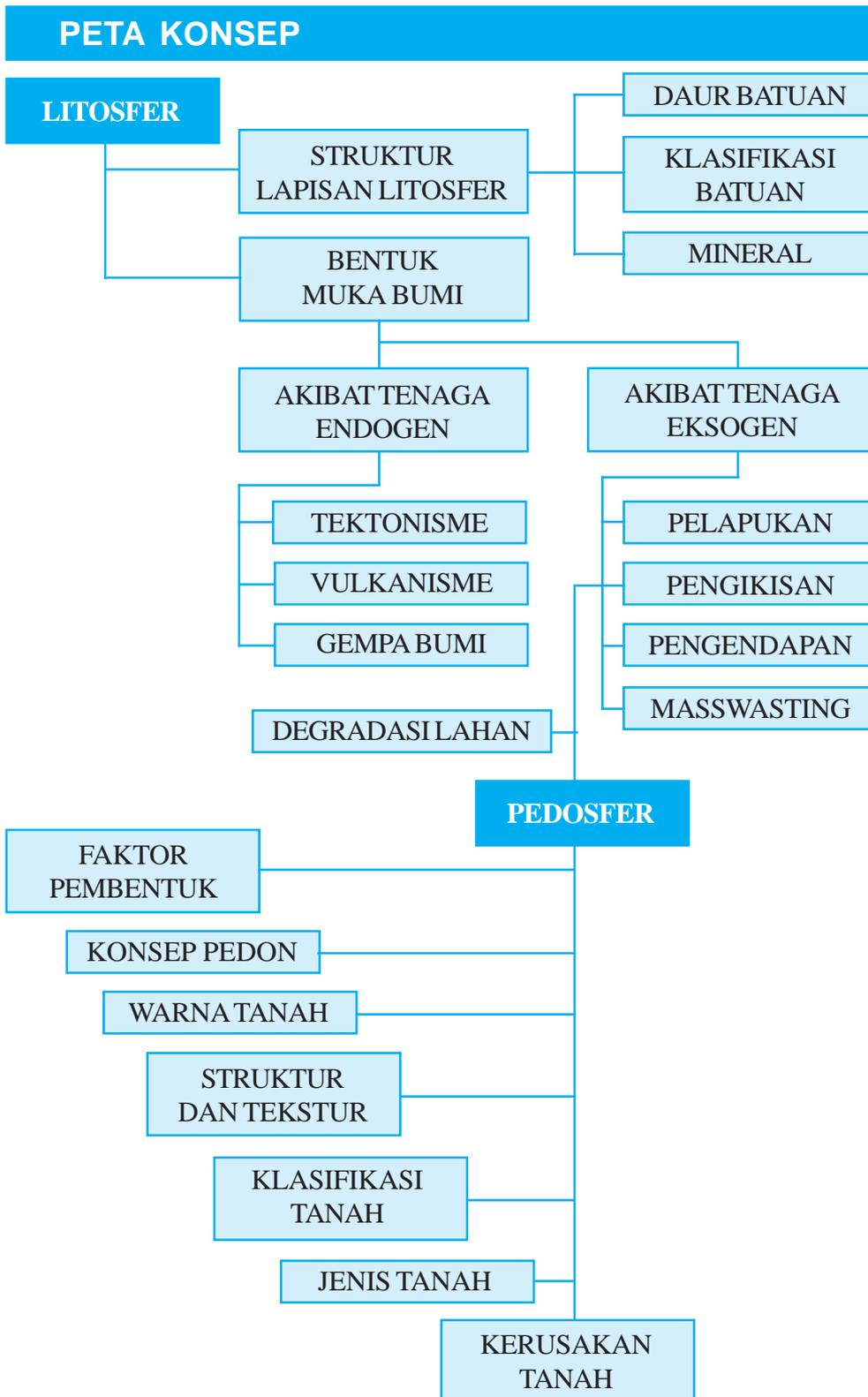
DINAMIKA LITOSFER DAN PEDOSFER



(Sumber: UPI, Praktikum Geografi, 2005)

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- mengidentifikasi struktur lapisan kulit bumi (litosfer) dan pemanfaatannya.
- menganalisis macam-macam bentuk muka bumi sebagai akibat proses vulkanisme, seisme, dan diastropisme.
- mengidentifikasi ciri bentang alam sebagai akibat proses pengikisan dan pengendapan.
- mengidentifikasi degradasi lahan dan dampaknya terhadap kehidupan.
- mengidentifikasi ciri dan proses pembentukan tanah di Indonesia.
- menganalisis penyebab terjadinya erosi tanah dan kerusakan tanah yang lain serta dampaknya terhadap kehidupan.
- mengidentifikasi usaha untuk mengurangi erosi tanah.



Pernahkah kamu melihat pemandangan alam dari puncak gunung? Apakah bentuk permukaan bumi sebagai pemandangan alam tersebut rata seperti yang kamu lihat pada globe? Kenyataannya, permukaan bumi itu memiliki bentuk yang bervariasi, ada bukit, gunung, lembah, lautan, danau, dan dataran. Perbedaan bentuk tersebut dinamakan *relief*.

Perlu kamu ketahui bahwa bentuk bumi yang kita saksikan saat ini berbeda dengan masa lalu, demikian halnya pada masa mendatang. Suatu daerah yang asalnya merupakan dataran, kemudian oleh suatu kekuatan besar menjadikan sebagian terangkat, sementara bagian lain turun. Kadang-kadang pengangkatan atau penurunan itu disertai pergeseran, sehingga terpotong menjadi bagian-bagian yang patah. Bagian yang terangkat tadi, kemudian terkikis oleh air sehingga teriris-iris menjadi relung-relung alur sungai. Semua fenomena tersebut merupakan hasil pengerjaan tenaga geologi, sehingga kita sekarang dapat melihat keadaan relief permukaan bumi.

Tentang kedua tenaga tersebut tentunya sudah kamu pahami, sebab sebelumnya sudah dipelajari pada bab 2 mengenai sejarah pembentukan bumi. Pada bab ini, kamu akan mempelajari tentang dinamika litosfer dan perubahannya serta peosfer. Dengan memahaminya diharapkan kamu dapat mengidentifikasi dan menganalisis bentuk-bentuk muka bumi serta manfaatnya bagi manusia.



Gambar 4.1 Singkapan batuan
(Sumber: UPI, Praktikum Geografi, 2005)

Coba kamu lihat dan perhatikan gambar 4.1 di atas, perubahan lapisan kulit bumi yang menyembul ke permukaan sebagai intrusi batuan akibat adanya tenaga dari dalam bumi, kemudian dihancurkan oleh kekuatan yang berasal dari luar (eksogen) melalui proses pelapukan dan pengikisan. Pernahkah kamu melihat fenomena seperti ini? Di mana? Sebaiknya kamu mengamatinya dan mendokumentasikan dengan kamera.

Kata Kunci : Dinamika, Perubahan, Litosfer, Pedosfer, Batuan, Silikat.

A. DINAMIKA PERUBAHAN LITOSFER

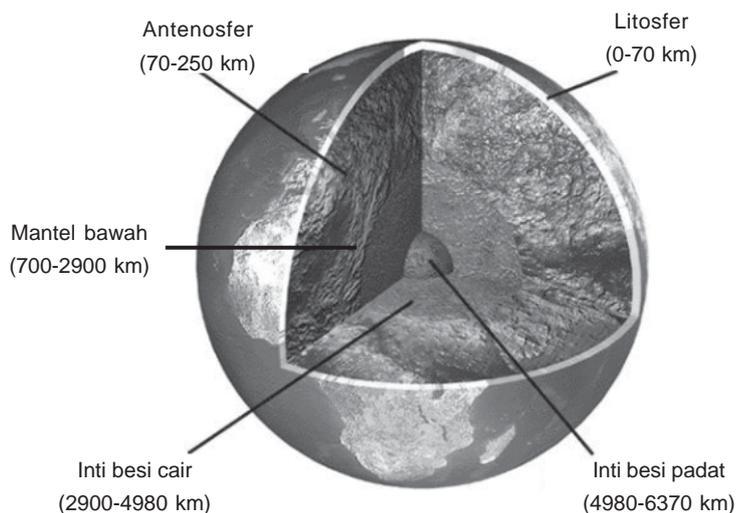
1. Struktur lapisan kulit bumi

Litosfer adalah lapisan kulit bumi yang paling atas. Lapisan ini pada umumnya terjadi dari senyawa kimia yang kaya akan SiO_2 . Itulah sebabnya lapisan litosfer seringkali dinamakan *lapisan silikat*. Lapisan ini memiliki ketebalan sampai 70 km.

Menurut *Klarke* dan *Washington*, batuan di permukaan bumi hampir 75% terdiri atas Silikon Oksida dan Aluminium oksida. Dengan demikian, lapisan litosfer dinamakan juga *lapisan batuan*.

Batuan merupakan bahan utama pembentuk kulit bumi. Induk segala batuan ialah magma. *Magma* adalah batuan cair pijar yang bersuhu tinggi dan mengandung berbagai unsur mineral dan gas. Kulit bumi atau litosfer tersusun oleh sekitar 90 jenis unsur kimia yang satu dengan lainnya membentuk persenyawaan yang disebut *mineral*.

Di dalam litosfer terdapat lebih dari 2000 mineral dan hanya 20 mineral yang terdapat dalam batuan. Mineral pembentuk batuan yang penting, yaitu *Kuarsa* (SiO_2), *Feldspar*, *Piroksen*, *Mika Putih* (K-Al-Silikat), *Biotit* atau *Mika Cokelat* (K-Fe-Al-Silikat), *Amfibol*, *Khlorit*, *Kalsit* (CaCO_3), *Dolomit* (CaMgCO_3), *Olivin* (Mg, Fe), *Bijih Besi Hematit* (Fe_2O_3), *Magnetik* (Fe_3O_2), dan *Limonit* ($\text{Fe}_3\text{OH}_2\text{O}$).

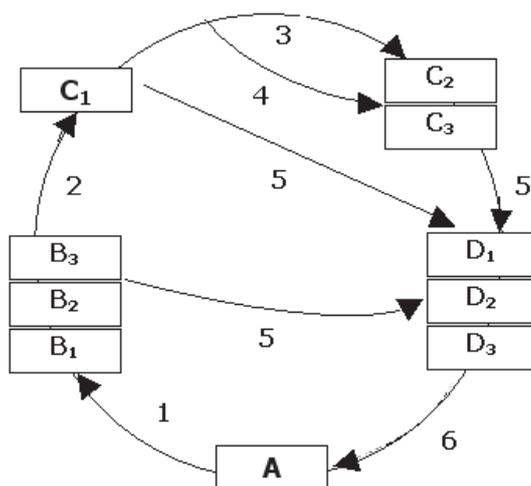


Gambar 4.2 Lapisan-lapisan bumi

(Sumber: Frank Press and Raymond Siever, 1986, Earth halaman 17)

Selain itu, litosfer juga terdiri atas dua bagian, yaitu lapisan Sial dan lapisan Sima. *Lapisan Sial* yaitu lapisan kulit bumi yang tersusun atas logam silisium dan alumunium, senyawanya dalam bentuk SiO_2 dan Al_2O_3 . Pada lapisan sial (*silisium dan alumunium*) ini antara lain terdapat batuan sedimen, granit, andesit, jenis-jenis batuan metamorf, dan batuan lain yang terdapat di daratan benua. *Lapisan Sima (silisium magnesium)* yaitu lapisan kulit bumi yang tersusun oleh logam silisium dan magnesium dalam bentuk senyawa SiO_2 dan MgO lapisan ini mempunyai berat jenis yang lebih besar daripada lapisan sial karena mengandung besi dan magnesium yaitu mineral ferro magnesium dan batuan basalt.

Batuan pembentuk kulit bumi selalu mengalami siklus atau daur, yaitu batuan mengalami perubahan wujud dari magma, batuan beku, batuan sedimen, batuan malihan, dan kembali lagi menjadi magma. Secara berurutan batuan itu mengalami peristiwa sebagai berikut.



Gambar 4.3 Daur batuan

Keterangan:

- A : Magma
- B₁ : Batuan beku dalam
- B₂ : Batuan beku korok
- B₃ : Batuan beku luar
- C₁ : Batuan sedimen klastik
- C₂ : Batuan sedimen organik
- C₃ : Batuan sedimen termik
- D₁ : Batuan malihan dinamik
- D₂ : Batuan malihan termik
- D₃ : Batuan malihan pneumatolitik
- 1 : pendinginan
- 2 : pengangkutan
- 3 : pelarutan
- 4 : organisma
- 5 : penambahan suhu dan tekanan yang lama
- 6 : penelanan oleh magma

a. Daur batuan

Karena daerah sekitar magma itu dingin, maka magma itu juga mendingin. Secara lambat laun magma pun membeku. Tempat pembekuan itu, mungkin di permukaan bumi, mungkin pula di lapisan litosfer yang tidak begitu dalam, atau di dalam dapur magma bersama-sama dengan proses pembekuan magma seluruhnya. Karena itu, batuan yang berasal dari magma akan berbeda-beda pula. Semuanya dinamakan *batuan beku*.

Karena pengaruh atmosfer, maka batuan beku di permukaan bumi itu akan rusak, hancur, dan kemudian terbawa oleh aliran air, hembusan angin, atau gletser. Tidak jarang pula pada waktu hujan lebat, batuan yang hancur itu meluncur pada lereng yang curam karena gravitasi dan akhirnya batuan yang telah diangkut itu akan diendapkan di tempat baru. Akibatnya terbentuklah batuan endapan yang tertimbun di dataran rendah, sungai, danau, atau di laut.

Mungkin saja pada suatu masa, batuan beku dan batuan endapan mencapai suatu tempat yang berdekatan dengan magma sebagai akibat tenaga endogen. Karena persinggungan dengan magma itu, maka batuan sedimen dan batuan beku dapat berubah bentuknya dan lazim dinamakan *batuan malihan (metamorf)*. Batuan malihan dapat juga terbentuk akibat tekanan yang berlaku pada batuan sedimen.

b. *Klasifikasi batuan*

Materi bumi terdiri atas benda padat, cair, dan gas. Pembahasan utama pada unsur materi bumi adalah terletak pada batuan sebagai unsur penyusun terbesar dari bumi. Secara umum komposisi batuan di permukaan bumi didasarkan atas jenis batuannya. Adapun jenis batuan yang mendominasi permukaan bumi, adalah batuan sedimen yang menutupi hampir 66% permukaan bumi, sedangkan 34% berupa batuan ekstrusi (8%), batuan intrusi (9%), dan batuan metamorf (17%).

Tabel 4.1
Persentase batuan di permukaan Bumi

Benua	Batuan Kristal			Sedimen
	Ekstrusi	Intrusi	Metamorf	
Asia	9	12	5	74
Afrika	4	16	22	58
Amerika Utara	11	6	31	52
Amerika Selatan	11	2	25	62
Eropa	3	7	3	87
Australia	8	11	11	70

(Sumber: Munir, 1996)

Dari tabel 4.1, tampak bahwa batuan sedimen banyak dijumpai di daratan Eropa. Hal ini dapat dipahami karena hampir semua daratan Eropa, terutama bagian daratan Timur jarang dijumpai adanya gunungapi, sehingga batuan ekstrusi dan intrusi jarang dijumpai. Dengan kata lain, batuan sedimen banyak dijumpai pada daerah-daerah yang sudah berumur tua. Bahan yang dijumpai adalah bahan yang sudah mengalami pelapukan lebih lanjut. Sedangkan batuan

ekstrusi dan instrusi banyak dijumpai di daratan Asia, sebab kawasan Asia terutama Indonesia, Jepang, Filipina, dan Italia merupakan negara di daratan Asia yang berpotensi gunungapi. Batuan ekstrusi dan intrusi akan dijumpai hanya pada kawasan-kawasan yang ada aktivitas vulkaniknya dan masih aktif.

Berdasarkan proses terjadinya, batuan dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu sebagai berikut.

1) Batuan beku (*Igneous rock*)

Batuan beku atau *Igneous Rock* berasal dari bahasa latin *Inis* yang artinya *api (fire)*. Batuan beku adalah batuan hasil pembentukan cairan magma, baik di dalam maupun di atas permukaan bumi, sehingga tekstur yang terbentuk sangat tergantung pada kondisi pembekuannya.

Magma panas yang bergerak dari dalam bumi ke permukaan, makin lama makin dingin dan akhirnya membeku. Batuan beku yang tidak mencapai permukaan bumi disebut *batuan beku dalam* atau *batuan intrusi* atau *batuan plutonis*. Proses pembekuan batuan plutonis berlangsung lambat, sehingga menghasilkan bentuk kristal-kristal besar yang sering disebut pula *tekstur phaneritis*.

Sementara itu, ada pula pembentukan batuan setelah mencapai permukaan bumi, yang disebut *batuan beku luar* (*batuan ekstrusi* atau *batuan vulkanis*). Batuan ini cepat sekali membeku, sehingga jenis kristalnya besar, bersifat halus, dan sulit dilihat dengan mata. Batuan dengan mineral halus disebut *tekstur aphanitis*. Dengan demikian, batuan beku dibedakan atas:

- a) batuan beku dalam atau *plutonik*;
- b) batuan beku korok atau *porfirik*;
- c) batuan beku luar (lelehan atau *epusif*).

Batuan plutonik adalah batuan yang terbentuknya berada jauh di dalam bumi (15 - 50 km). Karena letak pembentukannya dekat dengan astenosfer, maka pendinginan batuan pun berjalan sangat lambat. Akibatnya, bentuk batuan yang dihasilkannya besar-besar dan memiliki kristal-kristal sempurna dengan bentuk *tekstur holokristalin* (semua komposisi disusun oleh kristal sempurna).

Ciri-ciri batuan plutonik pada umumnya secara mudah dapat dilihat dari ukuran butirnya, beberapa sifat atau ciri-ciri batuan plutonik adalah sebagai berikut.

- a) Umumnya berbutir lebih kasar dibandingkan batuan ekstrusi.
- b) Jarang memperlihatkan struktur visikular (mengandung lubang-lubang benda gas).
- c) Batuan dapat merubah batuan yang berbatasan pada semua sisinya.

Berdasarkan ukurannya (diameter), batuan plutonik dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu *plutonik tabular* dan *plutonik masif*.

Batuan beku plutonik tabular berukuran relatif kecil dan letaknya agak dekat ke permukaan bumi. Ada dua macam batuan beku plutonik, yaitu *Sill* dan *Dike*. *Sill* merupakan batuan plutonik tabular yang jika dilihat dari posisinya bersifat *concordant* selaras dengan lapisan batuan sekitarnya. Letaknya bisa mendatar, miring atau tegak sesuai arah lapisan. Sedangkan *Dike* merupakan batuan plutonik tabular yang jika dilihat dari posisinya bersifat *discordant* atau memotong lapisan batuan sekitarnya. Hal ini terjadi karena dorongan magma ketika memasuki lapisan batuan itu cukup kuat, sehingga batuan sulit sekali untuk dihancurkan.

Batuan beku yang berupa plutonik masif berukuran lebih besar daripada plutonik tabular dan letaknya agak dalam. Plutonik masif terbagi atas *lakolit* dan *batolit*. Berdasarkan posisinya selalu *concordant* atau selaras dengan lapisan batuan di sekitarnya, karena ketika memasuki lapisan tersebut mengalir secara perlahan-lahan lewat retakan-retakan lapisan batuan. Secara umum lakolit dapat ditemukan di bawah suatu bentuk lahan *dome* (bentuk kubah). Ukurannya relatif kecil bila dibandingkan dengan batolit. Batolit banyak dijumpai di bagian dalam dan posisinya *discordant* dengan lapisan di sekitarnya. Ukurannya sangat besar, sehingga dasarnya sulit diketahui lagi. Permukaan Batolit yang tersingkap (*outcrop*) minimal 100 km², pada umumnya bertekstur granitis.

Batuan korok atau gang, terbentuk di antara batuan dalam dan batuan leleran dalam korok-korok atau gang-gang. Batuan yang terbentuk adalah batuan gang atau batuan korok yang disebut juga *batuan hypoabisik*. Itulah sebabnya batuan ini terdiri atas kristal besar, kristal kecil, dan bahkan ada yang tidak mengkristal, misalnya bahan amorf. Contohnya: granit fosfir.

Batuan beku luar, yaitu batuan beku yang terjadi di atas permukaan atau kulit bumi. Proses terjadinya diawali dari magma yang keluar sampai ke permukaan bumi, kemudian terpengaruh oleh berbagai faktor yang ada di permukaan bumi, misalnya temperatur udara, air dan angin. sehingga temperatur dari magma tersebut akan turun cepat sekali, maka ketika magma tersebut membeku hanya terbentuk kristal-kristal kecil, dan sebagian ada yang sama sekali tidak mempunyai kristal (amorf). Contoh batuan beku luar yang terdiri dari kristal-kristal kecil misalnya *andesit* dan *riolit*, sedangkan contoh yang tak mempunyai kristal atau amorf, misalnya *batu apung* dan *batu kaca*.

Ciri-ciri batuan beku luar (vulkanik), antara lain sebagai berikut:

- a) Pada umumnya mempunyai butir kristal yang halus, bahkan amorf.
- b) Sebagian memperlihatkan struktur visikular artinya sebagian dari batuan beku luar memperlihatkan adanya lubang-lubang bekas materi gas yang terperangkap.

- c) Kristal mineral batuan menunjukkan tekstur *aphanitis* (kristal yang halus dan amorf).

Untuk membedakan batuan beku dengan batuan lainnya terdapat tiga ciri utama, yaitu:

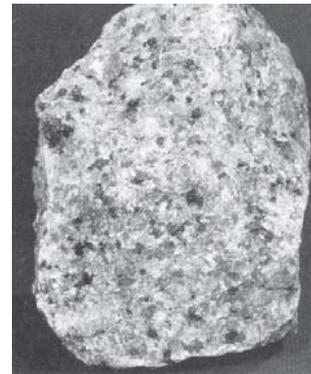
- tidak mungkin mengandung fosil;
- teksturnya padat, mampat serta strukturnya homogen dengan bidang permukaan ke semua arah sama;
- susunan sesuai dengan pembentukannya.

Beberapa jenis batuan beku penting yang banyak terdapat di alam adalah sebagai berikut.

a) **Granit**

Granit adalah batuan beku dalam, mineralnya berbutir kasar hingga sedang, berwarna terang, mempunyai banyak warna umumnya putih, kelabu, merah jambu atau merah. Warna ini disebabkan oleh variasi warna dari mineral feldspar. Granit terbentuk jauh di dalam bumi dan tersingkap di permukaan bumi karena adanya erosi dan tektonik. Granit merupakan batuan yang banyak terdapat di alam.

Di Indonesia, granit terdapat di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Irian Jaya (Papua), dan lain-lain. Granit dapat digunakan sebagai bahan pengeras jalan, pondasi, galangan kapal, dan bahan pemoles lantai, serta pelapis dinding.



Gambar 4.4 Granit
(Sumber: *Dynamic Earth*,
1994, halaman 98)

b) **Granodiorit**

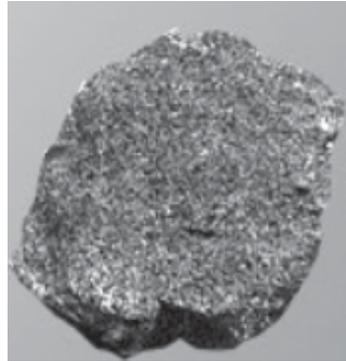
Granodiorit adalah batuan beku dalam, mineralnya berbutir kasar hingga sedang, berwarna terang, menyerupai granit. Granodiorit dapat digunakan untuk pengeras jalan, pondasi, dan lain-lain. Granodiorit banyak terdapat di alam dalam bentuk batolit, stock, sill dan retas yang tersebar di Bukit Barisan, Sumatera.

c) **Diorit**

Diorit adalah batuan beku dalam, mineralnya berbutir kasar hingga sedang, warnanya agak gelap. Diorit merupakan batuan yang banyak terdapat di alam. Di Jawa Tengah banyak terdapat di kota Pemalang dan Banjarnegara. Diorit dapat digunakan untuk pengeras jalan, pondasi, dan lain-lain.

d) *Andesit*

Andesit adalah batuan leleran dari diorit, mineralnya berbutir halus, komposisi mineralnya sama dengan diorit, warnanya kelabu. Gunung api di Indonesia umumnya menghasilkan batuan andesit dalam bentuk lava maupun piroklastika. Batuan andesit yang banyak mengandung hornblenda disebut *andesit hornblenda*, sedangkan yang banyak mengandung piroksin disebut *andesit piroksin*. Batuan ini banyak digunakan untuk pengeras jalan, pondasi, bendungan, konstruksi beton, dan lain-lain. Adapun yang berstruktur lembaran banyak digunakan sebagai batu tempel.



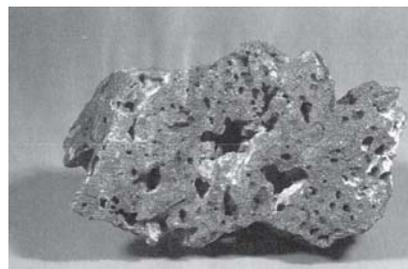
Gambar 4.5 Andesit
(Sumber: www.e-dukati-net)

e) *Gabro*

Gabro adalah batuan beku dalam yang umumnya berwarna hitam, mineralnya berbutir kasar hingga sedang. Dapat digunakan untuk pengeras jalan, pondasi, dan yang dipoles sangat disukai karena warnanya hitam, sehingga baik untuk lantai atau pelapis dinding. Di Pulau Jawa, batuan ini terdapat di Selatan Ciletuh, Pegunungan Jiwo, Serayu, dan Peralang.

f) *Basal*

Basal adalah batuan leleran dari gabro, mineralnya berbutir halus, berwarna hitam. Gunungapi di Indonesia umumnya menghasilkan batuan basal dalam bentuk lava maupun piroklastika. Batuan ini banyak digunakan untuk pengeras jalan, pondasi, bendungan, konstruksi beton, dan lain-lain. Basal yang berstruktur lembaran banyak digunakan sebagai batu tempel. Basal umumnya berlubang-lubang akibat bekas gas, terutama pada bagian permukaannya.



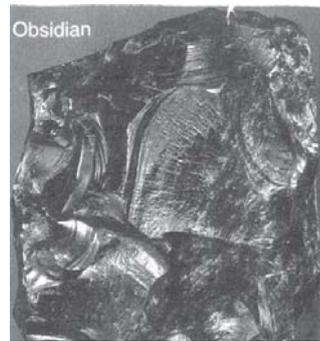
Gambar 4.6 Basal
(Sumber: *Dynamic Earth*, 1994, halaman 95)

g) *Batukaca (obsidian)*

Batukaca adalah batuan yang tidak mempunyai susunan dan bangun kristal (*metamorf*). Batukaca terbentuk dari lava yang membeku tiba-tiba, dan banyak

terdapat di sekitar gunungapi. Pada umumnya berwarna coklat, kelabu, kehitaman atau tidak berwarna (putih seperti kaca).

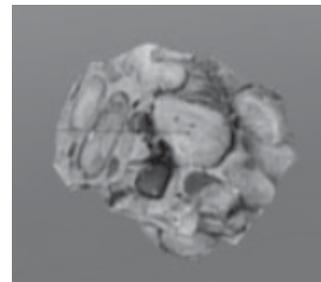
Batukaca yang dihancurkan dengan ukuran kecil dan dicampur dengan semen, dapat dibuat granit buatan. Di zaman purba, batuan ini banyak digunakan untuk membuat mata lembing, mata panah, dan lain-lain.



Gambar 4.7 Obsidian
(Sumber: *Dynamic Earth*, 1994, halaman 98)

h) Batuapung

Batuapung dibentuk dari cairan lava yang banyak mengandung gas. Dengan keluarnya gas dari cairan lava akan menimbulkan lubang-lubang atau gelembung-gelembung pada lava yang telah membeku. Lubang-lubang ini berbentuk bola, ellips, silinder atau tak teratur bentuknya. Dengan adanya lubang-lubang ini membuat batuapung jadi ringan. Di Indonesia batuapung yang terkenal dihasilkan oleh Gunung Krakatau. Demikian juga batuapung dapat dibuat dengan cara memanaskan batuan obsidian hingga gasnya keluar.



Gambar 4.8 Andesit
(Sumber: www.e-dukasi.net)

i) Konglomerat

Konglomerat adalah batuan sedimen yang tersusun dari bahan-bahan dengan ukuran berbeda dan bentuk membulat yang direkat menjadi batuan padat. Bentuk fragmen yang membulat akibat adanya aktivitas air, umumnya terdiri atas mineral atau batuan yang mempunyai ketahanan dan diangkut jauh dari sumbernya.

Di antara fragmen-fragmen konglomerat diisi oleh sedimen-sedimen halus sebagai perekat yang umumnya terdiri atas Oksida Besi, Silika, dan Kalsit. Fragmen-fragmen konglomerat dapat terdiri atas satu jenis mineral atau batuan atau beraneka macam campuran. Seperti halnya breksi, sifatnya yang heterogen menjadikan berwarna-warni. Konglomerat umumnya diendapkan pada air dangkal.



Gambar 4.9 Konglomerat
(Sumber: www.e-dukasi.net)

2) Batuan sedimen

Batuan sedimen dinamakan juga batuan endapan adalah batuan yang terjadi karena pengendapan materi hasil erosi. Sekitar 80% permukaan benua tertutup oleh batuan sedimen. Materi hasil erosi terdiri atas berbagai jenis partikel, yaitu ada yang halus, kasar, berat, dan ada juga yang ringan. Cara pengangkutannya pun bermacam-macam seperti terdorong (*traction*), terbawa secara melompat-lompat (*saltation*), terbawa dalam bentuk suspensi, dan ada pula yang larut (*salution*).

Klasifikasi batuan endapan bergantung pada kriteria yang dipakai. Berdasarkan proses pengendapannya, batuan sedimen dapat dibedakan atas batuan sedimen klastik, batuan sedimen kimiawi, dan batuan sedimen organik.

a) Batuan sedimen klastik

Batuan sedimen klastik, adalah sedimen yang susunan kimianya sama dengan susunan kimia batuan asal. Artinya, batuan itu ketika diangkut hanya mengalami penghancuran secara mekanik dari besar menjadi kecil. Batu gunung yang membukit itu akibat pelapukan, hancur berkeping-keping. Kepingan itu diangkut air hujan, longsor atau berguling-guling di lereng dan masuk ke sungai. Arus sungai membanting-banting batu itu sehingga menjadi kerikil, pasir, dan lumpur yang kemudian mengendapkannya di tempat baru. Ada juga yang disebut batuan sedimen non klastik dibedakan atas dasar komposisinya. Sedimen non klastik yang utama adalah batu gamping dan dolomit. Batuan non klasik sebagai hasil *evaporit* (menguap) antara lain batu garam, denhidrit dan gipsum sedangkan dari unsur organik ialah batubara.

b) Batuan sedimen kimiawi

Jika dalam pengendapan itu terjadi proses kimia, seperti pelarutan, penguapan, oksidasi, dehidrasi, dan sebagainya, hasilnya dinamakan batuan sedimen kimiawi, contohnya hujan di gunung kapur. Air hujan yang mengandung CO_2 meresap ke dalam retakan halus (diaklas) pada batu gamping (CaCO_3). Air itu melarutkan gamping yang dilaluinya menjadi larutan air kapur atau $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Aliran larutan kapur itu akhirnya sampai ke atap gua kapur. Tetesan air kapur itu membentuk stalaktit di atap gua dan stalagmit di dasar gua. Terjadinya stalaktit dan stalagmit akibat pelarutan dan penguapan H_2O dan CO_2 pada waktu air kapur menetes. Kedua bentukan sedimen kapur tersebut disebut batuan sedimen kimiawi.

c) Batuan sedimen organik

Batuan sedimen organik, terjadi karena selama proses pengendapannya mendapat bantuan dari organisme, yaitu sisa, rumah atau bangkai binatang

laut yang tertimbun di dasar laut seperti kerang, terumbu karang, tulang belulang, kotoran burung guano yang menggantung di Peru, lapisan humus di hutan, dan sebagainya.

Berdasarkan tenaga alam yang mengangkutnya, batuan sedimen dapat dibagi menjadi empat golongan yaitu sebagai berikut.

- Batuan sedimen aerik* atau *aeolis*, pengangkutannya oleh angin. Contoh: tanah los, tanah tuf, dan tanah pasir di gurun.
- Batuan sedimen glasial*, pengangkutannya oleh es. Contohnya: moraine.
- Batuan sedimen aquatik*, pengangkutannya dibantu oleh air yang mengalir.
- Batuan sedimen marin*, pengangkutannya oleh tenaga air laut.

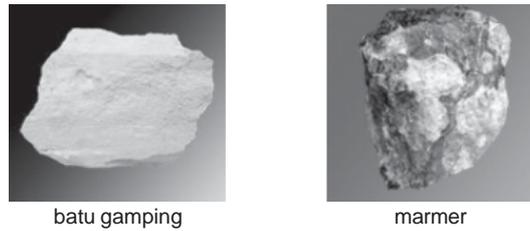


Gambar 4.10 Contoh batuan sedimen
(Sumber: www.e-dukasi.net)

3) Batuan malihan (*Metamorf*)

Batuan malihan adalah batuan hasil ubahan dari batuan asal (batuan beku, batuan endapan, dan batuan malihan) akibat *proses metamorfosis*. Proses metamorfosis, yaitu suatu proses yang dialami batuan asal akibat adanya tekanan atau temperatur yang meningkat atau tekanan dan temperatur yang sama-sama meningkat. Ada tiga jenis batuan malihan, yaitu sebagai berikut:

- Metamorfik termik (kontak), terbentuk karena adanya kenaikan suhu yang berarti, seperti batu pualam atau marmer.
- Metamorfik dinamik (sintektonik), pembentukan batuan yang disebabkan oleh penambahan tekanan tinggi, biasanya akibat gaya tektonik. Jenis metamorfisa ini banyak dijumpai pada daerah-daerah patahan dan lipatan yang luas di dunia. Misalnya, batu sabak dan batubara.
- Metamorfik termik pneumatolitik, pembentukan batuan akibat adanya penambahan suhu disertai masuknya zat bagian magma ke dalam batuan itu. Misalnya, azurit mineral (pembawa tembaga), topas, dan turmalin (batu permata)



*Gambar 4.11 Contoh Batuan Malihan
(Sumber: www.e-dukasi.net)*

c. Mineral

Mineral adalah sebagian besar zat-zat hablur (kristal) yang ada dalam kerak bumi dan bersifat homogen, baik fisik maupun kimiawi. Sebagian besar mineral terdapat dalam bentuk padat, akan tetapi ada juga mineral yang berbentuk cair atau gas. Setiap jenis mineral menunjukkan sikap yang berbeda-beda terhadap gaya pelapukan dari luar. Ada mineral yang mudah lapuk, tetapi ada juga mineral yang sukar terlapukkan.

Mineral akan dengan mudah diidentifikasi dengan memerhatikan beberapa sifat fisiknya yaitu warna, kilap, bentuk, kekerasan, belahan, dan berat jenisnya.

2. Bentuk-bentuk muka bumi

Bentuk permukaan bumi bersifat dinamis artinya dari waktu ke waktu terus mengalami perkembangan dan perubahan. Secara umum bentuk permukaan bumi tidaklah rata, dengan pengertian lain terdapat bentuk permukaan yang tinggi/terjal ada pula yang rendah/landai. Tinggi rendahnya permukaan bumi disebut *relief*. Ilmu yang mempelajari bentuk-bentuk muka bumi disebut *geomorfologi*.

Perubahan bentuk muka bumi secara alami dipengaruhi oleh tenaga alami yaitu tenaga endogen dan eksogen.

Tenaga endogen meliputi vulkanisme (aktivitas gunung api), tektonisme (aktivitas gerakan lapisan bumi), dan gempa, sedangkan tenaga eksogen meliputi kekuatan angin, air, dan gletser.

a. Bentuk muka bumi akibat tenaga endogen

Tenaga endogen adalah tenaga yang berasal dari dalam perut bumi. Tenaga endogen meliputi tektonisme, vulkanisme, dan gempa.

1) Tektonisme

Tektonisme adalah tenaga dari dalam bumi yang mengakibatkan perubahan letak (*dislokasi*) atau perubahan bentuk (*deformasi*) kulit bumi. Sebagaimana

kita ketahui bahwa permukaan bumi terbentuk dari lapisan batuan yang disebut kulit bumi atau litosfer. Kulit bumi mempunyai ketebalan relatif sangat tipis, sehingga mudah pecah-pecah menjadi potongan-potongan kulit bumi yang tak beraturan yang disebut *lempeng tektonik*. Lempeng-lempeng tektonik ini terus bergerak, baik secara horizontal maupun vertikal karena pengaruh arus konveksi dari lapisan di bawahnya (astenosfer). Mengenai jenis gerakan lempeng tentunya sudah kamu pahami pada pelajaran sebelumnya di bab 2 tentang sejarah pembentukan bumi.

Berdasarkan luas dan waktu terjadinya, gerakan lempeng tektonik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *gerak epirogenetik* dan *gerak orogenetik*.

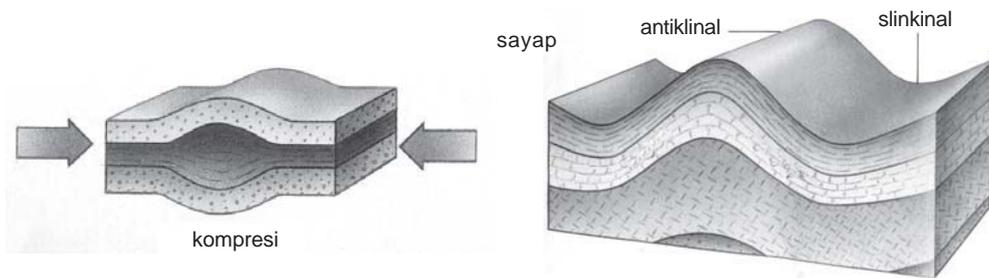
Gerak epirogenetik, adalah gerak atau pergeseran lapisan kerak bumi yang relatif lambat dan berlangsung dalam waktu yang lama, serta meliputi daerah yang luas. Contoh: penenggelaman benua Gondwana menjadi Sesar Hindia. Gerak epirogenetik dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

- 1) *Epirogenetik positif*, yaitu gerak turunnya daratan sehingga kelihatannya permukaan air laut yang naik. Contoh: Turunnya pulau-pulau di Indonesia bagian timur (Kepulauan Maluku dari pulau-pulau barat daya sampai ke pulau Banda).
- 2) *Epirogenetik negatif*, yaitu gerak naiknya daratan sehingga kelihatannya permukaan air yang turun. Contoh: naiknya Pulau Buton dan Pulau Timor.

Gerak orogenetik, ialah proses pembentukan pegunungan. Proses orogenesis meliputi luas areal yang relatif sempit dan dalam waktu yang relatif singkat, dibandingkan epirogenesis. Contoh: pembentukan pegunungan-pegunungan yang ada di bumi ini, seperti Pegunungan Andes, Rocky Mountain, Sirkum Mediterania, dan sebagainya.

Gerak orogenetik menyebabkan tekanan horizontal dan vertikal di kulit bumi, yang mengakibatkan terjadinya *dislokasi* atau berpindah-pindahannya letak lapisan kulit bumi. Peristiwa ini dapat menimbulkan *lipatan* dan *patahan*.

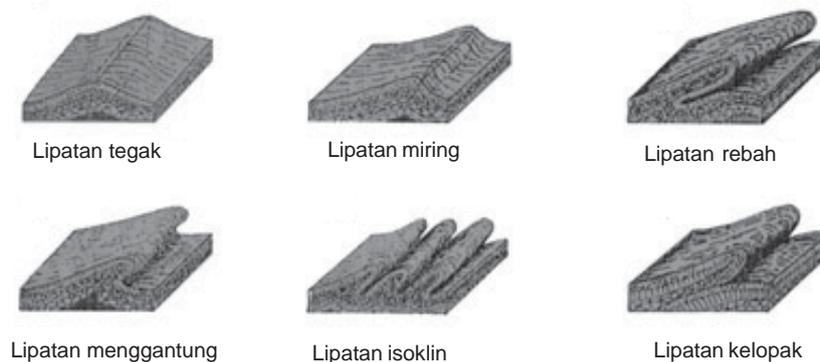
Proses lipatan (*Folded process*), yaitu suatu bentuk kulit bumi berbentuk lipatan (gelombang) yang terjadi karena adanya tenaga endogen yang arahnya mendatar dari dua arah berlawanan, sehingga lapisan-lapisan batuan di sekitarnya terlipat dan membentuk *puncak lipatan (antiklin)* serta *lembah lipatan (sinklin)*. Fenomena ini dapat kamu saksikan apabila melewati jalan yang menerobos dua bukit, maka nampak pada sisi kiri kanan jalan singkapan kerak bumi berupa lapisan bergelombang, ada bagian yang naik dan ada pula yang turun. Itulah salah satu gejala lipatan.



Gambar 4.12 Proses lipatan

(Sumber: *Dynamic Earth*, 1994, halaman 13 dan 17)

Apabila terbentuk beberapa puncak lipatan disebut *antiklinorium* dan beberapa lembah lipatan disebut *sinklinorium*. Macam-macam lipatan yang dikenal yaitu lipatan tegak, lipatan miring, lipatan menggantung, lipatan rebah, lipatan isoklin, dan lipatan kelopak. Contoh pegunungan lipatan ini adalah *pegunungan tua*, seperti pegunungan Ural yang terjadi pada zaman primer. *Pegunungan muda*, seperti pegunungan Mediteranian dan sirkum Pasifik yang terjadi pada zaman tersier.



Gambar 4.13

Bentuk-bentuk lipatan

(Sumber: www.e-dukasi.net)

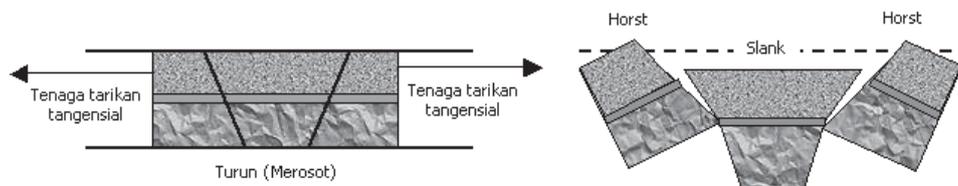
Bentuk atau morfologi hasil tenaga tektonisme lainnya adalah *patahan* atau *sesar*. Bentuk alam ini terjadi karena adanya proses pematahan (*fault process*) pada lapisan kulit bumi. Prosesnya terjadi sangat cepat, sehingga lapisan-lapisan yang terkena tekanan tidak sempat lagi melipat, melainkan timbul retakan dan patah.

Bentuk patahan dapat dibedakan berdasarkan arah dan kekuatan tenaga tekanan, sebagai berikut:

- 1) Adanya tenaga endogen yang arahnya mendatar dan saling menjauh satu sama lain, sehingga pada bongkah batuan terjadi retakan-retakan dan

akhirnya patah membentuk bagian yang merosot (*graben* atau *slenk*) dan bagian yang menonjol (*horst*);

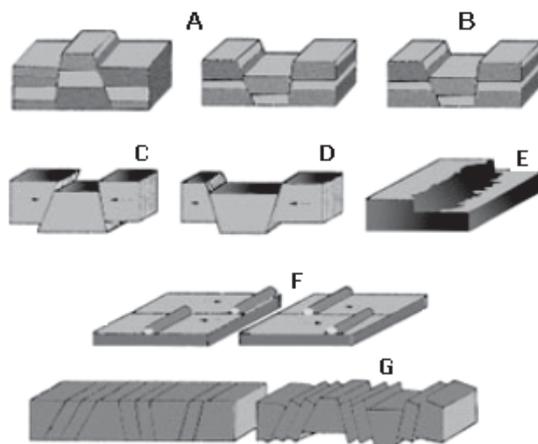
- 2) Adanya tenaga endogen yang berarah vertikal;
- 3) Adanya dua buah tenaga endogen mendatar yang berlawanan arah, sehingga menimbulkan pergeseran batuan, yang disebut *sesar mendatar*.



Gambar 4.14

Arah tekanan dan bagian yang patah pada proses patahan

(Sumber: www.e-dukasi.net)



Keterangan:

- A. Horst dan graben akibat tekanan dua arah
- B. Graben akibat tarikan dari dua arah
- C. Graben yang memusat
- D. Graben yang menyebar
- E. Fleksur
- F. Dekstral dan Sinistral
- G. Block Mountain

Gambar 4.15

Bentuk-bentuk patahan

(Sumber: www.e-dukasi.net)

Alur akibat pecahnya batuan pada proses patahan disebut *alur patahan*. Alur patahan yang besar bisa sampai ke batuan di bawah tanah yang dalam dan merentang sepanjang benua. Alur patahan terbesar di dunia, sama seperti gempa bumi terkuat, bisa ditemukan di dekat tipe lempeng.

Beberapa patahan besar membelah tanah saat mereka bergerak, mendorong naik wilayah daratan, atau membuatnya amblas. Setelah gempa bumi, saat energi dilepaskan, kumpulan batuan di kedua sisi patahan terkunci menjadi satu di posisinya yang baru.

Tekanan dan tegangan yang menyebabkan gempa bumi yang pertama sering terulang dan terus bertambah hingga menyebabkan gempa bumi.

Salah satu relief geologis yang paling terkenal di dunia adalah *Patahan San Andreas* yang membelah Pantai Pasifik di California, Amerika Serikat. Panjang patahan horizontal ini adalah 1.200 km. Patahan ini membentuk sebagian dari batas antara Lempeng Pasifik dan Lempeng Amerika Utara. Kedua lempeng ini secara terus menerus bergeser ke arah berlawanan dengan jarak sekitar lima sentimeter setahun. Banyak alur patahan yang lebih kecil membelah wilayah ini dan sebagiannya berhubungan dengan San Andreas. Daerah ini adalah salah satu wilayah gempa berkekuatan besar di dunia. Lebih dari 20.000 gempa tercatat setiap tahun.

Patahan San Andreas terlihat jelas dari udara. Patahan ini seperti goresan luka yang dalam di permukaan bumi. Para ilmuwan memperkirakan bahwa kedua ujung retakan yang terletak di Tanjung Mendocino di utara San Francisco dan Lembah Imperial di Selatan Los Angeles, adalah tempat yang paling berbahaya.

2) Vulkanisme

Vulkanisme adalah peristiwa yang berhubungan dengan pembentukan gunungapi, yaitu pergerakan magma dari dalam *litosfera* yang menyusup ke lapisan yang lebih atas atau sampai ke permukaan bumi. Di dalam litosfer, magma menempati suatu kantong yang dinamakan *dapur magma* (*Batholit*). Kedalaman dan besar dapur magma itu sangat bervariasi. Ada dapur magma yang letaknya sangat dalam dan ada pula yang dekat dengan permukaan bumi.

Perbedaan letak ini merupakan penyebab perbedaan kekuatan letusan yang terjadi. Pada umumnya, dapur magma yang dalam menimbulkan letusan yang lebih kuat daripada yang letaknya dangkal.

Magma dapat diartikan sebagai bahan-bahan silikat pijar yang terdiri atas bahan padat (batuan), cairan, dan gas yang berada di dalam lapisan kulit bumi (litosfer).

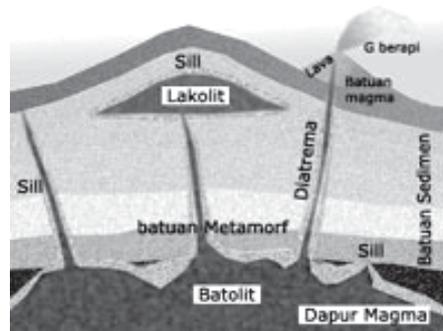
Berbagai macam gas yang terkandung dalam magma antara lain uap air, *Oksida Belerang* (SO_2), *Gas Hidrokarbon* atau *Asam Klorida* (HCL), *Gas Hidrosulfat* atau *Asam Sulfat* (H_2SO_4). Aktivitas magma disebabkan oleh tingginya suhu magma dan banyaknya gas yang terkandung di dalamnya.

Ada dua bentuk gerakan magma yang berhubungan dengan vulkanisme, yaitu *intrusi* dan *ekstrusi magma*.

a) *Intrusi magma*

Intrusi magma yaitu terobosan magma ke dalam lapisan-lapisan litosfera, tetapi tidak sampai ke permukaan bumi. Intrusi magma dapat dibedakan menjadi empat, yaitu sebagai berikut:

- (1) *Bathalit*, yaitu dapur magma.
- (2) *Intrusi datar* (sill atau lempeng intrusi), yaitu magma yang menyusup di antara dua lapisan batuan, mendatar dan paralel dengan lapisan batuan tersebut.
- (3) *Lakolit*, yaitu magma yang menerobos di antara lapisan bumi paling atas. Bentuknya seperti lensa cembung atau kue serabi.
- (4) *Gang* (korok), yaitu batuan hasil intrusi magma yang menyusup dan membeku di sela-sela lipatan (korok).
- (5) *Diaterma* adalah lubang (pipa) di antara dapur magma dan kepundan gunungapi yang bentuknya seperti silinder memanjang.



Gambar 4.16
Intrusi magma
 (Sumber: www.e-dukasi.net)

Bentukan hasil intrusi magma merupakan sumber mineral yang mempunyai arti penting secara ekonomi. Sebab di daerah intrusi itu seringkali didapati berbagai mineral seperti intan, tembaga, besi, emas, perak dan mineral logam serta non logam lainnya.

b) Ekstrusi magma

Ekstrusi magma, yaitu proses keluarnya magma dari dalam bumi sampai ke permukaan bumi. Materi hasil ekstrusi magma dapat berupa:

- (1) *Lava*, yaitu magma yang keluar sampai ke permukaan bumi dan mengalir ke permukaan bumi.
- (2) *Lahar*, yaitu material campuran antara lava dengan materi-materi yang ada di permukaan bumi berupa pasir, kerikil, debu, dan lain-lain dengan air sehingga membentuk lumpur.
- (3) *Eflata* dan *piroklastika* yaitu material padat berupa bom, lapili, kerikil, dan debu vulkanik.
- (4) *Ekshalasi* (gas) yaitu material berupa gas asam arang seperti *fumarola*

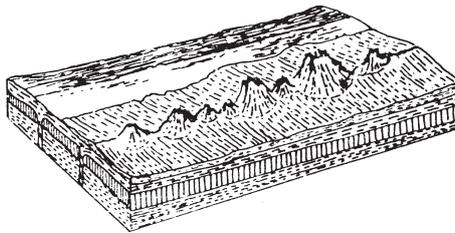
(sumber uap air dan zat lemas), *solfatar* (sumber gas belereng), dan *mofel* (gas asam arang).

Ekstrusi identik dengan *erupsi* atau *letusan gunungapi* yang dapat dibedakan menjadi dua, yaitu erupsi efusif dan eksplosif.

- (1) *Erupsi efusif*, yaitu erupsi berupa lelehan lava melalui retakan atau rekahan atau lubang kawah suatu gunungapi
- (2) *Erupsi eksplosif*, yaitu erupsi berupa ledakan dengan mengeluarkan bahan-bahan padat (*Eflata/Piroklastika*) berupa bom, lapili, kerikil, dan debu vulkanik bersama-sama dengan gas dan fluida.

Berdasarkan tempat keluarnya magma, erupsi dapat dibedakan menjadi empat, yaitu sebagai berikut:

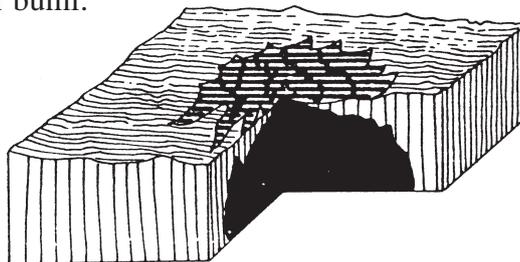
- (1) *Erupsi linear*, yaitu peristiwa keluarnya magma melalui celah atau retakan yang memanjang, sehingga membentuk deretan gunungapi.



Gambar 4.17 Linear

(Sumber: Moh. Ma'mur Tanudidjaja, 1988, halaman 204)

- (2) *Erupsi areal*, yaitu letusan yang terjadi jika letak magma dekat dengan permukaan bumi, kemudian magma membakar dan melelehkan lapisan batuan yang berada di atasnya sehingga membentuk lubang yang besar di permukaan bumi.



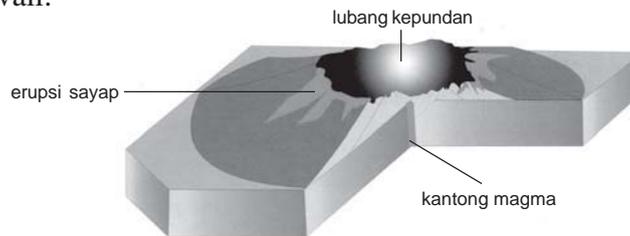
Gambar 4.18 Erupsi areal

(Sumber: Moh. Ma'mur Tanudidjaja, 1988, halaman 205)

- (3) *Erupsi sentral*, jika letusan yang terjadi keluar melalui sebuah lubang

yang membentuk gunungapi yang terpisah-pisah. Erupsi sentral menghasilkan tiga bentuk gunung api, yaitu sebagai berikut.

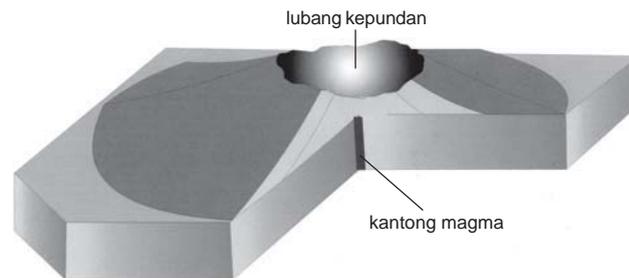
- (a) *Gunungapi perisai (Shield Volcanoes)*, yaitu sebuah gunung api yang beralas luas dan berlereng landai, merupakan hasil erupsi efusif magma yang cair. Contohnya, gunungapi yang tersebar di kepulauan Hawaii.



Gambar 4.19 Gunungapi prisai

(Sumber: www.e-dukasi.net)

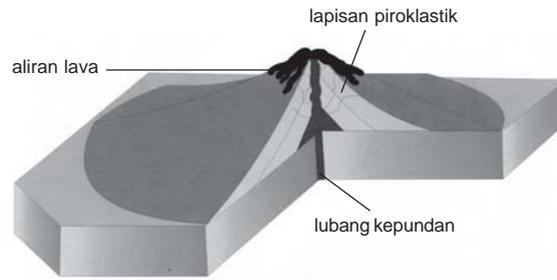
- (b) *Gunungapi maar*, merupakan hasil erupsi eksplosif yang tidak terlalu kuat dan hanya sekali saja. Contohnya, Gunung Lamongan Jawa Timur dengan kawahnya Klakah.



Gambar 4.20 Gunung api maar

(Sumber: www.e-dukasi.net)

- (c) *Gunungapi strato* atau *kerucut*, merupakan hasil campuran, efusif dan eksplosif yang berulang kali. Gunungapi ini berbentuk kerucut dan badannya berlapis-lapis. Akibat erupsi yang berpindah-pindah pusatnya, menyebabkan di sana sini terbentuk kerucut-kerucut gunungapi, sehingga bentuk gunungapi tersebut tidak teratur. Sebagian besar gunungapi di Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara dan Maluku termasuk gunungapi kerucut. Misalnya Gunung Kerinci, Merapi, Ciremai, Semeru, Batur, Tangkuban Perahu, dan Gunung Fujiyama di Jepang.



Gambar 4.21 Gunung api strato
(Sumber: www.e-dukasi.net)

- (d) *Erupsi freatik*, yaitu letusan yang berasal dari dalam lapisan litosfer akibat meningkatnya tekanan uap air.

Pada umumnya bentuk gunungapi di Indonesia adalah strato (kerucut). Gunungapi yang pernah meletus, umumnya berpuncak datar. Oleh karena itu, di Indonesia sering terjadi peristiwa gunung meletus. Magma yang keluar ke permukaan bumi dapat berupa padat, cair, dan gas. Material yang dikeluarkan oleh gunungapi tersebut, antara lain:

- (1) *Eflata* (material padat) berupa lapili, kerikil, pasir, dan debu. Lava dan lahar berupa material cair.
- (2) *Ekshalasi* (gas) berupa nitrogen belerang dan gas asam.

Tipe letusan gunungapi ditentukan berdasarkan kedalaman dapur magma, volume dapur magma, dan kekentalan (*Viscositas*) magma. Viscositas magma bergantung pada susunan dan tingginya suhu. Semakin tinggi suhunya maka semakin besar viscositasnya.

Menurut tipe letusannya, gunungapi dapat dibedakan seperti yang dijelaskan berikut ini.

(1) Tipe Hawaii

Tipe ini mempunyai ciri, yaitu lava cair yang mengalir keluar (letusan air mancur). Contoh, Gunung Mauna Loa di Kepulauan Hawaii.

(2) Tipe Stromboli

Tipe stromboli mempunyai ciri-ciri yaitu seringnya terjadi letusan-letusan kecil yang tidak begitu kuat, namun terus-menerus, dan banyak mengeluarkan *efflata*. Contoh, Gunung Vesuvius di Italia, Gunung Raung di Jawa, dan Gunung Batur di Bali.

(3) Tipe Vulkanos

Tipe vulkanos mempunyai ciri-ciri, yaitu cairan magma yang kental dan dapur magma yang bervariasi dari dangkal sampai dalam, sehingga memiliki

tekanan yang sedang sampai tinggi. Tipe ini merupakan tipe letusan gunung api pada umumnya. Contoh, Gunung Semeru di Jawa Timur.

(4) Tipe Perret

Tipe perret termasuk tipe yang sangat merusak karena ledakannya sangat dahsyat. Ciri utama tipe ini ialah letusan tiangan, gas yang sangat tinggi, dan dihiasi oleh awan menyerupai bunga kol di ujungnya. Contoh, letusan Gunung Krakatau pada tahun 1883 merupakan tipe perret yang letusannya paling kuat dengan fase gas setinggi 50 km. Karena letusannya sangat hebat, menyebabkan puncak gunung menjadi tenggelam dan merosotnya dinding kawah, kemudian membentuk sebuah kaldera.

(5) Tipe Merapi

Lava kental yang mengalir keluar perlahan-lahan dan membentuk sumbat kawah adalah ciri-ciri tipe Merapi. Karena tekanan gas dari dalam semakin kuat, maka kawah tersebut terangkat dan bagian luarnya pecah-pecah disertai awan panas yang membahayakan penduduk.

(6) Tipe St. Vincent

Tipe letusan ini merupakan tipe letusan dengan lava yang kental, tekanan gas sedang, dan dapur magma yang dangkal. Contohnya, Gunung Kelud dan St. Vincent.

(7) Tipe Pelle

Tipe letusan yang dicirikan dengan lava kental, tekanan gas tinggi, dan dapur magma yang dalam. Contohnya, Gunung Montagne Pelee di Amerika Tengah.

Perlu kamu ketahui bahwa suatu gunungapi yang akan meletus memperlihatkan tanda-tanda yang dapat dicirikan, sebagai berikut:

- a) Suhu di sekitar gunung naik
- b) Mata air menjadi kering
- c) Sering mengeluarkan suara gemuruh dan kadang-kadang disertai getaran (gempa)
- d) Tumbuhan di sekitar gunung menjadi layu, dan binatang di sekitar gunung bermigrasi.

Tanda-tanda tersebut di atas, menandakan intrusi magma yang terus mendesak ke permukaan, apabila desakan ini cukup kuat, maka yang terjadi adalah letusan gunungapi. Setelah terjadi letusan gunung itu mengalami istirahat, tetapi aktifitas gunung tersebut masih berlangsung, sehingga suatu saat dapat mengeluarkan suatu tanda-tanda aktif kembali. Peristiwa vulkanik yang terdapat

pada gunungapi setelah meletus (postvulkanik), antara lain terdapatnya sumber gas H_2S , H_2O , dan CO_2 sumber air panas atau geysir.

Fenomena bentuk permukaan bumi tidak hanya terjadi selama proses vulkanisme, tetapi memperlihatkan juga bentukan lain dari *pasca vulkanik* atau *post vulkanik*, yaitu suatu fase (massa) pada sebuah gunung berapi tidak memperlihatkan gejala-gejala keaktifannya. Tanda-tanda gejala *pasca vulkanik* antara lain sebagai berikut:

- (1) Terdapatnya sumber air panas yang banyak mengandung mineral, terutama belerang, seperti di Ciater dan Cipanas Jawa Barat; serta Batu Raden Jawa Tengah.
- (2) Terdapatnya geysir, yaitu semburan air panas yang keluar secara berkala dari celah-celah batuan, seperti di Cisolok (Sukabumi, Jawa Barat), The Old Faithfull Geysir di Taman Nasional Yellow Stone (USA);
- (3) Terdapatnya ekshalasi (sumber gas) berupa: *fumarola* (sumber uap air dan zat lemas); *solfatar* (sumber gas belerang); dan *mofel* (sumber gas asam arang).

Keberadaan gunung berapi di suatu daerah, selain menimbulkan dampak negatif berupa bencana, seperti letusan, gas beracun dan tanah longsor yang selalu mengancam penduduk sekitarnya, ternyata dapat pula membawa dampak positif berupa manfaat yang sangat besar bagi kehidupan, antara lain sebagai berikut:

- (1) Sebagai *sumber energi*, sebab sumber panas dari gunung berapi dapat dijadikan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) seperti yang terdapat di Gunung Kamojang di Jawa Barat dan Gunung Dieng di Jawa Tengah.
- (2) Sebagai *sumber mineral dan bahan galian*, seperti intan, timah, tembaga, belerang, dan batuapung.
- (3) Sebagai *obyek wisata dan olahraga*, misalnya hiking, climbing, layang gantung, dan bersepeda gunung.
- (4) Sebagai *daerah pertanian yang subur*, hal ini disebabkan material yang dikeluarkan oleh gunung berapi banyak mengandung unsur dan mineral yang dapat membuat tanah di sekitarnya menjadi subur dan mengalami peremajaan.
- (5) Sebagai *daerah hujan orografis*, yaitu hujan yang terjadi karena adanya penghalang berupa gunung atau pegunungan, sehingga daerah gunung berapi merupakan tempat yang berfungsi hidrologis bagi daerah sekitarnya.
- (6) Sebagai *sumber plasma nutfah*, karena variasi ketinggian secara vertikal dari gunung berapi dapat mengakibatkan plasma nutfah yang hidup menjadi sangat bervariasi pula.

- (7) Sebagai *sanatorium* untuk penderita penyakit tertentu, sebab gunung ataupun pegunungan mempunyai udara yang sejuk dan segar.

3) Gempa bumi

Gempa bumi adalah getaran yang berasal dari dalam bumi yang merambat sampai ke permukaan bumi yang disebabkan oleh tenaga endogen.

Ilmu yang secara khusus mempelajari gempa disebut *seismologi*, sedangkan ilmuwan yang mengkhususkan diri untuk mempelajari gempa disebut *seismolog*. Alat yang digunakan untuk mengukur dan mencatat kekuatan getaran gempa disebut *seismograf* atau *seismometer*. Jadi, dengan alat ini akan diketahui besarnya kekuatan getaran gempa dan lamanya gempa.

Para pakar seismologi telah mengembangkan tata cara penggunaan informasi tentang gempa bumi. Permukaan bumi terbentuk dari lapisan batuan paling luar yang disebut *kerak bumi*. Kerak bumi yang pecah membentuk potongan-potongan besar yang saling berpasangan. Potongan-potongan ini disebut *lempeng*. Lempeng ini bergerak perlahan dengan saling bergesekan, menekan, dan mendesak bebatuan. Akibatnya, tekanan bertambah besar. Jika tekanannya besar, maka bebatuan bawah tanah akan pecah dan terangkat. Pelepasan tekanan ini merambatkan getaran yang menyebabkan gempa bumi. Setiap tahun, terjadi sekitar 11 juta gempa bumi dan 34.000 nya cukup kuat untuk kita rasakan.



Gambar 4.22

Akibat gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta, 2006

(Sumber: images.myybaby.multiply.com)

Beberapa gempa terbesar di dunia terjadi karena proses subduksi. Dalam proses ini, terjadi tumbukan antara dua lempeng, dengan salah satu lempeng kerak terdorong ke bawah lempeng yang lain. Biasanya, lempeng samudera

di laut menumbuk lempeng benua yang lebih tipis di darat. Lempeng samudera yang jatuh dan bergesekan dengan lempeng di atasnya dapat melelehkan kedua bagian lempeng tersebut. Akibat tumbukan ini dapat menghasilkan gunungapi dan menyebabkan gempa bumi.

Agar bisa membaca peta informasi gempa, kita harus mengenal beberapa istilah yang biasa dipergunakan dalam peta gempa, yaitu sebagai berikut:

- a) *Hiposentrum*, yaitu titik pusat terjadinya gempa yang terletak di lapisan bumi bagian dalam.
- b) *Episentrum*, yaitu titik pusat gempa bumi yang terletak di permukaan bumi, tegak lurus dengan hiposentrum.
- c) *Fokus*, yaitu jarak antara hiposentrum dengan episentrum.
- d) *Isoseista*, yaitu garis pada peta yang menghubungkan daerah-daerah yang mengalami intensitas getaran gempa yang sama besarnya.
- e) *Pleistoseista*, yaitu garis pada peta yang menunjukkan daerah yang paling kuat menerima goncangan gempa. Daerah tersebut terletak di sekitar episentrum.
- f) *Homoseista*, yaitu garis pada peta yang menghubungkan daerah yang menerima getaran gempa yang pertama pada waktu yang bersamaan.

a) Klasifikasi gempa

Gempa dapat diklasifikasikan berdasarkan faktor penyebabnya, kedalaman hiposentrum, jarak episentral, dan letak pusat gempa.

(1) Berdasarkan faktor penyebabnya

- (a) *Gempa bumi runtuhuan (Fall Earthquake)*
Gempa ini terjadi akibat runtuhnya batu-batu raksasa di sisi gunung, atau akibat runtuhnya gua-gua besar. Radius getaran tidak begitu besar atau tidak terasa.
- (b) *Gempa bumi vulkanik (Volcanic Earthquake)*
Gempa ini terjadi akibat aktivitas gunung api. Dalam banyak peristiwa, gempa bumi ini mendahului erupsi gunung api, tetapi lebih sering terjadi secara bersamaan. Getaran gempa vulkanik lebih terasa dibandingkan getaran gempa runtuhuan, getarannya terasa di daerah yang lebih luas.
- (c) *Gempa bumi tektonik (Tectonic Earthquake)*
Gempa ini terjadi akibat proses tektonik di dalam litosfer yang berupa pergeseran lapisan batuan tua terjadi dislokasi. Gempa ini memiliki kekuatan yang sangat besar dan meliputi daerah yang sangat luas.

(2) Berdasarkan bentuk episentrum

- (a) *Gempa linear*, yaitu gempa yang episentrumnya berbentuk garis. Gempa tektonik merupakan gempa linear. Salah satu akibat tektonisme adalah patahan.
- (b) *Gempa sentral*, yaitu gempa yang episentrumnya berupa titik. Gunung api pada erupsi sentral adalah sebuah titik letusan, demikian juga runtuhannya retak bumi.

(3) Berdasarkan kedalaman hiposentrum

- (a) *Gempa dangkal*, memiliki kedalaman hiposentrumnya kurang dari 100 km di bawah permukaan bumi.
- (b) *Gempa menengah*, memiliki kedalaman hiposentrumnya antara 100 km-300 km di bawah permukaan bumi.
- (c) *Gempa dalam*, memiliki kedalaman hiposentrumnya antara 300-700 km di bawah permukaan bumi. Sampai saat ini tercatat gempa terdalam 700 km.

(4) Berdasarkan jarak episentrum

- (a) Gempa setempat, berjarak kurang dari 10.000 km.
- (b) Gempa jauh, berjarak 10.000 km.
- (c) Gempa jauh sekali, berjarak lebih dari 10.000 km.

(5) Berdasarkan letak pusat gempa

- (a) *Gempa laut*, terjadi jika letak episentrumnya terletak di dasar laut atau dapat pula dikatakan episentrumnya terletak di permukaan laut. Gempa ini terjadi karena getaran permukaan dirambatkan di permukaan laut bersamaan dengan yang dirambatkan pada permukaan bumi di dasar laut.
- (b) *Gempa darat*, terjadi jika episentrumnya berada di daratan

b) Gelombang gempa

Titik di bawah tanah, tepat di tempat bebatuan berguncang dan menyebabkan gempa bumi disebut *pusat* atau *hiposentrum*. Mungkin, titik ini berada ratusan kilometer di bawah tanah. Gerakan bebatuan menyebabkan getaran yang disebut *gelombang seismik*.

Gelombang seismik bergerak sangat cepat ke segala arah dari pusat gempa. Gelombang paling kuat terjadi pada titik hiposentrum yang ada di permukaan bumi yang letaknya tepat di atas pusat gempa (episentrum). Semakin jauh dari pusat, gelombang seismik akan semakin lemah. Jumlah kerusakan yang biasa terjadi akibat gelombang seismik tergantung pada banyaknya jenis bebatuan yang membentuk permukaan bumi.

Batu granit padat dan lapisan tebal batu pasir akan berguncang lebih pelan daripada tanah berpasir yang sering kita temukan di dekat sungai atau pantai. Kadang-kadang, pecahnya batuan di sepanjang patahan akan merambatkan serangkaian gempa kecil yang terjadi sebelum gempa besar. Gempa kecil itu disebut gempa awal dan menjadi peringatan penduduk untuk mencari tempat yang aman.

Pada dasarnya, ada tiga macam gelombang gempa, yaitu sebagai berikut:

- (1) *Gelombang longitudinal* atau *gelombang primer (P)*, yaitu gelombang yang merambat dari hiposentrum ke segala arah dan tercatat pertama kali oleh seismograf dengan kecepatan antara 7 - 14 km per detik dan periode gelombang 5 - 7 detik.
- (2) *Gelombang transversal* atau *gelombang sekunder (S)*, yaitu gelombang yang merambat dari hiposentrum ke segala arah dan tercatat sebagai gelombang kedua oleh seismograf dengan kecepatan antara 4 - 7 km per detik dan periode gelombang 11 - 13 detik.
- (3) *Gelombang panjang* atau *gelombang permukaan*, yaitu gelombang yang merambat dari episentrum menyebar ke segala arah di permukaan bumi dengan kecepatan antara 3,5 - 3,9 km per detik dan periode gelombang relatif lama.

Di permukaan, juga ada dua jenis gelombang seismik, yaitu *gelombang rayleigh* merupakan gelombang yang bergerak turun naik dan *gelombang love* merupakan gelombang yang mendorong bebatuan dari satu sisi ke sisi yang lain sambil menjalar. Gelombang permukaan lebih lambat dibandingkan dengan gelombang utama, tetapi kerusakan yang ditimbulkan jauh lebih dahsyat. Kedahsyatan itu disebabkan lamanya rambatan gelombang ini.

Cara menentukan letak pusat terjadinya gempa di permukaan bumi atau letak episentrum dapat dilakukan dengan menggunakan *metoda homoseista*, yaitu suatu metoda penentuan letak episentrum dengan melakukan pencatatan waktu datangnya gelombang gempa yang pertama (gelombang primer) pada waktu yang bersamaan dari minimal tiga tempat yang berbeda. Contohnya Stasiun pencatat gempa di Kota Bogor, Cianjur dan Sukabumi mencatat gelombang gempa yang pertama pada pukul 10.30. Hal itu berarti ketiga tempat tersebut berada pada satu homoseista.

Untuk menentukan episentrumnya, buatlah garis yang menghubungkan Kota Bogor dengan Cianjur dan garis yang menghubungkan Kota Bogor dengan Sukabumi pada peta Provinsi Jawa Barat, kemudian buatlah garis tegak lurus pada titik tengah garis yang menghubungkan kota-kota tersebut. Titik perpotongan dua garis tegak lurus itulah *episentrum gempa*.

Pencatatannya dilakukan di beberapa tempat yang berbeda, sehingga pusat gempa dan episentrumnya bisa diketahui secara tepat. Untuk menentukan letak suatu episentrum gempa, diperlukan catatan gempa bumi dari minimal tiga pencatat gempa bumi. Jarak stasion ke episentrum dapat dihitung dengan menggunakan *Hukum Laska* berikut:

$$\Delta = \{(S - P) - 1\} \times 1 \text{ megameter}$$

- Δ = Delta, menunjukkan jarak ke episentrum
 S = Saat tibanya gelombang S pada seismograf
 P = Saat tibanya gelombang P pada seismograf
 r = 1 menit; 1 megameter = 1.000 km.

Contoh soal:

Gempa Gunung Tangkubanperahu tercatat pada seismograf stasion di Garut sebagai berikut:

- Gelombang longitudinal tercatat pada jam 08 25' 25"
- Gelombang transversal tercatat pada jam 08 26' 40"

Berapa jarak Garut dari episentrum gempa?

Jawab:

$$\begin{aligned}
 \text{Delta} &= \{(08\ 26'\ 40'' - 08\ 25'\ 25'') - 1'\} \times 1.000 \text{ km} \\
 &= (01'\ 15'' - 1') \times 1.000 \text{ km} \\
 &= \frac{15}{60} \times 1.000 \text{ km} \\
 &= 250 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Jarak dari episentrum ke Garut adalah sekitar 250 km.

Tabel 4.2
Waktu untuk Gelombang Primer dan Sekunder

Jarak gempa (km)	Waktu yang diperlukan				Interval waktu gelombang P dan S	
	P		S		P (menit)	S (menit)
	Menit	Detik	Menit	Detik		
1.600	3	22	6	03	2	41
3.100	5	56	10	48	4	52
4.900	8	01	14	28	6	27
6.500	9	50	17	50	8	00
8.000	11	26	20	51	9	25
9.500	12	43	23	27	10	44
11.000	13	50	25	39	11	49

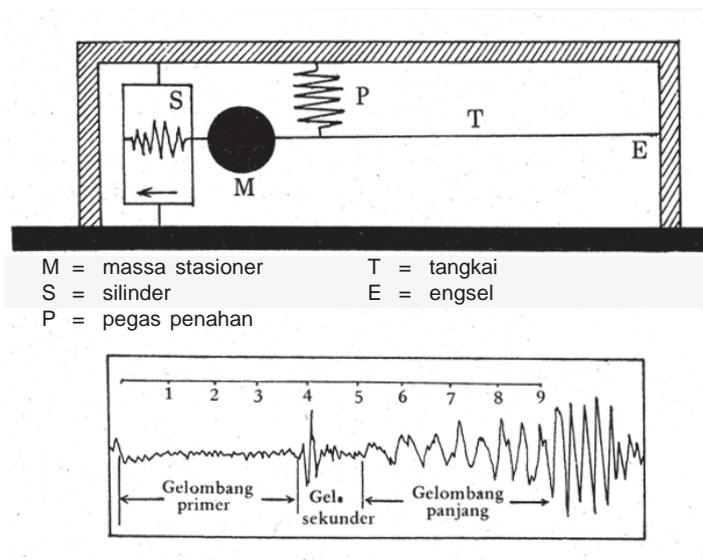
Sumber: Bayang Tjasyono, 2006, halaman 195

Letak hiposentrum (kedalaman gempa) dapat ditentukan dengan mencatat secara sistematis deviasi waktu datangnya *gelombang primer* dan *gelombang panjang*. Makin besar deviasinya maka makin dalam hiposentrumnya. Daerah di permukaan bumi yang paling parah menderita guncangan gempa adalah daerah yang berdekatan dengan episentrum.

Model pengukuran pertama ditemukan oleh seorang Italia bernama *Guisepppe Mercalli* tahun 1902. Skala pengukuran yang biasa digunakan adalah *Skala Richter* yang menggunakan hasil pengukuran seismograf untuk membandingkan kekuatan dan luasnya gempa yang terjadi.

Seismograf modern menggambarkan gerakan tanah pada kertas yang ditempelkan pada silinder yang berputar. Hasil yang berupa garis bergelombang pada grafik membentuk seismogram yang dapat dicetak atau ditampilkan pada layar komputer. Semakin besar gempa bumi yang terjadi, gerakan tanahnya juga semakin kuat, dan puncak yang tergambar pada seismogram juga semakin tinggi. Seismograf dibagi menjadi dua macam, yaitu sebagai berikut.

- (1) *Seismograf horizontal*, yaitu seismograf yang mencatat gempa bumi dengan arah mendatar. Seismograf tersebut terdiri atas sebuah massa stasioner yang digantung dengan tali panjang pada sebuah tiang yang tinggi. Pada massa stasioner tersebut, dipasang jarum yang ujungnya disentuhkan pada permukaan silinder dan diputar seperti jarum jam. Tiang penopang dipancangkan di tanah. Pada waktu gempa, silinder bersama bumi bergetar, sedangkan masa stasioner tidak terpengaruh oleh getaran ini, sehingga terbentuklah goresan pada silinder.

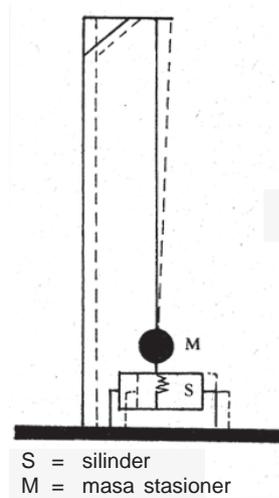


Gambar 4.23

Seismograf horizontal, dan seismogram

(Sumber: Moh. Ma'mur Tanudjijaja, 1988, halaman 224-226)

- (2) *Seismograf vertikal*, yaitu seismograf yang mencatat gelombang berarah vertikal. Massa stasioner pada seismograf ditahan oleh sebuah tangkai yang dipasang pada sebuah tiang dengan engsel. Tangkai tersebut bersamaan dengan massa stasioner ditahan oleh sebuah pegas untuk mengimbangi gravitasi bumi. Ujung massa stasioner yang berjarum disentuhkan pada silinder yang dipasang vertikal.



Gambar 4.24
Seismograf vertikal

(Sumber: Moh. Ma'mur Tanudjijaja, 1988, halaman 224-226)

c) *Intensitas kekuatan gempa*

Untuk mengetahui intensitas kekuatan gempa, maka kita menggunakan skala intensitas gempa. Skala yang biasa digunakan adalah *Richter Magnitude Scale* dan *Modified Mercalli Intensity*. Richter mendasarkan skalanya pada *magnitudo* dengan menggunakan angka 1 sampai 9. Jadi semakin besar angka, semakin besar magnitudonya.

Tabel 4.3
Skala Gempa Menurut Richter

Magnitudo	Keterangan	Rata-rata per Tahun	Klasifikasi Umum
0 – 1,9	-	700.000	Goncangan Kecil (<i>Small Shock earthquake</i>)
2 – 2,9	-	300.000	Goncangan Kecil (<i>Small Shock Earthquake</i>)
3 – 3,9	Kecil	40.000	Gempa Keras (<i>Strongly Felt Earthquake</i>)
4 – 4,9	Ringan	6.200	Gempa Merusak (<i>Damaging Earthquake</i>)
5 – 5,9	Sedang	800	Gempa Destruktif (<i>Destructive Earthquake</i>)
6 – 6,9	Kuat	120	Gempa Destruktif (<i>Destructive Earthquake</i>)
7 – 7,9	Besar	18	Gempa Besar (<i>Major Earthquake</i>)
8 – 8,9	Dahsyat	1 dalam 10-20 tahun	Bencana Nasional (<i>National Disaster</i>)

(Sumber: IPBA, halaman 24)

Karena Jepang memiliki derajat gempa yang kuat, skala yang disusun oleh Omori dimulai dengan derajat kerusakan yang cukup kuat dan berakhir dengan skala VII.

Tabel 4.4
Skala Omori

Intensitas	Gejala-gejala yang diakibatkan
I	Getaran-getaran lunak dirasakan oleh banyak orang akan tetapi tidak semua
II	Getaran sedang, semua orang terbangun karena bunyi jendela, pintu dan barang-barang pecah
III	Getaran agak kuat, jam dinding berhenti, pintu dan jendela terbuka
IV	Getaran kuat, gambar dinding berjatuhan, dinding tembok retak-retak
V	Getaran sangat kuat, dinding dan atap rumah roboh.
VI	Rumah yang kuat roboh
VII	Kerusakan menyeluruh

(Sumber: IPBA, halaman 24)

Selain kedua intensitas kekuatan gempa menurut dua ahli di atas, juga terdapat ahli gempa lainnya yaitu *Marcelli*, beliau mendasarkan skala intensitas gempa yang ditaksir berdasarkan efek geologis dan pengaruhnya terhadap bangunan-bangunan yang dibuat manusia. Skala ini disusun dengan memakai angka I sampai XII. Coba kamu cari informasi tentang skala intensitas kekuatan gempa menurut *Marcelli* dari buku-buku sumber yang relevan!

d) Proses terjadinya tsunami

Saat ini, berita tentang bahaya Tsunami terus mengancam di berbagai wilayah dunia yang dilalui oleh zona-zona tumbukan lempeng, seperti di Indonesia. Tsunami adalah gelombang laut tinggi yang muncul akibat pengaruh terjadinya gempa yang bersumber di bawah laut. Jika bagian dasar laut naik atau turun secara mendadak maka air di atasnya akan mengalami guncangan yang berupa gelombang-gelombang hebat yang dipancarkan ke seluruh arah, sehingga terjadilah *tsunami*. Kecepatan gelombang ini tergantung pada kedalaman dasar laut dan gaya gravitasi bumi. Ketika tsunami bergerak cepat melintasi samudera, gelombangnya tetap rendah. Tetapi ketika mencapai pantai, gelombang tersebut naik, sehingga membentuk dinding air raksasa. Gelombang bergerak cepat menuju daratan, merusak segala sesuatu yang dilaluinya. Tinggi gelombang tsunami bisa mencapai 30 meter.

Gelombang inilah yang telah meluluh-lantakkan Tanah Aceh akhir bulan Desember 2004 dengan memakan korban jiwa lebih dari 100.000 orang. Begitu pula baru-baru ini di pertengahan tahun 2006, tsunami terjadi lagi

di daerah obyek wisata Pangandaran Jawa Barat dan beberapa daerah sekitar pantai selatan Pulau Jawa, walaupun tidak sebesar kejadian di Aceh.



Gambar 4.25
Gelombang laut akibat terjadinya tsunami di Aceh, 2004
(Sumber: www.all4all.org/ima)

Jalur gempa di dunia sebagian besar tersebar di Samudera Pasifik yang disebut Sabuk Pasifik. Dari seluruh gempa bumi yang terjadi di dunia 80% terjadi di sabuk Pasifik, seperti gempa di Chili (1960), Peru (1970), Guatemala (1976), San Fransisco (1906), Alaska (1964), Tokyo (1923), Taiwan (1963), Filipina (1976), Irian Jaya (1971), dan lain-lain. Gempa pada jalur ini terus berlangsung intensif hingga sekarang. Coba Anda cari informasi tentang kejadian gempa di jalur Sabuk Pasifik dari tahun 2004 hingga 2006!

Sabuk gempa dengan sistem regangan terjadi di dasar laut. Selain di Samudera Pasifik, juga di sepanjang Atlantik yang panjangnya ratusan kilometer dengan lebar antara 10 sampai 40 km, dan di Samudera Hindia. Untuk itulah, Indonesia telah menjadi bagian dari negara yang paling banyak menerima gempa dan dapat menimbulkan tsunami.

b. Bentuk muka bumi akibat tenaga eksogen

Tenaga eksogen adalah tenaga yang berasal dari luar perut bumi. Tenaga eksogen merupakan tenaga yang dapat merombak dan merubah bentuk muka bumi atau bentang lahan yang telah ada. Perombakan muka bumi akibat tenaga eksogen dapat disebabkan oleh proses pelapukan, pengikisan, pengendapan, dan pergerakan batuan atau tanah. Proses perombakan atau perubahan muka bumi ini, pengerjaannya dilakukan oleh air, udara, dan es.

1) Pelapukan

Pelapukan adalah peristiwa penghancuran massa batuan, baik secara fisika, kimiawi, maupun secara biologis. Proses pelapukan batuan membutuhkan

waktu yang sangat lama. Semua proses pelapukan umumnya dipengaruhi oleh cuaca. Batuan yang telah mengalami proses pelapukan akan berubah menjadi tanah. Apabila tanah tersebut tidak bercampur dengan mineral lainnya, maka tanah tersebut dinamakan *tanah mineral*.

a) Faktor-faktor yang mempengaruhi pelapukan

Ada empat faktor yang mempengaruhi terjadinya pelapukan batuan, yaitu sebagai berikut.

(1) *Keadaan struktur batuan*

Struktur batuan adalah sifat fisik dan sifat kimia yang dimiliki oleh batuan. Sifat fisik batuan, misalnya warna batuan, sedangkan sifat kimia batuan adalah unsur-unsur kimia yang terkandung dalam batuan tersebut. Kedua sifat inilah yang menyebabkan perbedaan daya tahan batuan terhadap pelapukan. Batuan yang mudah lapuk misalnya batu lempeng (batuan sedimen), sedangkan batuan yang susah lapuk misalnya batuan beku.

(2) *Keadaan topografi*

Topografi muka bumi juga ikut mempengaruhi proses terjadinya pelapukan batuan. Batuan yang berada pada lereng yang curam, cenderung akan mudah melapuk dibandingkan dengan batuan yang berada di tempat yang landai. Pada lereng yang curam, batuan akan dengan sangat mudah terkikis atau akan mudah terlapukkan karena langsung bersentuhan dengan cuaca sekitar. Tetapi pada lereng yang landai atau rata, batuan akan terselimuti oleh berbagai endapan, sehingga akan memperlambat proses pelapukan dari batuan tersebut.

(3) *Cuaca dan iklim*

Unsur cuaca dan iklim yang mempengaruhi proses pelapukan adalah suhu udara, curah hujan, sinar matahari, angin, dan lain-lain. Pada daerah yang memiliki iklim lembab dan panas, batuan akan cepat mengalami proses pelapukan. Pergantian temperatur antara siang yang panas dan malam yang dingin akan semakin mempercepat pelapukan, apabila dibandingkan dengan daerah yang memiliki iklim dingin.

(4) *Keadaan vegetasi*

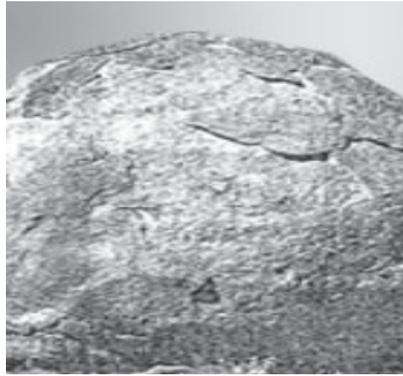
Vegetasi atau tumbuh-tumbuhan juga akan mempengaruhi proses pelapukan, sebab akar-akar tumbuhan tersebut dapat menembus celah-celah batuan. Apabila akar tersebut semakin membesar, maka kekuatannya akan semakin besar pula dalam menerobos batuan. Selain itu, serasah dedaunan yang gugur juga akan membantu mempercepat batuan melapuk. Sebab, serasah batuan mengandung zat asam arang dan humus yang dapat merusak kekuatan batuan.

b) Jenis-jenis pelapukan

Dilihat dari prosesnya, pelapukan dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut:

(1) Pelapukan mekanik

Pelapukan mekanik (fisis), yaitu peristiwa hancur dan lepasnya material batuan, tanpa mengubah struktur kimiawi batuan tersebut. Pelapukan mekanik merupakan penghancuran bongkah batuan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil.



Gambar 4.26

Proses melapis bawang pada pelapukan batuan

(Sumber: www.e-dukasi.net)

Ada beberapa faktor yang menyebabkan pelapukan mekanik, yaitu sebagai berikut.

(a) Akibat perbedaan temperatur

Batuan akan mengalami proses pemuaian apabila panas dan sekaligus pengerutan pada waktu dingin. Apabila proses ini berlangsung terus menerus, maka lambat laun batuan akan mengelupas, terbelah, dan pecah menjadi bongkah-bongkah kecil.

(b) Akibat erosi di daerah pegunungan.

Air yang membeku di sela-sela batuan volumenya akan membesar, sehingga air akan menjadi sebuah tenaga tekanan yang merusak struktur batuan.

(c) Akibat kegiatan makhluk hidup seperti hewan dan tumbuh-tumbuhan.

Akar tumbuhan akan merusak struktur batuan, begitu juga dengan hewan yang selalu membawa butir-butir batuan dari dalam tanah ke permukaan. Selain makhluk hidup dan tumbuh-tumbuhan, manusia juga memberikan andil dalam terjadinya pelapukan mekanis (fisik). Dengan pengetahuannya, batuan sebesar kapal dapat dihancurkan dalam sekejap dengan menggunakan dinamit.

(d) *Akibat perubahan air garam menjadi kristal*

Jika air tanah mengandung garam, maka pada siang hari airnya menguap dan garam akan mengkristal. Kristal garam ini tajam sekali dan dapat merusak batuan pegunungan sekitarnya, terutama batuan karang.

(2) *Pelapukan kimiawi*

Pelapukan kimiawi, yaitu proses pelapukan massa batuan yang disertai dengan perubahan susunan kimiawi batuan yang lapuk tersebut. Pelapukan ini terjadi dengan bantuan air, dan dibantu dengan suhu yang tinggi. Proses yang terjadi dalam pelapukan kimiawi ini disebut *dekomposisi*.

Terdapat empat proses yang termasuk pada pelapukan kimia, yaitu sebagai berikut.

- (a) *Hidrasi*, yaitu proses batuan yang mengikat batuan di atas permukaan saja.
- (b) *Hidrolisa*, yaitu proses penguraian air (H_2O) atas unsur-unsurnya menjadi ion-ion positif dan negatif. Jenis proses pelapukan ini terkait dengan pembentukan tanah liat.
- (c) *Oksidasi*, yaitu proses pengkaratan besi. Batuan yang mengalami proses oksidasi umumnya akan berwarna kecoklatan, sebab kandungan besi dalam batuan mengalami pengkaratan. Proses pengkaratan ini berlangsung sangat lama, tetapi pasti batuan akan mengalami pelapukan.
- (d) *Karbonasi*, yaitu pelapukan batuan oleh *karbondioksida* (CO_2). Gas ini terkandung pada air hujan ketika masih menjadi uap air. Jenis batuan yang mudah mengalami karbonasi adalah batuan kapur. Reaksi antara CO_2 dengan batuan kapur akan menyebabkan batuan menjadi rusak. Pelapukan ini berlangsung dengan batuan air dan suhu yang tinggi. Air yang banyak mengandung CO_2 (Zat asam arang) dapat dengan mudah melarutkan batu kapur ($CaCO_3$). Peristiwa ini merupakan pelarutan dan dapat menimbulkan gejala karst. Proses pelapukan batuan secara kimiawi di daerah karst disebut *kartifikasi*.

Gejala atau bentuk-bentuk alam yang terjadi di daerah karst di antaranya sebagai berikut.

(1) *Dolina*

Dolina adalah lubang-lubang yang berbentuk corong. Dolina dapat terjadi karena erosi (pelarutan) atau karena runtuhannya. Dolina terdapat hampir di semua bagian pegunungan kapur di Jawa bagian selatan, yaitu di Pegunungan Seribu.



Gambar 4.27 Dolina
(Sumber: www.e-dukasi.net)

(2) *Gua dan sungai bawah tanah*

Di dalam batuan kapur biasanya terdapat celah atau retakan yang disebut *diaklas*. Karena proses pelarutan oleh air, maka retakan/celah itu akan semakin membesar dan membentuk gua-gua atau lubang-lubang di dalam tanah yang sebagian di antaranya sebagai tempat mengalirnya sungai bawah tanah.



Gambar 4.28
Gua Alam di Pangandaran,
Jawa Barat
(Sumber: Koleksi Penulis 2007)

(3) *Stalaktit*

Stalaktit adalah kerucut kapur yang menempel bergantung pada atap gua kapur. Terbentuk dari tetesan air kapur dari atap gua, berbentuk runcing dan mempunyai lubang pipa tempat menetesnya air. Stalagmit adalah kerucut kapur berbentuk tumpul yang menempel berdiri pada dasar gua, dan tidak mempunyai lubang pipa. Contohnya, stalaktit dan stalagmit yang terdapat di kompleks Gua Buniayu dan Ciguha Sukabumi Jawa Barat, Gua Tabuhan dan Gua Gong di Pacitan, Jawa Timur serta Gua Jatijajar di Kebumen, Jawa Tengah ataupun gua-gua yang ada di sekitar Maros Sulawesi Selatan.



Gambar 4.29
Stalaktit (atas) dan Stalakmit
(bawah) di Pangandaran,
Jawa Barat
(Sumber: Koleksi Penulis 2007)

(4) *Pelapukan organik (biologis)*

Pelapukan Organik, adalah pelapukan batuan oleh makhluk hidup. Pelapukan jenis ini dapat bersifat kimiawi ataupun mekanis. Adapun yang menjadi pembedanya adalah subyek yang melakukannya, yaitu makhluk hidup berupa manusia, hewan ataupun tumbuhan. Contohnya lumut, cendawan ataupun bakteri yang merusak permukaan batuan.

2) **Pengikisan (erosi)**

Pengikisan atau erosi adalah proses pelepasan dan pemindahan massa batuan secara alami dari satu tempat ke tempat lain oleh suatu tenaga yang bergerak di atas permukaan bumi. Ada empat jenis erosi bila dilihat dari zat pelarutnya, yaitu sebagai berikut.

a) **Ablasi**

Ablasi adalah erosi yang disebabkan oleh air yang mengalir. Air yang mengalir menimbulkan banyak gesekan terhadap tanah yang dilaluinya. Besarnya gesekan pada tanah dipengaruhi oleh besarnya air yang mengalir. Gesekan akan semakin besar jika kecepatan dan jumlah air semakin besar. Kecepatan air juga akan semakin besar jika gradien (kemiringan) lahan juga besar. Gesekan antara air dengan tanah atau batuan di dasar sungai dan gesekan antara benda benda padat yang terangkat air oleh tanah atau batuan di bawahnya dapat menyebabkan terjadinya pengikisan. Pengikisan oleh air sungai yang terjadi secara terus menerus dapat mengakibatkan terbentuk v, jurang atau ngarai, aliran deras, dan air terjun.

Bagaimana terjadinya lembah? Apabila kecepatan aliran air di dasar sungai cepat maka akan terjadi pengikisan di dasar sungai, atau sering disebut *erosi vertikal*. Apabila aliran air yang cepat terjadi di tepi sungai maka akan menyebabkan terjadinya pengikisan ke arah samping atau *erosi ke samping*. Hasil erosi vertikal, sungai semakin lama semakin dalam, sedangkan erosi ke samping menyebabkan sungai semakin lebar. Erosi vertikal membentuk huruf v. Contohnya, lembah Aria, Ngarai Sihanok, dan Grand Canyon di Amerika Serikat.

Bagaimana terjadinya jurang? Bentang alam yang dalam dan sempit, termasuk jurang. Jurang terbentuk jika pengikisan terjadi pada batuan yang resisten. Batuan resisten yang ada di kanan kiri sungai tidak mudah terkikis oleh air, sedangkan erosi vertikal terus berlangsung. Oleh karena itu, erosi vertikal berlangsung lebih cepat dibandingkan erosi ke samping. Akibatnya, dinding sungai sangat miring atau cenderung vertikal, sedangkan dasar sungai merupakan bahan yang resisten, yaitu batuan yang keras dan tidak mudah terkikis air.

Bagaimana terjadi aliran deras pada bagian sungai? Kadang kala kita menemui sungai yang pada beberapa bagiannya sangat deras, sedangkan bagian

yang lain tidak deras. Aliran air sungai yang deras terbentuk dari adanya jenis batuan yang selang-seling antara batuan yang resisten dan batuan yang tidak resisten pada dasar sungai. Saat air melewati batuan yang resisten, air akan sulit melakukan pengikisan, akibatnya dasar sungai menjadi tidak rata. Pada saat air melewati batuan yang tidak resisten, terjadi turbulensi dan terbentuk seperti air terjun pendek yang alirannya deras. Bentang alam seperti ini disebut *rapit* atau *aliran deras*.



Gambar 4.30
Aliran deras sungai
di Nyalindung, Sukabumi
(Sumber: koleksi penulis, 2007)

Erosi yang disebabkan oleh air yang mengalir dibagi dalam beberapa tingkatan, sesuai dengan tingkatan kerusakannya, yaitu sebagai berikut,

(1) *Erosi percik (Splash Erosion)*

Erosi percik yaitu proses pengikisan yang terjadi oleh percikan air. Percikan tersebut berupa partikel tanah dalam jumlah yang kecil dan diendapkan di tempat lain.

(2) *Erosi lembar (Sheet Erosion)*

Erosi lembar yaitu proses pengikisan tanah yang tebalnya sama atau merata dalam suatu permukaan tanah.

(3) *Erosi alur (Rill Erosion)*

Erosi alur terjadi karena air yang mengalir berkumpul dalam suatu cekungan, sehingga di cekungan tersebut terjadi erosi tanah yang lebih besar. Alur-alur akibat erosi dapat dihilangkan dengan cara pengolahan tanah biasa.

(4) *Erosi parit (Gully Erosion)*

Proses terjadinya erosi parit sama halnya dengan erosi alur, tetapi saluran-saluran yang terbentuk telah dalam, sehingga tidak dapat dihilangkan dengan pengolahan tanah biasa.

b) Abrasi

Abrasi yaitu erosi yang disebabkan oleh air laut sebagai hasil dari erosi marine. Tinggi rendahnya erosi akibat air laut dipengaruhi oleh besar kecilnya kekuatan gelombang. Erosi oleh air laut merupakan pengikisan di pantai oleh pukulan gelombang laut yang terjadi secara terus-menerus terhadap dinding pantai. Bentang alam yang diakibatkan oleh erosi air laut, antara lain *cliff* (tebing terjal), *notch* (takik), gua di pantai, *wave cut platform* (punggungan yang terpotong gelombang), tanjung, dan teluk. Cliff terbentuk karena gelombang

melemahkan batuan di pantai. Pada awalnya, gelombang meretakan batuan di pantai, kemudian retakan semakin membesar dan membentuk notch yang semakin dalam akan membentuk gua. Akibat diterjang gelombang secara terus menerus mengakibatkan atap gua runtuh dan membentuk cliff dan wave cut platform.



Gambar 4.31
Karang bolong hasil abrasi
di Pangandaran, Jawa Barat
(Sumber: Koleksi Penulis, 2007)

c) Eksarasi

Eksarasi yaitu erosi yang disebabkan oleh hasil pengerjaan es. Jenis erosi ini hanya terjadi pada daerah yang memiliki musim salju atau di daerah pegunungan tinggi. Proses terjadinya erosi, diawali oleh turunnya salju di suatu lembah pada lereng atau perbukitan. Lama kelamaan salju tersebut akan menumpuk pada lembah, sehingga menjadi padat dan terbentuklah massa es yang berat. Berkat gaya gravitasi, massa es tersebut akan merayap menuruni lereng pegunungan atau perbukitan.

d) Deflasi

Deflasi yaitu erosi yang disebabkan oleh tenaga angin. Pada awalnya angin hanya menerbangkan pasir dan debu, tetapi kedua benda tersebut dijadikan senjata untuk menghantam batuan yang lebih besar, sehingga akan mengikis batuan tersebut.

3) Pengendapan (Sedimentasi)

Sedimentasi adalah terbawanya material hasil dari pengikisan dan pelapukan oleh air, angin atau gletser ke suatu wilayah yang kemudian diendapkan. Semua batuan hasil pelapukan dan pengikisan yang diendapkan lama kelamaan akan menjadi batuan sedimen. Hasil proses sedimentasi di suatu tempat dengan tempat lain akan berbeda. Berikut adalah ciri bentang lahan akibat proses pengendapan berdasarkan tenaga pengangkutnya.

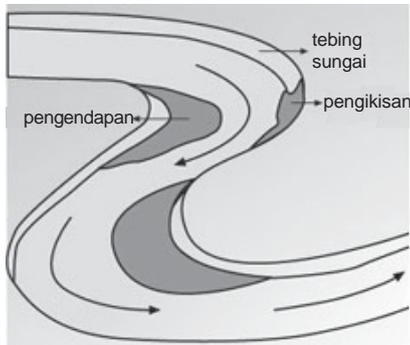
a) Pengendapan oleh air sungai

Batuan hasil pengendapan oleh air disebut *sedimen akuatis*. Bentang alam hasil pengendapan oleh air, antara lain meander, oxbow lake, tanggul alam, dan delta.

(1) Meander

Meander, merupakan sungai yang berkelok-kelok yang terbentuk karena adanya pengendapan. Proses berkelok-keloknya sungai dimulai dari sungai bagian hulu. Pada bagian hulu, volume airnya kecil dan tenaga yang terbentuk juga kecil. Akibatnya sungai mulai menghindari penghalang dan mencari jalan yang paling mudah dilewati. Sementara, pada bagian hulu belum terjadi pengendapan.

Pada bagian tengah, yang wilayahnya datar maka aliran airnya lambat, sehingga membentuk meander. Proses meander terjadi pada tepi sungai, baik bagian dalam maupun tepi luar. Di bagian sungai yang alirannya cepat, akan terjadi *pengikisan*, sedangkan bagian tepi sungai yang lamban alirannya, akan terjadi *pengendapan*. Apabila hal itu berlangsung secara terus-menerus akan membentuk *meander*.

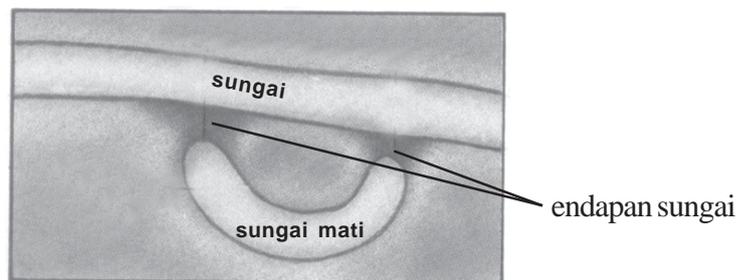


Gambar 4.32a
Proses terbentuknya meander
(Sumber: www.e-dukasi.net)

Gambar 4.32b Meander yang terdapat di
Sungai Niobrara, Nebraska
(Sumber: *Dynamic Earth*, 1994, halaman 143)

(2) Oxbow lake

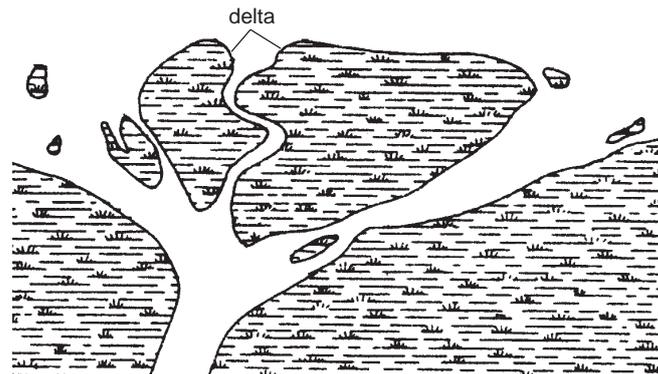
Meander biasanya terbentuk pada sungai bagian hilir, sebab pengikisan dan pengendapan terjadi secara terus-menerus. Proses pengendapan yang terjadi secara terus menerus akan menyebabkan kelokan sungai terpotong dan terpisah dari aliran sungai, sehingga terbentuk *oxbow lake*, atau disebut juga *sungai mati*.



Gambar 4.33 Sungai mati (*oxbow lake*)
(Sumber: *Dynamic Earth*, 1994, halaman 144)

(3) Delta

Pada saat aliran air mendekati muara, seperti danau atau laut, kecepatan alirannya menjadi lambat. Akibatnya, terjadi pengendapan sedimen oleh air sungai. Pasir akan diendapkan, sedangkan tanah liat dan lumpur akan tetap terangkut oleh aliran air. Setelah sekian lama, akan terbentuk lapisan-lapisan sedimen. Akhirnya lapisan-lapisan sedimen membentuk dataran yang luas pada bagian sungai yang mendekati muaranya dan membentuk *delta*.



Gambar 4.34 Delta

(Sumber: I Made Sandy, 1985, *Geografi Regional*, halaman 76)

Pembentukan delta harus memenuhi beberapa syarat. *Pertama*, sedimen yang dibawa oleh sungai harus banyak ketika akan masuk laut atau danau. *Kedua*, arus di sepanjang pantai tidak terlalu kuat. *Ketiga*, pantai harus dangkal. Contoh bentang alam ini adalah delta Sungai Musi, Kapuas, dan Kali Brantas.

(4) Tanggul alam

Apabila terjadi hujan lebat, volume air meningkat secara cepat. Akibatnya terjadi banjir dan air meluap hingga ke tepi sungai. Pada saat air surut, bahan-bahan yang terbawa oleh air sungai akan terendapkan di tepi sungai. Akibatnya, terbentuk suatu dataran di tepi sungai. Timbulnya material yang tidak halus (kasar) terdapat pada tepi sungai. Akibatnya tepi sungai lebih tinggi dibandingkan dataran banjir yang terbentuk. Bentang alam itu disebut *tanggul sungai*. Selain itu, juga terdapat tanggul pantai sebagai hasil dari proses pengendapan oleh laut. Kedua tanggul tersebut merupakan tanggul alam, karena proses terbentuknya berlangsung alami hasil pengerjaan alam



Gambar 4.35

Pembentukan tanggul alam

(Sumber: www.e-dukasi.net)

b) Pengendapan oleh air laut

Batuan hasil pengendapan oleh air laut disebut *sedimen marine*. Pengendapan oleh air laut dikarenakan adanya gelombang. Bentang alam hasil pengendapan oleh air laut, antara lain pesisir, spit, tombolo, dan penghalang pantai

Pesisir merupakan wilayah pengendapan di sepanjang pantai. Biasanya terdiri atas material pasir. Ukuran dan komposisi material di pantai sangat bervariasi tergantung pada perubahan kondisi cuaca, arah angin, dan arus laut.

Arus pantai mengangkut material yang ada di sepanjang pantai. Jika terjadi perubahan arah, maka arus pantai akan tetap mengangkut material material ke laut yang dalam. Ketika material masuk ke laut yang dalam, terjadi pengendapan material. Setelah sekian lama, terdapat akumulasi material yang ada di atas permukaan laut. Akumulasi material itu disebut *spit*. Jika arus pantai terus berlanjut, spit akan semakin panjang. Kadang-kadang spit terbentuk melewati teluk dan membentuk *penghalang pantai (barrier beach)*. Apabila di sekitar spit terdapat pulau maka spit tersambung dengan daratan, sehingga membentuk *tombolo*.



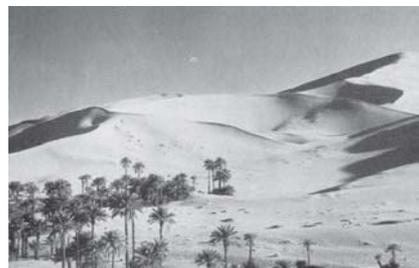
Gambar 4.36a Spit di Greenland
(Sumber: www.e-dukasi.net)



Gambar 4.36b
Tombolo di California
(Sumber: www.e-dukasi.net)

c) Pengendapan oleh angin

Sedimen hasil pengendapan oleh angin disebut *sedimen aeolis*. Bentang alam hasil pengendapan oleh angin dapat berupa *gumuk pasir (sand dune)*. Gumuk pasir terjadi akibat akumulasi pasir yang cukup banyak dan tiupan angin yang kuat. Angin mengangkut dan mengendapkan pasir di suatu tempat secara bertahap, sehingga terbentuk timbunan pasir yang disebut *gumuk pasir*.



Gambar 4.37 Gumuk pasir
di Arizona
(Sumber: *Dynamic Earth*, 1994,
halaman 137)

d) Pengendapan oleh gletser

Sedimen hasil pengendapan oleh gletser disebut *sedimen glacial*. Bentang alam hasil pengendapan oleh gletser adalah bentuk lembah yang semula berbentuk V menjadi U. Pada saat musim semi tiba, terjadi pengikisan oleh gletser yang meluncur menuruni lembah. Batuan atau tanah hasil pengikisan juga menuruni lereng dan mengendap di lembah. Akibatnya, lembah yang semula berbentuk V menjadi berbentuk U.

4) Pergerakan batuan atau tanah (*Masswasting*)

Masswasting atau *massmovement* adalah proses perpindahan massa batuan dan atau tanah dalam volume yang besar karena pengaruh gravitasi. Berdasarkan materi dan kecepatannya, *masswasting* dibedakan menjadi empat, yaitu sebagai berikut:

- a) *Slow flowage* disebut juga *rayapan massa (creep)*, adalah perpindahan massa tanah dalam waktu yang sangat lambat. Peristiwa ini hanya dapat diketahui dengan mengenali pepohonan yang tumbuh membengkok atau tiang listrik yang berdiri miring.
- b) *Rapid flowage*, adalah perpindahan massa batuan atau tanah yang relatif cepat karena dibantu oleh aliran air dalam tanah yang telah jenuh.
- c) *Landslide* atau longsor, yaitu perpindahan massa batuan atau tanah dalam bentuk blok-blok besar dalam jangka waktu yang cepat. *Landslide* terdiri atas:
 - (1) *Rockslide*, yaitu peristiwa longsor berupa blok-blok batuan.
 - (2) *Rock fall*, yaitu peristiwa runtuhnya massa batuan berupa blok-blok batuan.
 - (3) *Slump*, yaitu peristiwa longsor tanah yang gerakannya terputus-putus.

3. Degradasi lahan dan dampaknya terhadap kehidupan

Perubahan lithosfer yang akan dibahas di sini adalah perubahan yang mengarah pada kerusakan di muka bumi yang dinamakan juga sebagai *degradasi*. *Degradasi* di sini artinya penurunan kualitas maupun perusakan lahan.

Degradasi lahan selain akibat proses alam itu sendiri seperti terjadinya erosi dan *masswasting*, lebih banyak dipengaruhi oleh aktivitas manusia yang kurang memperhatikan kelestarian lingkungan. Banjir, longsor, kekeringan, pencemaran adalah bahaya yang selalu mengancam, akibat ulah manusia di dalamnya. Padahal dampaknya sangat besar terhadap kehidupan manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dampak erosi tanah dapat dirasakan langsung di daerah tempat terjadinya, antara lain sebagai berikut:

- a. Hilangnya lapisan permukaan tanah yang subur, sehingga penjangkaran (pencengkraman) akar tanaman tidak ada lagi. Selain itu, unsur-unsur hara juga ikut terhanyutkan. Akibatnya tanah tidak subur lagi dan berkembang menjadi tanah yang tandus.
- b. Akibat selanjutnya adalah produksi pertanian menurun. Pengelolaan pertanian menjadi lebih mahal karena banyak pupuk yang harus dibeli dalam rangka mengembalikan produktivitasnya.
- c. Jika biaya produksi pertanian menjadi tinggi, maka menjadikan kemiskinan bagi para petani.
- d. Semakin berkurangnya alternatif pengusahaan lahan, sebab jenis tanaman yang dapat tumbuh semakin terbatas.
- e. Karena lahan garapannya sudah tidak subur, maka petani akan membuka hutan untuk dijadikan sebagai lahan garapan baru. Hal ini sangat berbahaya untuk terjadinya erosi kembali.
- f. Hutan semakin gundul dan erosi terus terjadi, akibatnya sumber air tanah semakin berkurang karena infiltrasi air tidak terjadi lagi. Selanjutnya, air limpasan semakin banyak dan mengakibatkan bahaya banjir di bagian hilir.



*Gambar 4.38 Kerusakan hutan
(Sumber: www.e-dukasi.net)*

Selain dampaknya dirasakan langsung di tempat terjadinya, juga akan dirasakan oleh daerah-daerah yang ada di luarnya, seperti terjadi pendangkalan waduk, sungai, dan badan airnya. Dengan demikian, tanah tidak mampu lagi menampung air yang masuk sehingga timbul bencana banjir di mana-mana. Degradasi lahan dapat terjadi di lingkungan kota maupun pedesaan.

a. Kerusakan lingkungan kota

Migrasi penduduk merupakan salah satu mekanisme untuk menjaga agar kepadatan penduduk tidak melampaui daya dukung lingkungan. Salah satu migrasi yang banyak terjadi adalah migrasi dari desa ke kota yang disebut *urbanisasi*. Proses urbanisasi itu umumnya makin kuat seiring dengan makin meningkatnya fasilitas suatu kota.

Kebiasaan buruk seperti membuang sampah sembarangan sering dilakukan oleh masyarakat kota. Padahal, di kota belum ada sistem daur ulang sampah, sedangkan pelayanan sanitasi di kota tidak bertambah, bahkan menurun. Penurunan fungsi sanitasi dan tidak tersedianya air minum yang bersih mengakibatkan terjadinya ledakan penyakit kolera secara berkala. Bentuk kerusakan lingkungan kota yang lain adalah terjadinya banjir, kenaikan jumlah penduduk dan kurangnya kesadaran lingkungan. Hal ini mengakibatkan permukaan tanah yang kedap terhadap air bertambah, sehingga sedikit air hujan yang dapat meresap ke dalam tanah.

Di samping kerusakan sosial budaya, orang desa yang bermigrasi ke kota banyak yang mempunyai pendidikan rendah dan tidak terampil. Oleh sebab itu, mereka sulit mendapatkan pekerjaan yang layak.

b. Kerusakan lingkungan desa

Usaha untuk menaikkan daya dukung lingkungan dengan menambah luas lahan yang digunakan untuk pertanian merupakan reaksi terhadap lonjakan kepadatan penduduk. Reaksi tersebut merupakan akibat dari tekanan penduduk.

Tekanan penduduk terhadap lahan semakin diperbesar oleh bertambah sempitnya lahan pertanian karena digunakan untuk kepentingan lain, misalnya permukiman, jalan, dan pabrik. Kerusakan hutan membawa banyak akibat. Hutan mempunyai fungsi perlindungan terhadap tanah. Tetesan air hujan dengan energinya memukul permukaan tanah mengakibatkan mengelupasnya butir-butir tanah. Proses ini disebut *erosi percikan (splash erosion)*.

B. DINAMIKA PERUBAHAN PEDOSFER

Pedosfer, adalah lapisan paling atas dari permukaan bumi tempat berlangsungnya proses pembentukan tanah. Secara sederhana pedosfer diartikan sebagai lapisan tanah yang menempati bagian paling atas dari litosfer.

Tanah (*soil*) adalah suatu wujud alam yang terbentuk dari campuran hasil pelapukan batuan (anorganik), organik, air, dan udara yang menempati bagian paling atas dari litosfer. Ilmu yang mempelajari tanah disebut *pedologi*, sedangkan ilmu yang secara khusus mempelajari mengenai proses pembentukan tanah disebut *pedogenesis*.

1. Faktor-faktor pembentuk tanah

Ada beberapa faktor penting yang mempengaruhi proses pembentukan tanah, antara lain iklim, organisme, bahan induk, topografi, dan waktu. Faktor-faktor tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = f(i, o, b, t, w)$$

Keterangan:

T = tanah

f = faktor

i = iklim

o = organisme

b = bahan induk

t = topografi

w = waktu

a. Iklim

Unsur-unsur iklim yang utama mempengaruhi proses pembentukan tanah adalah *suhu* dan *curah hujan*. Dalam hal ini, suhu akan berpengaruh terhadap proses pelapukan bahan induk. Apabila suhu tinggi, maka proses pelapukan akan berlangsung cepat sehingga pembentukan tanah akan cepat pula. Curah hujan akan berpengaruh terhadap kekuatan erosi dan pencucian tanah, sedangkan pencucian tanah yang cepat menyebabkan tanah menjadi asam (pH tanah menjadi rendah).

b. Organisme (vegetasi, jasad renik)

Organisme sangat berpengaruh terhadap proses pembentukan tanah dalam hal-hal sebagai berikut.

- 1) Membuat proses pelapukan, baik pelapukan organik maupun pelapukan kimiawi. *Pelapukan organik* adalah pelapukan yang dilakukan oleh makhluk hidup (hewan dan tumbuhan), sedangkan *pelapukan kimiawi* adalah pelapukan yang terjadi oleh proses kimia seperti batu kapur larut oleh air.
- 2) Membantu proses pembentukan humus. Tumbuhan akan menghasilkan dan menyisakan daun-daunan dan ranting-ranting yang menumpuk di permukaan tanah. Daun dan ranting itu akan membusuk dengan bantuan jasad renik atau mikroorganisme yang ada di dalam tanah.
- 3) Pengaruh jenis vegetasi terhadap sifat-sifat tanah sangat nyata terjadi di daerah beriklim sedang seperti di Eropa dan Amerika. Vegetasi hutan dapat membentuk tanah. Vegetasi hutan dapat membentuk tanah hutan dengan warna merah, sedangkan vegetasi rumput membentuk tanah berwarna hitam karena banyak kandungan bahan organik yang berasal dari akar-akar dan sisa-sisa rumput.

- 4) Kandungan unsur-unsur kimia yang terdapat pada tanaman berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah. Contoh, jenis cemara akan memberi unsur-unsur kimia seperti Ca, Mg, dan K yang relatif rendah, akibatnya tanah di bawah pohon cemara derajat keasamannya lebih tinggi daripada tanah di bawah pohon jati.

c. *Bahan induk*

Bahan induk terdiri atas batuan vulkanik, batuan beku, batuan sedimen dan batuan metamorf. Batuan induk itu akan hancur menjadi bahan induk, kemudian akan mengalami pelapukan dan menjadi tanah.

Tanah yang terdapat di permukaan bumi sebagian memperlihatkan sifat (terutama sifat kimia) yang sama dengan bahan induknya. Misalnya tanah berstruktur pasir berasal dari bahan induk yang kandungan pasirnya tinggi. Susunan kimia dan mineral bahan induk akan memengaruhi intensitas tingkat pelapukan dan vegetasi di atasnya. Bahan induk yang banyak mengandung unsur Ca akan membentuk tanah dengan kadar ion Ca yang banyak pula, sehingga dapat menghindari pencucian asam silikat dan sebagian lagi dapat membentuk tanah yang berwarna kelabu. Sebaliknya, bahan induk yang kurang kandungan kapurnya membentuk tanah yang warnanya lebih merah.

d. *Topografi atau relief*

Keadaan relief suatu daerah akan memengaruhi tebal atau tipisnya lapisan tanah. Daerah yang memiliki topografi miring dan berbukit maka lapisan tanahnya lebih tipis karena tererosi. Sebaliknya, daerah yang datar maka lapisan tanahnya tebal karena terjadi proses sedimentasi. Demikian halnya pada daerah yang drainasenya jelek, misalnya sering tergenang menyebabkan tanahnya menjadi asam.

e. *Waktu*

Tanah merupakan benda alam yang terus menerus berubah, akibat pelapukan dan pencucian yang terus menerus. Karena itu, tanah akan menjadi semakin tua dan kurus. Mineral yang banyak mengandung unsur hara telah habis mengalami pelapukan, sehingga tinggal mineral yang sukar lapuk seperti kuarsa. Karena proses pembentukan tanah yang terus berjalan, maka induk tanah berubah berturut-turut menjadi tanah muda, tanah dewasa, dan tanah tua.

Tanah muda ditandai oleh proses pembentukan tanah yang masih tampak pencampuran antara bahan organik dan bahan mineral atau masih tampak struktur bahan induknya. Contoh tanah muda adalah tanah *aluvial*, *regosol* dan *litosol*. *Tanah dewasa* ditandai dengan proses pembentukan horizon B. Contoh tanah dewasa adalah andosol, latosol, dan grumosol. *Tanah tua*

ditandai dengan proses perubahan yang nyata pada horizon A dan B. Contoh tanah pada tingkat tua adalah jenis *tanah podsolik* dan *latosol tua (laterit)*

Lamanya waktu yang diperlukan untuk pembentukan tanah berbeda-beda. Bahan induk vulkanik yang lepas-lepas seperti abu vulkanik memerlukan waktu 100 tahun untuk membentuk tanah muda, dan 1.000 – 10.000 tahun untuk membentuk tanah dewasa.

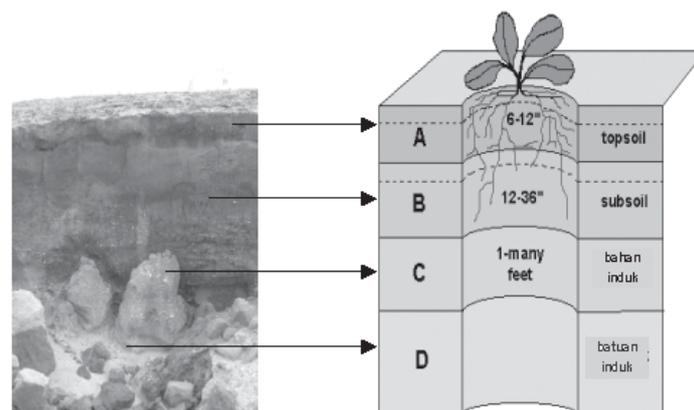
2. Konsep pedon dan profil tanah

Pedon adalah suatu lajur tubuh tanah mulai dari permukaan lahan sampai batas terbawah (bahan induk tanah). Pedon merupakan volume terkecil yang dapat disebut tanah dan mempunyai ukuran tiga dimensi. Luas pedon berkisar antara 1-10 m². Kumpulan dari pedon-pedon disebut *polipedon*. Luas polipedon minimum 2 m², sedangkan luas maksimumnya tidak terbatas.

Profil tanah atau penampang tanah adalah bidang tegak dari suatu sisi pedon yang mencirikan suatu lapisan-lapisan tanah, atau disebut *horizon tanah*. Setiap horizon tanah memperlihatkan perbedaan, baik menurut komposisi kimia maupun fisiknya. Kebanyakan horizon dapat dibedakan dari dasar warnanya.

Perbedaan horizon tanah terbentuk karena dua faktor yaitu pengendapan yang berulang-ulang oleh genangan air atau pencucian tanah (*leached*) dan karena proses pembentukan tanah. Proses pembentukan horizon-horizon tersebut akan menghasilkan benda alam baru yang disebut tanah. Adapun yang dimaksud *solum* adalah kedalaman efektif tanah yang masih dapat dijangkau oleh akar tanaman.

Horizon-horizon yang menyusun profil tanah berturut-turut dari atas ke bawah adalah horizon O, A, B, C, dan D atau R (*Bed Rock*). Adapun bagian dan ciri-ciri dari profil tanah sebagai berikut.



Gambar 4.39
Penampang tanah (profil tanah) di alam dan ilustrasinya
(Sumber: Koleksi penulis, 2006)

Keterangan horizon tanah:

Horizon O

Horizon ini dapat kita temukan pada tanah-tanah hutan yang belum terganggu. Horizon O merupakan horizon organik yang terbentuk di atas lapisan tanah mineral.

Horizon A

Horizon ini terdiri atas campuran bahan organik dan bahan mineral. Horizon A merupakan horizon yang mengalami pencucian.

Horizon B

Horizon yang terbentuk dari proses penimbunan (iluviasi) dari bahan-bahan yang tercuci dari horizon A.

Horizon C

Horizon C tersusun atas bahan induk yang sudah mengalami sedikit pelapukan dan bersifat tidak subur.

Horizon R

Horizon R tersusun atas batuan keras yang belum terlapukkan.

3. Warna tanah

Warna tanah merupakan petunjuk untuk beberapa sifat tanah. Penyebab perbedaan warna permukaan tanah umumnya terjadi karena perbedaan kandungan bahan organik. Semakin tinggi kandungan bahan organik berarti semakin gelap warna tanah. Warna tanah disusun oleh tiga jenis variabel, yaitu sebagai berikut.

- a. *Hue*, warna spektrum yang dominan sesuai dengan panjang gelombangnya.
- b. *Value*, menunjukkan kecermelangan cahaya.
- c. *Chroma*, menunjukkan kemurnian relatif panjang gelombang cahaya dominan.

Warna tanah dapat ditentukan dengan membandingkan warna baku pada buku *Munsell Soil Colour Chart* dengan warna tanah. Warna tanah akan berbeda bila tanah dalam keadaan basah, lembab, atau kering.

4. Struktur dan tekstur tanah

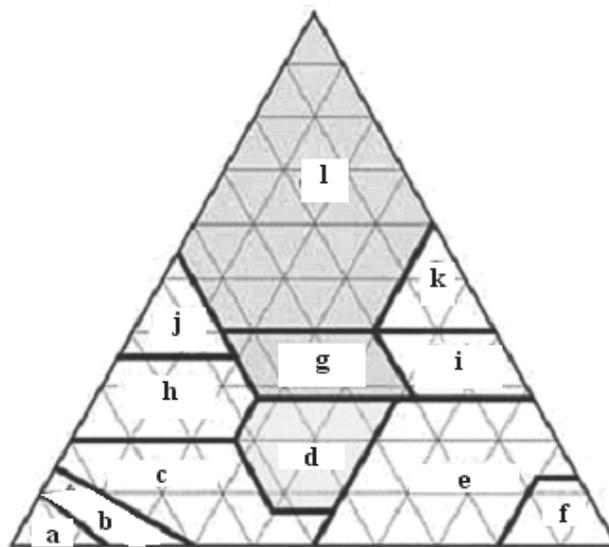
Struktur tanah merupakan gumpalan-gumpalan kecil dari tanah akibat melekatnya butir-butir tanah satu sama lain. Struktur tanah memiliki bentuk yang berbeda-beda yaitu sebagai berikut.

- a. Lempeng (*Platy*), ditemukan di horizon A.
- b. Prisma (*Prosmatic*), ditemukan di horizon B pada daerah iklim kering.
- c. Tiang (*Columnar*), ditemukan di horizon B pada daerah iklim kering.
- d. Gumpal bersudut (*Angular blocky*), ditemukan pada horizon B pada daerah iklim basah.

- e. Gumpal membulat (*Sub angular blocky*), ditemukan pada horizon B pada daerah iklim basah.
- f. Granuler (*Granular*), ditemukan pada horizon A.
- g. Remah (*Crumb*), ditemukan pada horizon A.

Tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah yang didasarkan atas perbandingan banyaknya butir-butir pasir, debu, dan liat di dalam tanah. Untuk menentukan tekstur tanah terdapat 12 kelas dalam segi tiga tekstur tanah. Ke-12 kelas tekstur tersebut adalah sebagai berikut.

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| a. Pasir. | g. Lempung liat. |
| b. Pasir berlempung. | h. Lempung liat berpasir. |
| c. Lempung berpasir. | i. Lempung liat berdebu. |
| d. Lempung. | j. Liat berpasir. |
| e. Lempung berdebu. | k. Liat berdebu. |
| f. Debu. | l. Liat. |



Gambar 4.40 Segitiga Kelas Tekstur Tanah
(Sumber: Suryatna Rafi'I, 1988, Ilmu Tanah, halaman 25)

Di lapangan, tekstur tanah secara sederhana dapat ditentukan dengan memilin tanah yang dibasahi dengan menggunakan jari-jari tangan (kasar halusnya tanah).

5. Sistem klasifikasi tanah

Sistem klasifikasi tanah (alami) yang ada di dunia ini terdiri atas berbagai macam. Sebab banyak negara yang menggunakan sistem klasifikasi yang dikembangkan sendiri oleh negara tersebut.

Nama golongan tanah dengan membubuhkan kata *sol* merupakan singkatan dari kata latin *solum*. Menurut Taksonomi Tanah (1970), tanah dibagi menjadi sepuluh macam.

- a. *Oxisol*, berasal dari bahasa Prancis yang berarti *oxide* atau oksida. Tanah ini telah mengalami pelapukan yang hebat, terdiri atas campuran besi dan aluminium, sedikit bahan organik. Warnanya dari kuning ke merah coklat sampai coklat kemerahan. Jenis tanah ini meliputi tanah lateritik, latosol, dan laterit air tanah. (Menurut klasifikasi tanah tahun 1949).
- b. *Ultisol*, yaitu tanah yang telah mengalami pelapukan yang sangat hebat, yang ditandai pula dengan pengaruh luar, pencucian (*leached*). Warnanya merah sampai kuning. Lateritik coklat kemerahan, setengah bog (gambut), glei humus rendah.
- c. *Vertisol*, yaitu golongan tanah yang khas terdapat pada region-region bervegetasi sabana atau steppa, di daerah iklim tropika dan subtropika yang memiliki musim kering dan basah yang berganti-ganti dengan nyata.
- d. *Entisol*, yaitu tanah yang masih menunjukkan asal bahan induk. Jadi tanah ini masih baru, belum menunjukkan perkembangan horizon. Adapun yang termasuk jenis tanah ini adalah tanah *alluvial*, *regosol* gunung, *regosol* pantai, dan *lithosol*.
- e. *Inceptisol*, yaitu tanah yang masih muda, baru mulai perkembangan penampangnya. Namun, sudah ada eluviasi dan iluviasi. Golongan ini terjadi dalam hampir semua region iklim.
- f. *Spodosol*, yaitu tanah yang tersebar dalam semua iklim, mempunyai solum yang sangat asam, kemampuan menahan air rendah, dan kurang subur.
- g. *Molisol*, yaitu tanah yang memiliki ciri halus atau lunak, pH kurang dari 7,0. Adapun yang termasuk tanah jenis ini adalah *chesnut*, *chernozem*, *brunizem (prairies)*, *rendzina*, dan sebagainya.
- h. *Alfisol*, yaitu tanah yang tersebar di daerah beriklim lembap, kaya dengan aluminium, besi, air, dan bahan organik. Warnanya abu-abu, horizonnya mengandung lapisan-lapisan tanah liat (*clay*). Adapun yang termasuk tanah ini adalah *grey-brown podzolic* dan *wooded*, beberapa *planosol* dan *noncalcic-brown*.
- i. *Aridisol*, yaitu tanah yang sepanjang tahun kering, kandungan organiknya rendah, warnanya kemerah-merahan, terbentuk di daerah gurun atau semi-gurun. Adapun yang termasuk tanah jenis ini adalah *reddish dessert*, *sierozem*, dan *raddish brown*.
- j. *Histosol*, mencakup semua tanah organik, seperti tanah *organosol* dan gambut (*bog*).

6. Jenis-jenis tanah di Indonesia

Sebagian besar tanah di Indonesia merupakan tanah vulkanis. Walau demikian, jika lebih dikhususkan lagi maka jenisnya sangat beraneka ragam, antara lain sebagai berikut.

a. Tanah gambut atau tanah organik

Jenis tanah ini berasal dari bahan induk organik seperti dari hutan rawa atau rumput rawa. Tanah gambut mempunyai ciri dan sifat, yaitu tidak terjadi deferensiasi horizon secara jelas, ketebalan lebih dari 0,5 meter, warna coklat hingga kehitaman, tekstur debu lempung, tidak berstruktur, konsistensi tidak lekat-agak lekat, kandungan organik lebih dari 30% untuk tanah tekstur lempung dan lebih dari 20% untuk tanah tekstur pasir, umumnya bersifat sangat asam (pH 4.0), kandungan unsur hara rendah.

Berdasarkan penyebaran topografinya, tanah gambut dibedakan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

- 1) *Gambut ombrogen*: terletak di dataran pantai berawa, mempunyai ketebalan 0.5 – 16 meter, terbentuk dari sisa tumbuhan hutan dan rumput rawa, hampir selalu tergenang air, bersifat sangat asam. Contoh penyebarannya di daerah dataran pantai Sumatera, Kalimantan, dan Irian Jaya (Papua).
- 2) *Gambut topogen*: terbentuk di daerah cekungan (depresi) antara rawa-rawa di daerah dataran rendah dengan di pegunungan, berasal dari sisa tumbuhan rawa, ketebalan 0.5–6 meter, bersifat agak asam, kandungan unsur hara relatif lebih tinggi. Contoh penyebarannya di Rawa Pening (Jawa Tengah), Rawa Lakbok (Ciamis, Jawa Barat), dan Segara Anakan (Cilacap, Jawa Tengah).
- 3) *Gambut pegunungan*: terbentuk di daerah topografi pegunungan, berasal dari sisa tumbuhan yang hidupnya di daerah sedang (vegetasi spagnum). Contoh penyebarannya di Dataran Tinggi Dieng.

Berdasarkan susunan kimianya tanah gambut dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu sebagai berikut:

- 1) *Gambut eutrop*, bersifat agak asam, kandungan O_2 serta unsur haranya lebih tinggi.
- 2) *Gambut oligotrop*, sangat asam, miskin O_2 , miskin unsur hara, biasanya selalu tergenang air.
- 3) *Gambut mesotrop*, peralihan antara eutrop dan oligotrop.

b. Aluvial

Jenis tanah ini masih muda, belum mengalami perkembangan, berasal dari bahan induk aluvium, tekstur beraneka ragam, belum terbentuk struktur,

konsistensi dalam keadaan basah lekat, pH bermacam-macam, kesuburan sedang hingga tinggi. Penyebarannya di daerah dataran aluvial sungai, dataran aluvial pantai dan daerah cekungan (depresi).

c. Regosol

Jenis tanah ini masih muda, belum mengalami diferensiasi horizon, tekstur pasir, struktur berbukit tunggal, konsistensi lepas-lepas, pH umumnya netral, kesuburan sedang, berasal dari bahan induk material vulkanik piroklastis atau pasir pantai. Penyebarannya di daerah lereng vulkanik muda dan di daerah beting pantai dan gumuk-gumuk pasir pantai.

d. Litosol

Tanah mineral yang sedikit mempunyai perkembangan profil, batuan induknya merupakan batuan beku atau batuan sedimen keras, kedalaman tanah dangkal (< 30 cm) bahkan kadang-kadang merupakan singkapan batuan induk (*outcrop*). Tekstur tanah beranekaragam, dan pada umumnya berpasir dan tidak berstruktur, terdapat kandungan batu, kerikil, dan kesuburannya bervariasi.

Tanah litosol dapat dijumpai pada segala iklim, umumnya di topografi berbukit, pegunungan, lereng miring sampai curam.

e. Latosol

Jenis tanah ini telah berkembang atau terjadi diferensiasi horizon, kedalaman-nya dalam, tekstur lempung, struktur remah hingga gumpal, konsistensi gembur hingga agak teguh, warna coklat merah hingga kuning. Penyebarannya di daerah beriklim basah dengan curah hujan lebih dari 300–1000 cm. Batuan induk berasal dari tuf, dan material vulkanik.

f. Grumosol

Tanah mineral yang mempunyai perkembangan profil, agak tebal, tekstur lempung berat, struktur kersai (granular) di lapisan atas dan gumpal hingga pejal di lapisan bawah, konsistensi bila basah sangat lekat dan plastis, bila kering sangat keras dan tanah retak-retak, umumnya bersifat alkalis, kejenuhan basa, dan kapasitas absorpsi tinggi, permeabilitas lambat dan peka erosi. Jenis ini berasal dari batu kapur, mergel, batuan lempung atau tuf vulkanik bersifat basa. Penyebarannya di daerah iklim subhumid atau subarid, curah hujan kurang dari 2500 mm/tahun.

g. Podsolik merah kuning

Tanah mineral telah berkembang, solum (kedalaman) dalam, tekstur lempung hingga berpasir, struktur gumpal, konsistensi lekat, bersifat agak asam (pH kurang dari 5.5), kesuburan rendah hingga sedang, warna merah hingga kuning, kejenuhan basa rendah, peka erosi. Tanah ini berasal dari batuan pasir kuarsa, tuf vulkanik, bersifat asam. Tersebar di daerah beriklim basah tanpa bulan kering, curah hujan lebih dari 2500 mm/tahun.

h. Podsol

Jenis tanah ini telah mengalami perkembangan profil, susunan horizon terdiri atas horizon albic (A2) dan spodic (B2H) yang jelas, tekstur lempung hingga pasir, struktur gumpal, konsistensi lekat, kandungan pasir kuarsanya tinggi, sangat masam, kesuburan rendah, kapasitas pertukaran kation sangat rendah, peka terhadap erosi, batuan induk berupa batuan pasir dengan kandungan kuarsanya tinggi, batuan lempung, dan tuf vulkan masam.

Penyebarannya di daerah beriklim basah, curah hujan lebih dari 2000 mm/tahun tanpa bulan kering, topografi pegunungan. Contohnya, di daerah Kalimantan Tengah, Sumatra Utara dan Irian Jaya (Papua).

i. Andosol

Jenis tanah mineral yang telah mengalami perkembangan profil, solum agak tebal, warna agak coklat kekelabuan hingga hitam, kandungan organik tinggi, tekstur geluh berdebu, struktur remah, konsistensi gembur dan bersifat licin berminyak (*smearly*), agak asam, kejenuhan basa tinggi dan daya absorpsi sedang, kelembaban tinggi, permeabilitas sedang dan peka terhadap erosi. Tanah ini berasal dari batuan induk abu atau tuf vulkanik.

j. Mediteran merah – kuning

Tanah mempunyai perkembangan profil, solum sedang hingga dangkal, warna coklat hingga merah, mempunyai horizon B argilik, tekstur geluh hingga lempung, struktur gumpal bersudut, konsistensi teguh dan lekat bila basah, pH netral hingga agak basa, kejenuhan basa tinggi, daya absorpsi sedang, permeabilitas sedang dan peka erosi, berasal dari batuan kapur keras (limestone) dan tuf vulkanis bersifat basa. Penyebaran di daerah beriklim sub humid, bulan kering nyata. Curah hujan kurang dari 2500 mm/tahun, di daerah pegunungan lipatan, topografi karst dan lereng vulkan, ketinggian di bawah 400 m. Khusus tanah mediteran merah – kuning di daerah topografi Karst disebut *terra rossa*.

k. Hidromorf kelabu (gleisol)

Jenis tanah ini perkembangannya lebih dipengaruhi oleh faktor lokal, yaitu topografi merupakan dataran rendah atau cekungan, hampir selalu tergenang air, solum tanah sedang, warna kelabu hingga kekuningan, tekstur geluh hingga lempung, struktur berlumpur hingga masif, konsistensi lekat, bersifat asam (pH 4.5-6.0), kandungan bahan organik. Ciri khas tanah ini adanya lapisan glei kontinu yang berwarna kelabu pucat pada kedalaman kurang dari 0.5 meter akibat dari profil tanah selalu jenuh air. Penyebaran di daerah beriklim humid hingga sub humid, curah hujan lebih dari 2000 mm/tahun.

l. Tanah sawah (Paddy soil)

Tanah sawah ini diartikan tanah yang karena sudah lama (ratusan tahun) dipersawahkan memperlihatkan perkembangan profil khas, yang menyimpang dari tanah aslinya. Penyimpangan antara lain berupa terbentuknya lapisan bajak yang hampir kedap air disebut *padas olah*, sedalam 10-15 cm dari muka tanah dan setebal 2-5 cm. Di bawah lapisan bajak tersebut umumnya terdapat lapisan mangan dan besi, tebalnya bervariasi tergantung pada permeabilitas tanah. Lapisan tersebut dapat merupakan lapisan *padas* yang tak tembus perakaran, terutama bagi tanaman semusim. Lapisan bajak tersebut nampak jelas pada tanah latosol, mediteran dan regosol, samara-samara pada tanah aluvial dan grumosol.

7. Penyebab terjadinya kerusakan tanah dan dampaknya terhadap kehidupan

a. Penyebab kerusakan tanah

Kerusakan tanah dapat disebabkan oleh beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

1) Perusakan hutan

Akibat hutan yang rusak dapat mengurangi daya serap tanah dan mengurangi kemampuannya dalam menampung dan menahan air, sehingga tanah mudah tererosi.

2) Proses kimiawi air hujan

Air hujan merupakan faktor utama terjadinya kerusakan tanah melalui proses perubahan kimiawi dan sebagian lagi karena proses mekanis.

3) Proses mekanis air hujan

Air hujan yang turun sangat deras dapat mengikis dan menggores tanah di permukaannya, sehingga bisa terbentuk selokan. Pada daerah yang tidak bervegetasi, hujan lebat dapat menghanyutkan tanah berkubik-

kubik serta kehilangan unsur hara dan bahan organik dari daerah perakaran. Air hujan dapat pula menghanyutkan lumpur dan terjadinya longsor, sehingga terjadi banjir lumpur di daerah hilir. Selain itu, air hujan dapat mengakibatkan terkumpulnya garam di daerah perakaran (salinisasi) dan penjenjutan tanah oleh air (*waterlogging*).

4) Aktivitas manusia

Aktivitas manusia dalam mengolah lahan atau tanah yang tidak memperhatikan kaidah-kaidah konservasi dapat mempercepat rusaknya tanah.

b. Dampak kerusakan tanah terhadap kehidupan

Kerusakan tanah yang utama adalah akibat erosi. Erosi tidak hanya menyebabkan kerusakan tanah di tempat erosi, tetapi juga kerusakan-kerusakan di tempat lain yaitu hasil-hasil erosi tersebut diendapkan.

1) Kerusakan di tempat terjadinya erosi

Kerusakan tanah di tempat terjadinya erosi terutama akibat hilangnya sebagian tanah dari tempat tersebut karena erosi. Hilangnya sebagian tanah ini mengakibatkan hal-hal sebagai berikut:

- a) Penurunan produktifitas tanah.
- b) Kehilangan unsur hara yang diperlukan tanaman.
- c) Kualitas tanaman menurun.
- d) Laju infiltrasi dan kemampuan tanah menahan air berkurang.
- e) Struktur tanah menjadi rusak.
- f) Lebih banyak tenaga diperlukan untuk mengolah tanah.
- g) Erosi gully dan tebing (longsor) menyebabkan lahan terbagi-bagi dan mengurangi luas lahan yang dapat ditanami.
- h) Pendapatan petani berkurang.

2) Kerusakan di tempat penerima hasil erosi

Erosi dapat juga menyebabkan kerusakan-kerusakan di tempat penerima hasil erosi. Erosi dapat memindahkan tanah berikut senyawa-senyawa kimia yang ada di dalamnya, seperti unsur-unsur hara tanaman (N, fosfor, bahan organik dan sebagainya) atau sisa-sisa pestisida dan herbisida (DDT, Endrin dan lain-lain).

3) Proses mekanis air hujan

Air hujan yang turun sangat deras dapat mengikis dan menggores tanah di permukaannya, sehingga bisa terbentuk selokan. Pada daerah yang tidak

bervegetasi, hujan lebat dapat menghanyutkan tanah berkubik-kubik. Air hujan dapat pula menghanyutkan lumpur, sehingga terjadi banjir lumpur.

Pengendapan bahan-bahan tanah berikut senyawa-senyawa kimia yang dikandungnya dapat dikatakan sebagai *polusi* (pencemaran) di tempat tersebut. Pencemaran yang disebabkan oleh bahan-bahan padat tanah, disebut *polusi sedimen*, sedangkan pencemaran oleh senyawa-senyawa kimia yang ada di dalam tanah, disebut *polusi kimia*. Polusi kimia dari tanah dapat dibedakan menjadi polusi kimia dari unsur hara (pupuk) dan polusi kimia dari pestisida/herbisida.

Polusi sedimen adalah pengendapan bahan tanah yang tererosi ke tempat lain. Pengendapan ini dapat menyebabkan hal-hal sebagai berikut:

- a) Pendangkalan sungai, sehingga kapasitas sungai menurun. Akibatnya bisa terjadi banjir, apalagi kalau banyak air mengalir sebagai aliran permukaan (*run off*) karena hilangnya vegetasi di daerah hulu.
- b) Tanah-tanah yang subur kadang-kadang menjadi rusak karena tertimbun oleh tanah-tanah kurus atau batu-batuan, pasir, kerikil dari tempat lain.
- c) Apabila digunakan untuk air minum, maka air yang kotor itu perlu lebih banyak biaya untuk membersihkannya.
- d) Karena air yang keruh, dapat mengurangi fotosintesis dari tanaman air (karena sinar matahari sulit menembus air).
- e) Perubahan-perubahan dalam jumlah bahan yang diangkut mempengaruhi keseimbangan sungai tersebut. Apabila terjadi pengendapan di suatu dam, maka air yang telah kehilangan sebagian dari bahan yang diangkutnya tersebut akan mencari keseimbangan baru dengan mengikis dasar saluran atau pondasi dari dam tersebut, sehingga menyebabkan kerusakan.
- f) Kadang-kadang polusi sedimen dapat memberi pengaruh baik yaitu bila terjadi pengendapan tanah-tanah subur, misalnya tanah-tanah aluvial di sekitar sungai.

4) Polusi kimia dari pupuk

Polusi kimia dari pupuk merupakan polusi unsur-unsur hara tanaman. Tanah-tanah yang dipindahkan oleh erosi pada umumnya mengandung unsur hara lebih tinggi daripada tanah yang ditinggalkannya. Hal ini disebabkan lapisan tanah yang tererosi umumnya adalah lapisan atas yang subur.

Di samping itu fraksi tanah yang halus (debu) lebih mudah tererosi. Oleh karena itu, unsur hara dari pupuk terutama P sebagian besar diserap butir-butir tanah tersebut maka banyak unsur P yang hilang karena erosi. Di samping itu, sebagian besar P dalam tanah sukar larut sehingga P diangkut ke tempat lain bersama bagian-bagian padat dari tanah. Unsur-unsur hara yang mudah

larut seperti Nitrogen (Nitrat), umumnya diangkut ke tempat lain bersama dengan aliran permukaan (run off) atau air infiltrasi (peresapan).

Ada beberapa akibat polusi kimia tanah, antara lain sebagai berikut:

- a) Polusi unsur hara **N** dan **P** pada air irigasi memberi akibat baik karena dapat menyuburkan tanaman.
- b) Polusi **N** pada air minum dapat membahayakan kesehatan. Misalnya terlalu banyak Nitrat akan menyebabkan penyakit pada bayi yang dikenal dengan nama Metahemoglobinemia.
- c) Polusi unsur hara di danau dapat mengganggu keseimbangan biologis. Danau yang tadinya miskin unsur hara (oligotropik) diperkaya dengan unsur **P** dan unsur hara lain sehingga kesuburannya meningkat menjadi sedang (mesotropik), dan seterusnya menjadi subur (eutropik). Proses ini disebut *proses eutrofikasi*.

Sebagai akibat proses eutrofikasi ini maka terjadilah perkembangan algae yang sangat banyak (*algae bloom*), sehingga mengurangi tersedianya oksigen bagi ikan dan makhluk lain yang hidup dalam air tersebut. Selain itu, air yang penuh algae akan mempunyai rasa dan bau yang tidak enak untuk keperluan air minum. Pencegahan polusi unsur hara yang terbaik adalah dengan cara pemberian pupuk sedemikian rupa, sehingga semua unsur hara dapat diserap tanaman. Dalam prakteknya, hal demikian tidak mungkin dapat dilakukan sehingga dianjurkan penanggulangan yang lebih praktis yaitu dengan cara mencegah terjadinya erosi dan run off yang berlebihan dengan menggunakan kaidah-kaidah pengawetan tanah dan air.

5) Polusi kimia oleh bahan-bahan pestisida

Pestisida dapat digolongkan menjadi dua golongan besar yaitu pestisida yang mudah larut (hancur) dan pestisida yang sukar hancur. Golongan yang sukar hancur (larut) merupakan polusi pestisida yang utama. Di samping sukar larut, jenis pestisida ini diserap oleh butir-butir tanah halus seperti halnya unsur **P** sehingga lebih banyak terangkut ke tempat lain bersama tanah-tanah yang tererosi. Seperti halnya unsur hara, polusi pestisida banyak menimbulkan masalah pada persediaan air, terutama mengganggu pada bidang kesehatan.

Ada hal yang perlu diketahui yaitu terjadinya proses *biomagnification* melalui siklus rantai makanan untuk beberapa jenis pestisida, terutama yang dapat diserap dengan kuat dalam jaringan tubuh seperti DDT. Dengan proses ini, pestisida yang mula-mula berkonsentrasi sangat kecil yang tidak membahayakan lalu semakin banyak dan menjadi fatal (dapat menyebabkan kematian).

Pencegahan terjadinya polusi pestisida dapat dilakukan dengan membatasi penggunaan pestisida yang banyak menimbulkan residu seperti DDT, Aldrin, Dieltrin, dan sebagainya. Pencegahan yang paling baik sudah barang tentu mencegah terjadinya erosi dari sumbernya. Dengan cara ini, pestisida dan unsur hara yang terikat dalam butir-butir tanah (DDT, Aldrin, Dieltrin) dapat dicegah untuk tidak menjadi sumber polusi. Unsur hara dan pestisida yang mudah larut masih dapat mengalir ke tempat lain bersama air (run off dan infiltrasi), tetapi sumber polusi jenis ini tidak terlalu begitu membahayakan.

8. Usaha mengurangi erosi tanah

Erosi adalah suatu proses penghancuran tanah (*detached*) dan kemudian tanah tersebut dipindahkan ke tempat lain oleh kekuatan air, angin, gletser atau gravitasi. Di Indonesia erosi yang terpenting disebabkan oleh air.

Mengingat pentingnya tanah bagi kehidupan, diperlukan upaya-upaya yang menjadi metode dalam rangka pelestariannya. Metode pengawetan tanah pada umumnya dilakukan untuk:

- 1) melindungi tanah dari curahan langsung air hujan;
- 2) meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah.
- 3) mengurangi *run off* (aliran air di permukaan tanah).
- 4) meningkatkan stabilitas agregat tanah.

Ada tiga metode pengawetan tanah, yaitu metode vegetatif, metode mekanik atau teknik, dan metode kimia.

a. Metode vegetatif

Metode vegetatif adalah metode pengawetan tanah dengan cara menanam vegetasi (tumbuhan) pada lahan yang dilestarikan. Metode ini sangat efektif dalam pengontrolan erosi. Ada beberapa cara mengawetkan tanah melalui metode vegetatif antara lain sebagai berikut:

- 1) *Penghijauan*, yaitu penanaman kembali hutan-hutan gundul dengan jenis tanaman tahunan seperti akasia, angkana, flamboyant. Fungsinya untuk mencegah erosi, mempertahankan kesuburan tanah, dan menyerap debu atau kotoran di udara lapisan bawah.
- 2) *Reboisasi*, yaitu penanaman kembali hutan gundul dengan jenis tanaman keras seperti pinus, jati, rasamala, cemara. Fungsinya untuk menahan erosi dan diambil kayunya.
- 3) *Penanaman secara kontur (contour strip cropping)*, yaitu menanam lahan searah dengan garis kontur. Fungsinya untuk menghambat kecepatan

aliran air dan memperbesar resapan air ke dalam tanah. Cara ini sangat cocok dilakukan pada lahan dengan kemiringan 3 – 8%.

- 4) *Penanaman tumbuhan penutup tanah (buffering)*, yaitu menanam lahan dengan tumbuhan keras seperti pinus, jati, cemara. Fungsinya untuk menghambat penghancuran tanah permukaan oleh air hujan, memperlambat erosi, dan memperkaya bahan organik tanah.
- 5) *Penanaman tanaman secara berbaris (strip cropping)*, yaitu melakukan penanaman berbagai jenis tanaman secara berbaris (larikan). Penanaman berbaris tegak lurus terhadap arah aliran air atau arah angin. Pada daerah yang hampir datar, jarak tanaman diperbesar. Sedangkan pada daerah yang kemiringannya lebih dari 8% maka jarak tanamannya dirapatkan. Fungsinya untuk mengurangi kecepatan erosi dan mempertahankan kesuburan.
- 6) *Pergiliran tanaman (croproation)*, yaitu penanaman tanaman secara bergantian (bergilir) dalam satu lahan. Jenis tanamannya disesuaikan dengan musim. Fungsinya untuk menjaga agar kesuburan tanah tetap terpelihara.

b. Metode mekanik atau teknik

Metode mekanik adalah metode mengawetkan tanah melalui teknik-teknik pengolahan tanah yang dapat memperlambat aliran permukaan (run off), menampung dan menyalurkan aliran permukaan dengan kekuatan tidak merusak. Beberapa cara yang umum dilakukan pada metode mekanik, antara lain sebagai berikut:

- 1) *Pengolahan tanah menurut garis kontur (contour village)*, yaitu pengolahan tanah sejajar garis kontur. Fungsinya untuk menghambat aliran air dan memperbesar resapan air.
- 2) *Pembuatan tanggul/guludan/pematang bersaluran*, yaitu dalam pembuatan tanggul sejajar dengan kontur. Fungsinya agar air hujan dapat tertampung dan meresap ke dalam tanah. Pada tanggul dapat ditanami palawija.
- 3) *Pembuatan teras (terrassering)*, yaitu membuat teras-teras (tangga-tangga) pada lahan miring dengan lereng yang panjang. Fungsinya untuk memperpendek panjang lereng, memperbesar resapan air dan mengurangi erosi.
- 4) *Pembuatan saluran air (drainase)*. Saluran pelepasan air ini dibuat untuk memotong lereng panjang menjadi lereng yang pendek, sehingga aliran dapat diperlambat dan mengatur aliran air sampai ke sungai.

Metode pengawetan tanah akan sangat efektif apabila metode mekanik dikombinasikan dengan metode vegetatif, misalnya terrassering dan buffering.



Gambar 4.41 *Terrassering di Limbangan - Garut, Jawa Barat*
(Sumber: Koleksi pribadi penulis, 2004)

c. *Metode kimia*

Metode kimia dilakukan dengan menggunakan bahan kimia untuk memperbaiki struktur tanah, yaitu meningkatkan kemantapan agregat (struktur tanah). Tanah dengan struktur yang mantap tidak mudah hancur oleh pukulan air hujan, sehingga air infiltrasi tetap besar dan aliran air permukaan (*run off*) tetap kecil.

Penggunaan bahan kimia untuk pengawetan tanah belum banyak dilakukan, walaupun cukup efektif tetapi biayanya mahal. Sekarang ini umumnya masih dalam tingkat percobaan. Beberapa jenis bahan kimia yang sering digunakan untuk tujuan ini antara lain *Bitumen* dan *Krilium*. Emulsi dari bahan kimia tersebut dicampur dengan air, misal dengan perbandingan 1:3, kemudian dicampur dengan tanah.

Ringkasan

Tenaga geologi dibedakan atas tenaga endogen dan tenaga eksogen yang menyebabkan terjadinya bentuk muka bumi. Muka bumi adalah bagian terluar dari lapisan bumi, baik yang berupa daratan maupun perairan.

Vulkanisme adalah aktivitas magma di dalam kulit bumi, baik yang bergerak meresap di antara batuan di dalam kulit bumi maupun yang sampai keluar permukaan bumi. Tektonisme adalah terjadinya dislokasi batuan di dalam bumi, atau perubahan posisi atau letak dari kompleks batuan, baik yang mengakibatkan putusannya hubungan batuan atau tidak. Berdasarkan bentukan alam yang dihasilkan, diastropisme dapat dibedakan menjadi dua macam

yaitu patahan dan lipatan. Patahan (sesar) terdiri atas sesar naik, sesar normal, dan sesar mendatar.

Jenis-jenis letusan gunungapi ada yang erupsi eksplosif dan erupsi epusif. Cara keluarnya magma, dapat dibedakan menjadi erupsi sentral, erupsi linear, dan erupsi areal. Berdasarkan penyebab terjadinya letusan, dibedakan menjadi erupsi magmatik dan erupsi preatik. Material gunungapi dapat dibedakan menjadi material cair, material gas dan material padat.

Gempa bumi adalah getaran asli yang berasal dari lapisan kulit bumi bagian dalam, yang dirambatkan di antara lapisan batuan dalam kulit bumi kemudian sampai ke permukaan. Gempa bumi dapat terjadi karena tektonik, vulkanik, dan runtunan.

Kulit bumi (litosfer) dibentuk oleh berbagai jenis batuan utama, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Batuan beku berdasarkan tempat pembekuan magma, dapat dibedakan menjadi batuan beku, batuan beku kerak dan batuan beku luar. Batuan sedimen atau endapan terbentuk melalui proses pengendapan. Batuan metamorf adalah batuan yang sudah mengalami perubahan wujud dan susunan kimia akibat peningkatan suhu dan tekanan.

Tenaga eksogen yang merobek-robek bentukan muka bumi adalah air, angin, suhu, dan es. Pengerjaannya melalui suatu proses pelapukan, pengikisan atau erosi, masswasting, dan pengendapan.

Pedosfer, adalah lapisan paling atas dari permukaan bumi tempat berlangsungnya proses pembentukan tanah. Faktor pembentuk tanah terdiri atas iklim (suhu dan curah hujan), organisme, bahan induk, dan waktu.

Sifat fisik tanah dapat dilihat dari warna tanah, struktur tanah, dan tekstur tanah. Penentuan tekstur tanah didasarkan perbandingan banyaknya butir-butir pasir, debu, dan liat. Struktur tanah merupakan gumpalan-gumpalan kecil dari tanah akibat melekatnya butir-butir tanah satu sama lain yaitu lempeng (*platy*), prisma (*prosmatic*), tiang (*columnar*), gumpal bersudut (*angular blocky*), gumpal membulat (*sub angular blocky*), granuler (*granular*), dan remah (*crumb*).

Metode pengawet tanah pada umumnya dilakukan untuk melindungi tanah dari curahan langsung air hujan, meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah, mengurangi *run off* (aliran air di permukaan tanah), meningkatkan stabilitas agregat tanah. metode pengawetan tanah terdiri atas metode vegetatif, metode mekanik, dan metode kimiawi.

Glosarium

- Antiklin* : bagian yang terangkat dan merupakan punggung di daerah lipatan, diapit oleh sinklin.
- Atol* : terumbu karang berbentuk lingkaran penuh atau terputus-putus dengan genangan air laut di tengahnya yang dinamakan *lagun*, pada umumnya merupakan pulau-pulau di bawah permukaan air laut.
- Batolit* : massa batuan beku dalam yang berukuran besar terjadi dari butiran hablur mineral yang kasar.
- Bom* : batuan produk vulkanik berbutir besar, berasal dari magma yang terlempar ketika gunungapi meletus dan membeku di luar. Produk vulkanik lain berturut-turut makin kecil ialah lapili, pasir vulkanik, dan abu vulkanik. Berbagai produk vulkanik itu dinamakan juga *eflata* atau *piroklastik*.
- Coral* : organisme pembentuk terumbu karang yang pada umumnya hidup berkoloni di laut yang dangkal agar mendapat cahaya matahari dan berkerangka kapur.
- Delta* : lapisan-lapisan sedimen yang membentuk dataran yang luas pada bagian sungai yang mendekati muaranya.
- Diatrema* : pipa kepundan gunungapi. Ketika gunungapi masih aktif, diatrema merupakan tempat magma mengalir ke luar dan jika gunung telah tidak aktif lagi, diatrema merupakan batuan beku pengisi pipa tersebut.
- Ekstrusi* : proses peresapan magma melalui lapisan litosfer sampai ke permukaan bumi.
- Geyser* : sumber air panas yang memancar secara berkala sebagai gejala pasca vulkanik. Gletser aliran es pada palung berbentuk U di daerah yang bersuhu kurang dari 0°C.
- Graben* : bagian yang turun di daerah tektonik patahan berdampingan dengan Horst.
- Horst* : bagian yang terangkat di daerah tektonik patahan bersebelahan dengan slenk atau graben.
- Isohyps* : garis pada peta yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama dari permukaan laut.
- Lahar* : aliran lumpur yang mengangkut material vulkanik dari lereng gunungapi karena aliran air hujan (lahar hujan) atau aliran air danau kepundan bercampur magma.

<i>Lapili</i>	: benda vulkanik berbentuk kerikil lebih besar daripada pasir vulkanik dan abu vulkanik, tetapi lebih kecil daripada bom.
<i>Lava</i>	: magma yang telah sampai ke permukaan bumi.
<i>Magma</i>	: batuan cair pijar yang bersuhu tinggi dan mengandung berbagai unsur dan mineral yang berbentuk padat, cair maupun gas yang terletak di bawah litosfer.
<i>Meander</i>	: kelokan setengah lingkaran pada alur sungai yang terjadi karena erosi di bagian luar dan sedimentasi pada bagian dalam kelokan sungai. Dalam perkembangannya selanjutnya dapat terbentuk meander (cut off) dan sungai mati (oxbow lake).
<i>Mélange</i>	: sedimen yang terjadi dari campuran berbagai batuan dan terdapat di suatu areal yang dapat dipetakan. Fragmen-fragmen pembentuk melange itu bermacam-macam dalam susunan, ukuran besar maupun bentuknya serta tempat fragmen itu terbentuk.
<i>Oxbow lake</i>	: sungai mati, danau telapak kuda.
<i>Pasca vulkanik</i>	: peristiwa vulkanisme setelah aktivitas gunungapi berhenti, meliputi sumber termal, sumber air mineral, geiser, sumber gas (fumarol, mofet, dan solfatar).
<i>Petrologi</i>	: ilmu yang mempelajari batuan.
<i>U (Palung)</i>	: palung berbentuk huruf U sebagai tempat gletser mengalir atau bekas aliran gletser seperti palung fyord.
<i>V (Palung)</i>	: palung berbentuk huruf V sebagai tempat sungai mengalir.
<i>Vulkanisme</i>	: peristiwa kegunungapian meliputi intrusi dan ekstrusi magma serta segala peristiwa yang terkait.

Kegiatan kelompok

- 1) Setelah kalian mengetahui gejala dan jenis gempa, coba kalian amati jenis gempa apa yang terjadi di Aceh dan Yogyakarta? Bagaimana hubungan gempa dengan gelombang tsunami yang terjadi dan mengapa terjadi di sana?
- 2) Diskusikan dengan teman kalian tentang contoh jenis-jenis batuan yang ada di sekitar sekolah. Untuk lebih memahami jenis-jenis batuan, lakukan kunjungan ke museum geologi Bandung.

Tugas mandiri

Untuk menguji pengetahuan kamu mengenai konsep erosi. Lakukan percobaan berikut.

1. Letakkan pasir, pasir berbatu, dan tanah liat pada wadah yang berbeda.
2. Tempatkan masing-masing di sebuah pipa yang agak lebar.
3. Posisi pipa harus miring $\pm 10-20^0$, lalu kucurkan sedikit air pada ketiga bahan tersebut.
4. Amati dan catat, media mana yang paling mudah tererosi, kemudian kamu teliti untuk mengetahui alasannya.
5. Kegiatan ini dapat menjadi proyek sains kamu untuk menambah wawasan dan pengetahuan kamu.

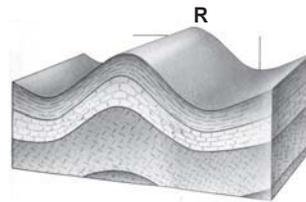
UJI KOMPETENSI

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Tenaga pengubah bentuk permukaan bumi yang berasal dari luar bumi dinamakan
 - a. tenaga hidrologi
 - b. tenaga geologi
 - c. tenaga endogen
 - d. tenaga eksogen
 - e. tenaga gempa
2. Proses endogenik antara lain
 - a. vulkanisme
 - b. pelapukan
 - c. erosi
 - d. sedimentasi
 - e. pengikisan
3. Lapisan kulit bumi paling atas yang terbentuk oleh berbagai jenis batuan disebut
 - a. astenosfer
 - b. lithosfer
 - c. barisfer
 - d. hidrosfer
 - e. mantel
4. Peristiwa letusan gunungapi, dengan kandungan magma yang keluar melalui retakan yang memanjang dinamakan erupsi
 - a. linier
 - b. sentral
 - c. strato
 - d. areal
 - e. memusat

5. Batuan beku seperti granit, diorit gabro, memiliki bentuk kristal-kristal yang sempurna. Tampilan tersebut dikarenakan pada proses pembentuknya, yaitu
- pembekuan magma berlangsung lambat pada bagian dalam kulit bumi
 - pembekuan magma pada lapisan kulit bumi dekat permukaan dan relatif lebih cepat
 - pembekuan magma di permukaan bumi dan relatif cepat
 - pembekuan magma bervariasi antara lambat dan cepat di dalam lapisan kulit bumi
 - magma mengandung banyak mineral batuan
6. Sumber atau tempat penyebab gempa yang letaknya jauh di dalam bumi dinamakan
- seismogram
 - episentrum
 - tsunami
 - hiposentrum
 - hipotermia
7. Kalian amatilah gambar berikut, huruf **R** pada gambar menunjukkan
- antiklin
 - monoklin
 - graben
 - sinklin
 - lipatan



8. Batuan yang telah mengalami pelapukan disebut batuan
- malihan
 - metamorf
 - korok
 - sedimen
 - pasir
9. Tenaga yang bekerja dari dalam bumi dengan arah vertikal dan horizontal yang mengakibatkan perubahan lokasi, disebut
- patahan
 - horst
 - lipatan
 - sesar
 - graben
10. Pegunungan Sirkum Pasifik terbentang
- mulai dari pantai Pasifik Amerika, Jepang, Filipina, Irian, Australia, sampai Selandia Baru.
 - mulai dari Jepang, pantai Pasifik Amerika, Filipina, Irian, Australia, sampai Selandia Baru.
 - mulai dari Filipina, pantai Pasifik Amerika, Irian, Australia, Jepang, sampai Selandia Baru.

- d. mulai dari pantai Pasifik Amerika, Irian, Filipina, Australia, Jepang, sampai Selandia Baru.
- e. Pegunungan Rocky di Amerika dan berakhir di Pegunungan Alpen
11. Gerak turunnya daratan sehingga kelihatan permukaan air laut, disebut
- a. epirogenetik positif d. orogenetik positif
- b. epirogenetik negatif e. orogenetik positif dan negatif
- c. orogenetik negatif
12. Bentuknya seperti kerucut, terjadi karena letusan, dan ledakan secara bergantian, bahannya berlapis-lapis, merupakan ciri gunung api
- a. maar c. perisai
- b. strato e. merapi
- c. perret
13. Gempa yang terjadi karena meletusnya gunungapi, disebut
- a. gempa vulkanis d. gempa tektonik
- b. gempa guguran e. gempa runtuh
- c. gempa tektonik vulkanis
14. Air yang banyak mengandung CO_2 (zat asam arang) dapat dengan mudah melarutkan batu kapur (CaCO_3). Contoh tersebut merupakan jenis pelapukan
- a. organis d. kimiawi
- b. mekanis e. vegetatif
- c. mekanis kimiawi
15. Bahan-bahan silikat pijar dalam wujud padat, cair, dan gas dinamakan
- a. lava d. magma
- b. lahar e. lapili
- c. solfatara
16. Berikut adalah faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan tanah, *kecuali*
- a. pupuk d. bahan induk
- b. manusia e. organik
- c. topografi
17. Horizon tanah yang terbentuk dari proses illuviasi dari bahan-bahan yang tercuci yaitu

- a. horizon A
 - b. horizon B
 - c. horizon R
 - d. horizon E
 - e. horizon D
18. Proses pembentukan tanah yang masih tampak percampuran antara bahan organik dan bahan mineral atau masih tampak struktur batuananya, yaitu ciri
- a. tanah muda
 - b. tanah dewasa
 - c. tanah laterit
 - d. tanah tua
 - e. tanah berlanjut
19. Struktur tanah berbentuk tiang dapat ditemukan pada
- a. horizon B pada daerah iklim kering
 - b. horizon B pada daerah iklim basah
 - c. horiozon A pada daerah iklim kering
 - d. horizon A pada daerah iklim basah
 - e. horizon C pada segala musim
20. Berikut ini merupakan cara mengawetkan tanah dengan menggunakan metode vegetatif, *kecuali*
- a. penghijauan
 - b. buffering
 - c. strip cropping
 - d. contour village
 - e. semua salah

II. Uraian

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini secara tepat.

1. Apakah yang dimaksud tenaga endogen dan tenaga eksogen?
2. Apa yang kamu ketahui mengenai konsep vulkanisme?
3. Jelaskan bahan-bahan yang dikeluarkan gunungapi yang meletus?
4. Peristiwa gempa tercatat pada seismograf di stasiun pencatat gempa di Meulaboh, Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam sebagai berikut:
 - a. Gelombang longitudinal tercatat pada jam 08 25'25"
 - b. Gelombang transversal tercatat pada jam 08 26'40"
 Hitunglah jarak episentrum gempa di Meulaboh tersebut!
5. Jelaskan empat jenis masswasting berdasarkan kecepatannya!
6. Sebutkan tujuh faktor yang mempengaruhi proses pembentukan tanah.
7. Mengapa keadaan relief suatu daerah berperan dalam membentuk tanah?
8. Jelaskan tiga unsur penyusun warna tanah!

9. Sebutkan sepuluh jenis tanah menurut taksonomi tanah tahun 1970!
10. Jelaskan tiga metode pengawetan tanah!

Refleksi

1. Setelah kamu mempelajari dinamika perubahan litosfer dan pedosfer pada bab ini. Bagaimana tanggapan kamu?
2. Manfaat apa yang dapat kamu lakukan dalam rangka pelestarian kesuburan tanah di bumi ini?

5

DINAMIKA PERUBAHAN ATMOSFER

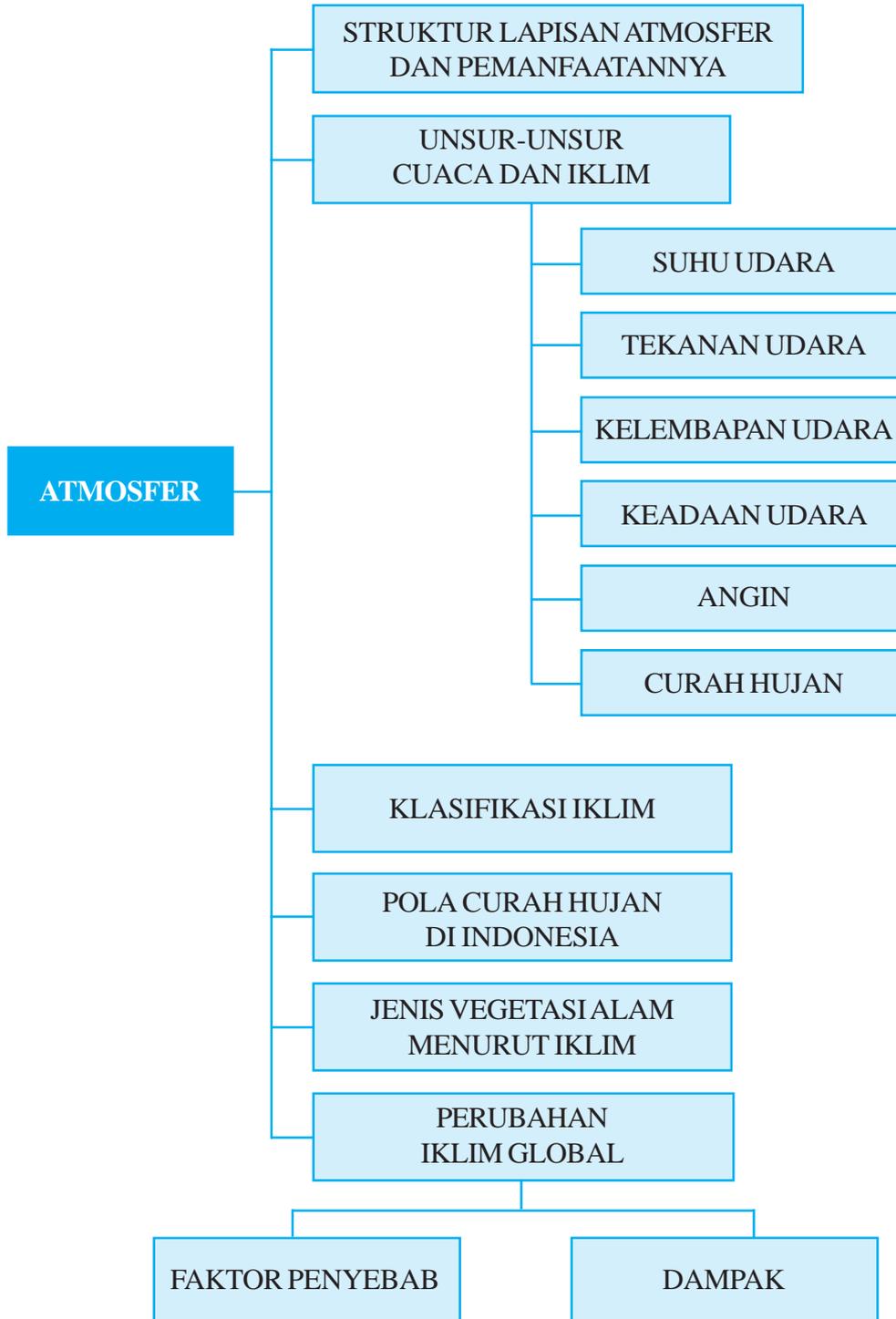


(Sumber: www.e-dukasi-net)

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- mengidentifikasi ciri-ciri lapisan atmosfer dan pemanfaatannya.
- menganalisis dinamika unsur-unsur cuaca dan iklim (penyinaran, suhu, angin, awan, kelembaban, curah hujan).
- mengklasifikasi berbagai tipe iklim.
- menyajikan informasi tentang persebaran curah hujan di Indonesia.
- mengidentifikasi jenis-jenis vegetasi alam menurut iklim dan bentang alam serta persebarannya.
- mengidentifikasi faktor-faktor penyebab perubahan iklim global (El Nino, La Nina) dan dampaknya terhadap kehidupan.

PETA KONSEP



Sadarkah, jika setiap saat kamu membutuhkan udara segar. Untuk membahas tentang gejala atmosfer, sebaiknya kamu bernapas dalam-dalam dan nikmati hidup sehat dengan menghirup udara bersih. Udara yang kamu hirup adalah udara dengan berbagai kandungan unsurnya. Paru-paru kita secara otomatis akan menyerap memilih unsur oksigen untuk menyertai peredaran darah dalam tubuh kita. Pertanyaannya, bagaimana jika di permukaan bumi tidak ada udara?. Makhluk hidup yang bernapas tentu saja akan mati. Begitu pentingnya unsur udara bagi kehidupan manusia. Dalam geografi, lapisan udara di atas permukaan bumi dinamakan *atmosfer*.

Pada bab ini, kita akan membahas tentang atmosfer serta dinamika perubahannya. Setelah mempelajarinya diharapkan kamu mampu menganalisis atmosfer dan dampaknya terhadap kehidupan di muka bumi. Sebelum mempelajari atmosfer lebih lanjut, sebaiknya kamu pahami terlebih dahulu beberapa fenomena yang berhubungan dengan atmosfer yang didasarkan pada pengetahuan dan pengalaman kamu sehari-hari, seperti berikut ini.

Lapisan udara atau atmosfer bumi memiliki sifat fisik tertentu. Untuk menguji bahwa di dalam udara terdapat unsur-unsur fisik, coba kamu pahami beberapa hal berikut,

1. Jika kamu berada di suatu tempat, dekat pompa pengisi bahan bakar bensin. Udara di sekitarnya tampak tidak berubah, tetapi hidung kamu akan merasa terganggu oleh bau bensin.
2. Di sekitar kamu ada orang yang membakar kertas. Tampak asap mengepul dan menyelimuti daerah sekitarnya. Cobalah kamu masuk pada gumpalan asap tersebut, tentu saja akan terasa sesak napas karena udara didominasi oleh asap.
3. Pada lain waktu, kamu masuk di suatu lokasi yang berkabut. Kabut tersebut menyerupai asap, bergumpal dan tampak putih. Masuklah pada gumpalan kabut tersebut dan rasakanlah keadaan napas kamu. Apakah masih terasa sesak napas? Mengapa tidak terasa sesak napas seperti masuk pada gumpalan asap pembakaran?

Percobaan di atas menunjukkan kepada kita bahwa di udara terkandung banyak unsur. Jika dalam udara tidak ada unsur oksigen yang dibutuhkan tubuh kita, maka napas kita terasa sesak. Tetapi jika dalam udara terdapat unsur oksigen, maka napas kita akan terasa segar.

Sudah hijaukah sekolah kamu dengan tanaman-tanaman yang bermanfaat? Menurut kamu, apa fungsi kebun sekolah terhadap kondisi atmosfer atau udara di sekolah kamu?



Gambar 5.1

Pohon rindang di halaman sekolah akan terasa lebih segar

(Sumber: Bapedalda Yogyakarta, 2005)

Kata Kunci : Dinamika, atmosfer, cuaca, iklim, angin.

A. STRUKTUR LAPISAN ATMOSFER DAN PEMANFAATANNYA

Atmosfer berasal dari kata *atmos* berarti *uap* dan *sphaira* berarti *bola bumi*. Jadi, atmosfer merupakan lapisan udara yang menyelubungi bumi. Lapisan atmosfer merupakan campuran atas berbagai unsur-unsur utama, seperti *Nitrogen* (N_2) sebanyak 78,08%, *Oksigen* (O_2) sebanyak 20,95%, *Argon* (Ar) sebanyak 0,95%, dan *Karbondioksida* (CO_2) sebanyak 0,034%. Unsur-unsur lain, seperti *Neon* (Ne), *Helium* (He), *Ozon* (O_3), *Hidrogen* (H_2), *Krypton* (Kr), *Metana* (CH_4), dan *Xenon* (Xe).

Atmosfer berfungsi untuk melindungi bumi dari gangguan benda-benda angkasa dan radiasi matahari. Coba kamu bayangkan apa jadinya bumi kita kalau tidak ada lapisan atmosfer. Bumi kita akan bolong di sana sini akibat tertabrak benda angkasa, misalnya meteor, dan suhu bumi akan sangat ekstrim antara pagi dan malam hari.

Menurut penelitian para ahli, ketebalan lapisan atmosfer ini mencapai 1000 km yang diukur dari atas permukaan air laut. Selain ketebalannya yang besar, lapisan ini juga memiliki berat 6 milyar ton.

Atmosfer sebagai lapisan pelindung bumi memiliki beberapa ciri, antara lain sebagai berikut.

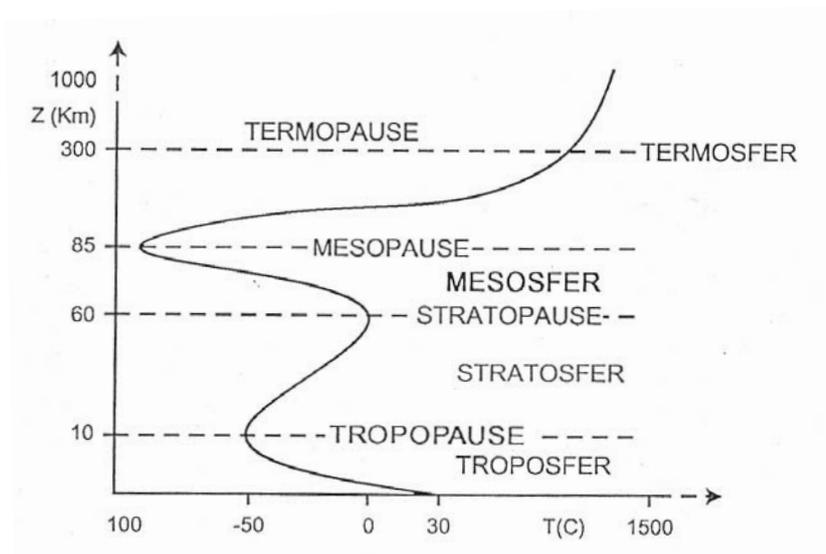
1. Tidak memiliki warna, tidak berbau, dan tidak memiliki wujud, hanya bisa dirasakan oleh indra perasa dalam bentuk angin.

2. Memiliki berat, sehingga dapat menyebabkan tekanan.
3. Memiliki sifat dinamis dan elastis yang dapat mengembang dan mengerut.

Salah satu unsur penting dalam atmosfer adalah uap air. Uap air (H_2O) sangat penting dalam proses cuaca atau iklim, sebab dapat merubah fase (wujud) menjadi fase cair, atau fase padat melalui *kondensasi* dan *deposisi*. Uap air merupakan senyawa kimia udara dalam jumlah besar. Uap air yang terdapat di atmosfer merupakan hasil penguapan dari laut, danau, kolam, sungai dan transpirasi tanaman.

Atmosfer selalu dikotori oleh debu yang berasal dari asap, abu vulkanik, pembakaran bahan bakar, kebakaran hutan, smog, dan lainnya. *Smog* singkatan dari *smoke* and *fog* adalah kabut tebal yang sering dijumpai di daerah industri yang lembab. Debu dapat menyerap, memantulkan, dan menghamburkan radiasi matahari. Debu atmosferik dapat disapu turun ke permukaan bumi oleh curah hujan, tetapi kemudian atmosfer dapat terisi partikel debu kembali. Debu atmosfer adalah kotoran yang terdapat di atmosfer.

Gas-gas yang terkumpul dalam atmosfer, memiliki sifat, karakteristik, dan fungsinya sendiri. Lapisan udara atau atmosfer tersebar, baik secara vertikal maupun ke arah horisntal. Secara vertikal, lapisan atmosfer diberi nama yang berbeda yaitu *troposfer*, *stratosfer*, *mesosfer*, dan *thermosfer*. Ada pula yang menambahkan dengan lapisan *ionosfer*, dan *exosfer*.



Gambar 5.2
Pembagian lapisan atmosfer berdasarkan suhu
(Sumber: Bayong Tjasyono, 2006, Halaman: 119)

Lapisan *troposfer* merupakan lapisan terbawah dari atmosfer, terdapat pada ketinggian antara 0 – 8 km di daerah kutub, dan antara 0 – 16 km di daerah equator atau khatulistiwa. Pada lapisan ini terjadi peristiwa-peristiwa cuaca seperti awan, hujan, dan konveksi. Di zone ini, suhu akan semakin dingin apabila berada semakin ke atas hingga mencapai -60°C yang disebabkan troposfer sedikit menyerap gelombang radiasi dari matahari. Sebaliknya suhu di permukaan tanah cukup panas akibat proses konduksi, konveksi, dan panas laten. Kandungan unsurnya didominasi oleh unsur Nitrogen dan Oksigen.

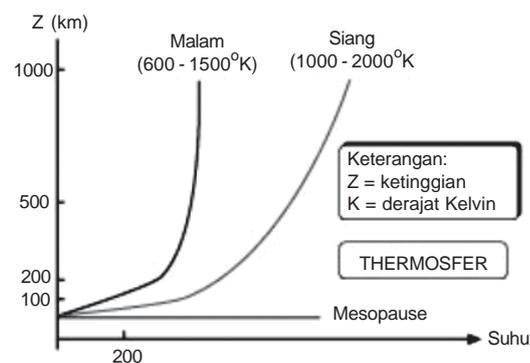
Lapisan *stratosfer* berada pada ketinggian rata-rata berkisar antara 15 – 50 km. Antara lapisan stratosfer dan lapisan mesosfer dipisahkan oleh lapisan *stratopause*. Bagian paling atas dari lapisan stratosfer merupakan tempat konsentrasi ozon.

Lapisan *mesosfer* terletak pada ketinggian antara 50 – 80 km. Temperatur menurun secara tajam hingga 100°C , banyak meteor yang terbakar dan terurai, dan terdapat reflektor atau perambat gelombang radio.

Lapisan *thermosfer* terletak pada ketinggian antara 80 km – 500 km di atas permukaan bumi. Pada bagian bawah lapisan ini terjadi peristiwa ionisasi (pembentukan) ion, yaitu pada ketinggian 85 km – 375 km. Suhu naik pada ketinggian 480 km hingga mencapai 120°C .

Lapisan *ionosfer* merupakan bagian dari lapisan *thermosfer*. Fungsi lapisan ini untuk memantulkan gelombang radio sebagai alat komunikasi ke seluruh permukaan bumi. Di atas lapisan ionosfer terdapat lapisan *exosfer* terluar lebih dari ketinggian 700 km di atas permukaan bumi. Lapisan ini semakin tinggi semakin sedikit udara dan makin mendekati luar angkasa.

Bagian atas lapisan atmosfer dibatasi oleh *thermopause* yang meluas dari ketinggian 300 km sampai pada ketinggian 1000 km. Suhu *thermopause* adalah konstant terhadap ketinggian, tetapi berubah dengan waktu, yaitu dengan insolasi (*incoming solar radiation*). Suhu pada malam hari berkisar antara 300 dan 1200°C dan pada siang hari antara 700 dan 1700°C . Densitas *thermopause* sangat kecil, kira-kira 10 kali densitas atmosfer permukaan tanah. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3
Keadaan suhu siang – malam di
lapisan atmosfer
(Sumber: www.e-dukasi.net)

Persebaran kondisi atmosfer secara horisontal hanya berada pada lapisan troposfer dan keadaannya berbeda-beda antara satu tempat dengan tempat lainnya. Perbedaannya mengakibatkan perbedaan gejala cuaca dan iklim di permukaan bumi.

B. UNSUR-UNSUR CUACA DAN IKLIM

Apakah kamu bisa membedakan antara cuaca dengan iklim? Untuk mengetahuinya cobalah kamu simak pernyataan ini “Hari ini *cuaca* di Bandung sangat cerah, sedangkan kemarin turun hujan”, dan “Indonesia terletak pada *iklim* tropis basah sama halnya seperti di Brazil”. Nah bisakah kamu membedakan pernyataan tersebut?

Cuaca adalah suatu keadaan udara pada suatu saat di suatu tempat, yaitu keadaan berdasarkan gejala suhu, tekanan udara, kelembaban, angin, dan curah hujan. Di samping itu, terdapat unsur cuaca lainnya yang biasa kita saksikan yaitu penyinaran matahari, keadaan awan, gejala halilintar, pelangi, halo, dan lain-lain.

Di Indonesia keadaan cuaca selalu diumumkan untuk jangka waktu sekitar 24 jam melalui prakiraan cuaca hasil analisis Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), Departemen Perhubungan. Untuk negara-negara yang sudah maju perubahan cuaca sudah diumumkan setiap jam dan sangat akurat (tepat).

Iklim adalah suatu keadaan umum kondisi cuaca yang meliputi daerah yang luas. Iklim merupakan kelanjutan dari hasil-hasil pengamatan dan pencatatan unsur cuaca selama 30 tahun. Oleh karena itu, iklim pada dasarnya merupakan rata-rata dari keadaan cuaca harian secara umum. Perbedaan lainnya, iklim bersifat relatif tetap dan stabil, sedangkan cuaca selalu berubah setiap waktu.

Ilmu yang mempelajari tentang iklim disebut *klimatologi*, sedangkan ilmu yang mempelajari tentang keadaan cuaca disebut *meteorologi*.

Pengamatan keadaan cuaca dan atau iklim biasanya memperhatikan sejumlah persebaran komponen cuaca yaitu temperatur, tekanan udara, kelembaban, awan, curah hujan, angin, dan lain-lain.

1. Suhu udara (temperatur)

Skala temperatur digunakan istilah *derajat*, dan umumnya menggunakan skala *Celsius* ($^{\circ}\text{C}$) atau skala *Fahrenheit* ($^{\circ}\text{F}$). Pada skala Celsius titik cair es yang bersih dianggap memiliki temperatur 0°C dan titik didih air bersih pada tekanan udara normal dianggap memiliki temperatur 100°C . Namun demikian tidak selamanya air mendidih pada 100°C tergantung pada keadaan suhu udara disekitarnya. Pada skala Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) titik beku air terletak pada 32°F , sedangkan titik didih air pada tekanan udara yang normal pada

212 °F. Oleh karena itu, $100^{\circ}\text{C} = 180^{\circ}\text{F}$. Alat pengukur temperatur udara adalah *termometer* atau *termograf*. Termograf adalah alat pengukur temperatur yang bekerja atau merekam temperatur udara secara terus menerus setiap hari. Termograf dilengkapi dengan sebuah pena dan silinder yang berputar otomatis.

Tabel 5.1
Beberapa Skala Pengukuran

Skala pengukuran	Titik didih air	Titik beku air	Titik absolut
Fahrenheit	212	32	- 460
Celcius	100	0	- 273
Kelvin	373	273	0

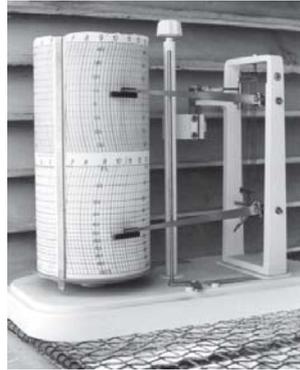
Suhu udara merupakan keadaan panas udara pada suatu tempat. Suhu udara ditimbulkan oleh pancaran sinar matahari (radiasi) yang diserap permukaan bumi. Permukaan bumi yang menyerap radiasi matahari akan naik suhunya, sehingga udara yang berada di sekitarnya (di atasnya) akan terpanasi. Dengan demikian, terciptalah keadaan suhu udara di tempat tersebut akibat pemanasan dari naiknya suhu permukaan bumi. Udara panas yang berasal dari panas permukaan bumi dapat naik ke atas melalui proses konveksi. *Konveksi* adalah pergerakan udara panas yang naik ke atas.

Keadaan suhu udara di suatu tempat dipengaruhi oleh empat hal, yaitu sebagai berikut:

- a. ***Lamanya penyinaran matahari***
Semakin lama matahari menyinari permukaan bumi semakin panas udara disekitarnya.
- b. ***Sudut datang sinar matahari***
Jika sinar jatuh matahari tegak lurus di permukaan bumi maka suhu udara di sekitarnya akan lebih panas tetapi jika sinarnya jatuh condong (misalnya di pagi hari atau di sore hari) maka suhu udara lebih rendah. Daerah di permukaan bumi yang selalu menerima sinar jatuh dalam keadaan condong adalah di daerah lintang tinggi ($30^{\circ} - 60^{\circ}$ LU/LS) sehingga di daerah ini relatif lebih dingin daripada di daerah khatulistiwa.
- c. ***Keadaan awan yang menutupinya***
Semakin banyak awan suhu udara di permukaan bumi akan lebih dingin karena sinar matahari terhalang oleh keadaan awan.
- d. ***Keadaan di permukaan bumi***
Keadaan di permukaan bumi juga berpengaruh terhadap suhu suatu daerah. Jika di permukaan bumi merupakan padang pasir (gurun) maka keadaan

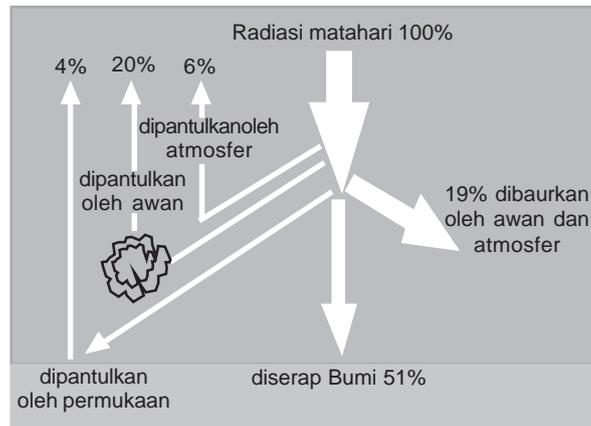
suhu pada siang hari akan lebih panas dibandingkan dengan permukaan bumi yang ditumbuhi hutan.

Udara akan menjadi panas karena adanya penyinaran matahari. Karena penyinaran matahari, permukaan bumi menerima panas pertama. Udara akan menerima panas dari permukaan bumi yang dipancarkan kembali setelah diubah dalam bentuk gelombang panjang.



Gambar 5.4 Termograf
(Sumber: www.e-dukasi.net)

Radiasi yang dipancarkan matahari tidak seluruhnya diterima oleh bumi. Bumi menyerap radiasi sebesar 51%, selebihnya mengalami proses pembauran 7%, pemantulan kembali oleh awan 20% dan oleh bumi 4%, dan diserap oleh awan sekitar 3%, serta molekul udara dan debu atmosfer sebesar 19%.



Gambar 5.5 Intensitas Sinar Matahari
(Sumber: www.e-dukasi.net)

Panas yang diterima oleh permukaan bumi akan dipancarkan dan dirambatkan kembali melalui proses-proses berikut.

- Konduksi*, yaitu proses pemindahan panas pada molekul-molekul yang zat pengantarnya tidak ikut bergerak.
- Konveksi*, yaitu proses pemindahan panas pada molekul yang zat pengantarnya ikut bergerak.
- Radiasi*, yaitu proses pemindahan panas melalui pancaran gelombang dari sumber panasnya.

Untuk mencatat intensitas pancaran matahari, digunakan alat yang dilengkapi dengan bola gas, tempat skala, dan kertas karbon yang mudah terbakar.

Untuk mengetahui temperatur rata-rata suatu tempat dapat digunakan rumus:

$$T_x = T^o - 0,6 \frac{h}{100}$$

Keterangan:

T_x = temperatur rata-rata suatu tempat (x) yang dicari dengan satuan derajat Celcius

T^o = temperatur suatu tempat yang sudah diketahui dengan satuan derajat Celcius

h = tinggi tempat (x) dengan satuan meter

Contoh:

Temperatur di daerah Lembang 20°C . Ketinggian tempat 700 m di atas permukaan laut. Berapakah temperatur rata-rata di Ledeng?

Jawab:

Diketahui: $T^o = 20^{\circ}\text{C}$

$H = 700$ m di atas permukaan laut

Ditanyakan T_x ?

$$\begin{aligned} T_x &= 20 - 0,6 \\ &= 20 - (0,6 \times 7) \\ &= 15,8^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Di Indonesia, keadaan suhu udara relatif bervariasi. Data rata-rata suhu udara di beberapa kota di Indonesia, dapat kamu lihat pada tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2
Rata-rata suhu udara di beberapa kota di Indonesia

No	Kota	Rata-rata Suhu (0°C)
1	Pontianak	27
2	Surabaya	27
3	Jakarta	26,3
4	Bandung	22,0
5	Ujung Pkabung	25,8
6	Palembang	25,9
7	Banjarmasin	26,1

(Sumber: I Made Sandi, 1987, *Rekayasa*)

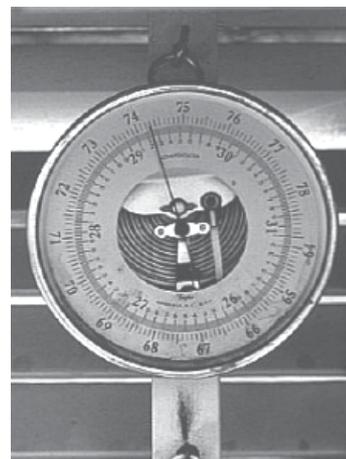
Rata-rata suhu tahunan, di Indonesia sekitar 26,80 C. Dalam peta, daerah daerah yang suhu udaranya sama dihubungkan dengan *garis isotherm*.

2. Tekanan udara

Lapisan udara dari permukaan bumi ke atas memberi tekanan tertentu. Tekanan udara adalah berat massa udara di atas suatu wilayah. Tekanan udara menunjukkan tenaga yang bekerja untuk menggerakkan masa udara dalam setiap satuan luas tertentu.

Pada setiap bidang yang luasnya 1 cm² dengan tinggi kira-kira 10.000 km di atas permukaan bumi memberi tekanan dengan berat 1033,3 gram atau satu atmosfer. Kalau orang mengambil suatu kolom udara dari 1 m² penampang, maka beratnya sudah mencapai 10.333 kg. Semakin tinggi suatu tempat semakin berkurang tekanannya karena tiang udara semakin berkurang. Tekanan udara di atas permukaan laut akan lebih besar daripada di puncak gunung karena tinggi tiang udara di permukaan laut lebih panjang daripada di puncak gunung.

Alat pengukur tekanan udara adalah *barometer*. Satuan dalam ukuran tekanan udara adalah bar. 1 (satu) bar = 1000 milibar (mb). Jenis barometer ada dua yaitu *barometer raksa*



Gambar 5.6
Barometer Aneroid
(Sumber: www.e-dukasi.net)

dan *barometer kotak (aneroid)*. Barometer air raksa terdiri atas sebuah bejana kaca yang ujung atasnya tertutup hingga hampa udara. Bejana terisi air raksa, ukuran penampangnya 1 cm^2 dengan panjang 1 m. Ujung bawahnya terbuka dan berdiri dalam sebuah bak yang berisikan raksa pula. Juluran tinggi raksa pada tabung di atas udara hampa adalah 760 mm, walaupun dimiringkan tinggi raksa tetap 760 mm. Suatu kolom raksa dari 760 mm menyebabkan tekanan yang besarnya 1,013 bar atau 1013 mb.

Orang pertama yang mengukur tekanan udara adalah *Torri Celli* (1643). Alat yang digunakannya adalah *barometer raksa*.

Barometer yang banyak digunakan yaitu menggunakan kolom raksa. Tinggi kolom raksa menyatakan tekanan udara dalam satuan mmHg. Barometer yang tidak menggunakan raksa disebut *barometer anaeroid*, digunakan sebagai altimeter.

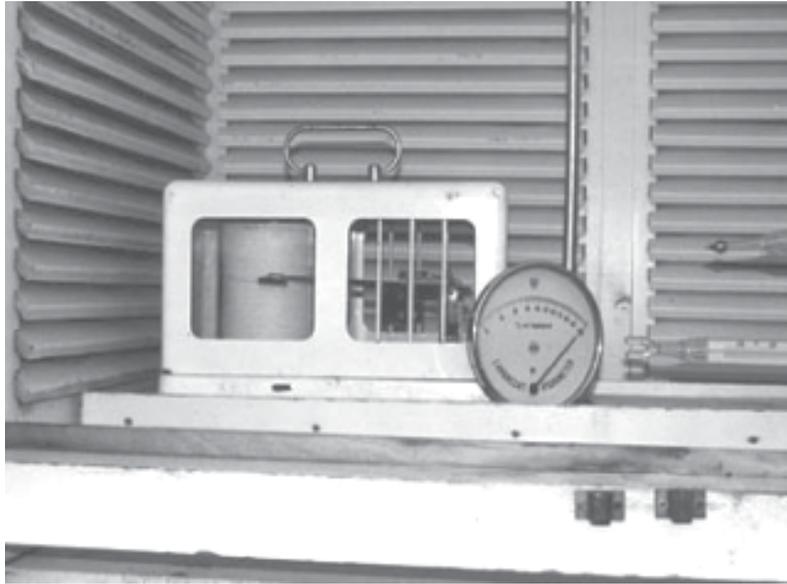
Garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang sama tekanan udaranya disebut *isobar*. Bidang isobar ialah bidang yang tiap-tiap titiknya mempunyai tekanan udara sama. Jadi, perbedaan suhu akan menyebabkan perbedaan tekanan udara.

Daerah yang banyak menerima panas matahari, udaranya akan mengembang dan naik. Oleh karena itu, daerah tersebut bertekanan udara rendah. Di tempat lain terdapat tekanan udara tinggi, sehingga terjadilah gerakan udara dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan udara rendah. Gerakan udara tersebut dinamakan *angin*.

3. Kelembapan udara

Kelembapan udara adalah banyaknya uap air dalam udara. Kelembapan udara dapat dinyatakan dengan besaran kelembapan mutlak dan kelembapan nisbi. *Kelembapan mutlak*, yaitu ukuran banyaknya uap air (dalam gram) di dalam 1 m^3 udara lengas (campuran udara kering dengan uap air) dan dinyatakan dengan gram/m^3 . *Kelembapan nisbi*, yaitu perbandingan (dalam persen) antara tekanan uap air dengan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama.

Alat pengukur kelembapan udara yang lain adalah *higrometer rambut*. Cara kerjanya memperhatikan perubahan ukuran atau dimensi bahan hidroskopik yaitu rambut manusia. Rambut manusia memiliki sifat, jika basah akan memanjang, sedangkan jika dalam keadaan kering akan lebih pendek. Artinya jika udara di sekeliling jenuh uap air maka cenderung rambut (pengukur) tersebut akan memanjang, sedangkan jika udara di sekeliling kering maka rambut tersebut akan mengerut.



*Gambar 5.7 Higrometer
(Sumber: www.e-dukasi.net)*

Contoh:

Dalam 1 m³ udara yang suhunya 20° C terdapat 14 gram uap air (basah absolut = 14 gram), sedangkan uap air maksimum yang dapat dikandungnya pada suhu 20° C = 20 gram.

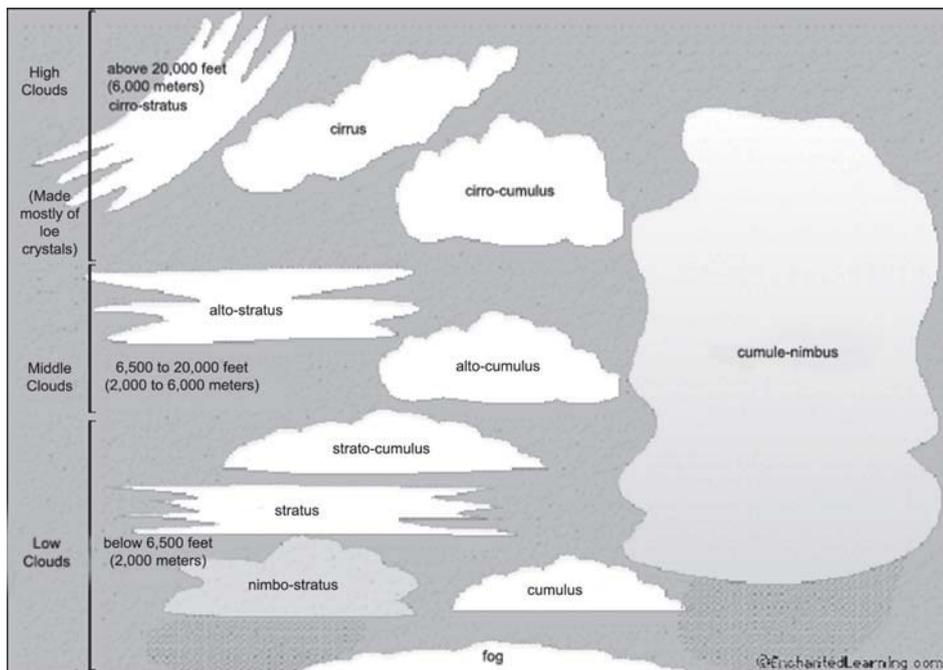
Jadi, kelembapan relatif (nisbi) udara itu = $\frac{14}{20} \times 100\% = 70\%$

4. Keadaan awan

Awan adalah kumpulan partikel air yang tampak di atmosfer. Partikel air tersebut dapat berupa tetes air cair atau kristal es. Adanya tetes partikel air adalah berasal dari kondensasi uap air pada inti kondensasi yang ada dalam udara. Kondensasi atau pengembunan adalah saling-gabung partikel uap air pada partikel debu (yang disebut inti kondensasi), sehingga menghasilkan tetes air. Kondensasi tidak akan terjadi pada udara bersih, sebaliknya akan terjadi jika di udara terdapat inti kondensasi. Inti kondensasi dapat berupa debu, asap, garam laut (NaCl), atau benda mikroskopik yang memiliki sifat mampu menyerap (hidroskopik). Garam laut yang sangat kecil itu dapat masuk ke udara yang mulanya berasal dari deburan ombak di pantai. Air laut yang mengandung garam melepaskan butiran garam yang ukurannya sangat kecil ke udara melalui ombak, lalu tersapu oleh angin dan melayang-layanglah di udara.

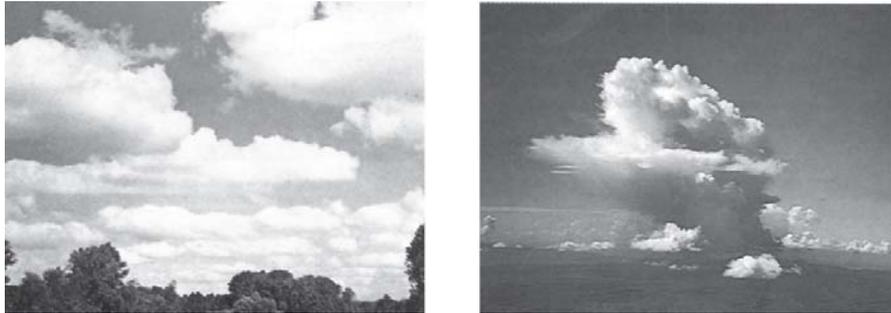
Peristiwa kondensasi tidak cukup dengan adanya inti kondensasi, tetapi harus terpenuhi persyaratan lainnya yaitu kelembaban udara yang memadai. Jika kedua persyaratan tadi terpenuhi maka terjadilah pengembunan menjadi partikel air atau es. Partikel air yang sangat kecil berukuran 5 – 10 milimikron (m). Untuk dapat sebagai butiran hujan, jika butiran air tersebut bergabung satu sama lain hingga berukuran 1000 milimikron atau 1 mm.

Awan yang menempel di permukaan bumi disebut *kabut*. Di dalam atmosfer, awan mempunyai bentuk bermacam-macam, tetapi dapat dibedakan atas tiga bentuk dasar yaitu bentuk berserat, lapisan, dan gumpalan. *Bentuk berserat* terdiri atas kristal-kristal es, *bentuk berlapis* tumbuh dari awan yang horisontal, sedangkan *bentuk bergumpal* disebabkan oleh pertumbuhan vertikal yang sangat besar. Awan yang berserat dinamakan *awan sirus*, awan berlapis dinamakan *awan stratus*, sedangkan yang bergumpal disebut *awan kumulus*. Lebih jelasnya perhatikan gambar 5.8 berikut.

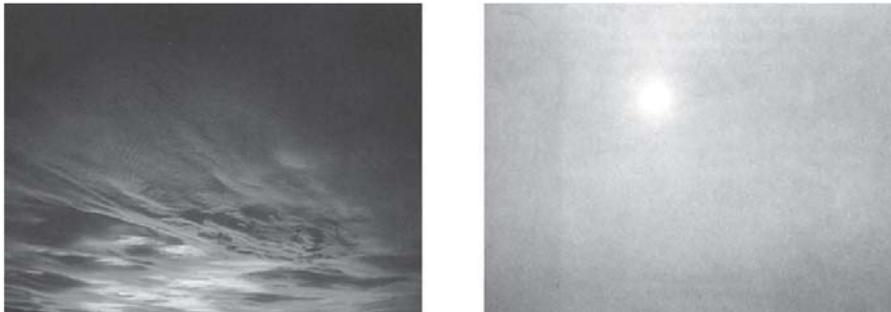


Gambar 5.8 Bentuk dan bagian awan
(Sumber: www.e-dukasi.net)

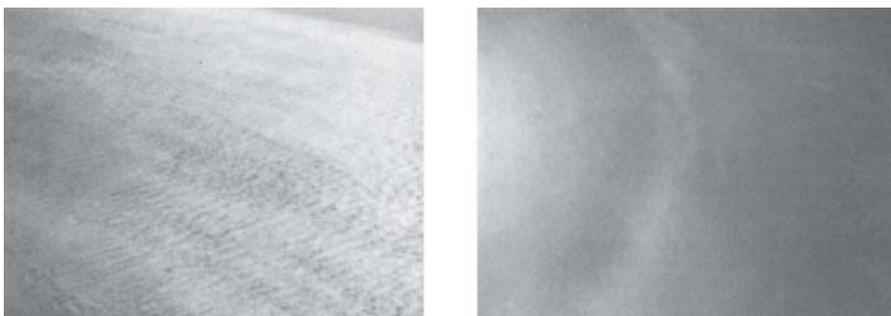
Dilihat dari ketinggiannya, awan dapat dibedakan atas awan rendah, awan sedang, dan awan tinggi. Untuk lebih jelas, perhatikan gambar di bawah ini!



Gambar 5.9
Awan rendah dengan ketinggian rata-ratanya 9,8 - 2 km
(Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 3, halaman 61)



Gambar 5.10
Awan sedang dengan ketinggian rata-ratanya 2 – 6 km
(Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 3, halaman 61)



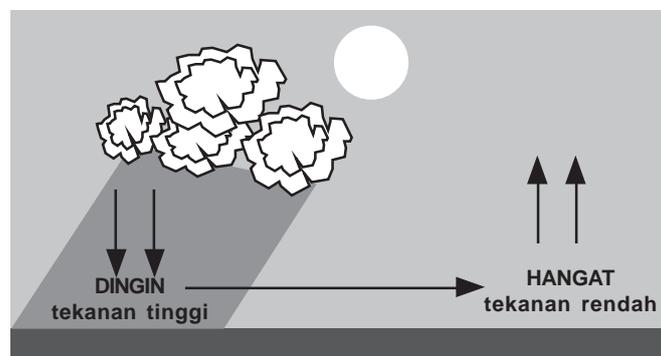
Gambar 5.11
Awan tinggi dengan ketinggian rata-ratanya di atas 6 km
(Sumber: Ilmu Pengetahuan Populer Jilid 3, halaman 61)

5. Angin

Angin merupakan fenomena keseharian yang selalu kamu rasakan. Secara sederhana, angin merupakan gerakan udara mendatar atau sejajar dengan

permukaan bumi yang terjadi karena adanya perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat lainnya. Perbedaan tekanan tersebut disebabkan karena kedua tempat memiliki suhu yang berbeda sebagai akibat radiasi matahari yang berbeda pula. Angin bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Jika telah mencapai keseimbangan, maka udara tersebut cenderung diam atau tenang.

Dari mana dan menuju ke manakah angin itu bergerak? Tiupan angin terjadi apabila di suatu daerah ada perbedaan tekanan udara, yaitu tekanan udara maksimum dan tekanan udara minimum. Angin bergerak dari daerah bertekanan udara maksimum ke minimum.



Gambar 5.12
Bentuk angin sebagai hasil dari perbedaan temperature lokal
(Sumber: www.e-dukasi.net)

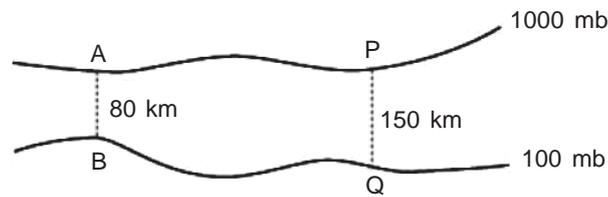
Misalnya, pada bulan Desember matahari sedang berada di Belahan Bumi Selatan (BBS), contohnya Benua Australia. Karena pengaruh sinar matahari, udara di Benua Australia akan memuai, sehingga tekanannya menjadi rendah (minimum). Adapun di Belahan Bumi Utara (BBU), contohnya Benua Asia, pada bulan Desember sedang mengalami musim dingin, sehingga tekanan udaranya tinggi (maksimum). Karena perbedaan tekanan udara tersebut, bergeraklah massa udara (angin) dari Benua Asia ke Benua Australia.

Ada tiga hal penting yang menyangkut sifat angin, yaitu sebagai berikut:

a. Kekuatan angin

Menurut hukum Stevenson, kekuatan angin berbanding lurus dengan gradient barometriknya. *Gradient barometrik* ialah angka yang menunjukkan perbedaan tekanan udara dari dua isobar pada tiap jarak 15 meridian (111 km).

Contoh:



Kekuatan angin A dan P terletak pada isobar 1000 mb. B dan Q pada isobar 990 mb. Jarak AB = 80 km, Jarak PQ = 150 km.

$$\begin{aligned}\text{Gradient A-B} &= 10 : \frac{80}{111} \times 1 \text{ mb} \\ &= 10 \times \frac{111}{80} \times 1 \text{ mb} \\ &= 13,875 \text{ mb}\end{aligned}$$

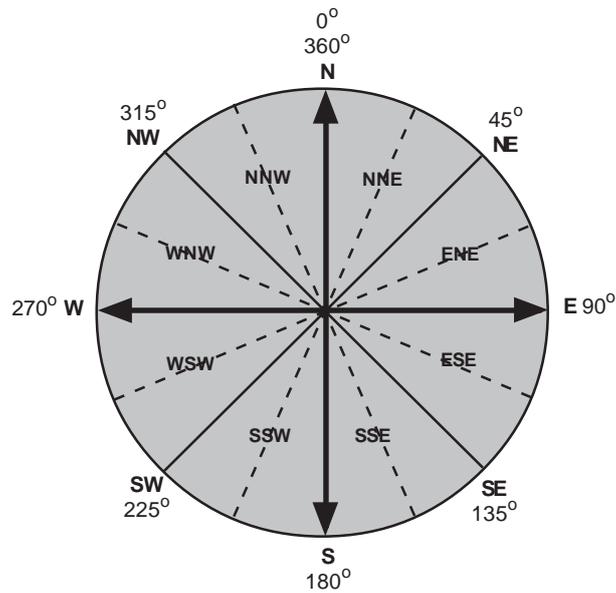
$$\begin{aligned}\text{Gradient P-Q} &= 10 : \frac{150}{111} \times 1 \text{ mb} \\ &= 10 \times \frac{111}{150} \times 1 \text{ mb} \\ &= 7,4 \text{ mb}\end{aligned}$$

Jadi, angin yang bertiup dari A ke B lebih kuat daripada angin yang bertiup dari P ke Q.

b. Arah angin

Satuan yang digunakan untuk besaran arah angin biasanya adalah *derajat*. 1 derajat untuk angin arah dari utara. 900 untuk angin arah dari timur. 1800 untuk angin arah dari selatan. 2700 untuk angin arah dari barat.

Angin menunjukkan dari mana datangnya angin dan bukan ke mana angin itu bergerak. Menurut *hukum Buys Ballot*, udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi (maksimum) ke daerah bertekanan rendah (minimum), di belahan bumi utara berbelok ke kanan, sedangkan di belahan bumi selatan berbelok ke kiri.



Gambar 5.13
Kompas angin yang menjelaskan 16 arah mata
(Sumber: www.e-dukasi.net)

Arah angin dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu:

- gradient barometrik;
- rotasi bumi;
- kekuatan yang menahan (rintangan).

Makin besar gradient barometrik, makin besar pula kekuatannya. Angin yang besar kekuatannya, makin sulit berbelok arah. Rotasi bumi, dengan bentuk bumi yang bulat, menyebabkan pembelokan arah angin. Pembelokan angin di ekuator sama dengan 0 (nol).

Makin ke arah kutub, pembelokannya makin besar. Pembelokan angin yang mencapai 90°, sehingga sejajar dengan garis isobar disebut *angin geotropik*. Hal ini banyak terjadi di daerah beriklim sedang di atas samudera. Kekuatan yang menahan dapat membelokkan arah angin. Sebagai contoh, pada saat melalui gunung, angin akan berbelok ke arah kiri, ke kanan, atau ke atas.

c. Kecepatan angin

Atmosfer ikut berotasi dengan bumi. Molekul-molekul udara mempunyai kecepatan gerak ke arah timur, sesuai dengan arah rotasi bumi. Kecepatan gerak tersebut, dinamakan *kecepatan linier*. Bentuk bumi yang bulat ini menyebabkan kecepatan linier makin kecil, jika makin dekat ke arah kutub.

Tabel 5.3
Hubungan antara lintang tempat dan kecepatan linier

Lintang Tempat	Kecepatan Linear
00 (equator)	461 meter/detik
300	402 meter/detik
600	232 meter/detik
900 (kutub)	0 meter/detik

Alat untuk mengukur arah angin, yaitu *sisip angin*. Anak panah pada sisip angin akan selalu mengarah ke arah dari mana angin bertiup. Misalnya, angin bertiup dari arah utara.

Kecepatan angin diukur dengan menggunakan *anemometer*. Semakin cepat angin bertiup, semakin cepat mangkuk berputar. Sebuah pencatat mencatat kecepatan angin dalam satuan meter/menit. Dengan menggunakan anemometer, kamu dapat mengetahui kecepatan angin. Untuk memudahkan dalam pemberian informasi, kecepatan angin biasanya menggunakan *Skala Beaufort*.

Tabel 5.4
Skala Kecepatan Angin Beaufort

Kode Beaufort	Kecepatan (MilJam)	Kecepatan (Km/Jam)	Jenis Angin	Efek pada Lingkungan
0	< 1	< 1	Calm	Asap naik vertikal
1	2 - 3	1 - 5	Light Air	Arah angin ditunjukkan oleh gerakan asap buka dengan <i>wind vanes</i>
2	4 - 7	6 - 11	Light Breeze	Angin terasa pada muka orang, daun-daun gemerisik, dan penunjukan angin mulai bergerak
3	8 -12	12- 19	Gentle Breeze	Daun-daun dan ranting bergoyang dengan tetap angin menyebabkan bendera berkibar
4	13 - 18	20 - 29	Moderate Breeze	Debu kertas dan dahan atau cabang pohon bergoyang
5	19 - 24	30 - 38	Fresh Breeze	Pohon-pohon kecil yang berdaun mulai bergoyang
6	25 - 31	39 - 51	Strong Breeze	Dahan-dahan besar bergoyang-goyang dan kawat telegraf berdesing
7	32 - 38	51 - 61	Moderate Gale	Seluruh pohon bergoyang. Berjalan melawan angin sukar
8	39 - 46	62 - 74	Fresh Gale	Rating-ranting patah dari pohonnya dan lalu lintas terganggu

9	47 - 54	75 - 86	Strong Gale	Bangunan-bangunan ringan mengalami kerusakan, cerobong asap pabrik bergoyang kemudian runtuh
10	55 - 63	87 - 101	Whole gale	Pohon-pohon tumbang kerusakan bangunan agak banyak
11	64 - 74	102 - 120	Storm	Kerusakan meluas ke mana-mana
12	> 75	> 120	Hurricane	Besar, hebat, ganas dan meluas

(Sumber: www.Physicalgeography.net)

Dalam kehidupan sehari-hari, kamu mengenal beberapa jenis angin. Penamaan angin bergantung pada arah mana angin itu bertiup. Misalnya, jika datangnya dari arah gunung disebut *angin gunung*, dan jika datangnya dari arah timur disebut *angin timur*.

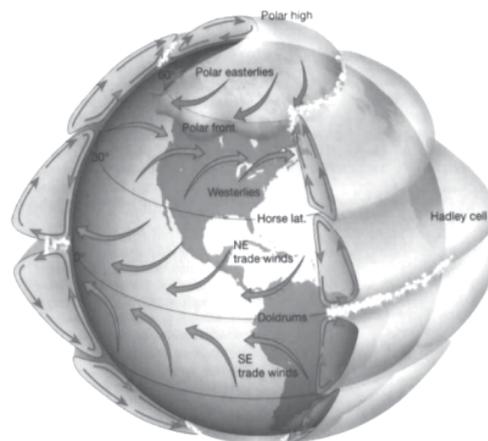
d. Sistem angin

1) Angin passat (*Trade wind*)

Angin passat adalah angin bertiup tetap sepanjang tahun dari daerah subtropik menuju ke daerah ekuator (khatulistiwa). Angin ini berasal dari daerah maksimum subtropik menuju ke daerah minimum ekuator. Sesuai dengan hukum Buys Ballot yaitu karena pengaruh gaya *coriolis* (rotasi bumi), dibelahan bumi utara berbelok ke arah kanan dan di belahan bumi selatan bergerak ke arah kiri. Angin passat yang datangnya dari arah timur laut (di daerah iklim tropika di belahan bumi utara) disebut *angin passat timur*, sedangkan angin passat yang bertiup dari arah tenggara disebut *angin passat tenggara*.

Di sekitar khatulistiwa, kedua angin passat ini bertemu. Karena temperatur di daerah tropis selalu tinggi, maka massa udara tersebut dipaksa naik secara vertikal (konveksi). Daerah pertemuan kedua angin passat tersebut dinamakan *Daerah Konvergensi Antartropik (DKAT)*.

DKAT ditandai dengan temperatur selalu tinggi. Akibat kenaikan massa udara ini, wilayah DKAT terbebas dari adanya angin topan. Akibatnya daerah ini dinamakan daerah *doldrum* (wilayah tenang).



Gambar 5.14 Doldrum
(Sumber: www.e-dukasi.net)

2) Angin anti passat

Udara di atas daerah ekuator yang mengalir ke daerah kutub dan turun di daerah maksimum subtropik merupakan *angin anti passat*. Di belahan bumi Utara disebut *angin anti passat barat daya* dan di belahan bumi selatan disebut *angin anti passat barat laut*. Pada daerah sekitar lintang 20° - 30° LU dan LS, angin anti passat kembali turun secara vertikal sebagai angin kering. Angin kering menyerap uap air di udara dan permukaan daratan. Akibatnya, terbentuklah gurun, misal gurun di Saudi Arabia, Gurun Sahara (Afrika), dan gurun di Australia.

Di daerah subtropik (30° – 40° LU/LS) terdapat daerah *teduh subtropik* yang udaranya tenang, turun dari atas, dan tidak ada angin. Sedangkan di daerah ekuator antara 10° LU– 10° LS terdapat juga daerah tenang yang disebut daerah *teduh ekuator* atau *daerah doldrum*.

3) Angin barat (Westerlies)

Angin barat adalah angin yang selalu berhembus dari arah barat sepanjang tahun pada daerah garis lintang 35° LU– 60° LU dan 35° LS– 60° LS. Angin barat yang lebih stabil dan teratur adalah di daerah 40° LS– 60° LS, sebab daerah ini letaknya lebih luas sehingga udaranya relatif merata. Pengaruh angin barat di belahan bumi utara tidak begitu terasa karena hambatan dari benua. Di belahan bumi selatan, pengaruh angin barat sangat besar, terutama pada daerah lintang 60° LS. Di sini bertiup angin barat yang sangat kencang yang oleh pelaut-pelaut disebut *roaring forties*.

4) Angin timur kutub (Polar Easterlies)

Di daerah kutub utara dan kutub selatan bumi, terdapat daerah dengan tekanan udara maksimum. Dari daerah ini mengalir angin ke daerah minimum subpolar (60° LU/LS). Angin ini disebut *angin timur*. Angin timur ini bersifat dingin karena berasal dari daerah kutub.

5) Angin muson (Monsun)

Angin muson ialah angin yang berganti arah secara berlawanan setiap setengah tahun. Umumnya pada setengah tahun pertama bertiup angin darat yang kering dan setengah tahun berikutnya bertiup angin laut yang basah.

Pada bulan Oktober–April, matahari berada pada belahan langit selatan, sehingga benua Australia lebih banyak memperoleh pemanasan matahari daripada benua Asia. Akibatnya di Australia terdapat pusat tekanan udara rendah (depresi), sedangkan di Asia terdapat pusat-pusat tekanan udara tinggi (kompresi). Keadaan ini menyebabkan arus angin dari benua Asia ke benua Australia.

Di Indonesia, angin ini merupakan *angin musim timur laut* di belahan bumi utara dan *angin musim barat* di belahan bumi selatan. Oleh karena angin ini melewati Samudera Pasifik dan Samudera Hindia maka banyak membawa uap air, sehingga pada umumnya di Indonesia terjadi *musim hujan*. Musim penghujan meliputi hampir seluruh wilayah Indonesia, hanya saja persebarannya tidak merata. Makin ke Timur curah hujan makin berkurang karena kandungan uap airnya makin sedikit.

Pada bulan April–Oktober, matahari berada di belahan langit utara, sehingga benua Asia lebih panas daripada benua Australia. Akibatnya, di Asia terdapat pusat-pusat tekanan udara rendah, sedangkan di Australia terdapat pusat-pusat tekanan udara tinggi yang menyebabkan terjadinya angin dari Australia menuju Asia.

Di Indonesia, terjadi angin musim timur di belahan bumi selatan dan angin musim barat daya di belahan bumi utara. Oleh karena tidak melewati lautan yang luas maka angin tidak banyak mengandung uap air. Oleh karena itu, pada umumnya di Indonesia terjadi *musim kemarau*, kecuali pantai barat Sumatera, Sulawesi Tenggara, dan pantai Selatan Irian Jaya. Antara kedua musim tersebut, ada musim yang disebut *musim pancaroba*, yaitu musim kemareng dan musim labuh. *Musim kemareng* merupakan peralihan dari musim penghujan ke musim kemarau, sedangkan musim *labuh* merupakan peralihan musim kemarau ke musim penghujan.

Adapun ciri-ciri musim pancaroba, yaitu udara terasa panas, arah angin tidak teratur, dan terjadi hujan secara tiba-tiba dalam waktu singkat dan lebat.

6) Angin lokal

Di samping angin musim, di Indonesia juga terdapat angin lokal (setempat), yaitu sebagai berikut:

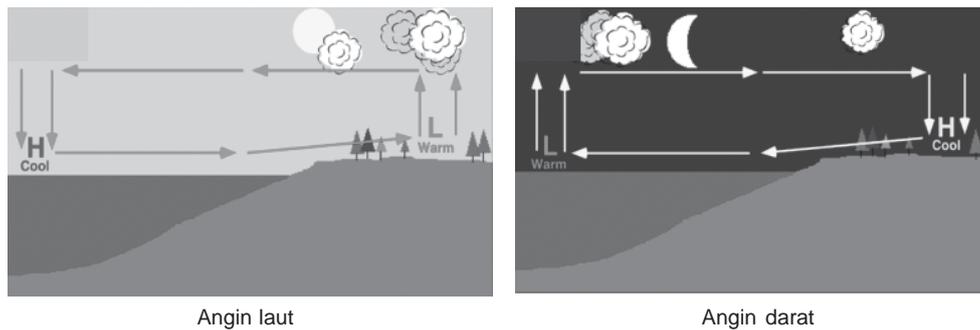
a) Angin darat dan angin laut

Angin darat dan angin laut terjadi di sekitar daerah pesisir dan waktunya hanya sesaat saja yaitu ketika adanya perbedaan temperatur antara perairan laut dan daratan akibat pemanasan. Kita ketahui bahwa air tidak begitu cepat menjadi panas ketika terkena sinar matahari, sebaliknya daratan lebih cepat panas. Pada saat perbedaan kondisi temperatur ini maka mengalirilah udara yang relatif dingin (dari lautan) menuju daratan, sehingga terjadilah *angin laut* pada siang hari.

Menjelang malam, suhu udara di daratan lebih cepat mendingin, sedangkan suhu udara di atas lautan lebih lama menyimpan panas. Akibatnya terjadi perbedaan tekanan udara, di daratan akan lebih padat sedangkan udara di

atas lautan lebih panas dan dengan tekanan yang lebih rendah. Akibat perbedaan ini maka mengalirlah udara dari darat menuju lautan, yang disebut *angin darat* pada malam hari. Nelayan tradisional (belum memanfaatkan mesin motor) yang masih menggunakan perahu layar memanfaatkan angin darat untuk berangkat melaut mencari ikan, sedangkan pada saat keesokan harinya akan memanfaatkan angin laut untuk pulang ke daratan.

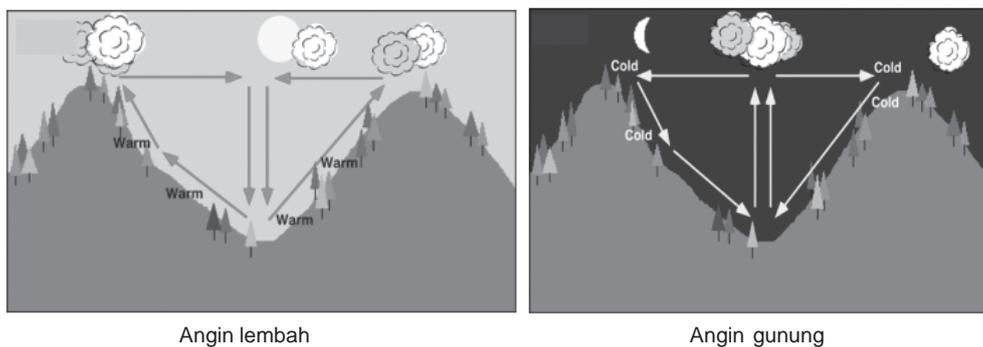
Untuk dapat merasakan hembusan kedua angin tersebut, pergilah ke daerah pantai yang dekat dengan tempat tinggalmu.



Gambar 5.15 Angin darat dan angin laut
(Sumber: www.e-dukasi.net)

b) Angin gunung dan angin lembah

Pada siang hari, lereng gunung yang menghadap ke arah sinar matahari menerima radiasi panas lebih banyak daripada di bagian lembahnya. Tekanan udara di lereng tersebut lebih rendah akibat pemanasan tersebut, sedangkan di bagian lembah yang lebih dingin akan lebih tinggi tekanan udaranya. Akibat perbedaan suhu dan tekanan ini maka mengalirlah udara dari lembah menuju lereng pegunungan di bagian atasnya yang kemudian disebut *angin lembah*.



Gambar 5.16 Angin lembah dan angin gunung
(Sumber: www.e-dukasi.net)

Pada malam hari, suhu udara di atas lereng akan lebih cepat melepas panas, sedangkan di bagian lembahnya akan lebih lama menyimpan hawa panas. Akibatnya mengalir dari atas lereng angin pegunungan menuju lembah yang disebut *angin gunung*. Walaupun angin lembah dan angin gunung belum banyak dimanfaatkan oleh manusia, tetapi angin gunung dan angin lembah telah banyak membantu penyerbukan tanaman berbunga sehingga tanaman tersebut berbuah dan atau berkembang biak

Di wilayah lembah, suhu udaranya masih relatif tinggi dibandingkan gunung atau pegunungan. Hal ini menyebabkan tekanan udara di lembah lebih rendah (minimum). Akibatnya, berhembuslah angin arah gunung menuju lembah. Itulah yang dinamakan *angin gunung*. Suasana kedua angin ini akan sangat terasa, jika kamu berada di wilayah kaki gunung atau pegunungan.

c) *Angin jatuh*

Angin jatuh disebut juga *angin fohn*, yaitu angin kering yang bergerak menuruni lereng pegunungan. Dilihat dari proses terjadinya, angin jatuh sebenarnya hampir sama dengan angin gunung. Faktor yang membedakan antara angin jatuh dan angin gunung terletak pada sifat-sifatnya.

Sebagian besar angin jatuh bersifat kering dan panas. Hal ini terjadi jika angin jatuh bertiup dari daerah yang memiliki temperatur lebih tinggi dibandingkan daerah yang didatangi. Contoh angin jatuh yang terdapat di Indonesia, antara lain angin Wambraw (Biak), Bahorok (Sumatera Utara), Kumbang (Cirebon), Gending (Pasuruan), dan Brubu (Makassar).

Angin ini juga dapat bersifat kering dan dingin jika angin bergerak dari puncak pegunungan yang tinggi. Misalnya, angin Misal di pantai selatan Prancis, angin Bora di pantai Samudra Atlantik, dan angin Sirocco di pantai Laut Adriatik.

6. Curah hujan

a. *Karakteristik hujan*

Hujan adalah curahan butiran air dari atmosfer sampai ke permukaan bumi, baik berbentuk cair maupun padat (es dan salju). Butiran air tersebut berasal dari uap air yang mengalami penggabungan antara partikelnya melalui inti kondensasi dan mengalami penurunan suhu sampai titik embun atau titik beku.

Banyaknya curah hujan yang mencapai permukaan bumi selama selang waktu tertentu dinyatakan dengan *ketebalan* atau *ketinggian air hujan*. Ukuran ketebalan hujan dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Alat penakar curah hujan disebut *ombrometer*. Ada dua jenis alat penakar hujan, yaitu *rekaman* (otomatis) dan *nonrekaman*. Prinsip penakaran yaitu menampung

air hujan yang langsung dari atmosfer sebelum jumlahnya berkurang akibat meresap ke dalam tanah, mengalir, atau menguap. Suatu kota yang memiliki curah hujan sebesar 2000 mm dalam setahun, artinya jika air hujan itu ditampung dengan tidak meresap, mengalir, atau menguap maka tingginya akan mencapai 2000 mm (2 meter). Jika kota itu datar maka akan mengalami banjir setinggi 2 meter.

b. Jenis-jenis hujan

Proses terjadinya hujan bermacam-macam, baik ketika awal proses kondensasi, pada saat awan pembawa hujan diarak angin maupun pada saat awan terangkat oleh arus konveksi yang membumbung dari bawah ke atas. Di bawah ini diterangkan beberapa jenis hujan yang terjadi di sekitar kita.

a. Hujan orografis

Proses hujan orografis adalah hujan yang terjadi karena awan yang membawa hujan diarak oleh angin dari bagian permukaan bumi yang rendah menaiki lereng gunung atau pegunungan.

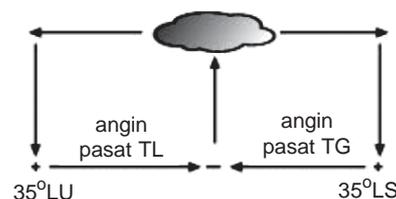
Pada ketinggian tertentu, uap air mengalami pendinginan dan mengalami kondensasi, maka terjadilah hujan di lereng pegunungan tersebut. Jika angin bertiup pada suatu lereng pegunungan itu, maka hujan orografis (hujan pegunungan) akan terjadi pula sepanjang tahun. Lereng gunung yang selalu mendapat curah hujan orografis disebut *lereng hadap hujan*, sedangkan lereng sebelahnya yang tidak kebagian curah hujan disebut *lereng bayangan hujan*.



Gambar 5.17 Hujan orografis
(Sumber: www.e-dukasi.net)

b. Hujan zenital

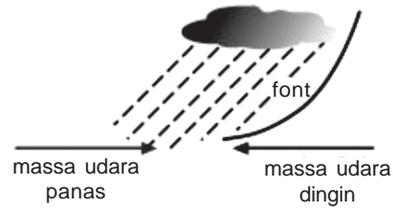
Hujan ini terjadi karena massa udara panas membumbung ke atas. Massa udara yang mengandung uap air tersebut setelah sampai pada lapisan atas, suhunya menjadi turun dan mengakibatkan kondensasi menjadi awan *cumulus* atau *cumulonimbus*. Jika penguapan tersebut bertambah besar, awan yang terbentuk juga semakin tinggi. Pada batas tertentu terjadilah turun hujan mendadak (dapat disertai dengan adanya petir). Proses hujan zenital banyak terjadi di daerah khatulistiwa dan pada musim panas di daerah sedang.



Gambar 5.18 Hujan zenital
(Sumber: www.e-dukasi.net)

c. Hujan frontal

Hujan ini terjadi sebagai akibat pertemuan antara dua massa udara yang berbeda suhunya, yaitu yang satu panas, sedangkan yang lain dingin. Massa udara yang panas dan mengandung uap air bergerak naik seperti menaiki lereng di atas massa udara yang dingin. Udara dingin yang berada di bagian bawah seperti merunduk menyusup di bawah udara panas.



Gambar 5.19 Hujan frontal
(Sumber: www.e-dukasi.net)

Pertemuan antara udara panas yang membawa uap air tentu saja sangat terpengaruh. Uap air yang dibawanya mengalami pengembunan akibat diturunkan suhunya oleh udara dingin. Karena terjadi pengembunan maka terjadilah hujan yang dinamakan *hujan frontal*. Hujan jenis ini jarang ditemukan di Indonesia, tetapi banyak ditemukan di daerah lintang sedang dan di sekitar lingkaran kutub ($60^\circ - 66,5^\circ$ LU/LS). Udara panas berasal dari lintang yang lebih rendah, sedangkan udara dingin berasal dari lintang tinggi (sekitar kutub).

Garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mempunyai curah hujan yang sama disebut *isohyet*. Curah hujan diukur dengan menggunakan *rain gouge*.

Kegiatan:

Kamu bisa melakukan percobaan untuk mengukur besarnya curah hujan. Caranya air hujan ditampung pada suatu wadah. Pada sore hari, air dalam wadah tersebut dituangkan ke dalam tabung pengukur yang ditandai dengan skala milimeter. Tiap hari air yang terkumpul dimasukkan ke tabung ukuran. Dari tabung tersebut dapat dilihat banyaknya curah hujan harian. Curah hujan diukur dalam harian, bulanan, dan tahunan.

Curah hujan yang jatuh di wilayah Indonesia dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- 1) bentuk medan atau topografi;
- 2) arah lereng medan;
- 3) arah angin yang sejajar dengan garis pantai;
- 4) jarak perjalanan angin di atas medan datar.

C. KLASIFIKASI IKLIM

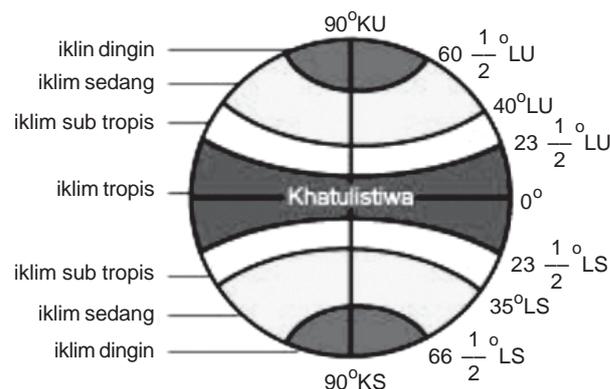
Terjadinya iklim yang bermacam-macam di muka bumi, disebabkan oleh rotasi dan revolusi bumi serta adanya perbedaan garis lintang. Beberapa macam iklim, antara lain sebagai berikut:

1. Iklim matahari

Klasifikasi iklim matahari, didasarkan pada banyak sedikitnya sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi. Tempat-tempat yang lintangnya tinggi lebih sedikit daripada tempat-tempat yang lintangnya rendah.

Berdasarkan iklim matahari, bumi dibagi menjadi empat daerah iklim, yaitu sebagai berikut:

- Daerah iklim tropis : $0^{\circ} - 23,5^{\circ}$ LU/LS
- Daerah iklim sub tropis : $23,5^{\circ} - 40^{\circ}$ LU/LS
- Daerah iklim sedang : $40^{\circ} - 66,5^{\circ}$ LU/LS
- Daerah iklim dingin : $66,5^{\circ} - 90^{\circ}$ LU/LS



Gambar 5.20 Iklim Matahari
(Sumber: www.e-dukasi.net)

2. Iklim Koppen

Pengelompokan iklim Koppen berdasarkan indikator vegetasi. Artinya, vegetasi merupakan tanda atau indikator dari kondisi iklimnya. Koppen membagi iklim dunia menjadi iklim A, B, C, D, dan E.

- Tipe iklim A*, adalah iklim hujan tropis dengan suhu udara pada bulan-bulan terdinginnya mencapai lebih dari 18° C ($64,4^{\circ}$ Fahrenheit). Indikator vegetasinya adalah adanya tumbuhan yang peka terhadap suhu tinggi (megatherma) seperti berbagai jenis palma (kelapa, nipah dan lain-lain). Subregion dari iklim A adalah iklim *Af*, *Aw*, *Am*, *Aw'*, *Aw''*, *As*. Ketiga

iklim pertama yaitu Af, Am, dan Aw lebih sering muncul, sehingga dalam pembahasan diarahkan pada ketiga subregion iklim tersebut. Iklim Af adalah tipe iklim tropik basah (Tropical wet climate) dengan endapan hujan pada bulan-bulan terkering sekurang-kurangnya 60 milimeter (2,4 inchi). Tipe iklim Aw adalah tipe iklim basah tropik (tropical wet and dry climate). Ciri tipe iklim ini adalah memiliki curah hujan di bawah 60 milimeter sekurang-kurangnya satu bulan. Tipe iklim Am adalah tipe iklim basah tropis dengan musim kering yang singkat (tropical wet with short dry climate). Ciri tipe iklim ini adalah memiliki kesamaan dengan Af dalam jumlah endapan hujannya tetapi penyebaran musimnya menyerupai Aw. Endapan hujan pada tipe iklim Am di bawah 60 mm dalam bulan-bulan terkering.

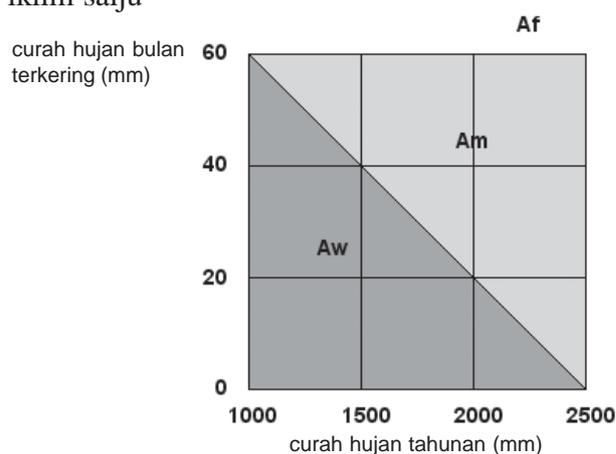
- b. *Tipe iklim B*, adalah iklim kering (dry climate). Iklim kering terjadi karena jumlah penguapan lebih besar atau sama dengan jumlah hujan yang diterima. Karena itu, tidak ada kelebihan air yang dapat disimpan, sebab semuanya diuapkan kembali. Di daerah ini biasanya tidak ditemukan sungai permanen.
- c. *Tipe iklim C*, adalah tipe iklim mesothermal atau iklim lintang sedang yang dipengaruhi oleh lautan. Ciri tipe iklim ini adalah rata-rata suhu dalam bulan-bulan terdingin lebih kecil daripada 18° Celcius, tetapi masih di atas – 3° Celcius. Sementara itu, rata-rata suhu bulan-bulan panasnya lebih besar daripada 10° Celcius. Seperti tipe iklim lainnya, tipe iklim C terbagi dalam tiga subregion, yaitu Cf, Cw, dan Cs. *Tipe iklim Cf* adalah tipe iklim C yang tidak memiliki musim kering. Perbedaan antara bulan-bulan kering dan basah sangat kecil dan bulan-bulan kering dalam musim panas masih menerima hujan lebih besar dari 30 milimeter. *Tipe iklim Cw* adalah tipe iklim C yang kering selama musim dingin dan jumlah hujan dalam musim panas terbasah adalah sekurang-kurangnya sama dengan sepuluh kali jumlah hujan selama bulan musim dingin yang kering. *Tipe iklim Cs* adalah tipe iklim C yang kering selama musim panas dan jumlah hujan dalam bulan musim dingin sekurang-kurangnya sama dengan tiga kali jumlah hujan dalam musim panas terkering, sedangkan musim panas terkering masih menerima hujan kurang dari 30 milimeter.
- d. *Tipe iklim D*, adalah tipe iklim mikrothermal atau iklim lintang sedang yang dipengaruhi oleh daratan. Ciri tipe iklim ini adalah memiliki rata-rata suhu bulan-bulan terdingin di bawah – 3° Celcius dan rata-rata suhu bulan-bulan terpanas di atas 10° Celcius. Kenampakan yang dapat diamati di daerah yang bertipe iklim ini adalah penutupan salju pada lapisan tanah yang beku pada beberapa bulan yang dingin. Tiga subregion iklim D adalah Df, Dw dan Ds. *Iklim Df* adalah iklim dingin dengan musim dingin yang basah. *Iklim Dw* adalah iklim dingin dengan musim dingin yang kering. *Iklim Ds* adalah iklim dingin yang kering selama musim panas.

- e. *Tipe iklim E*, adalah tipe iklim kutub. Ciri tipe iklim ini adalah memiliki rata-rata suhu pada bulan-bulan terpanas lebih kecil dari 10° Celcius. Iklim ini terdiri atas dua subregion iklim yaitu iklim Et dan Ef. *Iklim Et* adalah iklim tundra dengan suhu rata-rata pada bulan-bulan terpanas masih di bawah 10° Celcius tetapi masih di atas 0° Celcius. *Tipe iklim Ef* adalah tipe iklim es abadi. Ciri dari tipe iklim ini adalah rata-rata suhu semua bulan di bawah 0° Celcius. Kenampakan yang terlihat dari tipe iklim ini adalah permukaannya yang selalu ditutupi es, sehingga disebut *tipe iklim es abadi*.

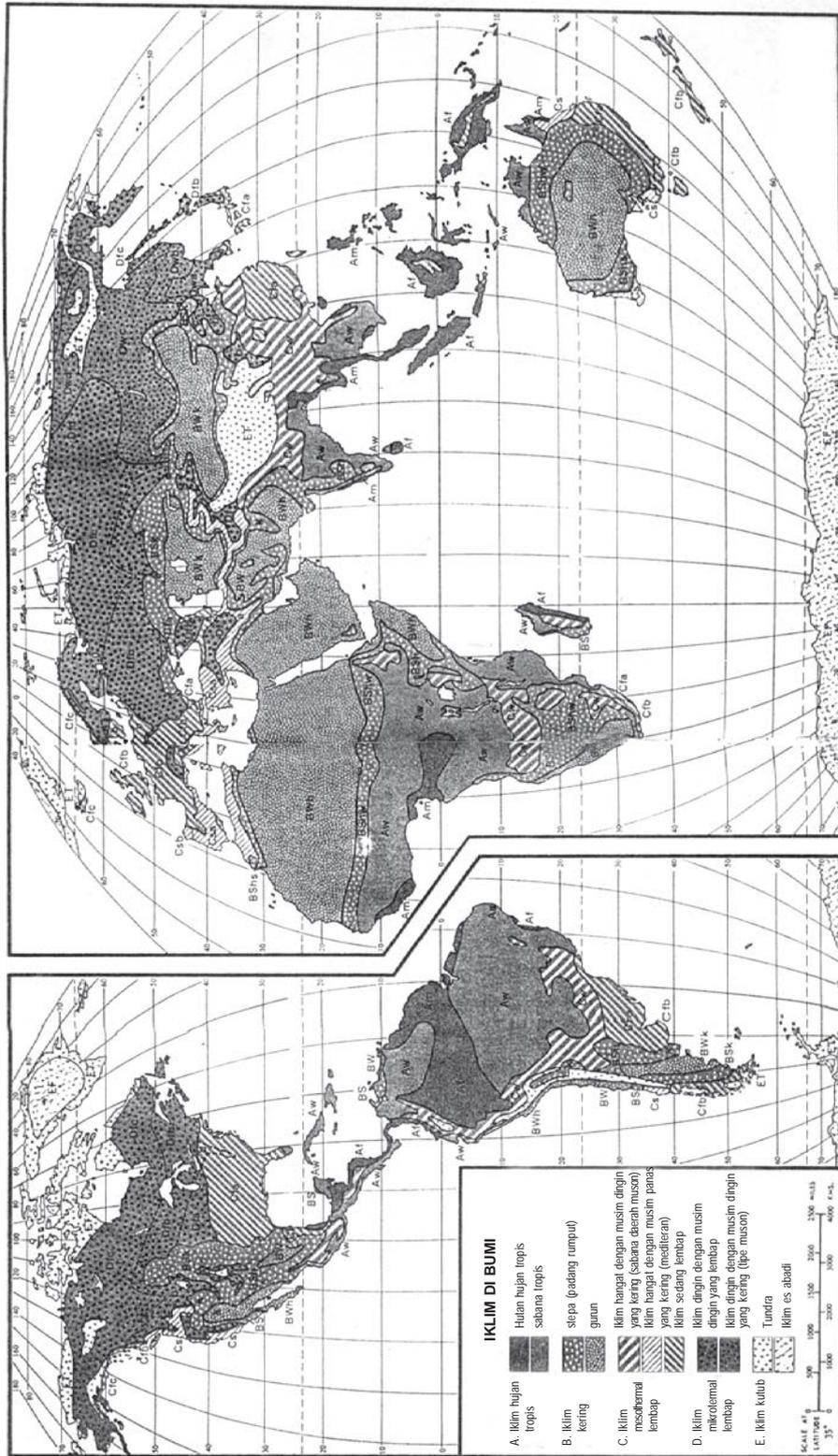
Berdasarkan klasifikasi Koppen, sebagian besar wilayah Indonesia beriklim A, di daerah pegunungan beriklim C, dan di Puncak Jaya Wijaya beriklim E. Tipe iklim A dibagi menjadi tiga sub tipe yang ditandai dengan huruf kecil yaitu f, w dan m sehingga terbentuk tipe iklim Af, Aw, dan Am.

Pembagian iklim Koppen secara rinci, adalah sebagai berikut.

- Af = iklim hujan tropic
- Aw = Iklim savana tropic
- BS = iklim stepa
- BW = iklim gurun
- Cf = iklim hujan sedang, panas tanpa musim kering
- Cw = iklim hujan sedang, panas dengan musim dingin kering
- Cs = iklim hutan sedang, panas dengan musim panas yang kering
- Df = iklim hutan salju tanpa musim kering
- Dw = iklim hutan salju dengan musim dingin yang kering
- Et = iklim tundra
- Ef = iklim salju



Gambar 5.21 Diagram Koppen
(Sumber: www.e-dukasi.net)



Gambar 5.22 Iklim di dunia berdasarkan klasifikasi Koppen (Sumber: Trewartha, 1995, hal.800)

3. Iklim Schmidt – Fergusson

Cara perhitungan pembagian iklim menurut Schmidt-Ferguson berdasarkan perhitungan jumlah bulan-bulan terkering dan bulan-bulan basah setiap tahun, kemudian dirata-ratakan. Untuk menentukan bulan basah dan bulan kering menggunakan metode Mohr. Menurut Mohr, suatu bulan dikatakan:

- bulan kering yaitu bulan-bulan yang curah hujannya kurang dari 60 mm;
- bulan basah yaitu bulan-bulan yang curah hujannya lebih dari 100 mm;
- bulan lembab yaitu bulan-bulan yang curah hujannya antara 60 - 100 mm;

Berdasarkan klasifikasi tadi, ditentukanlah jumlah bulan kering dan bulan basah selama kurun waktu tertentu (S-F menggunakan data iklim selama 10 tahun atau lebih). Hasil pembagian antara jumlah bulan kering (fd) dengan jumlah tahun data (T) menghasilkan rata-rata bulan kering (Md) dan hasil pembagian antara jumlah bulan basah (fw) dengan jumlah tahun data (T) menghasilkan rata-rata bulan basah (Mw). Hasil bagi antara rata-rata bulan kering dengan rata-rata bulan basah dikalikan dengan 100 persen menghasilkan nilai Q. Nilai Q inilah yang menentukan tipe iklimnya, apakah termasuk tipe iklim A, B, C, D, E, F, G, atau H.

$$Md =$$

Md = rata-rata bulan kering (Mean of dry months)

fd = jumlah (frekuensi) bulan kering (d = dry)

T = jumlah tahun data

$$Mw =$$

Mw = rata-rata bulan basah (Mean of wet months)

fw = Jumlah (frekuensi) bulan basah

T = jumlah (frekuensi) bulan basah (w = wet)

$$Q = \quad \times 100\%$$

Dari hasil analisisnya, S-F membagi tipe iklim menjadi delapan tipe iklim dengan lambang huruf dari A sampai dengan H. Pembagian tersebut menggunakan batas tipe iklim dari hasil perhitungan Q. Nilai Q dan tipe iklimnya adalah seperti pada tabel sebagai berikut:

Tabel 5.5
Tipe iklim Schmidt-Ferguson

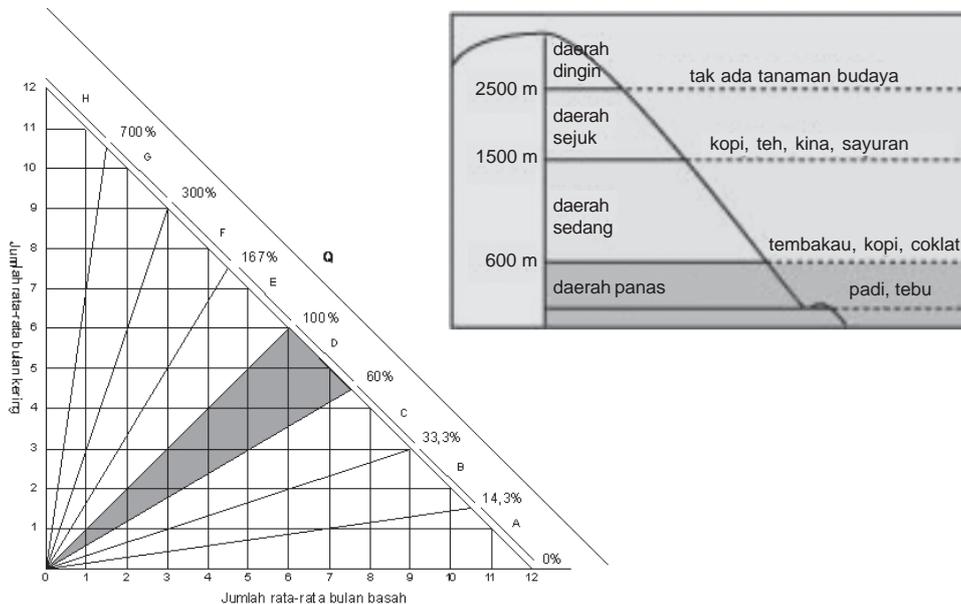
Nilai Q (%)	Tipe iklim
0 < Q < 14,3	Tipe iklim A
14,3 < Q < 33,3	Tipe iklim B
33,3 < Q < 60	Tipe iklim C
60 < Q < 100	Tipe iklim D
100 < Q < 167	Tipe iklim E
167 < Q < 300	Tipe iklim f
300 < Q < 700	Tipe iklim G
700 < Q	Tipe iklim H

Contoh perhitungan

Perhatikanlah data iklim berikut ini!

Tahun	Curah Hujan per Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	160	150	130	70	60	40	40	50	60	100	120	150
2	170	180	120	60	75	30	20	40	50	60	130	140
3	170	170	120	80	70	30	25	45	50	70	110	130

Dari data tersebut, tercatat bulan kering (< 60 mm) atau fd berjumlah 11 dan bulan basah (> 100 mm) atau fw berjumlah 15, sedangkan untuk jumlah tahun datanya adalah 3. Selanjutnya hitunglah oleh Kamu dengan menggunakan rumus S-F di atas! Setelah diketahui hasilnya lihat pada tabel nilai Q, maka akan diketahui jenis iklimnya.



Gambar 5.23
Bagan rata-rata bulan basah dan bulan kering
 (Sumber: www.e-dukasi.net)

4. Iklim F. Junghuhn

Junghuhn mengklasifikasi daerah iklim di Pulau Jawa secara vertikal sesuai dengan kehidupan tumbuh-tumbuhan, yaitu sebagai berikut.

a. *Daerah panas atau tropis*

Tinggi tempat : 0 - 600 m di atas permukaan laut.

Suhu : 26,3° C – 22° C.

Tanaman : padi, jagung, kopi, tembakau, tebu, karet, kelapa, coklat.

b. *Daerah sedang*

Tinggi tempat : 600 m - 1500 m di atas permukaan laut.

Suhu : 22° C - 17,1° C.

Tanaman : padi, tembakau, teh, kopi, coklat, kina, sayur-sayuran.

c. *Daerah sejuk*

Tinggi tempat : 1500 - 2500 m di atas permukaan laut.

Suhu : 17,1° C - 11,1° C.

Tanaman : kopi, teh, kina, sayur-sayuran.

d. *Daerah dingin*

Tinggi tempat : lebih dari 2500 m di atas permukaan laut.

Suhu : 11,1° C - 6,2° C.

Tanaman : Tidak ada tanaman budidaya.

D. POLA CURAH HUJAN DI INDONESIA

Pola umum curah hujan di Kepulauan Indonesia dapat dikemukakan sebagai berikut:

1. Pantai barat setiap pulau memperoleh jumlah hujan selalu lebih banyak daripada pantai timur.
2. Pulau Jawa, Bali, NTB, dan NTT merupakan barisan pulau-pulau yang panjang dan berderet dari barat ke timur. Pulau-pulau ini hanya diselingi oleh selat-selat yang sempit, sehingga untuk kepulauan ini secara keseluruhan tampak seolah-olah satu pulau, sehingga berlaku juga dalil bahwa di sebelah timur, curah hujan lebih kecil kalau dibandingkan dengan sebelah barat. Sebelah barat dari jejeran pulau ini adalah pantai barat Jawa Barat.
3. Selain bertambah jumlahnya dari timur ke barat, hujan juga bertambah jumlahnya dari dataran rendah ke pegunungan, dengan jumlah terbesar pada ketinggian 600 - 900 m.
4. Di daerah pedalaman semua pulau, musim hujan jatuh pada musim pancaroba, demikian juga halnya di daerah-daerah rawa yang besar-besar.
5. Bulan maksimum hujan sesuai dengan letak DKAT.
6. Saat mulai turunnya hujan juga bergeser dari barat ke timur. Pantai barat Pulau Sumatera sampai Bengkulu, mendapat hujan terbanyak bulan November. Lampung, Bangka, yang letaknya sedikit ke timur, pada bulan Desember, sedangkan Jawa (utara), Bali, NTB, NTT pada bulan Januari-Februari, yang letaknya lebih ke timur lagi.
7. Sulawesi Selatan bagian timur, Sulawesi Tenggara, Maluku Tengah mempunyai musim hujan yang berbeda, yaitu Mei-Juni. Justru pada waktu bagian lain Kepulauan Indonesia ada pada musim kering. Batas wilayah hujan Indonesia Timur kira-kira terdapat pada 120°BT.

Curah hujan di Indonesia tergolong tinggi yaitu lebih dari 2000 mm/tahun. Akan tetapi, seperti telah disebutkan di muka bahwa antara tempat yang satu dengan tempat yang lain curah hujannya tidak sama. Daerah yang paling besar curah hujannya adalah daerah Baturaden di lereng Gunung Slamet, dengan curah hujan sekitar 7069 mm/tahun. Sebaliknya kota Palu di Sulawesi Tengah, merupakan daerah paling kering, dengan curah hujan sekitar 547 mm/tahun.

E. JENIS-JENIS VEGETASI ALAM MENURUT IKLIM

Ada beberapa jenis vegetasi alam menurut iklim, antara lain sebagai berikut:

1. Padang rumput

Padang rumput adalah suatu wilayah yang tumbuhannya didominasi oleh rerumputan dengan karakteristik wilayah sebagai berikut:

- a. terletak di daerah tropis sampai subtropis;
- b. curah hujan antara 25 cm - 50 cm per tahun;
- c. terdapat di daerah basah, seperti Amerika Utara dan India.



Gambar 5.24
Padang rumput di Amerika Utara
(Sumber: www.ecuainternet.com/)

2. Gurun

Gurun merupakan daerah tandus yang berbatasan dengan padang rumput dan semakin menjauh dari padang rumput semakin gersang. Ciri-ciri gurun sebagai berikut:

- a. curah hujan rendah (kurang dari 25 cm per tahun);
- b. hujan turun tidak teratur dan tidak pernah lebat;
- c. matahari sangat terik (pada musim panas suhu dapat mencapai 40° C);
- d. amplitudo harian sangat besar.



*Gambar 5.25 Gurun di Argentina
(Sumber: mylittlehomepage.net)*

3. Tundra

Tundra adalah daerah dingin (beku), dengan ciri-ciri:

- a. terletak hanya di daerah kutub utara;
- b. memiliki iklim kutub;
- c. pohon rendah atau amat pendek (semak) dan lumut;
- d. masa pertumbuhan vegetasi sangat pendek.



*Gambar 5.26
Tundra di Gunung Rocky, Amerika Utara
(Sumber: The photo is of alpine tundra at 12,000 feet in the Rocky Mountains)*

4. Hutan basah

Hutan basah terdapat di daerah tropis dan subtropis. Hutan ini sepanjang tahun selalu mendapatkan air dan mempunyai spesies pepohonan yang beragam. Ciri-cirinya sebagai berikut:

- a. masa pertumbuhannya lama;
- b. jenis tumbuhannya banyak;
- c. ketinggian 20 m sampai 40 m;
- d. berdaun lebar;
- e. hutan basah;
- f. jenis pohon sulur hingga kayu keras.



Gambar 5.27
Hutan tropika basah di Kalimantan
(Sumber: www.lablink.or.id)

5. Hutan gugur

Hutan ini selain didominasi padang rumput, juga mempunyai tumbuhan yang daunnya gugur pada musim gugur. Hutan gugur memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- a. curah hujan merata sepanjang tahun;
- b. curah hujan antara 75 cm - sampai 100 cm per tahun;
- c. terdapat di daerah yang memiliki empat musim;
- d. pohon tidak terlalu rapat;
- e. ketinggian tumbuhan 10 m - 20 m;
- f. spesiesnya sedikit.



*Gambar 5.28 Hutan gugur di Majenang, Jawa Tengah
(Sumber: www.tempointeraktif.com)*

6. Taiga

Hutan yang didominasi oleh tanaman pohon pinus berdaun seperti jarum. Persebarannya di Indonesia sangat merata dan beraneka. Banyak tumbuhan yang hanya tumbuh di Indonesia (endemic). Dari 300.000 jenis tumbuhan di bumi ini, kurang lebih 37.000 jenis (12,3%) terdapat di Indonesia. Hal ini karena Indonesia terletak di antara dua kawasan *biogeografi*, yaitu *Oriental* dan *Australia*.



*Gambar 5.29
Hutan taiga di Alaska
(Sumber: www2.ac-lyon.fr)*

Ada beberapa jenis tumbuhan langka yang tumbuh di Indonesia, misalnya *bunga Rafflesia* di Bengkulu, Nanggroe Aceh Darussalam (NAD), Sumatera Barat, Kalimantan Timur, Jambi, dan Jawa Barat. Ada juga jenis tanaman yang dapat mencirikan daerahnya, seperti:

- a. *Salacca salacca Kultivar Pondoh* (Salak Pondoh) dari Yogyakarta (Sleman);
- b. *Salacca Zalaccurtivar Condet* (Salak Condet) dari DKI Jakarta ;
- c. *Santalum album* (Cendana) dari daerah Nusa Tenggara Timur (Pulau Timor) ;
- d. *Metroxylon Sagu* (Sagu) dari daerah Maluku dan Papua.

F. PERUBAHAN IKLIM GLOBAL

Iklim di dunia selalu berubah, baik menurut ruang maupun waktu. Perubahan iklim dapat dibedakan berdasarkan wilayahnya (ruang), yaitu perubahan iklim secara lokal dan global. Berdasarkan waktu, iklim dapat berubah dalam bentuk siklus, baik harian, musiman, tahunan, maupun puluhan tahun. Perubahan iklim adalah perubahan unsur unsur iklim yang mempunyai kecenderungan naik atau turun secara nyata.

1. Faktor penyebab perubahan iklim global

Perubahan iklim global disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas di atmosfer. Hal ini terjadi sejak revolusi industri yang membangun sumber energi yang berasal dari batu bara, minyak bumi dan gas yang membuang limbah gas di atmosfer seperti karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen oksida (N_2O). Sang surya yang menyinari bumi juga menghasilkan radiasi panas yang ditangkap oleh atmosfer, sehingga udara di bumi bersuhu nyaman bagi kehidupan manusia. Apabila kemudian atmosfer bumi dijejali gas, terjadilah *efek selimut* seperti yang terjadi pada rumah kaca, yakni radiasi panas bumi yang lepas ke udara ditahan oleh *selimut gas*, sehingga suhu bumi naik dan menjadi panas. Semakin banyak gas dilepas ke udara, semakin tebal *selimut bumi*, semakin panas pula suhu bumi.

2. Dampak perubahan iklim global

Perubahan iklim yang diperkirakan akan menyertai pemanasan global adalah sebagai berikut:

- a. Mencairnya bongkahan es di kutub, sehingga permukaan laut naik.
- b. Air laut naik sehingga akan menenggelamkan pulau dan menghalangi mengalirnya air sungai ke laut yang menimbulkan banjir di dataran rendah. Kalau di Indonesia, seperti pantai utara Pulau Jawa, dataran rendah Sumatera bagian timur, Kalimantan bagian selatan, dan lain-lain.
- c. Perubahan iklim yang ekstrim dapat menimbulkan dampak buruk terhadap pola pertanian di Indonesia, sedangkan suhu bumi yang panas menyebabkan mengeringnya air permukaan, sehingga air menjadi langka. Tentunya hal ini memukul pola pertanian yang berbasis air.

- d. Meningkatnya risiko kebakaran hutan.
- e. El Nino dan La Nina merupakan gejala yang menunjukkan perubahan iklim.

El Nino adalah peristiwa memanasnya suhu air permukaan laut di pantai barat Peru – Ekuador (Amerika Selatan yang mengakibatkan gangguan iklim secara global). Biasanya suhu air permukaan laut di daerah tersebut dingin karena adanya up-welling (arus dari dasar laut menuju permukaan). Menurut bahasa setempat El Nino berarti *bayi laki-laki* karena munculnya di sekitar hari Natal (akhir Desember).

Di Indonesia, angin monsun (muson) yang datang dari Asia dan membawa banyak uap air, sebagian besar juga berbelok menuju daerah tekanan rendah di pantai barat Peru, Ekuador. Akibatnya, angin yang menuju Indonesia hanya membawa sedikit uap air, sehingga terjadilah musim kemarau yang panjang.

Sejak tahun 1980 telah terjadi lima kali El Nino di Indonesia, yaitu pada tahun 1982, 1991, 1994, dan tahun 1997/1998. El Nino tahun 1997/1998 menyebabkan kemarau panjang, kekeringan luar biasa, terjadi kebakaran hutan yang hebat pada berbagai pulau, dan produksi bahan pangan turun drastis, yang kemudian disusul krisis ekonomi.

El Nino juga menyebabkan kekeringan luar biasa di berbagai benua, terutama di Afrika sehingga terjadi kelaparan di Etiopia dan negara-negara Afrika Timur lainnya. Sebaliknya, bagi negara-negara di Amerika Selatan munculnya El Nino menyebabkan banjir besar dan turunnya produksi ikan karena melemahnya *upwelling*. La Nina merupakan kebalikan dari El Nino.

La Nina menurut bahasa penduduk lokal berarti *bayi perempuan*. Peristiwa itu dimulai ketika El Nino mulai melemah, dan air laut yang panas di pantai Peru, Ekuador kembali bergerak ke arah barat, air laut di tempat itu suhunya kembali seperti semula (dingin), dan upwelling muncul kembali, atau kondisi cuaca menjadi normal kembali. Dengan kata lain, La Nina adalah kondisi cuaca yang normal kembali setelah terjadinya gejala El Nino.

Perjalanan air laut yang panas ke arah barat tersebut akhirnya akan sampai ke wilayah Indonesia. Akibatnya, wilayah Indonesia akan berubah menjadi daerah bertekanan rendah (minimum) dan semua angin di sekitar Pasifik Selatan dan Samudra Hindia akan bergerak menuju Indonesia. Angin tersebut banyak membawa uap air, sehingga sering terjadi hujan lebat. Penduduk Indonesia diminta untuk waspada jika terjadi La Nina, karena mungkin bisa terjadi banjir. Sejak kemerdekaan di Indonesia, telah terjadi delapan kali La Nina, yaitu tahun 1950, 1955, 1970, 1973, 1975, 1988, 1995, dan 1999.

R ingkasan

Atmosfer merupakan lapisan udara yang menyelubungi bumi. Lapisan atmosfer merupakan campuran dari berbagai unsur utama nitrogen, neon, indium, hidrogen, dan karbondioksida. Atmosfer terbagi lima lapisan, yaitu troposfer, stratosfer, mesosfer, termosfer, dan eksosfer.

Cuaca adalah keadaan atmosfer pada periode waktu tertentu dan meliputi wilayah yang sempit, sedangkan iklim adalah keadaan atmosfer pada periode waktu lama dan meliputi wilayah luas. Unsur cuaca dan iklim meliputi suhu, tekanan udara, kelembapan udara, hujan, dan angin.

Terjadinya iklim yang bermacam-macam di muka bumi disebabkan rotasi dan revolusi bumi dan adanya perbedaan garis lintang. Klasifikasi iklim matahari, didasarkan pada banyak sedikitnya sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi. Iklim Koppen didasarkan pada indikator vegetasi. Artinya, vegetasi merupakan indikator dari kondisi iklimnya. Koppen membagi iklim dunia menjadi iklim A, B, C, D, dan E. Cara perhitungan pembagian iklim menurut Schmidt-Ferguson berdasarkan perhitungan jumlah bulan-bulan terkering dan bulan-bulan basah setiap tahun kemudian di rata-ratakan. Junghuhn mengklasifikasi daerah iklim di Pulau Jawa secara vertikal sesuai dengan kehidupan tumbuh-tumbuhan.

Curah hujan di Indonesia tergolong tinggi yaitu lebih dari 2000 mm/tahun. Akan tetapi, seperti telah disebutkan di muka bahwa antara tempat yang satu dengan tempat yang lain curah hujannya tidak sama.

Sebaran vegetasi berdasarkan iklim terdiri atas biome-biome padang rumput, gurun, tundra, hutan basah, hutan gugur, dan taiga.

Perubahan iklim global disebabkan meningkatnya konsentrasi gas di atmosfer. Dampak perubahan iklim global seperti mencairnya es di kutub sehingga permukaan laut naik, tenggelamnya pulau dan menghambat mengalirnya air sungai ke laut, berubahnya iklim yang berdampak buruk pada pola pertanian, kebakaran hutan, El Nino, dan La Nina.

G losarium

- Anemometer* : alat pengukur kecepatan angin berbentuk baling-baling yang berputar horizontal dilengkapi mangkok setengah bola pada ujung baling-baling tersebut.
- Atmosfer* : 1. Selubung udara di sebelah luar litosfer serta bagian-bagiannya pada rongga, pori, dan celah di dalam litosfer.

2. (atm) tekanan udara setara dengan 76 cm raksa atau 1013 mb {milibar).
- Aurora* : pancaran cahaya sebagai hasil proses yang terjadi di lapisan atas atmosfer.
- Bora* : angin jatuh yang dingin yang bertiup di daerah laut Hitam berasal dari lereng plato Balkan. Angin semacam ini ialah bise, kosaava, mistral, dan norte.
- Buys Ballot* : Udara bergerak dari daerah barometrik maksimum ke daerah barometrik minimum.
- Föhn* : nama umum untuk angin turun kering yang panas, berasal dari nama angin seperti itu di lereng utara pegunungan Alpen. Angin seperti itu ialah Bohorok, Brubu, Chinook, Gending, Kumbang, Sirocco, dan Wambraw.
- Hujan frontal* : hujan yang terjadi sebagai akibat dari pertemuan antara dua massa udara yang berbeda suhunya, yang satu panas sedangkan yang lain dingin. Massa udara yang panas dan mengandung uap air bergerak naik seperti menaiki lereng di atas massa udara yang dingin. Udara dingin yang berada di bagian bawah seperti merunduk menyusup di bawah udara panas.
- Hujan orografis* : hujan yang terjadi karena awan yang membawa hujan diarak oleh angin dari bagian permukaan bumi yang rendah menaiki lereng gunung atau pegunungan. Pada ketinggian tertentu, uap air mengalami pendinginan dan mengalami kondensasi, maka terjadilah hujan di lereng pegunungan tersebut. Jika angin bertiup pada suatu lereng pegunungan itu, maka hujan orografis (hujan pegunungan) akan terjadi pula sepanjang tahun. Lereng gunung yang selalu mendapat curah hujan orografis disebut *lereng hadap hujan*, sedangkan lereng sebelahnya yang tidak mendapatkan curah hujan disebut *lereng bayangan hujan*.
- Hujan zenital* : hujan yang terjadi karena massa udara panas membumbung ke atas. Massa udara yang mengandung uap air tersebut setelah sampai pada lapisan atas, suhunya menjadi turun dan mengakibatkan kondensasi menjadi awan cumulus atau cumulonimbus. Jika penguapan tersebut bertambah besar, awan yang terbentuk juga semakin tinggi. Pada panas tertentu terjadilah turun hujan mendadak (dapat dibarengi dengan adanya petir). Proses hujan

- zenital banyak terjadi di daerah khatulistiwa dan pada musim panas di daerah sedang.
- Ionosfer* : merupakan bagian dari lapisan thermosfer. Fungsi lapisan ini untuk memantulkan gelombang radio sebagai alat komunikasi ke seluruh permukaan bumi.
- Isobar* : garis pada peta yang menghubungkan titik-titik dengan tekanan yang sama.
- Isohyet* : garis pada peta yang menghubungkan titik-titik dengan tinggi curah hujan yang sama.
- Isoterm* : garis pada peta yang menghubungkan titik-titik dengan suhu yang sama.
- Mesosfer* : terletak pada ketinggian antara 50 – 80 km. Temperatur menurun secara tajam hingga 100°C, banyak meteor yang terbakar dan terurai, dan terdapat reflektor/perambat gelombang radio.
- Stratosfer* : berada pada ketinggian rata-rata antara 15 – 50 km. Antara lapisan stratosfer dan lapisan mesosfer dipisahkan oleh lapisan stratopause. Bagian paling atas dari lapisan stratosfer merupakan tempat konsentrasi ozon.
- Thermosfer* : terletak pada ketinggian antara 80 km – 500 km di atas permukaan bumi. Pada bagian bawah lapisan ini terjadi peristiwa ionisasi (pembentukan) ion, yaitu pada ketinggian 85 km – 375 km. Suhu naik pada ketinggian 480 km hingga mencapai 120°C.
- Troposfer* : terdapat pada ketinggian antara 0 – 8 km di daerah kutub, dan antara 0 – 16 km di daerah Equator atau khatulistiwa. Pada lapisan ini terjadi peristiwa-peristiwa cuaca seperti awan, hujan, dan konveksi. Di zone ini suhu akan semakin dingin manakala berada semakin ke atas hingga mencapai -60°C yang disebabkan troposfer sedikit menyerap gelombang radiasi gelombang pendek dari matahari. Sebaliknya suhu di permukaan tanah cukup panas akibat proses konduksi, konveksi, dan panas laten. Kandungan unsurnya didominasi oleh unsur Nitrogen dari Oksigen.

Tugas mandiri

Melalui bimbingan guru geografinmu, kunjungilah stasiun cuaca terdekat. Mintalah informasi mengenai cara kerja, jenis alat yang digunakan, jenis data cuaca yang dihasilkannya, serta pihak yang memanfaatkan data cuaca. Kemudian, buatlah laporannya dalam bentuk paper.

Kegiatan kelompok

Lakukan perjalanan dengan guru kamu ke beberapa tempat yang memiliki perbedaan ketinggian yang jelas, seperti ke gunung. Ukurlah unsur-unsur cuaca dan iklimnya dengan menggunakan alat yang sudah kamu ketahui. Buktikanlah adanya perubahan unsur-unsur cuaca pada setiap tempat tersebut. Amati dan catat setiap data perubahannya!

UJI KOMPETENSI

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Partikel yang bertebaran di udara dikenal dengan istilah
 - a. gas
 - b. asap
 - c. debu
 - d. aerosol
 - e. udara
2. Udara yang dikatakan lembab adalah udara yang mengandung
 - a. gas
 - b. aerosol
 - c. angin
 - d. uap air
 - e. minyak
3. lapisan ozon terganggu karena adanya unsur yang menggantikan unsur O pada salah satu O₃. Unsur tersebut adalah
 - a. gas
 - b. asap
 - c. kabut
 - d. aerosol
 - e. debu
4. Lapisan ozon merupakan unsur udara pada ketinggian
 - a. 10 – 15 km di atas permukaan bumi
 - b. 15 – 35 km di atas permukaan bumi

- c. 35 – 65 km di atas permukaan bumi
 - d. 65 – 85 km di atas permukaan bumi
 - e. > 85 km di atas permukaan bumi
5. Lapisan udara yang paling dekat dengan permukaan bumi yaitu
 - a. troposfer
 - b. mesosfer
 - c. termosfer
 - d. stratosfer
 - e. ionosfer
 6. Lapisan udara yang berfungsi memantulkan gelombang radio ialah
 - a. ionosfer
 - b. mesosfer
 - c. troposfer
 - d. exosfer
 - e. stratosfer
 7. Sumber suhu udara yang terjadi dipermukaan bumi adalah dari
 - a. tanah yang semakin tandus
 - b. perkotaan yang semakin padat
 - c. pemakaian kendaraan bermotor
 - d. sinar matahari
 - e. banyaknya pembakaran di pabrik kapur
 8. Satuan tekanan udara adalah
 - a. barometer
 - b. termometer
 - c. anemometer
 - d. milibar
 - e. obrometer
 9. Ilmu yang secara khusus mempelajari seluk beluk cuaca dinamakan
 - a. klimatologi
 - b. geofisika
 - c. geografi
 - d. meteorologi
 - e. hidrologi
 10. Gejala efek rumah kaca di atmosfer terjadi pada lapisan
 - a. troposfer
 - b. mesosfer
 - c. ionosfera
 - d. stratosfer
 - e. exosfer
 11. Tipe iklim di Indonesia adalah tropik yang bersifat lembap, sebab
 - a. merupakan negara maritim
 - b. terletak di khatulistiwa
 - c. diapit dua benua besar
 - d. sebagian besar masyarakatnya petani
 - e. terletak di khatulistiwa dan merupakan negara maritim

12. Setiap naik 100 meter suhu udara akan turun 0,5 sampai dengan 0,6°C terjadi di lapisan
- troposfer
 - mesosfer
 - ionosfer
 - stratosfer
 - termosfer
13. Salah satu kota di Indonesia yang sering mendapat julukan sebagai kota hujan yaitu
- Pasuruan
 - Deli Serdang
 - Biak
 - Bogor
 - Bandung
14. Alat untuk mengukur arah dan kecepatan angin yaitu
- barometer
 - anemometer
 - higrometer
 - termometer
 - altimeter
15. Perubahan uap air menjadi titik-titik air karena mengalami kenaikan tempat dinamakan
- intersepsi
 - infiltrasi
 - aurora
 - kondensasi
 - evapotranspirasi
16. Garis-garis pada peta tematik yang menghubungkan tempat-tempat yang memiliki suhu udara sama dinamakan
- isotherm
 - isobar
 - isohyet
 - isoseista
 - isoseista
17. Di wilayah yang bergunung-gunung sangat berpeluang besar untuk terjadinya jenis hujan
- orografis
 - konveksi
 - frontal
 - zenithal
 - asam
18. Kota Malang tiap 1 m³ udara mengandung uap air sebanyak 15 gram, pada suhu 160 °C mengandung uap air = 25 gram, maka kelembaban relatifnya adalah
- 50%
 - 60%
 - 40%
 - 80%
 - 70%
19. Pembagian iklim Koppen di dasarkan pada hal-hal berikut, *kecuali*

- a. jenis vegetasi
 - b. temperatur
 - c. jenis fauna
 - d. curah hujan
 - e. ketinggian tempat
20. Iklim hujan tropis dengan musim-musimnya berpengaruh di wilayah Indonesia, memberi banyak curah hujan rata-rata 200 mm/tahun. Di bawah ini adalah beberapa bukti yang mendukung pernyataan tersebut, *kecuali*
- a. Indonesia berada di daerah pasat dan monsun
 - b. banyak terbentuk sungai dan danau
 - c. tersebar pertanian lahan kering
 - d. sekitar 75% dari lahan seluruhnya berupa lahan hutan
 - e. 10% dari luas hutan hujan tropis di dunia terdapat di Indonesia

II. Uraian

Jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini secara tepat.

1. Jelaskan dengan contoh perbedaan antara cuaca dengan iklim!
2. Sebutkan dan jelaskan dengan singkat unsur-unsur cuaca dan iklim!
3. Sebutkan struktur lapisan atmosfer dan ciri-cirinya!
4. Apakah manfaat prakiraan cuaca dalam kehidupan sehari-hari?
5. Jelaskan proses terjadinya hujan zenithal, hujan orografis, dan hujan frontal.
6. Jelaskan faktor-faktor penyebab terjadinya variasi suhu udara di permukaan bumi.
7. Mengapa suhu udara di daerah equator lebih tinggi daripada di daerah lintang tinggi?
8. Iklim di Eropa setidaknya memiliki empat musim, tetapi mengapa di Indonesia hanya memiliki dua musim yaitu musim kemarau dan musim penghujan?
9. Jelaskan proses terjadinya angin lembah dan angin gunung!
10. Diketahui curah hujan di suatu daerah seperti di bawah ini! Selanjutnya tentukan tipe iklim di daerah tersebut.

Tahun	Curah Hujan per Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
1	180	156	120	78	70	40	40	50	60	120	124	250
2	200	184	120	64	75	50	50	40	60	60	132	440
3	156	172	120	86	80	60	35	55	50	80	200	330

Refleksi

1. Setelah kamu mempelajari dinamika perubahan atmosfer pada bab ini. Apa tanggapan kamu?
2. Bagaimana perasaan kamu setelah mengetahui bahwa lapisan udara di bumi ini sudah mulai menipis?
3. Setelah mempelajari bab ini, tindakan apa yang akan kamu lakukan dalam rangka mengembalikan udara yang bersih?

6

DINAMIKA PERUBAHAN HIDROSFER

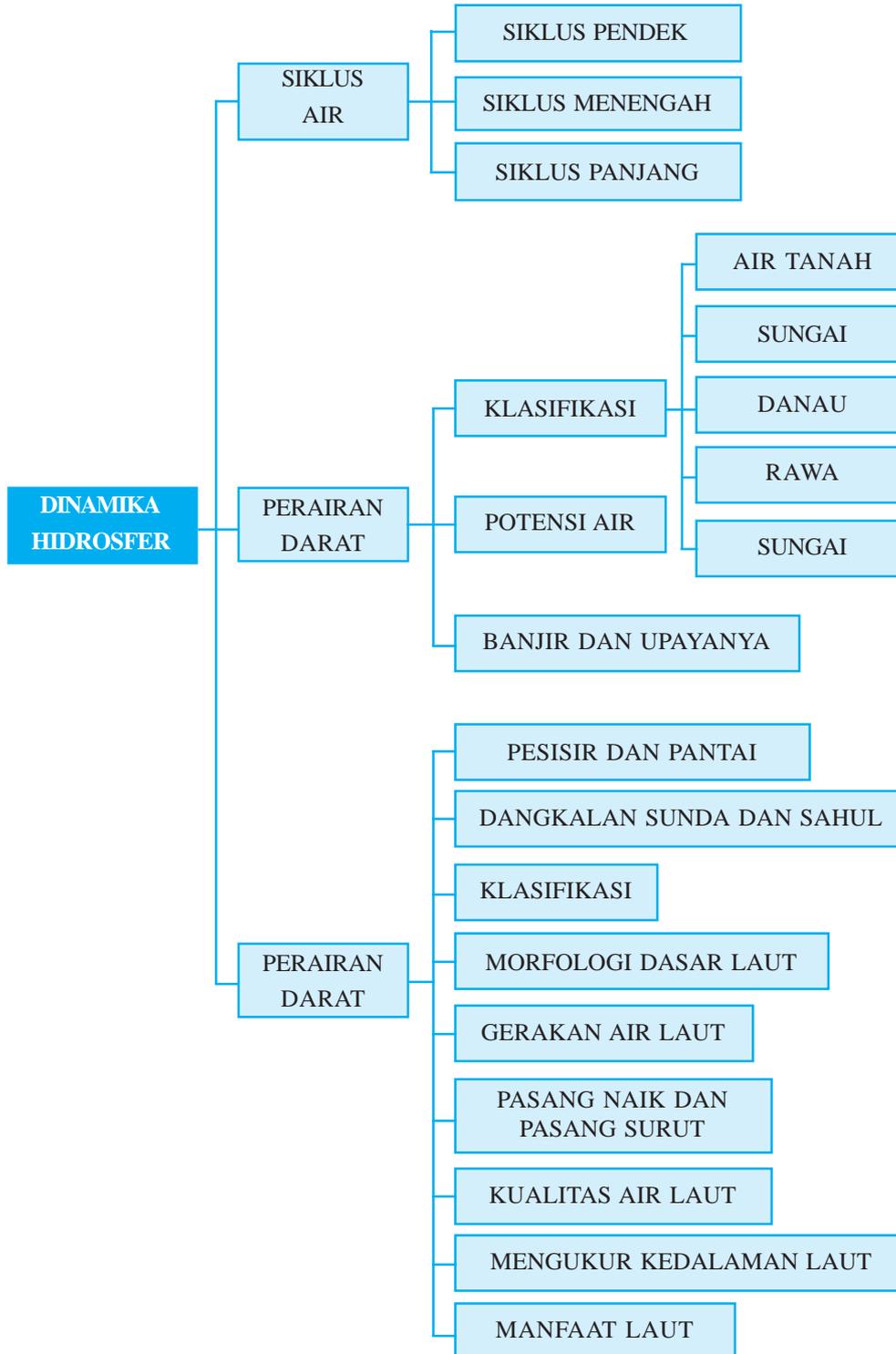


(Sumber: Pikiran Rakyat, 3 November 2006, halaman 12)

Setelah mempelajari bab ini, kamu diharapkan mampu:

- mengidentifikasi unsur-unsur utama siklus hidrologi.
- mengidentifikasi berbagai jenis perairan.
- mendeskripsikan Daerah Aliran Sungai (DAS).
- mendeskripsikan kejadian dan potensi air permukaan dan air tanah.
- mengidentifikasi penyebab dan dampak banjir serta usaha mengurangi resiko banjir.

PETA KONSEP



Adakah makhluk hidup yang tidak memerlukan air? Manusia tanpa makan mungkin akan bertahan dalam waktu tiga minggu. Akan tetapi tanpa air, manusia hanya bisa bertahan sampai tiga hari. Sungguh, betapa pentingnya keberadaan air bagi makhluk hidup. Oleh karena itu, mari kita kenali air dan berusaha untuk selalu menjaga kualitas dan kuantitasnya agar selalu ada tersedia di bumi ini.

Hampir tiga perempat bumi tertutup oleh air. Kalian dapat menemukannya di samudera, laut, danau, sungai, rawa, kolam, penampungan air, dan sebagainya, termasuk di atmosfer dalam wujud gas. Jumlah total air di bumi termasuk cairan, gas dan es sekitar 336 juta mil kubik (1,4 miliar kilometer kubik), dan sebanyak 97,2% berada di samudera. Gejala air yang tersebar di permukaan bumi disebut *hidrosfer*. Hidrosfer berasal dari kata *hydro* artinya *air* dan *sphaira* artinya *lapisan*. Jadi, *hidrosfer* adalah bagian lapisan air yang menutupi atau berada dalam bumi kita. Ilmu khusus yang mempelajari air di wilayah daratan dinamakan *hidrologi*.

Pada bab ini kamu akan mempelajari tentang air beserta dinamika perubahannya. Dengan mempelajarinya, diharapkan kamu mampu mengidentifikasi dan mendeskripsikan dinamika perubahan air dan dampaknya terhadap kehidupan di muka bumi.



Gambar 6.1
Sungai Alas di Kutacane, Aceh Tenggara yang airnya
merupakan sumber kehidupan bagi masyarakat sekitarnya
(Sumber:www.eu-ldp.co.id)

Air di daratan sebagian besar berasal dari curah hujan. Air hujan ini sebagian meresap ke dalam tanah, ada yang mengalir pada permukaan tanah yang mengalir ke sungai kemudian terus kelaut. Ada juga yang mengalir ke danau atau ke rawa-rawa, sebagian ada yang menguap langsung atau melalui tumbuh-tumbuhan atau binatang-binatang. Kesemuanya akan mengalir kembali ke laut. Dari laut airnya akan menguap dan menuju ke daratan lagi yang akhirnya menjadi hujan.

A. SIKLUS AIR (SIKLUS HIDROLOGI)

Tahukah kamu bahwa air yang kita manfaatkan sekarang ini terbentuk jutaan tahun silam oleh siklus air atau daur hidrologi? Air di permukaan bumi selalu mengalami perputaran. *Siklus air* atau *daur hidrologi* adalah pola sirkulasi air dalam ekosistem yang dimulai dengan adanya proses pemanasan permukaan bumi oleh sinar matahari, lalu terjadi penguapan hingga akan terjadi kondensasi uap air, yaitu proses perubahan uap air menjadi titik air. Kumpulan titik air di atmosfer dinamakan awan. Bila uap air telah menjadi titik-titik air, maka hujan akan turun. Kemudian air hujan yang jatuh ke permukaan bumi akan tersebar, ada yang meresap ke dalam tanah, singgah di dedaunan, mengalir menuju laut melalui sungai atau mengumpul di danau, atau menguap lagi ke atmosfer.

Siklus hidrologis dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu sebagai berikut:

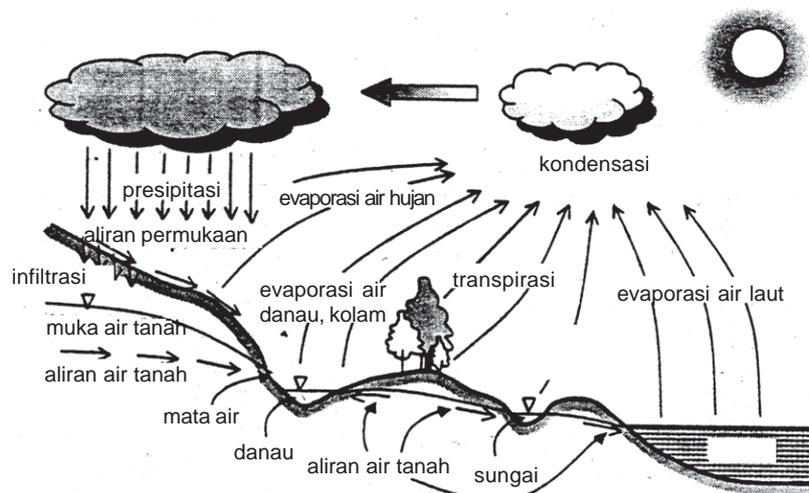
1. Siklus pendek, yaitu air laut menguap, terjadi kodensasi, uap air membentuk awan, kemudian terjadi hujan, dan kembali ke laut lagi.
2. Siklus menengah, yaitu air laut menguap, terjadi kodensasi, uap air terbawa angin dan membentuk awan di atas daratan, hujan jatuh di daratan menjadi air darat, kemudian menuju laut.
3. Siklus panjang, yaitu air laut menguap, terjadi kodensasi, uap air terbawa angin dan membentuk awan di atas daratan hingga ke pegunungan tinggi, jatuh sebagai salju, terbentuk gletser, mengalir ke sungai, selanjutnya kembali ke laut lagi.

Adapun unsur-unsur utama (komponen) yang terjadi dalam proses siklus hidrologi, adalah sebagai berikut:

1. *Evaporasi (presipitasi)*, air di permukaan bumi, baik di daratan maupun di laut dipanasi oleh sinar matahari kemudian berubah menjadi uap air yang tidak terlihat di atmosfer. Uap air juga dikeluarkan dari daun-daun tanaman melalui sebuah proses yang dinamakan transpirasi. Setiap hari tanaman yang tumbuh secara aktif melepaskan uap air 5 sampai 10 kali sebanyak air yang dapat ditahan. Sekitar 95.000 mil kubik air menguap ke angkasa setiap tahunnya. Hampir 80.000 mil kubik menguapnya dari lautan. Hanya 15.000 mil kubik berasal dari daratan, danau, sungai, dan lahan yang basah, dan yang paling penting juga berasal dan transpirasi oleh daun tanaman yang hidup. Proses semuanya itu disebut *evapo-transpirasi*.

2. *Kondensasi*, uap air naik ke lapisan atmosfer yang lebih tinggi akan mengalami pendinginan, sehingga terjadi perubahan wujud melalui kondensasi menjadi embun, titik-titik air, salju dan es. Kumpulan embun, titik-titik air, salju dan es merupakan bahan pembentuk kabut dan awan.
3. *Presipitasi*, ketika titik-titik air, salju dan es di awan ukurannya semakin besar dan menjadi berat, mereka akan menjadi hujan. Presipitasi pada pembentukan hujan, salju, dan hujan batu (hail) berasal dari kumpulan awan. Awan-awan tersebut bergerak mengelilingi dunia, yang diatur oleh arus udara. Sebagai contoh, ketika awan-awan tersebut bergerak menuju pegunungan, awan-awan tersebut menjadi dingin, dan kemudian segera menjadi jenuh air yang kemudian air tersebut jatuh sebagai hujan, salju, dan hujan batu (hail), tergantung pada suhu udara sekitarnya.
4. *Infiltrasi (Perkolasi)*, air hujan yang jatuh ke permukaan bumi khususnya daratan, kemudian meresap ke dalam tanah dengan cara mengalir secara infiltrasi atau perkolasi melalui celah-celah dan pori-pori tanah dan batuan, sehingga mencapai muka air tanah (*water table*) yang kemudian menjadi air bawah tanah.
5. *Surface run off*, air dapat bergerak akibat aksi kapiler atau air dapat bergerak secara vertikal atau horizontal di bawah permukaan tanah hingga air tersebut memasuki kembali sistem air permukaan. Air permukaan, baik yang mengalir maupun yang tergenang (danau, waduk, rawa), dan sebagian air bawah permukaan akan terkumpul dan mengalir membentuk sungai dan berakhir ke laut.

Unsur utama yang terjadi pada proses siklus hidrologi dapat kamu lihat pada gambar 6.2 berikut



Gambar 6.2 Siklus Air
(Sumber: Suripin, , Pelestarian Sumberdaya Tanah, 2002, halaman 134)

Air di bumi seluruhnya dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu *air permukaan* dan *air bawah tanah*. Air permukaan merupakan air yang menggenang, mengalir, dan dapat terlihat secara langsung di permukaan bumi. Air permukaan dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu perairan darat dan perairan laut. *Perairan darat*, misalnya sungai, danau, rawa. Perairan laut merupakan perairan yang sangat luas dan volumenya relatif lebih besar daripada perairan darat, contohnya laut, samudra, teluk, selat. Air bawah tanah, yaitu air yang ada di bawah permukaan tanah.

B. PERAIRAN DARAT

Perairan darat adalah semua bentuk air yang terdapat di daratan. Air dapat berupa benda cair atau benda padat (es dan salju), sedangkan yang banyak dimanfaatkan oleh manusia berwujud cair yaitu berupa air, baik air permukaan, air tanah, sungai, danau, dan sebagian air rawa.

Perbandingan antara banyaknya air yang meresap dan mengalir di permukaan, bergantung pada berbagai faktor, yaitu:

- 1) jumlah curah hujan yang jatuh;
- 2) kekuatan jatuhnya butiran air hujan di permukaan bumi;
- 3) lamanya curah hujan;
- 4) penutupan vegetasi di permukaan bumi;
- 5) derajat permeabilitas dan struktur bumi;
- 6) kemiringan topografi

1. Klasifikasi perairan darat

Coba kamu sebutkan apa saja yang termasuk bentangan perairan darat? Tentunya kamu sudah mengetahui semuanya, yaitu air tanah, sungai, danau, dan rawa. Baik sungai, danau, maupun rawa merupakan air permukaan. Sebab ketiga jenis air ini terdapat di atas permukaan tanah. Dengan demikian, perairan darat dapat dibedakan atas dua kelompok, yaitu air tanah dan air permukaan.

a. Air tanah (*ground water*)

Air tanah adalah massa air yang ada di bawah permukaan tanah. Lebih dari 98 % dan semua air di daratan tersembunyi di bawah permukaan tanah, 2% terlihat sebagai air di sungai, danau, dan reservoir. Setengah dari 2% ini disimpan di reservoir buatan. Walau demikian, sebagian besar penduduk terutama yang tinggal di perkotaan memanfaatkan air tanah ini untuk kebutuhan hidup sehari-hari. Pernahkah kamu merasakan kekurangan air bersih setiap tahunnya?

Volume air tanah yang ada di berbagai tempat tidak sama, bergantung pada persyaratan yang menunjang proses peresapannya. Air tanah berasal dari air hujan yang meresap melalui berbagai media peresapan, yaitu sebagai berikut:

- 1) Pori-pori tanah. Tanah yang gembur atau berstruktur lemah akan meresapkan air lebih banyak daripada tanah yang pejal.
- 2) Retakan-retakan lapisan tanah akibat kekeringan yang pada musim hujan sangat basah dan becek, seperti tanah liat dan lumpur.
- 3) Rongga-rongga yang dibuat binatang (cacing dan rayap).
- 4) Rongga-rongga akibat robohnya tumbuh-tumbuhan yang berakar besar.
- 5) Rongga-rongga akibat pencairan berbagai kristal yang membeku pada musim dingin.

Selain kelima faktor tersebut di atas, penutupan vegetasi di permukaan bumi sangat besar pengaruhnya terhadap peresapan air hujan ke dalam tanah. Hujan yang lebat akan tertahan oleh daun-daun dan ranting-ranting, sehingga jatuhnya di permukaan bumi sangat perlahan-lahan. Dengan demikian, proses peresapan air lebih lancar.

Air tanah mengalami proses penguapan melalui dua cara, yaitu sebagai berikut:

- 1) Penguapan langsung melalui pori-pori di permukaan tanah sebagai akibat pemanasan lapisan tanah oleh sinar matahari. Jenis penguapan ini dalam bahasa Inggris, disebut *evaporasi*.
- 2) Penguapan yang tidak langsung, yaitu yang melalui permukaan daun tumbuh-tumbuhan. Jenis penguapan ini dinamakan *transpirasi*.

Di dalam klimatologi dan hidrologi, kedua jenis penguapan ini dinamakan *evapotranspirasi*. Lapisan tanah yang dipengaruhi evapotranspirasi hanya sampai kedalaman 30 cm saja. Di daerah gurun menjadi lebih dalam lagi karena curah hujan rendah dan pemanasan terus-menerus. Lapisan atas tanah gurun itu menjadi kering.

Di dataran rendah, pada umumnya permukaan air tanahnya dangkal. Makin tinggi permukaan tanah, makin dalam letak air tanahnya. Akibatnya kedalaman air tanah di berbagai tempat tidak sama. Ketidaksamaan ini mungkin juga akibat jenis tanah dan struktur tanah yang berbeda, dan juga mungkin karena faktor musim, yaitu musim kemarau dan musim penghujan.

Berdasarkan jenisnya, air tanah dapat dikelompokkan ke dalam tujuh bagian, yaitu sebagai berikut:

- 1) *Meteoric water (vadose water)*, yaitu air tanah yang berasal dari air hujan, dan terdapat pada lapisan tanah yang tak jenuh.

- 2) *Connate water* (air tanah tubir), yaitu air tanah yang terperangkap dalam rongga-rongga batuan endapan, sejak pengendapan itu terjadi, termasuk juga air yang terperangkap pada rongga-rongga batuan beku leleran (lelehan) sewaktu magma tersembur ke luar ke permukaan. Asalnya mungkin dari air laut atau air darat.
- 3) *Fossil water* (air fosil), yaitu air yang terperangkap dalam rongga-rongga batuan dan tetap tinggal di dalam batuan tersebut sejak penimbunan itu terjadi. Kadang-kadang istilah ini disamakan dengan *Connate water*.
- 4) *Juvenil water* (air magma), yaitu air yang berasal dari dalam bumi (magma). Air ini bukan dari atmosfer atau air permukaan.
- 5) *Pellicular water* (air pelikular/ari), yaitu air yang tersimpan dalam tanah karena tarikan molekul-molekul tanah.
- 6) *Phreatis water* (air freatis), yaitu air tanah yang berada pada lapisan kulit bumi yang poreus (*sarang*). Lapisan air tersebut berada di atas lapisan yang tidak tembus air (pejal/kedap) atau di antara dua lapisan yang tidak tembus air.
- 7) *Artesian water* (air artesis), yaitu air yang berada di antara dua lapisan batuan yang kedap (tidak tembus) air sehingga dapat menyebabkan air tersebut dalam keadaan tertekan. Oleh karena itu, air artesis dinamakan juga *air tekanan* (*pressure water*). Apabila air tanah ini memperoleh jalan keluar, baik disengaja maupun tidak, maka akan keluar dengan kekuatan besar ke permukaan bumi dan terjadilah *sumber air artesis*.

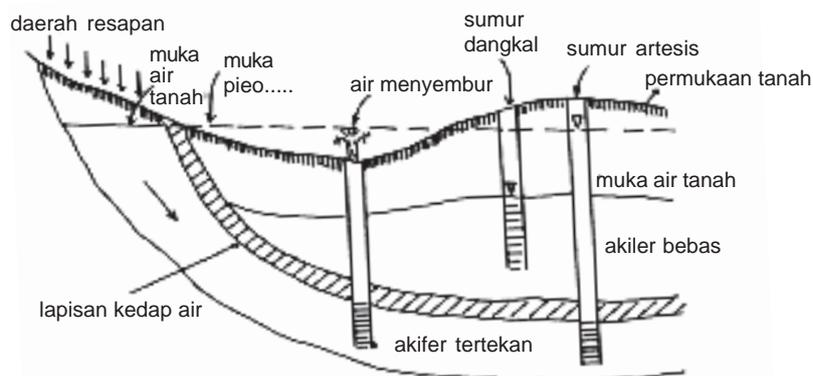
Di kota-kota dan di daerah-daerah industri sering terjadi polusi pada air tanah yang disebabkan oleh sampah dan buangan limbah industri. Sampah-sampah yang padat, apabila membusuk akan meresap ke dalam lapisan tanah oleh pengaruh air hujan, sehingga akan mengotori air tanah di tempat-tempat yang dekat dengan sumber polusi itu. Air tanah yang sudah tercemar bisa dibedakan dari air tanah yang masih murni dari warna, bau, dan rasa. Akibat polusi, air tanah bisa membahayakan kehidupan manusia.

Air tanah mempunyai berbagai kegunaan bagi kehidupan manusia, yaitu untuk keperluan rumah tangga seperti untuk minum, memasak makanan, dan mencuci; untuk keperluan industri, misalnya industri tekstil dan industri farmasi; untuk keperluan pertanian, misalnya pengairan sawah dan palawija di daerah yang sukar dibuat irigasi, seperti di daerah-daerah gurun, daerah karst (di Gunung Kidul Yogyakarta).

Air tanah yang digunakan untuk berbagai keperluan tersebut, pada zaman sekarang lebih banyak dikeluarkan melalui sumur bor. Pengeluaran air tanah yang tidak seimbang dengan penambahannya secara alamiah akan menyebabkan terjadinya *tanah amblas* (*subsidence*). Penyedotan air tanah secara besar-

besaran juga akan menurunkan permukaan air tanah dalam, terutama pada musim kering.

Di daerah pantai yang dijadikan kota atau pemukiman lain, penyedotan air tanah melalui sumur pompa menyebabkan intrusi air asin ke arah darat. Di daerah itu seringkali air tanah yang rasanya payau atau sedikit asin.



Gambar 6.3 Penampang air bawah tanah
(Sumber: Hidrologi untuk Pengairan, 1987, halaman 212)

b. Sungai

Sungai adalah bagian dari muka bumi yang karena sifatnya menjadi tempat air mengalir. Sifat yang dimaksud adalah bagian permukaan bumi yang paling rendah bila dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Sungai dapat dibedakan dari massa airnya, karena:

- 1) kebanyakan mengalir di permukaan bumi ke tempat yang lebih rendah, kadang-kadang di bawah permukaan tanah,
- 2) pengalirannya tidak tetap, kadang-kadang deras, kadang-kadang lambat, dan di beberapa tempat membentuk riak,
- 3) mengangkut beban dari mulai lumpur yang halus, pasir, kerikil sampai batu-batu guling,
- 4) mengalir mengikuti saluran tertentu yang di kanan-kirinya dibatasi oleh suatu tebing yang biasanya curam.

Secara garis besar, bagian-bagian sungai terdiri atas bagian hulu, tengah, dan hilir.

Pada bagian hulu, sungai memiliki karakteristik:

- 1) arus air deras;
- 2) arah erosi ke dasar sungai (erosi vertikal);
- 3) lembahnya curam ;

- 4) lembahnya berbentuk V;
- 5) kadang-kadang terdapat air terjun;
- 6) terdapat erosi mudik;
- 7) tidak terjadi pengendapan (sedimentasi).

Berbeda dengan bagian hulunya, maka karakteristik fisik sungai di bagian tengah, adalah:

- 1) arus air sungai tidak begitu deras;
- 2) erosi sungai mulai ke samping (*erosi horizontal*);
- 3) aliran sungai mulai berkelok-kelok;
- 4) mulai terjadi proses sedimentasi (pengendapan) karena kecepatan air mulai berkurang.

Begitu pula, pada bagian hilir sungai memiliki karakteristik sebagai berikut:

- 1) arus air sungai tenang;
- 2) banyak terjadi sedimentasi;
- 3) erosi ke arah samping (*horizontal*);
- 4) sungai berkelok-kelok (terjadi proses *meandering*);
- 5) kadang-kadang ditemukan meander yang terpotong sehingga membentuk kali mati atau danau tapak kuda (*oxbow lake*);
- 6) di bagian muara kadang-kadang terbentuk delta.

1) **Klasifikasi sungai**

Jenis-jenis sungai dapat dibedakan atas beberapa macam, yaitu sebagai berikut:

a) **Menurut arah alirannya**

Menurut arah alirannya, sungai dapat dibedakan atas beberapa macam, yaitu sebagai berikut:

- (1) Sungai konsekwen, yaitu sungai yang alirannya searah dengan lerengnya.
- (2) Sungai insekwen yaitu sungai yang arah alirannya tidak teratur.
- (3) Sungai subsekwen yaitu anak sungai yang arah alirannya tegak lurus terhadap sungai konsekwen.
- (4) Sungai obsekwen yaitu anak sungai dari sungai subsekwen yang arahnya berlawanan dengan induk sungai konsekwen.
- (5) Sungai resekwen yaitu sungai subsekwen yang arahnya sejajar dengan induk sungai konsekwen.

b) Menurut sumber airnya

Berdasarkan sumber airnya, sungai dibagi atas tiga macam, yaitu sebagai berikut:

- (1) Sungai hujan yaitu sungai yang sumber airnya berasal dari air hujan. Kebanyakan sungai-sungai di Indonesia termasuk sungai hujan.
- (2) Sungai gletser yaitu sungai es. Sungai ini terdapat di daerah beriklim dingin (bersalju).
- (3) Sungai campuran yaitu sungai yang airnya berasal dari air hujan dan dari gletser (es mencair). Contohnya: di Indonesia adalah Sungai Memberamo dan Sungai Digul di Irian Jaya

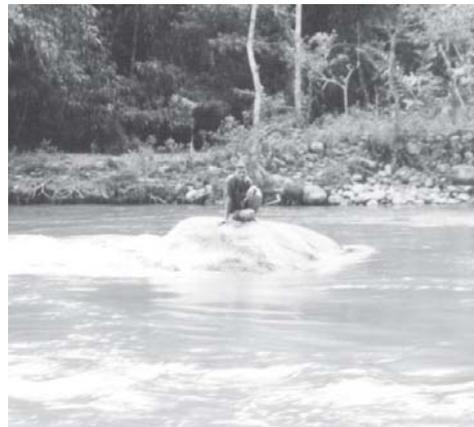


*Gambar 6.4 Sungai Memberamo
(Sumber: www.conservation.or.id/.../)*

c) Menurut kondisi airnya

Menurut kondisi airnya sepanjang tahun, sungai dibedakan atas dua jenis, yaitu sebagai berikut:

- (1) Sungai episodik, artinya sungai yang alirannya tetap sepanjang tahun. Pada umumnya sungai jenis ini terdapat di daerah curah hujannya besar dan di daerah yang berhutan lebat.



*Gambar 6.5
Sungai Alas di Kutacane,
Aceh Tenggara merupakan
sungai episodik
(Sumber: Koleksi Zul Afdi, 2002)*

- (2) Sungai periodik, yaitu sungai yang massa airnya tidak tetap di sepanjang tahun. Biasanya pada waktu datangnya musim hujan airnya meluap, dan pada waktu musim kemarau airnya kering. Contohnya di Indonesia sungai Benain di Timor dan sungai Kandaha di Sumba.

Di Indonesia terdapat sungai-sungai yang panjang, seperti terlihat pada tabel 6.1 di bawah ini.

Tabel 6.1
Sungai-sungai yang terpanjang di Indonesia

No	Nama Sungai	Letak	Panjang (km)
1.	Kapuas	Kalimantan	998
2.	Barito	Kalimantan	704
3.	Memberamo	Irian Jaya	684
4.	Digul	Irian Jaya	546
5.	Musi	Sumatera	507
6.	Batanghari	Sumatera	485
7.	Indragiri	Sumatra	415
8.	Khahayan	Kalimantan	343
9.	Mahakam	Kalimantan	334

(Sumber: I Made Sandi, 1985)

2) Pengaruh air sungai terhadap kehidupan manusia

Air merupakan sumber kehidupan. Ini berarti banyak makhluk hidup yang tidak dapat tumbuh dan berkembang karena kekurangan air. Adapun manfaat sungai sebagai salah satu bentangan perairan darat, mulai dari yang sederhana seperti keperluan minum, mandi, dan mencuci, hingga kebutuhan yang lebih kompleks, seperti:

- a) *Irigasi atau pengairan*
Khususnya di daerah kering orang membutuhkan air untuk mengairi sawah. Dalam sistem pertanian intensif sekarang ini, di daerah basah pun perlu pengairan agar diperoleh hasil yang lebih menguntungkan.
- b) *Sumber tenaga*
Di daerah industri yang kondisinya memungkinkan, air dimanfaatkan sebagai penggerak turbin yang dihubungkan dengan generator, sehingga menghasilkan pembangkit tenaga listrik (PLTA).

- c) *Keperluan domestik*
Air dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan primer rumah tangga, seperti air minum, memasak, mencuci, mandi. Bahkan bagi masyarakat kota, air juga dipergunakan untuk menyiram tanaman dan rumput hias di halaman.
- d) *Sebagai sumber penghasil bahan makanan mentah*
Di sungai terdapat bermacam-macam ikan, udang, dan sebagainya yang dapat dijadikan sebagai sumber bahan makanan.
- e) *Industri*
Sebagian besar industri, terutama di daerah perkotaan air juga sangat penting sebagai pencuci bahan dasar, pencair, atau pelarut bahan.
- f) *Transportasi*
Sejak zaman dahulu, manusia telah memanfaatkan air sebagai sarana perhubungan. Sebab, hingga sekarang transportasi di perairan relatif lebih murah.
- g) *Rekreasi dan olah raga*
Di sungai-sungai atau danau orang mengadakan rekreasi dan sekaligus merupakan sarana olah raga, seperti berenang, dayung, arung jeram, selancar angin, dan sebagainya



Gambar 6.6
Sungai Alas di Kutacane, Aceh Tenggara
sebagai salah satu alat transportasi dan tempat rekreasi
(Sumber: www.eu-ldp.co.id dan www.indahnesia.com)

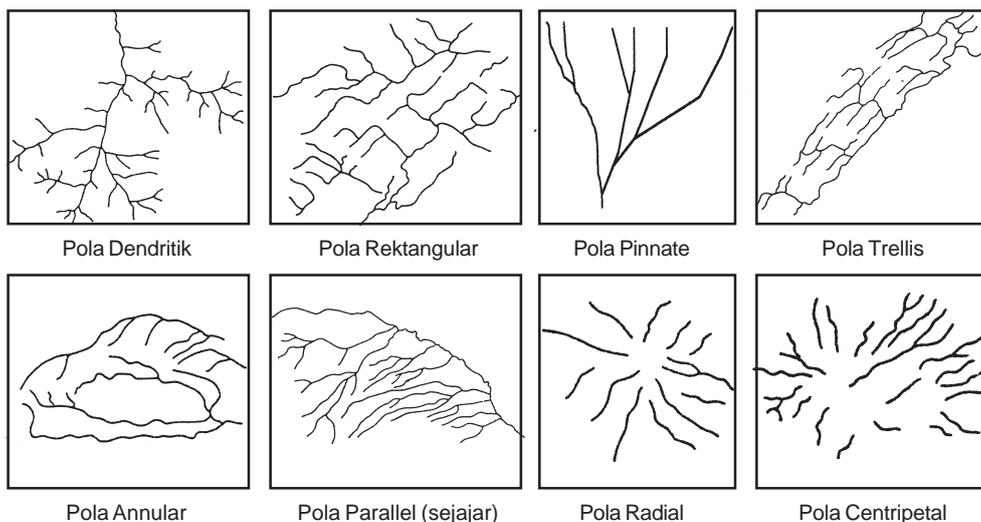
3) Pola aliran sungai

Aliran sungai akan menyusun pola tertentu yang disebut pola aliran sungai. Pola aliran sungai dipengaruhi oleh struktur geomorfologi dan geologi daerah yang dilaluinya. Pola aliran sungai yang dijumpai antara lain sebagai berikut:

- a) *Pola dentritis*, yaitu pola aliran yang anak-anak sungainya bermuara pada sungai induknya secara tidak teratur yaitu membentuk sudut yang berlain-lainan besarnya dan tidak tentu besarnya. Pola ini terdapat di

daerah yang menunjukkan tidak adanya pengaruh struktur. Pola ini sering terdapat pada batuan yang horizontal (mendatar).

- b) *Pola memusat (centripetal)*, yaitu pola aliran yang memusat ke suatu depresi, seperti cekungan, kawah, dan sebagainya
- c) *Pola menyebar radial (centrifugal)*, yaitu pola aliran yang tersebar dari suatu puncak, seperti pada kubah, gunung berapi, bukit terpencil.
- d) *Pola trellis*, yaitu sungai yang memperlihatkan letak yang paralel. Anak-anak sungainya bergabung secara tegak pada sungai yang paralel (sejajar) tadi. Pola ini terjadi di daerah dengan struktur lipatan.
- e) *Pola aliran rektangular*. Pada pola ini, sungai induk dengan anak-anak sungainya membelok dengan membentuk sudut 90° . Pola aliran ini terdapat di daerah patahan
- f) *Pola annular*. Pola ini terdapat pada kubah yang telah mengalami pengirisan yang lebih lanjut dan dikelilingi oleh lapisan yang berganti antara yang keras dan yang lunak. Pada keseluruhannya pola ini hampir membentuk cincin.
- g) *Pola aliran pinnate*. Pola ini menunjukkan kecuraman lereng yang besar.



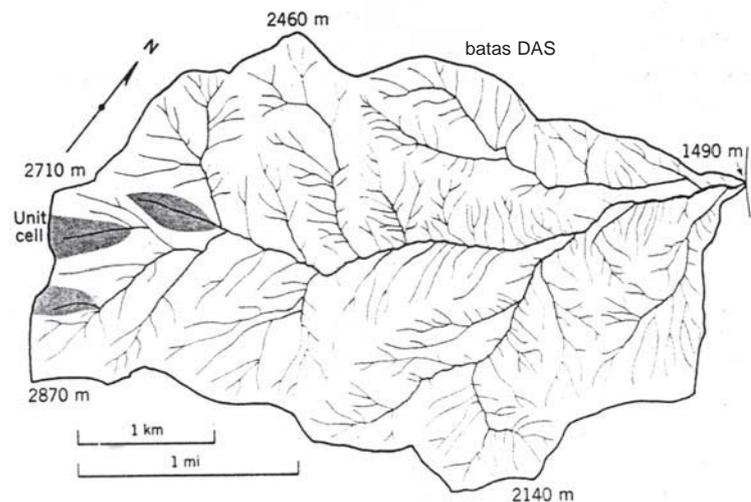
Gambar 6.7 Pola Aliran Sungai
(Sumber: Akub Tisna Somantri, 1999, Geomorfologi Umum)

4) Daerah aliran sungai serta pemanfaatan dan pelestariannya

Sungai bermula dari sejumlah aliran-aliran air yang berasal dari mata air, pencairan gletsyer, atau sumber lain dari dalam gunung yang menjadi anak-anak sungai dan kemudian bergabung dengan aliran lain menjadi sebuah sistem sungai, yang kemudian kita sebut *Daerah Aliran Sungai (DAS)*.

Daerah aliran sungai (drainage area/riverbasin) yang disingkat menjadi DAS adalah bagian dari muka bumi yang airnya mengalir ke dalam sungai tertentu. Dengan perkataan lain, daerah aliran sungai yaitu wilayah tampungan air hujan yang masuk ke dalam wilayah air sungai. Jadi, sebuah sungai beserta anak-anak sungainya membentuk satu daerah aliran. Misalnya sungai Cimanuk dengan anak-anak sungainya disebut daerah aliran sungai Cimanuk. DAS, Citarum, DAS Bengawan Solo dan sebagainya.

Daerah yang memisahkan antara daerah aliran sungai yang satu dengan daerah aliran sungai yang lainnya merupakan daerah punggung, dinamakan *watershed* atau *stream divide*. Dalam satu DAS hanya ada satu induk sungai dan memiliki percabangan anak-anak sungai. Perhatikan satu satuan DAS pada gambar 6.8 di bawah ini!



Gambar 6.8
Sungai utama dan anak-anak sungainya dalam sebuah
Daerah Aliran Sungai (DAS)
(Sumber: Arthur N. Strahler, 1979, Elements of Physical Geography, halaman 340)

Daerah aliran sungai itu merupakan daerah tangkapan air hujan (catchment area). Pembangunan di daerah pertanian, pemukiman, dan industri, tidak terlepas dari kebutuhan sumber daya air. Sebagai akibat pemanfaatan air di atas, air akan menampung buangan limbah dari akibat pembangunan tersebut, sehingga terjadilah pencemaran (polusi) air.

Pentingnya pengolahan DAS jelas berkaitan dengan penyediaan air bersih, mengamankan sumber air dari pencemaran, mencegah banjir dan kekeringan, mencegah erosi serta mempertahankan dan meningkatkan kesuburan tanah.

c. Danau

Danau adalah suatu cekungan (basin) di permukaan bumi yang digenangi air dalam jumlah yang relatif banyak. Air danau berasal dari banyak sumber, seperti sungai, air tanah, atau hujan. Pengaliran air danau dapat terjadi karena penguapan, perembesan ke dalam tanah, dan pengaliran air melalui sungai.

Berdasarkan proses terjadinya, danau dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, yaitu sebagai berikut:

- 1) *Danau tektonik*, yaitu danau yang terbentuk karena proses tektonik, seperti proses patahan dan lipatan. Tenaga tektonik menyebabkan retakan atau cekungan pada lapisan kulit bumi. Retakan ini terisi air dalam jumlah yang banyak, sehingga terbentuklah danau. Contoh danau ini adalah Danau Tempe (Sulawesi Selatan), Danau Poso (Sulawesi Tengah), Danau Singkarak dan Danau Maninjau (Sumatera Barat).



Gambar 6.9
Danau Maninjau (Sumatera Barat)
(Sumber: Kataloge, Kalender 2002)

- 2) *Danau vulkanik*, yaitu danau yang terbentuk di kawah bekas letusan gunungapi yang terisi oleh air dalam jumlah banyak. Danau vulkanik dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu:
 - a) Danau *maar* adalah danau yang terjadi akibat letusan gunungapi menimbulkan lubang yang terisi oleh air hujan. Contohnya, Danau Grati (Jawa Timur).
 - b) Danau *kawah* adalah danau yang terjadi karena kawah atau lubang kepundan terisi oleh air hujan. Contohnya, danau Kelimutu (Flores).



Gambar 6.10 Danau Kelimutu di Flores
(Sumber: www.viajebali.com)

- c) *Danau tektovulkanik* merupakan jenis danau yang terbentuk akibat dari gabungan tektonik dan vulkanik. Pada saat terjadi erupsi gunungapi, sebagian badan gunung api patah dan merosot menutupi lubang kepundan. Contoh, Danau Toba (Sumatera Utara).



Gambar 6.11 Danau Toba di Sumatera Utara
(Sumber: www2.ac-lyon.fr)

- d) *Danau karst* atau *dolina* adalah danau yang terjadi di daerah kapur sebagai hasil proses pelarutan batu kapur, sehingga membuat cekungan. Danau Karst ini lebih dikenal dengan sebutan *Dolina*. Contohnya, banyak terdapat di daerah Gunung Kidul (Yogyakarta).
- e) *Danau glasial*, adalah danau yang terjadi karena erosi glasial pada zaman es dilluvium. Contohnya, Danau Michigan, Danau Superior, dan Danau Ontario, semuanya dekat perbatasan antara Amerika Serikat dan Kanada.



*Gambar 6.12 Danau Ontario, Kanada
(Sumber: www.hometown.aol.com)*

- f) *Danau bendungan* adalah danau yang terjadinya karena terbendungnya aliran sungai oleh lava sebagai akibat letusan gunungapi. Contohnya, Danau Laut Tawar (Aceh Tengah), Danau Tondano (Sulawesi Utara).



*Gambar 6.13 Danau Laut Tawar di Aceh Tengah
(Sumber: www.serambinews.com)*

- g) *Danau buatan* adalah jenis danau yang sengaja dibuat oleh manusia, misalnya untuk kepentingan irigasi atau PLTA. Danau buatan ini sering pula dinamakan *waduk* atau *bendungan*. Contohnya, Waduk Jatiluhur (Jawa Barat), Saguling (Jawa Barat), Cirata (Jawa Barat), Riam Kanan (Kalimantan Selatan), dan Waduk Sempor (Jawa Tengah).



Gambar 6.14 Waduk Saguling di Jawa Barat
(Sumber: www.agri.tohoku.ac.jp)

Tabel 6.2
Danau-danau yang luas di Indonesia

No	Nama Danau	Luas (ha)
1	Danau Toba	107.216
2	Danau Towati	59.840
3	Danau Sentani	34.375
4	Danau Poso	34.280
5	Danau Mantana	16.640
6	Danau Ranau	12.528
7	Danau Laut Tawar	10.937
8	Danau Singkarak	10.176
9	Danau Maninjau	9.980
10	Danau Tempe	9.406
11	Danau Jatiluhur	9.016
12	Danau Gajah Mungkur	8.950
13	Danau Riam Kanan	6.160
14	Danau Karang Kates	5.250
15	Danau Tondana	4.360
16	Danau Kerinci	4.264
17	Danau Rawapening	1.920
18	Danau Batur	1.568
19	Danau Sagara anak	1.100
20	Danau Selorejo	750
21	Danau Bratan	374

(Sumber: Republik Indonesia Geografi Regional,
I Made Sandi & Penambahan Penyusun)

Danau sangat penting keberadaannya bagi kehidupan, khususnya manusia antara lain sebagai cadangan air untuk kepentingan pengairan (irigasi), air minum, sebagai sumber pembangkit tenaga listrik, sebagai sarana olahraga dan rekreasi, sebagai pengatur air untuk mencegah banjir, dan sebagai tempat untuk kegiatan perikanan (tambak udang dan ikan) dan manfaat lainnya.

d. Rawa

Rawa adalah lahan genangan air secara alamiah yang terjadi terus menerus atau musiman akibat drainase alamiah yang terhambat serta mempunyai ciri-ciri khusus secara fisik, kimiawi, dan biologis. Rawa selalu digenangi air karena kekurangan saluran atau letaknya yang rendah, baik yang bersifat sementara maupun sepanjang waktu, sehingga pelepasan air dari lahan tersebut lambat. Genangan ini disebabkan oleh kondisi pembuangan (drainase) yang buruk. Rawa bisa juga merupakan suatu cekungan yang menampung luapan air disekitarnya.



Gambar 6.15 Rawa

(Sumber: www.lablink.or.id/.../htn-klasif.htm)

Manfaat rawa yaitu sebagai tempat pemeliharaan ikan tambak, misalnya bandeng dan udang atau bisa juga untuk sawah pasang surut. Di rawa-rawa yang airnya asam, tidak terdapat kehidupan binatang. Berdasarkan sifat airnya, rawa terbagi atas rawa air payau; rawa air tawar; dan rawa air asin.

Keadaan air di rawa, ada yang tidak mengalami pergantian (tidak mengalir). Ciri airnya sangat asam, berwarna merah, tidak dapat dijadikan air minum, tidak ada organisme yang hidup, dan sukar dimanfaatkan. Akan tetapi banyak juga rawa yang keadaan airnya selalu mengalami pergantian, misalnya karena pengaruh pasang surut air laut atau karena luapan sungai.

Gambut yang terdapat di rawa untuk masa yang akan datang bisa dipergunakan untuk bahan bakar karena gambut itu sifatnya mudah terbakar.

Gambut juga berguna untuk bahan isolasi panas dan untuk bahan pupuk. Di daerah yang mengalami pasang surut, kadang-kadang rawa masih dapat diusahakan dalam bentuk sawah pasang surut.

2. Kejadian dan potensi air permukaan dan air tanah

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa perairan darat dapat dibedakan atas air permukaan dan air tanah. Keduanya merupakan potensi sumberdaya air yang penting bagi kehidupan manusia. Setelah kamu banyak mengetahui tentang keduanya (air permukaan dan air tanah), maka di sini akan dijelaskan mengenai kejadian dan potensi air permukaan dan air tanah serta bagaimana cara mengidentifikasi kedua potensi air tersebut.

Potensi air permukaan banyak bermanfaat untuk berbagai pemenuhan kebutuhan manusia, mulai dari yang sederhana (kebutuhan minum, mencuci, mandi) hingga kebutuhan yang lebih besar dan kompleks seperti untuk pembangkit tenaga listrik, transportasi, dan irigasi.

Pada saat curah hujan mencapai permukaan tanah, seluruh atau sebagian curah hujan akan diserap oleh tanah. Bagian yang tidak terserap tanah akan menjadi limpasan permukaan hingga terbentuk parit-parit dan mengalir ke sungai hingga ke danau dan berakhir di laut. Kapasitas infiltrasi setiap permukaan tanah berbeda-beda tergantung pada tekstur dan struktur tanah. Sebelum air diserap tanah ke dalam tanah, pada dasarnya ditahan terlebih dahulu oleh butiran tanah hingga tanah menjadi lembab. Air di dalam tanah ditahan oleh gaya *absorpsi* permukaan butir-butir tanah dan tegangan antara molekul air.

Di sekeliling butir-butir tanah terdapat membran (lapisan tipis) air higroskopis yang diserap secara kuat. Makin jauh air itu dari permukaan, makin lemah gaya absorpsi butir tanah itu. Pada jarak tertentu, air hanya ditahan oleh tegangan antara butir-butir tanah yang dinamakan *air kapiler*. Jika air bertambah, kemudian akan mengalir ke bawah akibat gaya gravitasi. Air itu selanjutnya dinamakan *air gravitasi*.

Tanah yang mengikat air higroskopis akan terlihat lembab. Setiap tanah memiliki sifat yang berbeda dalam menahan kelembabannya. Gaya yang menahan pergerakan air supaya tidak diserap disebut *kapasitas menahan air* (*waterholding capacity*). Banyaknya air dalam tanah pada suatu keadaan tertentu disebut *tetapan kelembaban tanah* dan digunakan untuk menentukan sifat menahan air dari tanah.

Jika infiltrasi lebih besar daripada kapasitas menahan air yang minimum, maka air itu akan terus ke permukaan air tanah (perkolasi). Akan tetapi, jika infiltrasinya lebih kecil maka air akan tertahan dalam tanah, sehingga

perkolasi tidak terjadi. Kapasitas menahan air yang minimum disebut *kapasitas menahan air normal*.

Air yang dapat bergerak dalam tanah adalah air kapiler dan air gravitasi. Melihat cara Bergeraknya, air kapiler berasal dari air tanah yang naik ke ruang-ruang antara butir-butir karena kapilaritas. Tinggi kenaikan air kapiler tergantung pada besarnya butiran tanah. Semakin kecil butiran tanah, semakin tinggi kenaikan air kapiler. Sebaliknya semakin besar butiran tanah, semakin rendah kenaikan air kapiler. Air gravitasi bergerak dalam ruang tanah karena pengaruh gravitasi. Jika ruang-ruang itu telah jenuh air maka air akan bergerak ke bawah.

Air yang menginfiltrasi mula-mula diabsorpsi untuk meningkatkan kelembaban tanah. Selebihnya akan turun ke permukaan air tanah dan mengalir ke samping. Tinggi rendahnya infiltrasi akan sangat berpengaruh terhadap keberadaan air tanah. Tinggi rendah infiltrasi tergantung pada berbagai faktor, yaitu curah hujan, kemiringan lereng, kerapatan vegetasi, serta kelembaban tanah. Makin tinggi curah hujan, makin rapat vegetasi, lereng makin landai serta kelembaban yang rendah mengakibatkan peluang tingkat infiltrasi makin tinggi.

Walaupun *soil water* dapat diartikan air tanah, tetapi di Indonesia yang dimaksud dengan air tanah adalah *groundwater*. Jadi air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah di dalam zona jenuh (*saturation*).

Apakah setiap lapisan tanah memiliki zona jenuh? Tidak, tergantung pada sifat batuan, yaitu ada yang kedap air (sulit ditelusuri air) dan ada pula yang lolos air. Lapisan kedap air disebut *impermeable*, sedangkan yang lolos air disebut *permeabel*. Lapisan tanah kaitannya dengan kemampuan menyimpan dan meloloskan air dibedakan atas empat lapisan yaitu:

- 1) *Aquifer*, yaitu lapisan yang dapat menyimpan dan mengalirkan air dalam jumlah besar. Lapisan batuan bersifat permeabel, seperti pasir, kerikil, dan batupasir yang retak-retak;
- 2) *Aquiclude*, yaitu lapisan yang dapat menyimpan tetapi tidak dapat mengalirkan air dalam jumlah yang berarti, seperti lempung, tuf halus, dan silt;
- 3) *Aquifuge*, yaitu lapisan yang tidak menyimpan dan mengalirkan air, contohnya batuan granit dan batuan yang kompak;
- 4) *Aquitard*, yaitu lapisan atau formasi batuan yang dapat menyimpan air, tetapi hanya dapat meloloskan air dalam jumlah yang terbatas.

Untuk mencari dan mengambil air tanah, para ahli sangat memperhatikan keberadaan akuifer. Sebab pada lapisan tanah ini, akan memiliki *zona aerasi* dan *zona saturasi*. Akuifer dapat dijumpai pada bentuk lahan, sebagai berikut:

- 1) *Lembah isian*, yaitu bekas lembah yang terisi material lepas (*unconsolidated*) berupa pasir halus sampai kasar. Lembah isian sering disebut juga *sungai purba*. Pasir tersebut bisa saja berasal dari lahar gunungapi menutupi lembah besar, sehingga lembah tersebut menampung sejumlah air tanah dalam jumlah yang berarti;
- 2) Dataran banjir di sepanjang alur sungai dengan materialnya yang terdiri atas batuan aluvial;
- 3) Lembah antara dua pegunungan atau lebih (seperti cekungan), materialnya berasal dari hasil erosi dan gerak massa batuan dari pegunungan sekitarnya.
- 4) Lereng kaki di sekitar gunungapi, tersusun dari material lepas hasil letusan gunungapi tersebut.

Berdasarkan letaknya di dalam lapisan bawah permukaan, akuifer dapat dibedakan atas *akuifer bebas* dan *akuifer terkekang*. Akuifer bebas adalah akuifer yang bagian bawahnya dibatasi oleh lapisan kedap air (*impermeabel*) dan bagian atasnya dibatasi oleh permukaan air tanah. Permukaan air tanah dari akuifer bebas disebut *permukaan preatik*. Akuifer terkekang adalah akuifer yang bagian atas dan bawahnya dibatasi oleh lapisan kedap air dan mempunyai tekanan hidrostatik yang lebih besar daripada tekanan atmosfer. Sumur yang dibuat pada akuifer terkekang bersifat artesis (air sumur dapat keluar sendiri).

Lapisan akuifer merupakan lapisan yang terendam air. Semakin tebal dan luas akuifer, semakin banyak jumlah air tanah di tempat tersebut. Lapisan ini biasanya mengikuti topografi akuifer yang berada di lereng pegunungan yang permukaan air tanah bebasnya akan lebih dekat dengan permukaan tanah. Karena itu, sumur gali pada lereng bukit atau gunung akan berbeda kedalamannya, yaitu ada yang dangkal, dalam, dan ada juga yang sangat dalam sehingga tidak kelihatan riak airnya.

Sumber air tanah berasal dari air hujan yang meresap ke dalam tanah. Karena itu, jika tidak ada hujan, air tanah juga akan berkurang. Namun, air hujan tidak memiliki kesempatan berinfiltrasi, misalnya karena permukaannya tidak lagi ada pepohonan atau diperkeras dengan aspal atau beton.

Kegiatan industri yang besar bisa juga menguras air tanah, sehingga sumur penduduk yang berada di dekat pabrik akan kering kerontang karena kedalaman sumur penduduk tidak menjangkau permukaan air yang sedang disedot oleh sumur pompa pabrik. Karena itu, pembangunan pabrik jaraknya harus jauh dari permukiman penduduk dan pihak pabrik dilarang mengambil air tanah dangkal (dari akuifer bebas) tetapi harus mengambil hanya dari air tanah dalam.

3. Banjir dan upaya mengurangi resikonya

Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi tidak langsung dialirkan melalui jaringan pengaliran sungai, tetapi sebagian ada yang meresap ke lapisan tanah, dan sebagian lainnya menguap. Sisa penguapan dan peresapan air, barulah dialirkan melalui aliran sungai.

Air hujan yang jatuh pada lahan terbuka akan banyak dialirkan daripada diresap ke dalam lapisan tanah. Sebaliknya, hujan yang jatuh di hutan airnya akan mengalir melalui seresah-seresah dedaunan yang telah lapuk serta akar-akar tumbuhan, sehingga kesempatan untuk meresap ke dalam tanah lebih lama. Akan tetapi biasanya dari kanopi hutan banyak air yang menguap (*transpirasi*). Namun, air hujan akan lebih lama tersimpan dalam lingkungan hutan daripada di lingkungan lahan yang terbuka atau gundul. Akibat banyak air yang tersimpan dalam hutan, air yang mengalir menuju aliran sungai akan berkurang.

Sebaliknya, jika hutan dibuka (ditebangi) dan menjadi lahan gundul maka keadaannya berubah. Banyak air hujan yang dulu tersimpan lebih lama dalam lingkungan DAS akhirnya cepat lolos dan mengalir menjadi air limpasan (*run-off*). Akhirnya, debit air sungai akan naik melebihi daya tampung saluran, sehingga mengakibatkan bencana banjir.

Banyak hal yang mengakibatkan terjadinya banjir, salah satunya adalah penggundulan hutan. Penggundulan hutan banyak meloloskan air hujan menjadi air limpasan. Percikan dan limpasan air tersebut, akan menoreh dan mengikis lapisan atas tanah atau erosi. Akibat erosi, aliran air menjadi keruh sebagai akibat tingginya muatan sedimen. Sedimen tersebut akan dibawa jauh sampai ke hilir sungai dan menjadi bahan yang mendangkalan saluran sungai. Akibat pendangkalan saluran menjadi salah satu faktor yang menyebabkan banjir.

Upaya untuk mengurangi erosi, antara lain melalui usaha reboisasi pada hutan-hutan yang gundul. Dengan demikian, fungsi hutan selain untuk menahan air hujan lebih lama, juga dapat mengurangi bahaya erosi.

Selain akibat penggundulan hutan, banjir juga dapat terjadi akibat pendangkalan, penyempitan, dan penyumbatan saluran sungai. Pendangkalan sungai misalnya disebabkan oleh pengendapan lumpur di badan sungai dan banyaknya sampah yang tersangkut dalam saluran sungai, sehingga pada saat terjadi kenaikan debit air atau saat hujan lebat maka air akan meluap dan akhirnya melebihi tebing atau tanggul saluran sungai dan terjadilah banjir. Oleh karena itu, upaya pengerukan dangkalan sungai sering dilakukan agar air yang masuk dapat tertampung dan tidak meluap.

Penyempitan atau penyumbatan aliran sungai, biasanya akibat dibangunnya rumah-rumah di sepanjang dataran banjir sungai. Selain itu, bertumpuknya sampah gubuk-gubuk kumuh di perkotaan yang biasanya dibangun di tepian

sungai, sehingga ketika air meluap, gubuk-gubuk itu menjadi penghalang lancarnya arus sungai. Karena itu, upaya penanggulangan adalah memperbesar kembali daya tampung saluran sungai dengan memindahkan gubuk-gubuk tersebut ke tempat yang jauh dari tepian sungai, tidak membuang sampah ke sungai, selalu membersihkan parit-parit dan selokan agar jalannya air semakin lancar.



*Gambar 6.16 Perumahan kumuh di Jakarta yang terletak di tepi sungai
(Sumber: intranet.usc.edu.au/.../rumah_kumuh_jakarta.jpg)*

Pembangunan waduk merupakan salah satu upaya yang multifungsi. Sebab, selain mampu menampung air dalam jumlah banyak pada saat musim hujan, juga menjadi cadangan persediaan pada musim kemarau. Fungsi waduk akan lebih optimal jika fungsinya dianekaragamkan seperti mengairi sawah, usaha perikanan, dan PLTA.

Dampak negatif dari bencana banjir adalah kerugian, baik moril maupun materiil, di antaranya sebagai berikut:

- 1) Menimbulkan korban jiwa, baik meninggal dunia akibat hanyut, maupun luka-luka akibat terseret banjir.
- 2) Hilang atau rusaknya bangunan rumah dan harta benda milik penduduk, sehingga menimbulkan kerugian materiil. Penduduk yang tertimpa banjir tidak jarang tiba-tiba menjadi miskin karena modal dan hartanya habis.
- 3) Setelah banjir selesai, masalah bukan berarti selesai. Tetapi mewabahnya bibit penyakit di daerah bencana. Sebab penduduk selain mengkonsumsi air kotor, juga akibat lingkungan yang tidak sehat karena genangan air kotor bawaan banjir masih tertinggal di permukiman. Lumpur, kotoran, sampah banyak masuk ke rumah-rumah penduduk yang mengakibatkan rumah-rumah tersebut menjadi lembab dan tidak sehat untuk dihuni. Penyakit yang banyak muncul di lokasi bencana banjir biasanya adalah penyakit kulit (gatal-gatal), diare, muntaber, dan lain-lain.

Oleh karena itu, upaya penanggulangan banjir perlu segera dilaksanakan dalam upaya mengurangi resiko yang diakibatkannya, dengan cara sebagai berikut:

- 1) Melakukan penghijauan pada lahan-lahan yang gundul, terutama di daerah-daerah yang memiliki ketinggian (gunung), hutan, dan bagian hulu DAS.
- 2) Memperbesar saluran dan daya tampung air hujan atau sungai.
- 3) Membuat bendungan atau waduk.
- 4) Memberikan penyuluhan kepada masyarakat untuk selalu memperhatikan dan mencintai lingkungan.
- 5) Mengeluarkan kebijakan-kebijakan tentang pembuatan sumur resapan oleh penduduk agar air hujan dapat ditampung dan diresap lebih lama oleh tanah.
- 6) Diperbanyak ruang terbuka di perkotaan sebagai tempat peresapan air.

C. PERAIRAN LAUT

Laut adalah sekumpulan air yang sangat luas di permukaan bumi yang memisahkan atau menghubungkan suatu benua atau pulau dengan benua atau pulau lainnya. Laut yang sangat luas disebut *samudera*. Jadi, dapat dikatakan bahwa laut merupakan bagian dari samudera.

Umumnya perairan laut merupakan massa air asin dengan kadar garam cukup tinggi (rata-rata 3,45%). Laut memiliki sumber daya alam yang melimpah dan sampai saat ini belum dapat dimanfaatkan atau dikelola semuanya. Bumi memiliki lima samudera, yaitu Samudera Pasifik, Atlantik, Hindia, Antartika, dan Artik. Lautan di bumi memiliki luas kira-kira 361.000.000 km². Jadi lebih dari 70% luas permukaan bumi dengan kedalaman rata-rata 3.730 m.

Ilmu yang mempelajari laut atau lautan disebut *Oceanografi*. Objek yang dipelajarinya, adalah mengenai keadaan fisik airnya, gerakannya, kedalamannya, kualitas airnya, pasang naik, pasang surut, dan lain-lain.

1. Zona pesisir dan pantai

Pantai (*shore* atau *beach*, dalam bahasa Inggris) adalah kenampakan alam yang menjadi batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Wilayah pantai dimulai dari titik terendah air laut pada saat surut hingga arah ke daratan sampai batas jauh gelombang atau ombak menjangkau daratan. Tempat pertemuan antara air laut dengan daratan tadi dinamakan *garis pantai (shore line)*. Garis pantai ini setiap saat berubah-ubah sesuai dengan perubahan pasang-surut air laut.

Bentuk pantai ada yang landai dan ada pula yang terjal. Di Indonesia, bentuk pantai landai umumnya menghadap ke laut pedalaman, misalnya pantai utara Pulau Jawa. Sedangkan bentuk pantai terjal (cliff), umumnya menghadap ke laut lepas (Samudera) atau di daerah pengangkatan akibat tektonik lempeng.

Pesisir adalah suatu wilayah yang lebih luas daripada pantai. Wilayahnya mencakup wilayah daratan yang masih mendapat pengaruh laut (pasang-surut, suara deburan ombak, rembesan air laut di daratan) dan wilayah laut sejauh masih mendapat pengaruh dari darat (aliran air sungai dan sedimentasi dari darat). Menurut *Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL)*, batas wilayah pesisir ialah daerah yang masih ada pengaruh kegiatan bahari dan sejauh konsentrasi permukiman nelayan.

Wilayah pesisir dan Lautan Indonesia juga kaya akan bahan tambang dan mineral, seperti minyak dan gas, timah, biji besi, bauksit, dan pasir kwarsa. Wilayah pesisir dan lautan termasuk prioritas utama untuk pusat pengembangan industri pariwisata.

2. Proses terjadinya Dangkalan Sunda dan Dangkalan Sahul

Sekitar dua juta tahun yang lalu, pada mulanya Kepulauan Indonesia bagian barat merupakan satu daratan dengan benua Asia. Begitu pula Kepulauan Indonesia bagian timur, khususnya Papua pernah berupa satu daratan dengan benua Australia. Pada waktu terjadi pemanasan global di bumi maka es yang ada di daerah kutub bumi pada mencair. Hal ini menyebabkan naiknya permukaan air laut di permukaan bumi. Akibatnya air laut menggenangi bagian-bagian daratan yang rendah, sedangkan bagian-bagian yang tinggi membentuk pulau-pulau yang terpisah dari benua Asia dan Australia.

Dengan demikian, kepulauan Indonesia bagian barat yang pernah menjadi satu daratan dengan benua Asia menjadi terpisah, atau disebut *Dangkalan Sunda*. Begitu pula kepulauan Indonesia bagian timur yang pernah menjadi satu daratan dengan benua Australia menjadi terpisah, sehingga disebut *Dangkalan Sahul*.

3. Klasifikasi laut

Laut sebagai salah satu bentangan hidrosfer, memperlihatkan adanya perbedaan yang dapat dikelompokkan berdasarkan karakteristiknya.

a. Berdasarkan proses terjadinya

Berdasarkan proses terjadinya, laut dapat dibedakan atas tiga macam, yaitu sebagai berikut:

- 1) *Laut transgesi*, adalah laut yang terjadi sebagai akibat naiknya transgesi yang biasanya kurang dari 200 meter. Oleh karena itu, laut ini sering juga disebut *laut dangkal*.

- 2) *Laut ingresi*, adalah laut yang terjadi karena adanya penurunan bagian permukaan bumi (degradasi). Kedalaman laut ingresi biasanya lebih dari 200 meter, sehingga laut ingresi dikenal sebagai *laut dalam*.
- 3) Laut *regresi*, adalah laut yang terjadi sebagai akibat proses pengendapan lumpur sungai (sedimen fluvial).

b. Berdasarkan letaknya

Berdasarkan letaknya, laut dapat dibedakan sebagai berikut:

- 1) Laut tepi, yaitu laut yang terletak ditepian benua yang seolah-olah terpisah dari lautan oleh deretan pulau-pulau dan semenanjung. Contohnya Laut Cina Selatan, Laut Jepang, dan Laut Bering;
- 2) Laut pertengahan, adalah laut yang terletak diantara benua-benua. Biasanya merupakan wilayah laut dalam. Contoh: Laut Mediteran yang terletak diantara Benua Eropa-Asia dan Afrika;
- 3) Laut pedalaman, adalah laut yang terletak di tengah-tengah benua atau hampir seluruhnya dikelilingi daratan. Contoh: Laut Kaspia, Laut Baltik, Laut Mati, dan Laut Hitam.

c. Berdasarkan kedalamannya

Berdasarkan kedalamannya, laut dapat dibedakan atas beberapa macam, yaitu sebagai berikut:

- 1) *Zone litoral* adalah wilayah laut yang pada saat terjadinya pasang naik tertutup oleh air laut dan ketika air laut surut wilayah ini menjadi kering. Zona ini sering disebut sebagai *wilayah pasang surut*.
- 2) *Zona neritik* adalah wilayah laut mulai zona pasang surut sampai kedalaman 200 meter. Zona ini merupakan tempat terkonsentrasinya biota laut, terutama berbagai jenis ikan. *Zona neritik* sering disebut *wilayah laut dangkal*.
- 3) *Zona batial* adalah wilayah laut yang merupakan lereng benua yang tenggelam di dasar samudera. Kedalaman zona ini berkisar di atas 200 meter – 2000 meter.
- 4) *Zona abisial* adalah wilayah laut yang merupakan wilayah dasar samudra. Kedalamannya di atas 2000 meter, dan jenis biota yang ada pada zona ini terbatas.

d. Berdasarkan wilayah kekuasaan

Berdasarkan Konvensi Hukum Laut Internasional yang ditetapkan di Jenewa (1958) Montevideo (1982), perairan laut suatu negara meliputi laut teritorial, zone ekonomi eksklusif (ZEE), dan landas kontinen.

1) Laut teritorial

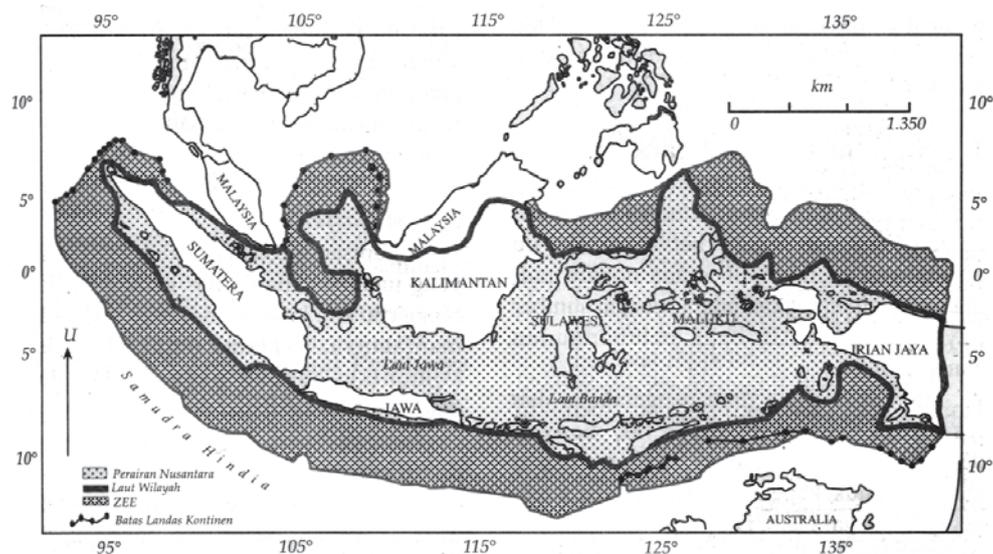
Laut teritorial adalah wilayah laut yang berada di bawah kedaulatan suatu negara. Batas laut teritorial ditarik dari garis dasar pantai pulau terluar ke arah laut bebas sejauh 12 mil laut. Jika lebar laut antara pantai dua negara kurang dari 24 mil, maka batas laut teritorial ditetapkan dengan cara membagi dua jarak antara pantai dua negara yang bersangkutan. Perairan laut di luar batas 12 mil disebut *laut lepas* atau *laut bebas*.

2) Zone Ekonomi Eksklusif (ZEE)

Zona Ekonomi Eksklusif merupakan wilayah perairan laut ekonomis suatu negara, tetapi berada di luar laut teritorial, selebar 200 mil laut di tarik dari garis dasar pantai pulau terluar ke arah laut bebas. Di dalam batas ZEE, negara yang bersangkutan memiliki prioritas untuk mengeksplorasi dan mengeksploitasi sumberdaya alam (hayati dan non hayati) yang terdapat di permukaan, di dalam dan di dasar laut.

3) Landas kontinen

Landas kontinen adalah bagian dari benua yang terendam oleh air laut. Wilayah ini merupakan zone neritik dengan kedalaman antara 130-200 meter. Batas landas kontinen diukur dari garis dasar ke arah laut dengan jarak paling jauh 200 mil laut. Jika terdapat dua negara yang berdampingan pada batas landas kontinen maka batas laut akan dibagi dua sama jauh dari garis dasar masing-masing negara. Pada landas kontinen, suatu negara memiliki hak dan wewenang untuk memanfaatkan sumberdaya alam yang terkandung di dalamnya, seperti ikan dan barang tambang.



Gambar 6.17 Peta Wilayah Perairan Laut Indonesia
(Sumber: M. Tohadi, 1994)

Sebagai negara kepulauan (*archipelago state*) yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia (61.000 km), Indonesia memiliki ketiga macam wilayah perairan tersebut di atas. Indonesia telah membuat perjanjian internasional (konvensi, traktat) dengan Thailand, Malaysia, Singapura, Filipina, dan Australia. Batas wilayah laut teritorial, ZEE dan Landas Kontinen Indonesia dengan negara-negara tersebut berimpit pada satu garis yang sama. Selain itu Indonesia telah membuat perjanjian batas ZEE dan landas kontinen dengan India di laut Andaman dan dengan Australia di Laut Arafura dan laut Timor.

4. Bentuk-bentuk morfologi dasar laut

Bentuk dasar laut tak ubahnya seperti bentukan yang ditemukan di darat, seperti dataran rendah dan tinggi, pegunungan, lembah, dan sebagainya. Di dasar laut terdapat beberapa bentuk relief dasar laut yang dapat digolongkan ke dalam beberapa kelompok, yaitu sebagai berikut.

- a. Paparan benua (*Shelf*), yaitu dasar laut dangkal yang melandai dengan kedalaman rata-rata 200 m, dan terletak di sepanjang pantai suatu benua. Contoh: Paparan Sunda.
- b. Palung laut (*Trench*), yaitu dasar laut yang dalam dan sempit dengan dinding yang curam membentuk corong dan memanjang, dengan kedalaman lebih dari 5000 m.
- c. Lubuk laut (*Bekken*), yaitu dasar laut yang bentuknya cekung.
- d. Gunung Laut, yaitu gunung yang dasarnya terdapat di dasar laut, baik yang menjulang diatas permukaan laut atau tidak.
- e. Punggung laut, yaitu punggung pegunungan di dasar laut.
- f. Atol, yaitu karang di laut yang bentuknya seperti cincin besar.
- g. Laguna, yaitu bagian laut dangkal di tengah atol.

5. Gerakan air laut

Jika kebetulan kamu pergi atau piknik ke kawasan pantai, coba perhatikan gerakan air laut! Apakah gerakannya selalu sama? Tentunya tidak. Sebab, gerakan air laut ada yang berupa gelombang laut dan ada pula berupa arus laut. Di mana letak perbedaan kedua bentuk gerakan air laut ini? Untuk mengetahui jawabannya simaklah uraian berikut ini.

a. Gelombang laut

Gelombang laut adalah alunan permukaan air yang ditimbulkan oleh angin (gelombang yang terjadi di permukaan air laut atau danau). Contoh: gelombang yang terjadi pada pergeseran antara air-pasir, angin-pasir dan angin-air.

Hembusan angin sepoi-sepoi pun dapat menimbulkan riak gelombang dan bila terjadi angin badai dapat menimbulkan gelombang besar, demikian juga bila terjadi gempa di dasar laut akan menimbulkan gelombang. Bila gempanya hebat akan menimbulkan gelombang yang besar dinamakan *Tsunami*, seperti yang terjadi di Aceh (2004), Flores (1993), dan Pangandaran, Jawa Barat (2006). Ledakan gunung berapi di dasar laut pun bisa menyebabkan gelombang, seperti terjadi tahun 1883 pada waktu Gunung Krakatau meletus.



Gambar 6.18 Gelombang air laut

(Sumber: http://sofia.fhda.edu/gallery/geography/images/ocean_heating_lg.jpg)

Gelombang laut dapat dibedakan atas dua macam, yaitu sebagai berikut.

1) Gelombang yang tidak bergerak ke arah horizontal (mendatar)

Butir-butir air hanya bergerak membentuk sebuah lingkaran, bergerak maju pada puncak, naik di bagian muka pada lembah dan turun di bagian belakang gelombang, walaupun sebenarnya butir-butir itu juga bergerak tetapi sedikit, karena kecepatan gerak maju di puncak lebih besar daripada kecepatan mundur di lembah gelombang, sehingga setelah menempuh satu putaran, titik itu tidak kembali tepat pada titik semula, melainkan agak ke depan sedikit.

2) Gelombang yang airnya bergerak maju

Butir-butir air yang terletak di permukaan berbentuk parabola, sedangkan yang lebih ke bawah dari permukaan, gerakannya lebih mendatar, bahkan yang terletak pada dasar gelombang bergerak lurus. Gelombang ini dipengaruhi langsung oleh angin. Bila gelombang bergerak ke daerah yang berangsur-sngsur mendangkal, maka kecepatan menurun, panjangnya berkurang dan bentuknya tidak simetris lagi karena lereng bagian depan

lebih curam daripada bagian belakangnya, sehingga puncak gelombang itu jatuh mendahului lerengnya yang disebut *breaker*.

b. Arus laut

Arus laut adalah gerakan air laut yang mempunyai peredaran tetap atau tidak. Pada umumnya arus laut disebabkan oleh pengaruh angin, perbedaan kadar garam air laut, perbedaan suhu, pasang naik dan pasang surut air laut dan mengisi daerah yang ditinggalkan arus (arus kompensasi atau arus pengisi). Arah arus dinyatakan dengan arah ke mana arus itu bergerak. Contohnya: arus timur adalah arus yang arahnya ke timur; arus utara adalah arus yang arahnya ke utara.

Menurut temperaturnya, arus laut dapat dibedakan menjadi dua macam arus, yaitu:

- 1) Arus panas adalah arus yang temperaturnya lebih tinggi daripada daerah yang didatanginya. Contohnya: Arus Teluk, Arus Kuro Siwo, Arus Brasilia
- 2) Arus dingin adalah arus yang temperaturnya lebih rendah daripada daerah yang didatanginya. Contohnya: Arus Labrador, Arus Benguela.

Dari perbedaan arus tersebut, menunjukkan adanya macam-macam arus laut dan gerakannya di tiga Samudera yang ada di dunia. Perlu kamu ketahui juga tentang arus laut apa saja yang terdapat di Indonesia, sebagai berikut.

1) Arus laut angin muson

Arus laut ini terjadi karena adanya pengaruh angin musim, yang setiap setengah tahun sekali berubah arah. Dalam bulan April-Oktober di Indonesia berhembus angin musim tenggara yang datang dari arah Benua Australia menuju Benua Asia, setelah sampai ke garis khatulistiwa angin berbelok ke arah timur. Sebaliknya pada bulan Oktober-April untuk Indonesia sebelah utara khatulistiwa angin berhembus dari arah timur laut dan setelah sampai di khatulistiwa angin berhembus ke arah tenggara. Arah arus laut pada dasarnya searah dengan arah hembusan angin, tetapi bentuk pantai pun mempengaruhi arah arus laut.

2) Arus pengisi tegak atau konveksi

Arus ini terjadi sebagai akibat adanya perbedaan suhu dasar dan permukaan air laut. Perbedaan ini menimbulkan peredaran air mengalir dari daerah yang temperaturnya lebih rendah ke daerah yang temperaturnya lebih tinggi (panas).

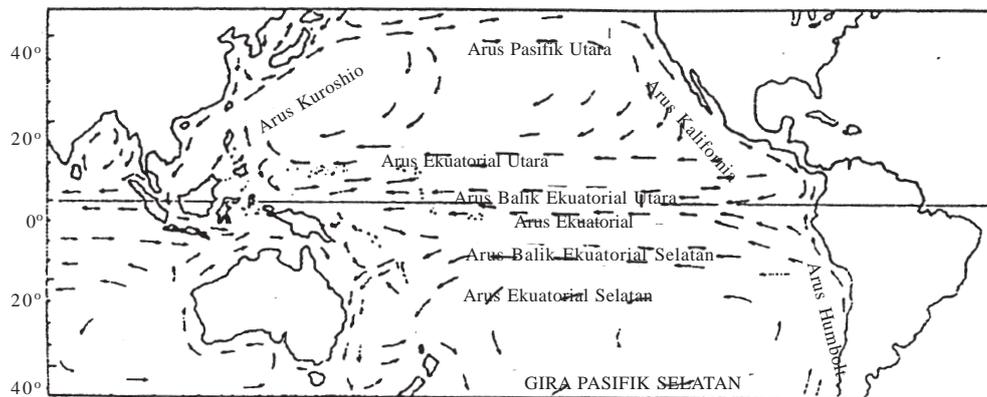
3) Arus pasang surut

Arus ini terjadi karena adanya pasang naik dan pasang surut air laut di samudera-samudera di sekitar Indonesia. Jika Samudra Hindia mengalami

pasang naik maka akan terjadi arus selat Sunda, Bali, Lombok menuju ke Laut Jawa dan demikian sebaliknya bila terjadi pasang surut di Samudera Hindia.

Adapun manfaat arus laut bagi kehidupan sehari-hari adalah sebagai berikut:

- 1) Arus musim dipergunakan untuk para nelayan bepergian dan pulang kembali, terutama untuk para nelayan yang masih mempergunakan perahu layar.
- 2) Arus konveksi menyebabkan peredaran (sirkulasi) air. Hal ini mempengaruhi pengangkutan bahan makanan yang berpengaruh pula terhadap pengumpulan ikan.
- 3) Untuk masa yang akan datang, arus laut dapat dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).
- 4) Menyebarkan tumbuh-tumbuhan, misalnya kelapa dapat terbawa arus ke tempat lain, dihempaskan ke pantai dan kemudian tumbuh di tempat itu.
- 5) Arus laut memengaruhi iklim, umpamanya di Eropa Barat banyak hujan karena pengaruh Arus Teluk (*Gulf Stream*) yang panas.



Gambar 6.19
Pola umum arus laut
(Sumber: Bayong, halaman 102)

6. Pasang naik dan pasang surut

Pasang naik dan pasang surut air laut adalah naik dan turunnya air laut secara beraturan waktunya (periodik), yaitu pada periode 24 jam 50 menit di setiap tempat di bumi mengalami dua kali pasang naik dan dua kali pasang surut.

Pasang naik dan pasang surut air laut disebabkan gravitasi (gaya tarik) bulan dan matahari terhadap bumi. Walaupun bulan ukurannya jauh lebih kecil daripada matahari, tetapi pengaruhnya lebih besar karena letak bulan jauh lebih dekat ke bumi daripada ke matahari. Ada dua macam pasang surut air laut, yaitu:

- a) Pasang purnama (*Spring tide*) yaitu pasang naik dan surut yang besar yang terjadi pada awal bulan dan pertengahan bulan (bulan purnama);
- b) Pasang perbani (*Neap tide*), yaitu pasang naik dan surut terendah. Ini terjadi pada waktu bulan seperempat dan tiga perempat, matahari dan bulan terletak pada posisi yang membentuk sudut siku-siku (90°) satu sama lain, hingga pada kedudukan ini gaya tarik gravitasi matahari melemahkan gaya tarik bulan.

Walaupun tanah air kita sebagian besar terdiri atas lautan yang di dalamnya tersebar kekayaan alam, tetapi sampai saat ini belum bisa dieksploitasi secara maksimal demi pembangunan dan kesejahteraan rakyat. Teknologi yang kita miliki belum cukup untuk bisa mengarungi lautan, apalagi menggali kekayaan alamnya. Selain itu, orientasi mata pencaharian penduduknya secara budaya masih di daratan. Padahal kesempatan berusaha di laut masih sangat besar dan luas.

7. Kualitas air laut

a. Salinitas air laut

Tentunya kamu sudah mengetahui rasanya air laut, bukan! Ya, memang asin rasanya. Air laut rasanya asin dan agak kepahit-pahitan. Hal ini disebabkan air laut kaya akan kandungan garam-garaman. Berdasarkan pada susunan kimiawi dan salinitasnya, susunan garam-garaman air laut adalah sebagai berikut:

NaCl	:	77,75%
K ₂ SO ₄	:	2,46%
MgCl ₂	:	10,78%
Mg Br ₂	:	0,21%
Mg SO ₄	:	4,73%
Ca SO ₄	:	3,69%
CaCO ₃ dan garam-garaman lain	:	0,34%

Jika diketahui rata-rata kadar garam air laut 3,5%, artinya setiap 1 kg air laut mengandung garam 35 gram.

Menurut perkiraan volume air laut adalah 1.500.000.000 km³, maka volume garam padatnya adalah 20.000.000 km³, dan beratnya lebih dari 40.000.000.000.000.000 ton. Setiap tahun kadar garam air laut terus bertambah

karena sungai-sungai di seluruh dunia setiap tahunnya mengangkut garam sebanyak 40.000.000 ton.

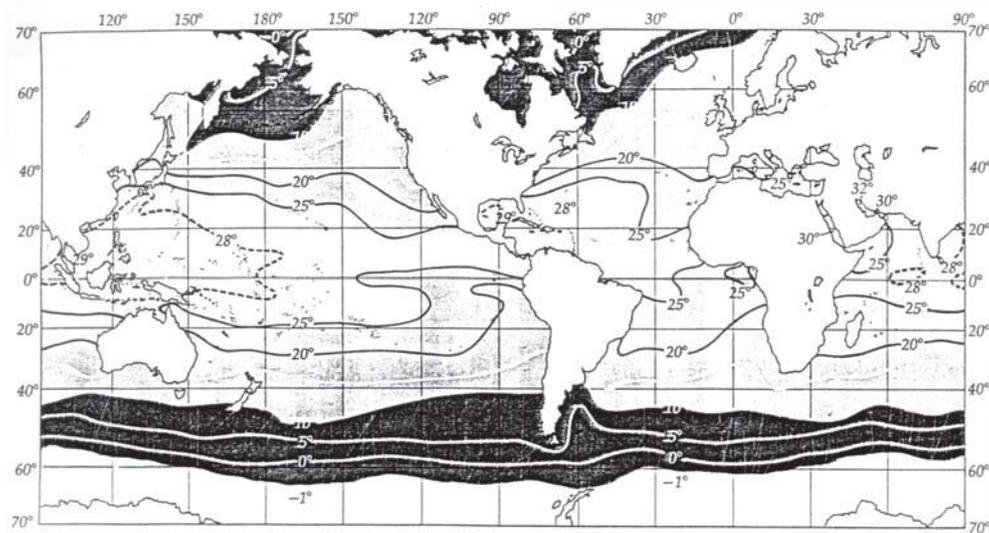
Kadar garam air laut tidak sama di setiap daerah, sebab tergantung pada beberapa faktor yang mempengaruhinya, sebagai berikut:

- 1) *Besar kecilnya penguapan*
Makin besar penguapan air laut, kadar garamnya makin tinggi. Contoh: Laut Kaspia.
- 2) *Banyak sedikitnya curah hujan*
Makin banyak curah hujan, makin rendah kadar garamnya. Contohnya: Laut-laut di Indonesia.
- 3) *Banyak sedikitnya air tawar dari sungai yang masuk*
Masuknya air tawar menyebabkan rendahnya salinitas. Contohnya: Laut Jawa, banyak sungai-sungai yang bermuara di laut ini seperti Sungai Asahan, Sungai Rokan, Sungai Kampar, Sungai Indragiri, Sungai Batanghari, Sungai Musi, Sungai Kapuas, Sungai Barito, Sungai Citarum, Sungai Cimanuk, Sungai Ciliwung, Kali Solo.
- 4) *Banyak sedikitnya cairan es yang masuk ke dalam laut*
Ini terjadi di daerah yang mengalami musim dingin. Contohnya: Laut Baltik di Eropa Utara.
- 5) *Arus laut*
Dengan adanya arus laut terjadi percampuran kandungan garam, sehingga kadar garamnya lebih merata.

b. Suhu atau temperatur air laut

Suhu air laut adalah suatu faktor yang amat penting bagi kehidupan organisma di lautan, sebab suhu mempengaruhi perkembangan organisma-organisma tersebut. Umpamanya tumbuhnya binatang karang yang penyebarannya sangat dibatasi oleh perairan yang hangat yang terdapat di daerah tropik atau subtropik. Suhu air laut di permukaan bumi menunjukkan ada perbedaan-perbedaan walupun tidak besar, seperti suhu air di Samudera Atlantik rata-rata 16,9° C; suhu air di Samudra Hindia rata-rata 17,0° C; dan suhu air di Samudra Pasifik rata-rata 19,1° C Rata suhu air laut di dunia 17,4°C.

Suhu permukaan air laut di Indonesia sekitar 26,3° C. Hal ini menunjukkan bahwa suhunya lebih tinggi daripada suhu rata-rata air laut di dunia. Hal ini disebabkan Indonesia terletak di daerah tropika, sehingga kedudukan matahari selalu tinggi. Makin ke dalam, suhu air laut makin dingin karena pengaruh sinar matahari. Suhu yang lebih tinggi menyebabkan tumbuhan laut tumbuh dengan subur. Keberadaan tumbuhan ini jelas sangat penting sekali bagi kehidupan ikan-ikan.



Gambar 6.20
 Penyebaran suhu permukaan air laut dalam bulan Agustus
 (Sumber: Ingmangson, halaman 110)

c. Warna air laut

Kalau kita perhatikan, pada umumnya warna air laut pasti berwarna biru. Apakah memang seperti demikian halnya? Keadaan warna air laut bergantung pada beberapa faktor, sebagai berikut.

- 1) Tergantung pada zat larutan organisme atau zat lain yang terdapat di dalam air. Contoh: Laut Merah airnya kadang-kadang kelihatan merah darah karena banyak ganggang laut (algen) yang sifatnya memantulkan warna merah dari sinar matahari. Laut kuning (RRC) warnanya kuning karena air lautnya mengandung butiran-butiran tanah loss yang warnanya kuning, yang terbawa oleh air sungai Hoang Ho di daratan Cina yang melalui Gurun Gobi.
- 2) Bergantung pada warna dasar lautnya. Laut Hitam (sebelah utara Turki) air lautnya kelihatan hitam karena dasar laut itu warnanya hitam. Di laut dangkal (Zone literal), air laut warnanya hijau karena di daerah ini banyak tumbuh-tumbuhan laut yang berwarna hijau. Warna biru air laut disebabkan oleh pemantulan warna biru dari sinar matahari. Warna ini dipantulkan karena warna ini bergelombang pendek. Juga pantulan warna langit.

8. Mengukur kedalaman laut

Untuk mengukur kedalaman laut ada dua cara yaitu melalui *metode batu duga* dan *gema duga*. Metode *batu duga*, yaitu dengan cara yang sederhana dan telah lama dipergunakan. Prinsip dari alat ini adalah sebuah tali yang

dibebani dengan timah yang berat, lalu diturunkan ke dasar laut. Pengukuran dengan cara ini ada keuntungan dan kerugiannya. Keuntungannya adalah dapat mengetahui jenis organisma di dasar laut dan jenis sedimen dasar laut. Kerugiannya adalah memerlukan waktu lama, tidak dapat mengetahui dalamnya laut secara tepat karena tali tersebut tidak bisa berdiri tegak lurus akibat pengaruh air laut; dan tidak bisa mengetahui relief dasar laut.

Pengukuran kedalaman laut melalui metode *gema duga* sudah digunakan sejak tahun 1920. Prinsip kerjanya adalah menggunakan kecepatan rambat suara atau bunyi dalam air yaitu dengan menghitung waktu berangkat dan waktu kembalinya gema suara atau bunyi. Jika diketahui waktu berangkat dan kembalinya dan kecepatan rambat pada air maka kedalaman laut dapat ditentukan. Kecepatan rambat bunyi atau suara dalam air adalah 1500 m /detik.

Cara gema duga ini mempunyai keuntungan dan kerugian. *Keuntungannya*, antara lain waktunya singkat (praktis), kapal tidak perlu berhenti, dapat mengetahui kedalaman laut secara tepat, dapat diketahui relief dasar laut. *Kerugiannya* adalah tidak dapat mengetahui endapan atau sedimen dasar laut, tidak dapat mengetahui temperatur air laut pada kedalaman tertentu, tidak dapat mengetahui perubahan temperatur atau suhu air laut, salinitas, dan tekanan air. Karena unsur-unsur tersebut di atas dapat mempengaruhi kecepatan rambat bunyi.

9. Manfaat laut bagi kehidupan

Laut banyak memberikan manfaat bagi kehidupan manusia di antaranya sebagai sumber bahan makanan dan mineral. Misalnya, garam untuk keperluan memasak, rumput laut dapat digunakan untuk pembuatan agar-agar, ikan laut merupakan sumber bahan makan dengan protein yang tinggi, karbonat diambil dari sebangsa lumut (*potash*), fosfat berasal dari tulang-tulang ikan dan kotoran burung yang makanannya ikan dapat dimanfaatkan untuk pupuk.



Gambar 6.21
Kegiatan produksi garam di Cirebon
(Sumber: Media Indonesia, 23 September 2004)

Sumber daya nabati dari tumbuhan laut yaitu *plankton*, *nekton*, *phytoplankton*, dan *benthos*. *Plankton* adalah gabungan dari jasad-jasad hewan dan tumbuhan bersel satu, tidak dapat bergerak sendiri tetapi mengapung di permukaan atau dekat permukaan air laut. *Phytoplankton* adalah plankton jenis tumbuh-tumbuhan yang hidup pada kedalaman tidak lebih dari 100 m, karena membutuhkan sinar matahari untuk proses fotosintesa. *Nekton* adalah gabungan dari binatang-binatang yang dapat berenang terutama binatang laut, misalnya ikan, cumi-cumi, gurita, dan lain-lain. *Benthos* adalah organisme laut yang hidupnya terikat pada dasar laut. Ada yang hidup merangkak pada dasar laut, misalnya cacing laut, tiram, remis, dan lain-lain. Ada yang menempel pada dasar laut, misalnya rumput laut, ganggang, dan bunga karang.

Di tepian laut terdapat ekosistem pantai yang merupakan tatanan sebuah kesatuan lingkungan pantai secara utuh dengan segenap unsur lingkungan hidup yang mempengaruhinya. Ekosistem pantai memiliki arti penting sebagai tempat berkembang biaknya berbagai jenis biota laut, tanaman bakau (*mangrove*) dan juga sebagai sarana pelestarian pantai dari ancaman abrasi air laut.

Adapun ekosistem di pantai terdiri atas beberapa macam, yaitu sebagai berikut:

- a. Lingkungan *abiotik*, yaitu lingkungan bersifat tidak hidup yang dapat digunakan makhluk hidup. Contohnya, matahari, air, tanah, dan udara.
- b. Produsen makanan, yaitu tumbuhan atau makhluk hidup yang memproduksi bahan makanan bagi makhluk hidup lainnya.
- c. Konsumen, yaitu makhluk hidup pemangsa makhluk hidup lainnya. Contohnya, manusia, dan hewan.
- d. Organisme pembusuk, yaitu makhluk penghancur tumbuhan dan hewan yang telah mati melalui proses pembusukan.

Ringkasan

Siklus hidrologi merupakan perputaran air yang diawali dari penguapan air laut, danau, rawa, sungai, tumbuhan, hewan, manusia, dan benda lainnya. Hasil penguapan mengalami kondensasi membentuk awan. Apabila sudah jenuh maka akan turun dalam bentuk hujan yang kembali mengairi sungai, danau, bahkan ada yang langsung ke laut.

Jenis perairan darat meliputi sungai, danau, rawa, air tanah, dan gletser, sedangkan jenis perairan laut berdasarkan Konvensi Hukum Laut Internasional yang ditetapkan di Jenewa (1958) Montevideo (1982), perairan laut suatu negara meliputi laut teritorial, zone ekonomi eksklusif (ZEE), dan landas kontinen.

Indonesia memiliki garis pantai sepanjang 81.000 km. Wilayah pantai dan pesisir Indonesia kaya akan bahan tambang dan mineral, seperti minyak dan gas, timah, biji besi, bauksit dan pasir kwarsa. Selain itu juga termasuk prioritas utama untuk pengembangan industri pariwisata.

Potensi air permukaan banyak bermanfaat untuk berbagai pemenuhan kebutuhan manusia, mulai dari yang sederhana (kebutuhan minum, mencuci, mandi) hingga kebutuhan yang lebih besar dan kompleks seperti untuk pembangkit listrik, transportasi, dan irigasi.

Banyak air hujan yang dulu tersimpan lebih lama dalam lingkungan DAS akhirnya cepat lolos dan mengalir menjadi air limpasan (*run-off*) hingga melebihi daya tampung saluran dan mengakibatkan bencana banjir. Untuk mengurangi resiko kerugian akibat banjir, perlu diupayakan berbagai hal seperti: melakukan penghijauan pada lahan-lahan yang gundul, terutama di bagian hulu DAS; memperbesar saluran dan daya tampung air hujan atau sungai; membuat bendungan atau waduk; memberikan penyuluhan kepada masyarakat untuk selalu memperhatikan dan mencintai lingkungan; mengeluarkan kebijakan-kebijakan tentang pembuatan sumur resapan oleh penduduk agar air hujan dapat ditampung dan diresap lebih lama oleh tanah; dan diperbanyak ruang terbuka di perkotaan sebagai tempat peresapan air.

Glosarium

- Atol* : terumbu karang berbentuk lingkaran penuh atau terputus-putus dengan genangan air laut di tengahnya yang dinamakan *lagun*, pada umumnya merupakan pulau-pulau di bawah permukaan air laut.
- Backwash* : arus balik air laut, seolah arus (*swash*) yang berasal dari pecahan gelombang di pantai mencapai batas alirannya.
- Breaker* : pecahan gelombang laut di pantai karena bagian bawah gerakan air itu bertabrakan dengan dasar laut.
- Daur hidrologi* : siklus air; pola sirkulasi air.
- Evaporasi* : penguapan langsung
- Geyser* : sumber air panas yang memancar berkala sebagai gejala pasca vulkanik. Gletser aliran es pada palung berbentuk U di daerah yang bersuhu kurang dari 0°C. Graben bagian yang turun di daerah tektonik patahan berdampingan dengan Horst.
- Hidrosfer* : lapisan air di bumi terdiri atas perairan darat (air tanah, sungai, danau), dan perairan laut.

- Meander* : kelokan setengah lingkaran pada alur sungai yang terjadi karena erosi di bagian luar dan sedimentasi pada bagian dalam kelokan sungai. Dalam perkembangan selanjutnya dapat terbentuk meander cut off dan sungai mati (oxbow lake).
- Mélange* : sedimen yang terjadi dari campuran berbagai batuan dan terdapat di suatu areal yang dapat dipetakan. Fragmen-fragmen pembentuk melange itu bermacam-macam dalam susunan, ukuran besar maupun bentuknya serta tempat fragmen itu terbentuk.
- transpirasi* : penguapan yang tidak langsung
- U (Palung)* : palung berbentuk huruf U tempat gletser mengalir atau bekas aliran gletser seperti palung fyord.
- V (Palung)* : palung berbentuk huruf V tempat sungai mengalir.

Tugas mandiri

1. Buatlah peta DAS di daerah kamu berdasarkan peta topografi, kemudian analisis jenis pola alirannya!
2. Buatlah kliping tentang banjir di suatu daerah melalui berbagai media. Kemudian analisis penyebab dan dampak banjir tersebut!
3. Kunjungilah salah satu sungai terdekat di sekolah atau rumah kamu. Ukurlah debit aliran sungai tersebut dengan bimbingan guru. Pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan alat pelampung.

Kegiatan kelompok

Sebutkan pemanfaatan air permukaan (air sungai, air danau/waduk, air rawa).
Kemudian tuliskan dalam buku tugasmu seperti pada tabel berikut!

Jenis Air Permukaan	Manfaat
Air sungai	1. 2.
Air danau (waduk)	1. 2.
Air rawa	1. 2.

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang benar!

1. Istilah di bawah ini yang tidak termasuk dalam proses siklus hidrologi
 - a. intersepsi
 - b. presipitasi
 - c. evaporasi
 - d. transpirasi
 - e. infiltrasi
2. Penguapan yang berasal dari badan-badan air dan dari benda/pohon/batuan atau lainnya disebut
 - a. intersepsi
 - b. perkolasi
 - c. transpirasi
 - d. presipitasi
 - e. reboisasi
3. Jumlah air yang berada di daratan, 98 % dari seluruhnya merupakan
 - a. air tanah
 - b. sungai
 - c. air laut
 - d. sungai, danau, dan reservoir
 - e. reservoir buatan
4. Untuk menambah air tanah, usaha yang perlu dilakukan adalah
 - a. membuat sumur resapan
 - b. penggalian sungai-sungai purba
 - c. pembuatan bendungan
 - d. tidak menggunakan air tanah
 - e. penghematan air tanah
5. Ciri sungai tua adalah
 - a. memiliki penampang yang lebar
 - b. memiliki banyak cabang atau anak sungai
 - c. daerah alirannya lebar dan berkelok-kelok
 - d. penampangnya sempit dan dalam
 - e. tidak ada yang berair
6. Berdasarkan sumber airnya, sungai-sungai di Indonesia termasuk jenis sungai
 - a. gletser
 - d. musim

- b. campuran
c. hujan
- e. periodik
7. Rawa-rawa yang berada di tepi pantai sangat berguna terutama untuk
- menghindari banjir di dataran rendah
 - menghambat masuknya air laut ke daratan
 - sumber hidupnya jentik malaria
 - tempat ikan berkembang biak
 - mengurangi polusi air di muara
8. Bagian laut yang mendapat pengaruh pasang surut dan pasang naik air laut, ialah
- litoral
 - abisal
 - korall
 - neritik
 - bathyal
9. Perairan laut Indonesia berdasarkan letaknya tergolong ke dalam
- laut tepi
 - laut tengah
 - laut lepas
 - laut pedalaman
 - selat
10. Sungai yang terus mengalir mengikis batuan yang dilalui, sehingga mencapai batuan induknya, disebut sungai
- anteseden
 - subsekuen
 - transenden
 - insekuen
 - epigenesa
11. Air tanah yang berasal dari air hujan dan terdapat pada lapisan tanah yang tak jauh, disebut
- Meteoric Water
 - Connate Water
 - Pinnate Water
 - Juvenil Water
 - Fossil Water
12. Air tanah yang berada di antara dua lapisan batuan yang kedap air, sehingga dapat menyebabkan air tersebut dalam keadaan tertekan dan bila ada jalan keluar akan memancar. Air ini disebut
- Meteoric Water
 - Pinnate Water
 - Juvenil Water
 - Fossil Water
 - Connate Water
13. Sungai yang mengalir searah dengan lereng, disebut
- sungai obsekuen
 - sungai konsekuen

- b. sungai sekuen
 - c. sungai resekuen
 - c. sungai subsekuen
14. Di bawah ini yang termasuk danau tektovulkanik, yaitu
- a. Danau Toba
 - b. Situ Patenggang
 - c. Danau Maninjau
 - d. Danau Singkarak
 - e. Danau Kalimutu
15. Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum adalah
- a. Daerah yang dialiri sungai Citarum
 - b. Daerah yang dilewati oleh sungai Citarum
 - c. Daerah yang memiliki sungai namanya Citarum
 - d. Daerah yang pembuangan airnya menuju sungai induk yaitu Sungai Citarum
 - e. Sungai Citarum merupakan induk sungai
16. Laut Jawa dan Laut Arafuru termasuk laut dangkal yang dahulunya merupakan dataran rendah. Laut yang dahulunya bekas daratan disebut
- a. laut regresi
 - b. laut ingresi
 - c. laut samudera
 - d. laut transgresi
 - e. laut dalam
17. Di bawah ini merupakan keuntungan pengukuran kedalaman laut dengan memakai sistem batu duga, *kecuali*
- a. dapat diketahui dengan cepat
 - b. tidak dapat mengetahui kedalaman
 - c. dapat mengetahui sedimen dasar laut.
 - d. pengerjaannya sederhana
 - e. mengetahui organisma dalam laut
18. Pasang purnama terjadi pada
- a. awal bulan
 - b. pertengahan bulan (bulan pumama)
 - c. perempatan terakhir
 - d. akhir bulan
 - e. awal bulan dan pertengahan bulan
19. Pola aliran sungai yang tidak teratur disebut pola
- a. trellis
 - b. dendritik
 - c. pinnate
 - d. radial
 - e. rectangular

20. Bagian permukaan bumi yang airnya mengalir ke dalam suatu sungai induk apabila terjadi hujan, disebut
- a. daur hidrologi
 - b. dataran banjir sungai
 - c. parit-parit
 - d. daerah aliran sungai
 - e. bantaran sungai

II. Uraian

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut secara jelas!

1. Gambarkan dan jelaskan terjadinya siklus hidrologi!
2. Jelaskan bagaimana air tanah terbentuk!
3. Jelaskan ciri-ciri pola aliran sungai denritik dengan pinnate!
4. Sebutkan fungsi danau atau waduk buatan bagi kehidupan!
5. Mengapa zone neritik kaya akan ikan?
6. Jelaskan perbedaan antara laut transgresi dan regresi serta berikan contohnya!
7. Apa yang dimaksud Zone Ekonomi Eksklusif (ZEE)?
8. Jelaskan paling sedikit empat ciri sungai bagian hulu, tengah dan hilir!
9. Bagaimana cara pelestarian daerah aliran sungai (DAS)?
10. Mengapa pada pertemuan arus air laut panas dengan dingin merupakan pusat hidupnya ikan?

R e fleksi

1. Setelah mempelajari materi ini, apa pendapat kamu tentang penyebab terjadinya banjir? Apa yang harus dilakukan agar bencana banjir tidak terjadi lagi!
2. Manfaat apakah yang kamu dapatkan setelah mempelajari materi ini?

I. Pilihan Ganda

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat.

1. Marmer menurut proses terjadinya termasuk jenis batuan
 - a. metamorf dinamo
 - b. beku
 - c. metomorf kontak
 - d. metamorf pneumatolitik
 - e. batuan beku dalam
2. Di bawah ini yang termasuk tenaga endogen yaitu
 - a. tektonik, vulkanik, dan masswating
 - b. erosi, masswating, dan denudasi
 - c. erosi, gempa, dan vulkanik
 - d. gempa, pelapukan, dan vulkanik
 - e. pelapukan, denudasi, dan sedimentasi
3. Contoh batuan sedimen yang diendapkan di sungai adalah
 - a. batupasir
 - b. konglomerat
 - c. breksi
 - d. granit
 - e. batu kapur
4. Tanah yang terjadi dari tanah abu vulkanik disebut
 - a. tanah laterit
 - b. tanah tuff
 - c. tanah humus
 - d. tanah aluvial
 - e. tanah humus
5. Bagian puncak sebuah lipatan dinamakan
 - a. sinklin
 - b. graben
 - c. antiklin
 - d. slenk
 - e. sinklinorium
6. Perubahan letak lapisan permukaan bumi yang disebabkan oleh tenaga endogen dengan arah vertikal dan horisontal disebut
 - a. patahan
 - b. tektonisme
 - c. vulkanisme
 - d. gempa bumi
 - e. diatropisme
7. Peristiwa menyusupnya magma di antara dua lithosfer disebut
 - a. ekstrusi magma
 - b. diatrema
 - c. intrusi magma
 - d. sill
 - e. korok

8. Ekstrusi magma akan menghasilkan
 - a. erupsi
 - b. diatrema
 - c. eflata
 - d. lakolit
 - e. batuan beku
9. Batuan beku dalam yang terjadi dari resapan magma di antara dua lithosfer yang terbentuk seperti cermin cembung disebut
 - a. lakolit
 - b. diatrema
 - c. batolit
 - d. sills
 - e. eflata
10. Erupsi gunungapi yang tidak menimbulkan ledakan tetapi hanya menyebabkan aliran lava dari lubang kepundan disebut
 - a. erupsi eksplosif
 - b. erupsi linier
 - c. erupsi efusif
 - d. erupsi sentral
 - e. efusif
11. Gempa yang disebabkan oleh adanya dislokasi kulit bumi disebut gempa
 - a. vulkanik
 - b. tektonovulkanik
 - c. tektonik
 - d. runtuhan
 - e. terban
12. Garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang mengalami kerusakan terhebat akibat gempa disebut
 - a. homoseista
 - b. isoseista
 - c. pleistoseista
 - d. isoterm
 - e. isobath
13. Di bawah ini merupakan aktivitas gejala postvulkanik yang mengeluarkan gas dari gunungapi yang sedang istirahat di bawah ini *kecuali*
 - a. mofet
 - b. solfatar
 - c. sumber uap air
 - d. fumarol
 - e. belerang
14. Sungai yang terus menerus mengikis batuan yang dilalui, sehingga mencapai batuan induknya disebut sungai....
 - a. anteseden
 - b. insekuen
 - c. subsekuen
 - d. resekuen
 - e. konsekuen
15. Pola aliran sungai yang tidak teratur di sebut pola

- a. trellis
 - b. radial
 - c. dendritik
 - d. rectangular
 - e. pinnate
16. Bagian sungai yang mengalami erosi paling kuat adalah
- a. bagian hulu
 - b. bagian tengah
 - c. bagian hilir
 - d. muara
 - e. sumber air
17. Bagian permukaan bumi yang airnya mengalir ke dalam suatu sungai induk apabila terjadi hujan disebut
- a. daur hidrologi
 - b. dataran banjir sungai
 - c. daerah aliran sungai
 - d. bantaran sungai
 - e. danau
18. Menurut sumber airnya, sungai-sungai di Indonesia pada umumnya termasuk sungai
- a. episodik
 - b. campuran
 - c. hujan
 - d. glasial
 - e. temporal
19. Menurut penelitian Van Bemmelen, Danau Toba termasuk danau
- a. vulkanik
 - b. tektonik
 - c. tektonovulkanik
 - d. karst
 - e. kaldera
20. Di bawah ini yang termasuk laut ingresi adalah
- a. laut Jawa
 - b. laut Arafura
 - c. laut Banda
 - d. laut Sulawesi
 - e. laut dangkal
21. Bagian dari laut yang terletak antara garis air pasang dan air surut disebut zone
- a. batyal
 - b. neritis
 - c. abysal
 - d. lithoral
 - e. glasial
22. Air laut rasanya asin, sebab banyak mengandung
- a. NaCl
 - b. CaCl₂
 - c. MgCl₂
 - d. KCl
 - e. Mg dan Fe

23. Kadar garam air laut di pengaruhi oleh
- penguapan
 - banyaknya air tawar yang masuk
 - curah hujan
 - dalamnya laut
 - tambak garam
24. Warna air laut tergantung pada
- tekanan air laut
 - suhu laut
 - zat pelarut dan organisme
 - kejernihan laut
 - tumbuhan laut
25. Adanya bentukan-bentukan muka bumi yang sekarang kita lihat terjadi karena adanya tenaga geologi, baik tenaga endogen maupun eksogen. Yang termasuk tenaga endogen yaitu
- vulkanisme
 - masswasting
 - pelapukan
 - sedimentasi
 - pengikisan
26. Daerah aliran sungai bagian hulu mempunyai karakteristik tertentu yang dapat dibedakan dengan daerah aliran tengah dan hilir. Ciri-ciri daerah aliran hulu, antara lain
- biasanya merupakan areal wilayah yang morfologisnya landai
 - bentuk lembahnya menyerupai huruf U
 - jeram-jeram jarang dijumpai
 - pada badan sungai sering ditemui bongkah-bongkah batuan besar dan permukaannya bersudut runcing
 - terdapat meander dalam badan sungai
27. Antara wilayah perairan bagian barat dengan wilayah perairan bagian tengah, dibatasi oleh
- cekungan Banda
 - ambang laut Sulu
 - Banda trough
 - garis Weber
 - celah Timor
28. Terumbu karang yang bentuknya melingkar menyerupai cincin yang mengelilingi suatu lagun dinamakan
- atol
 - coral reef
 - barrier reef
 - sand gune
 - fringing reef

29. Beberapa syarat wilayah pantai yang dapat dimanfaatkan sebagai areal tambak garam antara lain
- kondisi pantainya relatif landai
 - salinitas air laut cukup tinggi
 - memiliki periode kemarau yang panjang dengan penguapan tinggi
 - di sekitar pantainya banyak ditemui areal mangrove
 - terdapat perkampungan nelayan
30. Di bawah ini yang tidak termasuk unsur-unsur pembentuk cuaca dan iklim, yaitu
- temperatur
 - kelengasan udara
 - tekanan udara
 - awan
 - curah hujan
31. Pembagian iklim Koppen di dasarkan pada hal-hal berikut
- jenis vegetasi
 - jenis fauna
 - temperatur
 - curah hujan
 - kelembaban
32. Corak iklim di Indonesia di pengaruhi oleh
- rata-rata suhu tahunan tinggi
 - kelembaban udara tinggi
 - bebas dari hembusan angin Taifun
 - amplitude harian dan tahunan tidak ekstrem
 - tekanan udara yang tinggi
33. Jumlah panas yang diterima permukaan bumi dari matahari bergantung pada
- besar sudut datang berkas sinar matahari
 - sifat permukaan bumi
 - musim yang berlangsung
 - lamanya penyinaran
 - ada tidaknya awan penutup
34. Comulonimbus, merupakan awan rendah yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut
- meliputi daerah yang sempit
 - menimbulkan hujan deras dan guntur
 - putih seperti kapas
 - waktu yang singkat
 - warnanya terang

35. Bagian atmosfer yang mempunyai keadaan suhu udara paling dingin yaitu
- trofoster
 - stratosfer
 - astenosfer
 - mesosfer
 - thermosfer
36. Garis yang menghubungkan tempat-tempat yang memiliki tekanan udara yang sama, disebut
- isoterm
 - isoseista
 - isobar
 - isohalin
 - isobath
37. Awan comulus merupakan jenis awan yang tidak dapat menurunkan hujan. Hal tersebut disebabkan
- awan terlalu tinggi
 - awannya tipis
 - merupakan jenis awan tinggi
 - proses tumbukan dan proses kristal es tidak efektif
 - kurangnya uap air
38. Hujan yang diakibatkan oleh massa udara yang mengandung uap air naik secara vertikal disebut
- hujan frontal
 - hujan tropis
 - hujan orografis
 - hujan anti siklon
 - hujan angin
39. Wilayah yang mempunyai tipe iklim Af dalam klasifikasi Koppen, maka jenis vegetasinya adalah
- hutan musim
 - sabana
 - steppa
 - hutan lindung
 - hutan jati
40. Iklim hujan tropis dengan musim-musimnya yang berpengaruh di wilayah Indonesia, memberi banyak curah hujan rata-rata 200 mm/tahun. Di bawah ini merupakan beberapa bukti yang mendukung pernyataan di atas, *kecuali*
- Indonesia berada di daerah pasat dan monsun
 - banyak terbentuk sungai dan danau
 - sekitar 75% dari lahan seluruhnya berupa lahan hutan
 - 10% dari luas hutan hujan tropis di dunia terdapat di Indonesia
 - dua pertiga wilayahnya merupakan perairan

II. Uraian

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jelas

1. Litosfer terdiri atas dua bagian yaitu lapisan sial dan lapisan sima. Jelaskan kedua lapisan tersebut!
2. Bagaimana proses terbentuknya batuan beku luar?
3. Jelaskan klasifikasi batuan endapan berdasarkan proses pengendapannya!
4. Sebutkan pembagian pantai berdasarkan tingkat kemiringan lerengnya!
5. Sebutkan klasifikasi gempa berdasarkan faktor penyebabnya!
6. Mengapa air merupakan tenaga eksogen yang paling dominan merubah bentuk muka bumi!
7. Apa yang kamu ketahui mengenai tanah (Soil)?
8. Sebutkan faktor-faktor apakah yang dapat menyebabkan kerusakan tanah!
9. Jelaskan tiga jenis metode pengewetan tanah!
10. Mengapa lapisan ozon sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup?
11. Jelaskan faktor-faktor yang memengaruhi perbedaan suhu udara pada setiap tempat di permukaan bumi!
12. Sebutkan dua cara pemanasan suhu udara di bumi!
13. Sebutkan dua faktor yang memengaruhi kecepatan angin!
14. Bagaimanakah proses terjadinya siklus panjang?
15. Sebutkan pembagian sungai berdasarkan fisik profil sungai!
16. Jelaskan proses terbentuknya danau berdasarkan terjadinya!
17. Apa yang dimaksud rawa?
18. Mengapa tanah gambut kurang produktif apabila ditanami tanaman pangan?
19. Sebutkan pembagian laut menurut proses terjadinya.
20. Bagaimana kamu dapat mengetahui kedalaman sebuah laut?

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, J. Dkk. 1984. *Ekologi Ekosistem Sumatra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Arnold, Caroline. 2003. *Geografi: Aktivitas untuk Menjelajahi, Memetakan, dan Menikmati Duniamu (Terj.)*. Bandung: Pakar Raya
- Bayong Tjasyono. 2006. *Ilmu Kebumihan dan Antariksa*. Bandung: Rosda
- Budisantoso, P. 1987. *Panduan Mengenal Batuan Bekuan*. Bandung: Direktorat Geologi, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum
- Bintarto, R. 1989. *Interaksi Desa-Kota dan Permasalahannya*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Chaldun, Achmad. 1999. *Atlas Indonesia dan Dunia*. Surabaya: Karya Pembina
- Daldjoeni, N. 1986. *Pokok-pokok Klimatologi*. Bandung: Alumni
- Darmawijaya, Isa. 1990. *Klasifikasi Tanah: Dasar Teori Bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Darmawijaya, M.I. 1997. *Klasifikasi Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Dahuri, Rokmin. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Dewan Redaksi. 1988. *Ilmu Pengetahuan Populer*. Grolier International Inc.
- Dewan Redaksi. 1995. *Oxford Ensiklopedi Pelajar*. Grolier International Inc.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Air Sub Direktorat Hidrologi. 1993. *Pedoman Klimatologi*. Bandung: Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum.
- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hardjowigeno, S. 1995. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hutabarat, Sahala dan Evans S.M. 2000. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: UI-Press.
- Kozlowski, Jerzy. 1997. *Pendekatan Ambang Batas dalam Perencanaan Kota, Wilayah dan Lingkungan (Teori & Praktek)*. Jakarta: UI-Press.
- Kartasapoetra, A.G. 2000. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kamil Pasya, G. 2002. *Geografi: Pemahaman Konsep dan Metodologi*. Bandung: Buana Nusantara.
- Latif, Chalid. 1991. *Atlas Indonesia dan Dunia untuk Sekolah Lanjutan*. Jakarta: Pembina.

- Munir, Moch. 1996 *Geologi & Mineralogi Tanah*. Jakarta: Dunia Pustaka Jaya
- Mantra, Ida Bagoes. 2004. *Demografi Umum*. Yogyakarta. Pustaka Pelajar.
- Mutakin, Awan dkk. 2004. *Dinamika Masyarakat Indonesia*. Bandung: Genesindo.
- Nontji, Anugerah. 1986. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Prinadito, A. 1989. *Kartografi*. Yogyakarta: Mitra Gama Widya.
- Rafi'i, S. 1995. *Meteorologi dan Klimatologi*. Bandung: Angkasa.
- Rohmat, Dede. 1999. *Pedoman Praktis Pengamatan Tanah di Lapangan*. Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi Univeristas Pendidikan Indonesia.
- Strahler, Athur. 1976. *Physical Geography*. United States of America: Wiley International Edition.
- Sandy, I. Made. 1985. *Geografi Regional Indonesia*. Jakarta: Puri Margasari.
- Somantri, Akub Tisna 1999, *Geomorfologi Umum*, Bandung : Alumni Press
- Sumaatmadja, Nursid. 1988. *Studi Geografi Pendekatan dan Analisa Keruangan*. Bandung: Alumni.
- Sumaatmadja, Nursid. 1989. *Studi Lingkungan Hidup*. Bandung: Alumni.
- Soemarwoto, Oto. 1997. *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan.
- Supriharyono, M.S. 2002. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Sosrodarsono, S dan Takeda, K. 1987. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya
- Strahler, Alan & Strahler, Arthur. 2003. *Introducing Physical Geography Third Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Tanudidjaja, Moh. Ma'mur. 1995. *Ilmu Pengetahuan Bumi dan Antariksa*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Tisnasomantri, A. 1999. *Geologi Umum*. Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi FPIPS-IKIP Bandung.
- Tjasjono Boyong. 1999. *Klimatologi Umum*. Bandung: Institut Teknologi Bandung (ITB).
- Trewartha, Glenn T. 1995. *Pengantar Iklim*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Waluya, Bagja. 2003. *Dasar-dasar Teknik Pemetaan*. Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi Universitas Pendidikan Indonesia.

INDEKS

A

- Ablasi 138
- Abrasi 139
- African Rift System 50
- Air artesis 226
- Air bawah tanah 223, 224, 227
- Air permukaan 162, 210, 223, 224, 226, 239, 257, 259
- Air tanah 13, 136, 145, 156, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 240, 242, 243, 244, 245, 263, 265, 266, 267, 269, 279
- Alfisol 152
- Alfred Wegener 39, 43, 56, 57, 100
- Aluvial 148, 153, 154, 156, 158, 241, 263
- Anemometer 189, 196, 223, 226
- Angin 6, 7, 95, 106, 108, 113, 114, 134, 140, 143, 160, 161, 163, 175, 177, 182, 184, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 210, 211, 212, 214, 216, 217, 222, 231, 249, 250, 267, 268
- Antiklin 164, 263
- Antiklinal 116
- Aphelium 89
- Arah angin 143, 161, 187, 188, 189, 192, 196
- Aridisol 152
- Aristoteles 26
- Arthur Holmes 44, 55
- Arus laut 143, 248, 250, 251, 253
- Astenosfer 38, 41, 45, 46, 52, 55, 56, 98, 107, 115, 166, 268
- Asteroid 89
- Atmosfer 14, 15, 18, 22, 35, 37, 67, 72, 74, 75, 79, 80, 98, 93, 99, 106, 173, 174, 175, 176, 177, 179, 181, 183, 184, 189, 194, 195, 209, 211, 212, 215, 217, 218, 221, 222, 223, 226, 241, 268
- Atol 164, 257
- Aurora 212, 216
- Awan 6, 7, 36, 53, 54, 61, 65, 72, 74, 87, 89, 90, 92, 94, 98, 123, 176, 177, 178, 179, 183, 184, 185, 195, 212, 213, 222, 223, 256, 267,
- Awan cumulonimbus 7, 195
- Awan cumulus 184, 195
- Awan Magellan 61
- Awan sirius 184
- Awan stratus 184
- Azimut 89

B

Backwash 257
Barisfer 41, 52, 55, 56, 57, 68, 98, 166
Barometer 182, 215, 216
Basal 53, 110
Bathalit 119
Batolit 108, 109, 164, 264
Batuan beku 53, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 134, 148, 154, 163, 164, 226, 263, 264, 269
Batuan endapan 106, 112, 113, 226, 269
Batuan malihan 105, 106, 113, 114
Batuan sediman 105, 112, 113
Batuapung 111, 124
Batukaca 110, 111
Bentang lahan 22, 133, 140
Bethe 66
Bintang 35, 53, 61, 62, 64, 66, 69, 71, 72, 80, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 99
Bintang kejora 72, 99
Bintang senja 71, 72
Biogeografi 22, 95, 208
Biologi 11, 15, 18, 22, 31
Bom 119, 120, 164, 165
Bora 212
Breaker 250, 257
Bulan 36, 37, 62, 66, 67, 72, 73, 79, 80, 81, 82, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 100, 132, 155, 186, 191, 192, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 204, 211, 250, 252, 254, 261
Bunga Raflesia 209
Buys Ballot 212

C

Celsius 177, 180, 198, 199
Cluster 89
Continental drift 39, 43, 52, 55
Continental shelf 52
Coral 164
Cuaca 3, 6, 18, 22, 24, 39, 42, 68, 134, 143, 175, 176, 177, 210, 211, 213, 214, 215, 217, 267
Curah hujan 6, 95, 134, 147, 154, 155, 156, 163, 175, 177, 192, 194, 195, 196, 198, 204, 205, 206, 207, 211, 212, 213, 217, 221, 224, 225, 239, 240, 253, 266, 267, 268

D

Daerah aliran sungai 232, 233, 261, 262, 265, 266
Daerah Konvergensi Antartropik 190

Daldjoeni 14
Danau 3, 159, 234, 235, 236, 237, 238, 261, 265, 274
danau 3, 103, 106, 142, 159, 165, 175, 217, 221, 222, 223, 224, 228, 231, 234, 235, 236, 237, 238, 239,
249, 256, 257, 258, 259, 261, 262, 265, 269
Dangkalan Sahul 245
Dangkalan Sunda 245
Dapur magma 53, 105, 118, 119, 122, 123
Daur batuan 105
Daur hidrologi 7, 222, 257, 262, 274, 265
Deflasi 140
Degradasi 144, 146, 246
Degradasi lahan 144, 146
Delta 88, 129, 140, 142, 164, 228
Demografi 23, 24, 97
Deposisi 175
Diatrema 164
Diorit 109, 110, 167
Discrates 274
Dislokasi 17, 114, 115, 126, 162, 264
Divergensi 48, 52, 57
Doldrum 191
Dolina 136, 137, 235

E

Edmond Halley 77
Edward Zuess 43
Eflata 119, 164, 120, 122, 264
Ekhalasi 119
Ekologi 10, 25, 26
Ekonomi 7, 11, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 24, 31, 119, 210, 247, 257, 262
Eksarasi 140
Eksentrisitas 89
Ekstrusi 164
Ekstrusi magma 96, 118, 119, 165, 264
El Nino 210, 211
Elie de Baumant 43
Elongasi 70, 89
Entisol 152
Episentrum 52
Eratosthenes 28, 96

Erosi 7, 8, 31, 95, 109, 112, 135, 136, 138, 139, 140, 144, 145, 146, 147, 154, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 163, 165, 166, 228, 234, 235, 241, 242, 258, 263, 265

Erosi percikan 146

Erupsi 120, 121, 122, 126, 127, 163, 166, 235, 264

Erupsi areal 120, 163

Erupsi efusif 120, 121, 264

Erupsi eksplosif 121, 163, 264

Erupsi freatik 122

Erupsi linear 120, 163

Erupsi sentral 120, 121, 127, 163, 264

Evaporasi 222, 225, 257, 259

F

F. Junghuhn 203

F. L Whippel 65

Fahrenheit 177, 178, 197

Fase 80, 89, 124, 175

Fenomena 26

Fergusson 201

Fisis determinis 5, 6, 26, 29

Föhn 212

Fokus 89, 90, 126

G

Gabro 110, 167

Gaiseppe Mercalli

Galaksi 35, 53, 54, 61, 62, 66, 68, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 90, 93, 94, 98, 100

Galaksi Andromeda 61, 84, 93

Galaksi Bima Sakti 35, 61, 62, 66, 68, 86, 93

Galaksi elips 83, 84, 85, 89

Galaksi Formax 275

Galaksi Skulpter 85

Galaksi spiral 83, 84, 86, 89

Galaksi tak beraturan 83, 85, 89

Gambut 152, 153, 239, 273

Gambut entrop 275

Gambut mesotrop 153

Gambut oligotrap 275

Gambut ombrogen 153

Gambut pegunungan 153

Gambut topogen 153
 Garis isobar 188
 Gaung (korah) 275
 Gelombang laut 132, 133, 139, 248, 249
 Gelombang seismik 127, 128
 Geografi 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 53, 95, 96, 97, 99, 100, 103, 142, 173, 215, 238
 Geografi ekonomi 20, 23
 Geografi fisik 19, 22, 24, 26
 Geografi manusia 19, 22, 24, 26
 Geografi penduduk 20, 23
 Geografi politik 23
 Geografi tanah 22
 Geografi teknik 23, 26, 31
 Geologi 8, 15, 18, 22, 24, 30, 31, 37, 45, 51, 95, 97, 103, 162, 165, 166, 231, 266
 Geomorfologi 20, 22, 24, 31, 97, 114, 231, 232
 George Ellery Hale 87
 Geosentrik 26
 Gerak orogentik 275
 Gerakan bertumbukan 46
 Gerhana 67, 80, 81, 82, 100
 Gerhana bulan 81, 82
 Gerhana matahari 67, 81, 100
 Geyser 164, 257
 Gondwana 43
 Graben 117, 164, 167, 258, 263
 Granit 53, 105, 108, 109, 111, 128, 167, 240, 263
 Granodiorit 53, 109
 Grumosol 149, 154, 156
 Gumuk pasir 143, 144, 154
 Gunung laut 248
 Gunung api maar 121
 Gunung api prisai 121
 Gunung api strato 121
 Gurun 113, 152, 179, 191, 199, 205, 211, 225, 226, 254

H

Hakikat 1, 3, 5, 13
 Hannes Alven 65
 Harlow Shapley 87

Harry H. Hess 44
Hidrosfer 166, 221, 245, 258
Higrometer rambut 182
Hiposentrum 126, 127, 128, 130, 167
Homoseista 126, 128, 264
Horizon tanah 149, 150, 169
Horst 117, 164
Hujan frontal 196, 212, 217, 268
Hujan orografis 124, 195, 212, 217, 268
Hujan zenital 195, 196, 212, 213
Hutan basah 207, 211
Hutan gugur 207, 211

I

Iklim 134, 147, 150, 151, 152, 154, 155, 156, 163, 169, 175, 177, 188, 190, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 205, 206, 209, 210, 211, 214, 215, 217, 229, 251, 267, 268
Iklim F. Junghuhn 203
Iklim global 209, 211
Iklim Koppen 197, 199, 211, 217, 267
Iklim matahari 197, 211
Ilmu tanah 151
Infiltrasi 145, 157, 159, 160, 162, 163, 216, 223, 239, 240, 241, 259
Intrusi datar 119
Intrusi magma 118, 119, 123, 264
Ionosfer 175, 176, 213, 215, 216
Isobar 182, 187, 188, 213
Isohyps 164
Isoleista 126, 216, 264, 268
Isoterm 213, 264, 268

J

Jagat raya 35, 61, 62, 82, 83, 89, 93, 94, 98
James Dana 43, 55
James E. Preston 4
Jeans 54, 64, 88, 92
Jeffreys 64, 88, 276
Johnm Hanrath 276
Jupiter 69, 70, 71, 74, 75, 78, 89, 93, 99

K

Kabut 35, 36, 51, 54, 61, 62, 87, 92, 93, 94, 98, 173, 175, 184, 214, 223
Kabut putih 35

Karl Ritter 4, 28, 54, 92
Kartografi 20, 23, 31, 96, 97
Kawah 37, 79, 120, 123, 232, 234
Kawah Meteorit 79
Kawah meteorit 79
Kecepatan angin 188, 189, 211, 216, 269
Kekuatan angin 114, 186, 187
Kelembaban udara 182, 182, 267
Kerak benua 38, 40, 52
Kerak bumi 37, 38, 40, 41, 42, 45, 52, 114, 115, 125
Kerak samudera 38, 40
Khatulistiwa 36, 51, 61, 176, 178, 190, 196, 213, 215, 216, 250
Klarke 104, 276
Komet 36, 62, 66, 76, 77, 78, 89, 94, 100
Komet berekor panjang 276
Komet berekor pendek 77, 94
Komet encke 77, 94
Komet Halley 77, 78, 94
Komet Hula-Bopp 276
Komet Hyakutake 78
Kondensasi 7, 175, 183, 184, 194, 195, 212, 216, 222, 223, 256
Konglomerat 111, 263
Konsep 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 25, 26, 29, 30, 31, 45, 94, 97, 149, 166, 169
Konsep pedon 149
Konvergensi 47, 52, 57, 190, 274
Koppen 197, 199, 201, 211, 217, 267, 268
Korona 54, 67, 90, 93, 94, 98
Koronagraf 67
Korosi 276
Kromosfer 55, 67, 90, 93, 98
Kuiper 65, 89

L

La Nina 210, 211
Laguna 248
Lahar 164
Lakolit 108, 119, 264
Landas kontinen 247, 248, 257
Landslide 144
Lapili 165, 276

Lapisan batuan 37, 41, 104, 108, 115, 119, 120, 125, 126, 163, 240, 226, 260
Lapisan hidup 22
Lapisan kulit bumi 44, 54, 103, 104, 105, 115, 116, 118, 163, 166, 167, 226, 234
Lapisan sial 105, 269
Lapisan sima 105, 269
Latosol 149, 152, 154, 156
Laut 10, 17, 22, 37, 39, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 96, 97, 98, 106, 113, 115, 126, 127, 132, 133, 139, 142, 143, 164, 168, 174, 175, 180, 181, 183, 190, 191, 192, 193, 203, 204, 209, 210, 211, 212, 221, 222, 223, 224, 226, 239, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 265, 266, 267
Laut bebas 247
Laut dalam 45, 48, 246, 254, 261
Laut dangkal 246, 248, 254, 261, 265
Laut ingresi 246, 261, 265
Laut lepas 245, 247, 260
Laut pedalaman 245, 246, 260
Laut pertengahan 246
Laut regresi 246, 261
Laut tepi 246, 260
Laut teritorial 247, 248
Laut transgesi 246
lava 44, 48, 110, 111, 119, 120, 122, 123, 165, 168, 236, 264
Lempeng 17, 40, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 98, 115, 117, 118, 119, 125, 126, 132, 134, 150, 163, 245
Lempeng benua 45, 46, 47, 126
Lempeng samudera 45, 46, 47, 48, 125, 126
Lereng bayangan hujan 195, 212
Lereng hadap hujan 195, 212
Lipatan 47, 51, 55, 97, 113, 115, 116, 119, 155, 163, 164, 167, 232, 234, 263
Litosfer 15, 25, 37, 38, 41, 42, 45, 46, 51, 52, 55, 56, 98, 103, 104, 105, 115, 118, 122, 126, 146, 163, 164, 165, 170, 212, 269
Litosol 148, 154
Logografi 26, 96
Lokalisasi 25
Lokasi 26
Lubuk laut 248
Lyttleton 64, 89, 92

M

Magellan 53, 61, 90
Magma 53, 56, 57, 96, 104, 105, 106, 107, 108, 113, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 226, 264

Magnitudo 88, 131
Mars 69, 70, 71, 73, 74, 78, 89, 99
Massa gas 36, 40, 51, 98
Masswasting 144, 163, 169, 266
Matahari 6, 26, 36, 37, 51, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 98, 99, 100, 134, 158, 164, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 186, 191, 192, 193, 197, 206, 211, 213, 215, 222, 225, 252, 254, 255, 256, 267
Meander 165, 258
Mediterranean 116
Mélange 165, 258
Merkurius 69, 70, 71, 72, 90, 93, 99
Mesosfer 175, 176, 211, 213, 215, 216, 268
Meteor 36, 37, 62, 79, 93, 174, 176, 213
Meteorit 79, 94, 276
Meteorologi 15, 18, 22, 24, 177, 215
Metode batu duga 255
Metode gema duga 255
Metode kimia 160, 162
Metode mekanik 160, 161, 162, 163
Metode vegetatif 160, 162, 163, 169
Mineral 41, 53, 104, 105, 107, 109, 111, 113, 114, 119, 124, 134, 148, 150, 154, 155, 164, 165, 167, 169, 245, 256, 257
Molisol 152
Moulton 54, 55, 63, 88, 92
Mount Everest 47
Musim kemarau 192, 210, 217, 225, 230, 243
Musim kemareng 192
Musim pancaroba 192
Musim penghujan 192, 217, 225

N

Nebula 36, 51, 53, 54, 62, 63, 87, 88, 90, 92, 98, 100
Neptunus 69, 70, 71, 75, 76, 93, 94, 99

O

Oceanografi 18, 22, 29, 244
Ombrometer 195
Organisme 22, 112, 147, 163, 164, 238, 256, 266
Oxbow lake 140, 141, 165, 228, 258
Oxisol 152

P

Padang rumput 205, 207, 211
Pallegrini 277
Palung laut 47, 98, 248
Pangea 39, 44, 46, 52, 54, 55, 57, 78, 98
Panumbra 67
Paparan benua 56, 248
Paralaks bintang 90
Pasang naik 244, 246, 250, 251, 252, 260
Pasang surut 64, 88, 94, 98, 238, 239, 244, 246, 250, 251, 252, 260
Pasca vulkanik 165
Patahan 48, 113, 115, 116, 117, 118, 127, 128, 163, 164, 167, 232, 234, 258, 263
Pedologi 18, 20, 97, 146
Pedosfer 146, 163, 170
Pegunungan Andes 47, 51, 115
Pegunungan Rocky 47, 168
Pelapukan 103, 106, 112, 114, 133, 134, 135, 136, 138, 140, 146, 147, 148, 150, 152, 163, 166, 167, 168, 263, 266
Pelapukan kimia 136
Pelapukan mekanik 135
Pelapukan organik 138, 147
Pendekatan kewilayahan 11
Pengawetan tanah 159, 160, 162, 163
Penggikisan 103, 133, 138, 139, 140, 141, 144, 163, 166, 266
Penginderaan jauh 20, 23, 31
Perairan laut 37, 192, 224, 244, 247, 248, 257, 258, 260
Petrologi 165
Pierre Simon Laplace 62
Planet 26, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 45, 51, 52, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 82, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 99, 100
Pleistoseista 126, 264
Pluto 69, 76, 91, 94, 99
Polaris 90
Polipidon 149
Politik 11, 15, 18, 22, 23, 24
Polusi 158, 159, 160, 226, 233, 260
Polusi kimia 158, 159
Polusi sedimen 158
Possibilisme 5, 26, 29
Presipitasi 222, 223, 259

Ptolemaeus 26
Punggung laut 248

R

R. Bintarto 5
Rain gouge 196
Rapid flowage 144
Rasi bintang 88, 89, 91, 94
Rawa 153, 204, 221, 223, 224, 238, 239, 256, 257, 260
Rayapan massa 144
Refraktor 90
Region 4, 18, 26, 31, 97, 100, 152
Regosol 148, 152, 154, 156
Relief 14, 43, 54, 103, 114, 118, 148, 169, 248, 255
Retropad 90
Revolusi 68, 80, 82, 90, 93, 100, 197, 211
Robert Diesz 44
Rotasi 44, 67, 68, 74, 75, 82, 84, 93, 100, 188, 189, 190, 197, 211
Ruang 3, 4, 5, 6, 10, 12, 14, 15, 18, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 32, 61, 75, 83, 95, 97, 209, 240, 244, 257
Ruang lingkup 14, 27, 95

S

Sagittarius 84, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 94
Salinitas air laut 252, 267
Samudera 17, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 57, 98, 125, 126, 132, 133, 188, 192, 221, 244, 245, 246, 250, 251, 253, 261
Sand dune 143
Sanitasi 146
Saturnus 69, 70, 71, 74, 93, 75, 99
Sedimen aeolis 143
Sedimen glacial 144
Sedimen marine 143
Sedimentasi 31, 140, 148, 165, 166, 228, 245, 258, 263, 266
Selimut bumi 209
Selimut gas 209
Sesar 45, 48, 51, 55, 98, 115, 116, 117, 163, 167
Sesar mendatar 45, 48, 55, 98, 117, 163
Siderik 90, 91, 93
Siklus air 222, 224, 257
Siklus hidrologi 222, 223, 256, 259, 262

Sinodik 90, 91
 Sirkum Pasifik 97, 116, 167
 Sistem klasifikasi tanah 151
 Slow flowage 144
 Spesifik 6, 27
 Spodosol 152
 Stevenson 187
 Strabo 4, 28, 54
 Stratosfer 175, 176, 211, 213, 215, 216, 268
 Struktur tanah 150, 157, 162, 163, 169, 225, 239
 suhu udara 6, 72, 74, 134, 177, 178, 180, 181, 193, 194, 197, 215, 216, 217, 223, 268, 269
 Sun spots 67, 98
 Sungai 7, 8, 13, 16, 31, 97, 103, 106, 112, 128, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 145, 154, 158, 161, 164, 165, 175, 198, 209, 211, 217, 221, 222, 223, 224, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236, 239, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 253, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 265, 266, 269
 Sungai campuran 229
 Sungai episodik 229
 Sungai gletser 229
 Sungai hujan 229
 Sungai mati 141, 141, 165, 258
 Surface run off 223

T

Tahun siderik 91
 Tahun tropik 91
 Taiga 208, 211
 Tanah gambut 153, 273
 Tanah sawah 156
 Tanggul alam 140, 142
 Tata surya 35, 36, 51, 54, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 72, 74, 76, 78, 82, 87, 88, 89, 91, 92, 94, 98, 99, 100
 Tekanan udara 177, 178, 181, 182, 186, 187, 191, 192, 193, 194, 211, 212, 215, 267, 268
 Tekstur tanah 150, 151, 154, 163
 Tektonik lempeng 40, 45, 53, 55, 245
 Tektonisme 114, 116, 127, 162, 264
 Teleskop 73, 87, 90, 91
 Tenaga eksogen 17, 114, 133, 162, 163, 166, 169, 269
 Tenaga endogen 17, 45, 49, 96, 106, 114, 115, 116, 117, 125, 162, 166, 169, 263, 266
 Teori awan debu 65, 89, 92
 Teori bintang kembar 64, 88
 Teori dua benua 43, 55

Teori konveksi 44, 55
Teori ledakan besar 82, 89
Teori lempeng tektonik 45, 52
Teori mengembang 82, 83, 89
Teori nebula 62, 63, 88, 100
Teori pasang surut 64, 88, 94
Teori pengapungan benua 39, 43, 52, 55, 57, 98, 100
Teori planetesimal 63, 88, 94
Termograf 178, 179
Termometer 178, 215, 216
Thermosfer 175, 176, 213, 215, 268
Topografi 30, 134, 147, 148, 153, 154, 155, 156, 168, 196, 224, 241, 258
Torri Celli 182, 279
Tozo Wilso 45, 55
Transpirasi 175, 222, 223, 225, 242, 258, 259
Troposfer 175, 176, 177, 211, 213, 215, 216
Tundra 199, 206, 207, 211

U

U (Palung) 165, 258
Ultisol 152
Umbra 67, 91
Uranus 69, 70, 71, 75, 93, 99
Urbanisasi 27

V

V (Palung) 165, 258
Venus 69, 70, 71, 72, 73, 90, 99
Vertisol 152
Vulkanisme 48, 114, 118, 165

W

Waduk 145, 223, 237, 243, 244, 257, 262
Waktu 14, 22, 37, 41, 42, 62, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 80, 84, 86, 96, 106, 112, 114, 115, 126, 128, 129,
134, 135, 144, 147, 148, 149, 163, 173, 176, 177, 192, 195, 201, 204, 209, 211, 221, 230, 238,
245, 249, 252, 255, 268
Warna tanah 150, 163, 170
Washington 104
Watershed 233
Weizsaecker 65, 89

Z

Zodiak 88, 91

Zona batial 246

Zona Ekonomi Eksklusif 247

Zona neritik 246

Zona pesisir 244

Memahami
GEOGRAFI
SMA/MA **1**

ISBN : 978-979-068-140-8 (no. jilid lengkap)
978-979-068-141-5

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 34 Tahun 2008 tanggal 10 Juli 2008 tentang Penetapan Buku Teks yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam proses pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp 14.851,-

