

# Bumi dan Perubahannya

Dr. Yosaphat Sumardi  
Drs. Soendjojo Dirdjosoemarto



## PENDAHULUAN

---

Bumi adalah langit berbentuk bola dan bersifat padat buta (gelap) seperti planet-planet. Bumi merupakan satelit matahari yang sampai sekarang dianggap satu-satunya benda langit yang keadaannya cukup baik untuk kehidupan makhluk, karena mempunyai atau memiliki atmosfer (udara), berair serta temperaturnya antara siang dan malam baik.

Salah satu bagian bola bumi ada yang disebut dengan litosfir. Litosfir mencakup bagian padat bola bumi yang seakan-akan menjadi kulit bumi. Karena itu sering juga disebut kerak bumi. Tebalnya mencapai puluhan kilometer. Sebagian kecil pada bagian atas atmosfer ini merupakan daratan dan sebagian besar merupakan dasar laut. Yang tampak jelas pada kita adalah litosfir yang merupakan daratan.

Beberapa hal yang kita pelajari mengenai litosfir ini adalah antara lain: raut muka bumi, bahan pembentuk kerak bumi, vulkanisme, gempa bumi dan bahan tambang.

Secara umum setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan dapat memahami dan mengenal keadaan bumi dan perubahannya.

Secara khusus setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan dapat:

1. menerangkan susunan bumi;
2. menjelaskan pengertian litosfir;
3. menerangkan tentang sifat dari bermacam-macam batuan;
4. menjelaskan proses pelapukan dan erosi;
5. menjelaskan gejala alam akibat pelapukan dan erosi;
6. menjelaskan adanya perkembangan pada kerak bumi;
7. menjelaskan tentang peranan gaya-gaya yang bekerja pada kerak bumi;
8. memberikan gambaran tentang raut muka bumi;
9. melukiskan tentang raut muka bumi;
10. menjelaskan tentang sejarah bumi;

11. menjelaskan model tektonik lempeng;
12. menjelaskan proses terjadinya gempa;
13. menjelaskan proses pengamatan gempa dan gejala yang terlihat; dan
14. menjelaskan daerah sebaran gempa.

**KEGIATAN BELAJAR 1****Permukaan Bumi****A. BENTUK DAN SUSUNAN BUMI****1. Bentuk dan Dimensi Bumi**

Berbagai bukti telah dikemukakan orang bahwa bentuk bumi kita ini bulat. Bukti yang paling mutakhir ialah bentuk bumi sebagaimana yang dilihat dari satelit buatan dan kapal ruang angkasa pada abad ke-20 ini. (Gambar 1.1).



Sumber: Encarta Encyclopedia, NASA/Science Source/Photo Researchers, Inc

Gambar 1.1  
Bagian Bumi Dilihat dari Kapal Ruang Angkasa

Jika berlayar terus ke satu arah, kita akan tiba kembali ke tempat semula. Ini hanya mungkin bila bumi bulat. Pelayaran mengelilingi bumi mula-mula dilakukan oleh Magellan pada tahun 1522.

Pengukuran yang lebih teliti menunjukkan bahwa bumi tidak bulat benar seperti bola. Bentuk sebenarnya ialah pepat pada kedua kutub dan agak gembung di sekitar khatulistiwa. Dengan bentuk demikian, panjang diameter khatulistiwa adalah 12.757 kilometer dan diameter kutub hanya 12.714 kilometer.

## 2. Terjadinya Bumi

### a. Teori Kant dan Laplace

Menurut hipotesanya, bumi itu terjadi dari pecahan gas yang terlepas dari matahari yang karena gaya sentrifugal berotasi sepanjang khatulistiwa, kemudian terlepas berputar-putar dan mendingin, mula-mula berubah menjadi bola gas, menjadi bola cairan dan akhirnya menjadi bola padat yang gelap. (Lihat Gambar 1.2).



Sumber: Encarta Encyclopedia, NASA/Corbis

Gambar 1.2.  
Teori Kant dan Laplace

### b. Chamberlain Moulton

Menurut teorinya, yang disebut juga “Teori Planetesimal”. (Planetesimal adalah butir-butir debu lembut yang dingin dengan garis tengah 0,005–0,008 mm), sebuah kabut pilin itu terdiri dari planetesimal yang saling tarik menarik lalu berlanggar-langgaran, bergesek-gesekan dan merapat menjadi benda-benda langit yang bulat, panas dan pijar yang kemudian terus mendingin. Akhirnya menyusut kembali menjadi bumi dan planet-planet kita yang sekarang. Sedangkan matahari yang terbesar sampai kini masih merupakan benda langit yang panas dan pijar. Sebenarnya ia juga masih mendingin terus dan menyusut-(tiap detik terlepas percikkan gas 4.000.000 ton, sehingga menurut perhitungan, matahari itu akan bertahan selama 16.000.000.000 tahun, untuk kemudian menghilang).

c. *James Jeans 1917*

Menurut teorinya yang disebut juga “Teori Pasang”, pada suatu saat dahulu ada sebuah bintang besar pada suatu ketika dalam peredarannya mendekati matahari dan menariknya, sehingga bagian yang menghadap bintang itu menonjol dan terlepaslah gas yang berbentuk cerutu yang kemudian pecah berputar-putar dan mendingin menjadi planet-planet kecil, seperti: Merkurius, Venus, Bumi dan Mars, di tengah-tengah terjadi planet-planet besar seperti: Jupiter dan Saturnus dan pada sisi lain menjadi planet-planet kecil, seperti: Uranus, Neptunus dan Pluto. (Lihat Gambar 1.3).



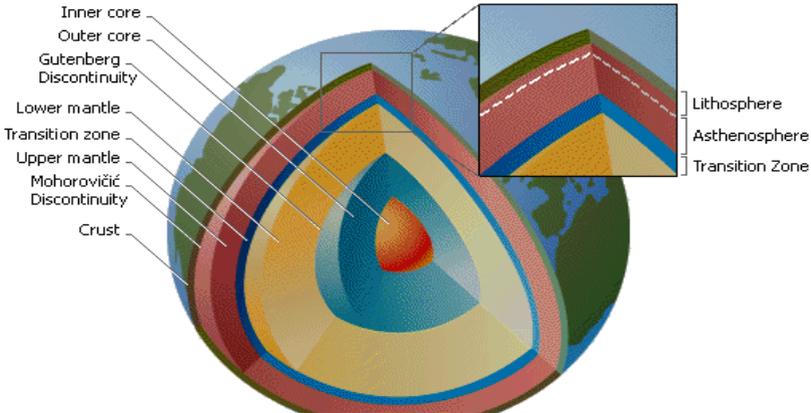
Sumber: Encarta Encyclopedia.

Gambar 1.3.  
Terjadinya Tata Surya oleh James Jeans

### 3. Lapisan Bumi

- a. Kulit bumi sebelah luar, tebalnya 16–40 kilometer, dapat dihuni segala makhluk di darat, laut dan udara, dan mengandung bahan-bahan tambang, seperti: emas, batu bara, minyak bumi dan lain-lain.
- b. Lapisan di bawahnya, setebal 2.880 kilometer yang keras dan merupakan kulit bagian dalam yang lebih tebal, ibarat bumi itu adalah sebuah mangga, kulit dalamnya adalah dagingnya yang merupakan bungkus inti bumi.
- c. Inti luar bumi tebalnya 2.208 kilometer, dan bersifat encer. Ini dibuktikan karena bagian ini tidak merabatkan gelombang gempa.

- d. Lapisan yang paling dalam berupa inti bumi yang tebalnya 1.248 kilometer, dengan jari-jari 1.248 kilometer atau berdiameter 2.496 kilometer. (Lihat Gambar 1.4). Temperatur kulit bumi semakin ke bawah semakin naik: tiap 100 kaki naik  $1^{\circ}\text{C}$ . Hal ini diketahui dari penggalian minyak bumi. Jika ini dipakai dasar, maka temperatur di pusat bumi mencapai:  $290.000^{\circ}\text{C}$ .



Sumber: Encarta Encyclopedia, Microsof Corporation. All Rights Reserved.

Gambar 1.4.  
Lapisan Bumi

## B. LITOSFIR

### 1. Batuan dan Macamnya

Lithos artinya batu-batuan. Karena kulit bumi itu terdiri dari batu-batuan maka disebut lithosfir. Batuan itu berlainan artinya daripada batu. Batu mempunyai arti umumnya kompak (*compact*), padat, sedangkan dalam ilmu bumi alam tanah gembur, pasir, tanah liat ataupun abu disebut batuan.

Kulit bumi terdiri dari unsur-unsur misalnya: Zat asam, silisium, aluminium dan besi. Unsur-unsur itu yang terpenting. Biasanya unsur-unsur logam itu bersenyawa dengan zat asam, misalnya silisiumoksida atau *kwarts*. Silisiumoksida itu biasanya bersenyawa dengan oksida logam lain. Persenyawaan itu disebut silikat. Siliumoksida dengan kalsiumoksida menjadi kalkliat atau silikat kapur. Jadi kulit bumi itu terutama terdiri dari silikat-silikat. Selain itu ada pula karbonat-karbonat misalnya kalkspat,

*sulfat-sulfat*, misalnya gips, *klorida-klorida* misalnya: *batu garam*, *phospat*, *zat arang*, dan lain-lain.

#### a. *Batuan beku*

Sebagian besar batuan beku mempunyai struktur kristalin, namun teksturnya bervariasi. Dengan melihat teksturnya Anda akan mampu mengenali dua jenis batuan beku. Salah satu jenis mempunyai tekstur lebih kasar dibandingkan jenis lainnya. Tekstur masing-masing jenis batuan ini berasal dari cara terbentuknya. Batuan beku bisa terbentuk dari pendinginan magma atau lava. Dua jenis batuan beku tersebut adalah batuan beku intrusif dan batuan beku ekstrusif.

Batuan beku yang terbentuk dari magma disebut batuan beku intrusif (dalam/abyssis/plubonis). Magma mendingin dan mengeras di bawah permukaan bumi. Magma dapat menerobos ke dalam retakan-retakan atau rekahan-rekahan bawah tanah dan terperangkap di dalamnya. Dikelilingi oleh batuan, magma mendingin secara perlahan. Sejumlah magma yang terperangkap mendingin hanya beberapa derajat tiap abad. Akibatnya, magma memerlukan ribuan tahun untuk mengeras menjadi batuan. Contoh-contoh batuan beku intrusif adalah granit, gabro, portir, sienit, dan peridotit.

Batuan beku gang, atau korok, disebut juga batuan beku *hypo-abyssis*, karena terjadi di celah-celah atau di dalam pipa gunung api, dari magma yang mendingin. Pendinginan agak cepat, pembentukan kristal-kristal tidak dapat sempurna. Karena itu batuan beku korok terdiri dari kristal-kristal dan “grondmassa” atau bahan dasar (bukan kristal).

Karena batuan beku intrusif mendingin secara perlahan kristal-kristalnya memiliki waktu untuk berkembang. Kristal-kristal besar menumbangkan batuan beku intrusif suatu tekstur berbutir kasar.

Batuan beku yang terbentuk dari lava disebut batuan beku ekstrusif. Bilamana lava keluar atau terdorong keluar dari suatu gunung api, lava itu akan segera tersingkap terhadap temperatur yang lebih dingin. Lava mendingin secara cepat, mengeras dan menjadi batuan. Contoh-contoh jenis batuan beku ekstrusif adalah obsidian, batu apung, basal, dan riolit.

Karena batuan beku ekstrusif mendingin secara cepat, kristal-kristalnya kecil-kecil. Akibatnya batuan beku ekstrusif mempunyai tekstur berbutir halus.

Beberapa batuan beku ekstrusif mendingin sedemikian cepat sehingga tidak ada cukup waktu untuk terbentuk kristal-kristal. batuan-batuan ini

mempunyai tekstur mirip kaca. Obsidian (batu kaca), dan batu apung adalah batuan yang terbentuk semacam ini.

Bagaimanakah komposisi batuan beku? Warna batuan tergantung pada warna mineral-mineralnya. Oleh karena itu, warna batuan beku memberikan petunjuk kepada kita tentang komposisinya. Batuan beku berwarna muda kaya akan kuarsa, feldspar, dan mineral-mineral lain yang berwarna muda. Batuan beku berwarna gelap kaya akan biotit, mika, olivin, dan mineral-mineral lain yang berwarna gelap. Tabel 1.1 menunjukkan beberapa contoh batuan beku dan karakteristiknya.

Tabel 1.1.  
Beberapa Contoh Batuan Beku dan Karakteristiknya

Jenis Batuan Beku	Contoh Batuan Beku	Tekstur	Warna	Tempat ditemukan
Intrusif	Granit	kasar	Muda	sangat umum, membentuk sebagian besar kerak bumi di bawah benua Amerika Serikat dari daerah-daerah pegunungan lainnya
	Gabro	kasar	Tua	
Ekstrusif	Riolit	halus	muda	jarang dalam kerak bumi di bawah dasar samudra, di kepulauan vulkanik seperti Hawaii dan Jepang Yellowstone Park dan bagian-bagian Colorado di dekat banyak gunung api
	Basal	halus	tua	
	Obsidian	mirip kaca	tua	
	Batu apung	mirip kaca	muda	

#### b. *Batuan sedimen*

Sedimen diendapkan oleh air, angin atau pembawa yang lain. Sedimen yang diendapkan cenderung membentuk lapisan-lapisan. Ini merupakan tahap pertama dalam perubahan sedimen-sedimen menjadi batuan. Karena sedimen tertimbun makin dalam, sedimen itu mengalami temperatur dan tekanan yang lebih tinggi. Dalam keadaan semacam itu, terjadi perubahan dari sedimen-sedimen menjadi batuan. Dua proses yang membantu perubahan sedimen menjadi batuan adalah pemadatan dan sementasi.

Pemadatan adalah pengurangan volume yang disebabkan oleh tekanan. Sedimen membentuk lapisan-lapisan. Lapisan atas menekan lapisan-lapisan di bawahnya. Karena terperas, sedimen-sedimen halus seperti lempung dan pasir saling melekat dan membentuk batuan.

Sedimen-sedimen kasar tidak melekat bersama seperti sedimen-sedimen halus. Namun demikian, sedimen-sedimen kasar itu akan melekat satu sama lain jika tersementasi. Sementasi adalah proses tersambungannya sedimen-sedimen secara bersama-sama untuk membentuk batuan. Sementasi terjadi selama mineral-mineral diendapkan di antara sedimen-sedimen. Bilamana mineral-mineral ini mengeras, sedimen-sedimen tersebut tersemen bersama dan batuan padat terbentuk.

Sedimen-sedimen bisa mengeras menjadi batuan dengan cara yang lain. Kerang-kerangan, tulang-tulang, sisa-sisa tumbuhan dan hewan mengalami perubahan kimia selama bahan-bahan itu melapuk. Perubahan-perubahan ini bisa menyebabkan sedimen-sedimen semacam itu mengeras menjadi batuan. Beberapa sedimen yang terlarut dalam air mengkristal selama air menguap. Kristal-kristal itu membentuk massa batuan padat.

Bagaimana karakteristik batuan sedimen? Anda dapat mengatakan bahwa suatu batuan adalah batuan sedimen dengan mencari karakteristiknya. Banyak batuan sedimen mempunyai lapisan-lapisan yang dapat dilihat. Lapisan-lapisan terbentuk ketika sedimen-sedimen yang berlainan tertumpuk satu sama lain. Lapisan-lapisan semacam ini sering dapat terlihat setelah sedimen-sedimen itu berubah menjadi batuan. Di samping itu, banyak batuan sedimen yang mengandung fosil-fosil.

Bekas riak gelombang dan rekahan lumpur dapat juga ditemukan dalam sejumlah batuan sedimen. Bekas-bekas riak gelombang ini dibentuk oleh air atau angin yang sedang bergerak di atas sedimen-sedimen yang belum terlekat erat. Rekahan-rekahan lumpur terbentuk pada permukaan lumpur basah selama lumpur ini mengering. Kadang-kadang bekas-bekas riak gelombang dan rekahan-rekahan lumpur tertimbun di bawah lapisan sedimen baru. Bilamana hal ini terjadi bekas riak gelombang dan rekahan itu bisa terekam dalam batuan.

Tabel 1.2.  
Jenis, Contoh, dan Komposisi Batuan Sedimen

Jenis Batuan Sedimen	Contoh Batuan Sedimen	Komposisi
Klastik	Konglomerat Batupasir Batu lanau Serpih	Kerikil, kerakal, bongkahan Pasir Lanau Lempung
Kimiawi	Garam batuan Gypsum batuan	Halit Gypsum
Organik	Kokuina Batugamping organik	Kerang-kerangan laut Kalsit dari sisa-sisa hewan

Batuan sedimen dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu batuan sedimen klastik, batuan sedimen kimiawi, dan batuan sedimen organik. masing-masing jenis ini terbentuk dari jenis sedimen yang berlainan. Tabel 1.2 menunjukkan beberapa batuan sedimen dan komposisinya.

Batuan sedimen klastik adalah batuan sedimen yang dibentuk dari sedimen-sedimen yang telah terpadatkan atau tersementasi bersama. Sedimen-sedimen ini sering kali terpecah berkeping-keping batuan dan mineral. Ukurannya bervariasi dari yang berukuran sangat besar sampai berukuran sangat kecil. Tekstur batuan sedimen klastik biasanya berkerat.

Batuan sedimen kimiawi adalah batuan sedimen yang terbentuk dari mineral-mineral yang pernah terlarut dalam air. Sejumlah batuan ini terbentuk bilamana air menguap dan meninggalkan endapan-endapan mineral. Garam batuan adalah contoh batuan sedimen yang terbentuk dengan cara seperti ini.

Batuan sedimen kimiawi bisa terbentuk jika perubahan-perubahan kimia menyebabkan mineral-mineral yang terlarut dalam air mengkristal. Kristal-kristal ini mengendap dan membentuk lapisan-lapisan dan mengeras menjadi batuan. Sejumlah batu gamping terbentuk dengan cara seperti ini.

Batuan sedimen organik adalah batuan sedimen yang terbentuk dari bahan-bahan yang pernah menjadi bagian benda-benda hidup atau terbentuk dari benda-benda hidup. Sejumlah batu gamping terbentuk dari benda-benda yang pernah hidup. Sebagai contoh, ketika hewan sejenis kerang-kerangan mati, kerangka dan kulit-kerasnya tenggelam di dasar lautan. Selama lapisan-lapisan kerangka dan kulit-keras terbentuk, lapisan-lapisan ini mengeras menjadi batuan.

### c. *Batuan metamorf*

Batuan metamorf terbentuk karena perubahan batuan beku, batuan sedimen, atau batuan metamorf lainnya. Penyebab perubahan ini adalah temperatur tinggi, tekanan besar, dan kerja kimia. Perubahan satu jenis batuan menjadi batuan lain karena pengaruh panas tinggi, tekanan besar, dan perubahan kimia disebut metamorfisme.

Sebagian besar metamorfisme terjadi di bawah tanah pada temperatur antara 100°C dan 800°C. Metamorfisme terjadi dengan dua cara, yaitu metamorfisme regional dan metamorfisme kontak. Metamorfisme regional terjadi bilamana batuan-batuan dalam daerah luas terkena panas tinggi dan

tekanan besar. Metamorfisme kontak terjadi bilamana batuan-batuan terpanaskan setelah bersentuhan dengan magma atau lava.

Ada dua jenis batuan metamorf, yaitu batuan terfoliasi dan batuan tak-terfoliasi. Batuan terfoliasi adalah batuan metamorf yang memiliki mineral-mineral yang tersusun dalam lapisan-lapisan sejajar. Batuan terfoliasi ini terbentuk karena mineral-mineral mengkristal kembali, atau teratakan karena pengaruh tekanan, atau mineral-mineral dengan kerapatan berbeda terpisah menjadi lapisan-lapisan yang berperilaku seperti campuran air dan minyak. Contoh batuan terfoliasi adalah batu sabak (Slate), Sekis, Genes. Batuan tak-terfoliasi adalah batuan metamorf tanpa lapisan. Jenis batuan ini tidak terpecah menjadi lapisan-lapisan datar. Marmer dan kuarsit adalah contoh batuan tak-terfoliasi. Tabel 1.3 menunjukkan jenis batuan metamorf.

Tabel 1.3.  
Jenis, Contoh, Tekstur, dan Pembentuk Batuan Metamorf

Jenis batuan metamorf	Contoh	Tekstur	Terbentuk dari
1. Terfoliasi	Batusabak Sekis Genes	halus medium/kasar kasar	serpih basal, granit, batu sabak biasanya granit
2. Tak-terfoliasi	Kuarsit Marmer	medium kasar	batu pasir batu gamping

### C. PELAPUKAN DAN EROSI

Banyak proses geologis yang bekerja bersama dan mengubah bentuk permukaan bumi. Proses-proses ini pada dasarnya dapat dibagi menjadi dua, yaitu pelapukan dan erosi. Marilah kita membicarakan pelapukan dan erosi dalam kegiatan belajar ini.

#### 1. Pelapukan

Bilamana batuan-batuan tersingkap pada permukaan bumi. batuan-batuan itu akan berubah. Udara, air dan benda-benda hidup menyebabkan perubahan-perubahan ini. Batuan-batuan mungkin berubah ukuran, bentuk, atau komposisi kimianya. Selama batuan-batuan tersebut berubah, batuan-batuan itu terpecah menjadi kepingan-kepingan yang semakin kecil.

Pelapukan adalah pemecahan batuan-batuan menjadi kepingan-kepingan yang lebih kecil oleh proses-proses alami.

*a. Jenis pelapukan*

Pelapukan bisa dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu pelapukan fisika dan pelapukan yang dapat kita uraikan sebagai berikut:

- 1) Pelapukan fisika, yaitu pemecahan batuan-batuan tanpa perubahan komposisi kimia. Pelapukan fisika sering kali juga disebut sebagai pelapukan mekanis. Pelapukan ini dapat terjadi melalui berbagai cara, antara lain:
  - (a) Pembekuan dan pencairan, yaitu pemecahan batuan secara fisika yang disebabkan oleh pembekuan air dan pencairan es secara berulang-ulang. Perlu diketahui bahwa air memuai ketika membeku. Siklus pembekuan dan pencairan banyak terjadi di daerah-daerah dengan garis lintang rendah, yaitu di daerah-daerah pegunungan tropika dan subtropika. Retakan pada batuan terjadi karena pembekuan air menjadi es. Air mengisi retakan-retakan pada batuan. Pada waktu air membeku volumenya mengembang dengan gaya yang sangat besar. Pembekuan dan pencairan secara berulang menyebabkan retakan-retakan makin besar dan batuan terpecah menjadi kepingan-kepingan yang semakin kecil.
  - (b) Temperatur ekstrem yaitu pemecahan batuan yang terjadi karena perubahan temperatur yang sangat besar. Perubahan temperatur ini menyebabkan pemuaian dan penyusutan batuan secara tak-seimbang, sehingga batuan rekah dan pecah. Proses ini banyak terjadi di daerah padang pasir. Pada siang hari batuan-batuan yang langsung terkena sinar matahari sangat panas. Karena batuan merupakan penghantar panas kurang baik, maka lapisan luar batuan saja yang dipanaskan; bagian dalam batuan relatif kurang panas. Oleh karena itu, lapisan luar batuan yang paling besar pemuaiannya. Pada waktu malam hari batuan-batuan itu mendingin dan mengerut; siang hari berikutnya batuan-batuan itu panas dan mengembang lagi. Akibatnya lapisan batuan-batuan itu mulai memisahkan diri dan mengelupas.
  - (c) Tumbuhan dan hewan, yaitu pelapukan fisika yang disebabkan oleh tumbuhan dan hewan. Akar-akar tumbuhan bisa merusak batuan. Hewan dalam liang, seperti cacing dan rayap, juga melapukkan

batuan. Kegiatan manusia juga menyebabkan proses pelapukan, misalnya pembuatan jalan, pengeboran, dan penambangan.

- (d) Eksfoliasi. yaitu proses pengelupasan lapisan-lapisan sejajar dari permukaan batuan bumi. Dalam ukuran besar, proses ini membentuk formasi batuan bundar yang disebut kubah eksfoliasi. Kubah eksfoliasi berkembang setelah suatu formasi batuan pejal menjadi tersingkap. Sekali tersingkap, rekahan-rekahan atau kekar-kekar terbentuk sepanjang titik-titik lemah dalam struktur batuan. Lempengan-lempengan batuan berkembang sepanjang kekar-kekar ini. Akhirnya lempengan-lempengan ini terkelupas dari permukaan batuan tersebut. Dalam ukuran kecil, proses eksfoliasi menyebabkan penampakan bundar dari banyak batuan. Batuan ini terbentuk setelah lapisan-lapisan batuan yang berurutan terkelupas. Jenis eksfoliasi ini biasanya terjadi dalam batuan, berbutir kasar yang mengandung mineral feldspar.
- 2) Pelapukan kimia, yaitu pemecahan batuan-batuan arena ubahan komposisi kimianya. Perubahan semacam melemahkan struktur batuan. Akibatnya, batuan mudah terpecah-pecah oleh pelapukan fisika. Banyak bahan di bumi yang menyebabkan pelapukan kimia, antara lain:
  - (a) Oksigen, yang menyebabkan pelapukan kimia dengan oksidasi. Oksidasi adalah proses kimia yang terjadi karena penggabungan oksigen dengan bahan lain. Oksigen mudah bereaksi dengan batuan yang mengandung besi, sehingga senyawa seperti karat terbentuk dan melemahkan struktur batuan.
  - (b) Air, yang dapat melapukkan batuan dengan beberapa cara. *Pertama*, air dapat melarutkan mineral-mineral mineral keluar dari suatu batuan melemahkan strukturnya. *Kedua*, air bereaksi dengan batuan-batuan yang mengandung mineral feldspar. Reaksi ini menghasilkan mineral kaolin. Volume kaolin lebih besar daripada feldspar yang digantikannya. Selama kaolin terbentuk, kaolin memuai. Pemuaiian ini mengendurkan butiran-butiran mineral yang mengelilinginya. Eksfoliasi terjadi setelah lapisan tipis dari butiran-butiran pada permukaan batuan mengelupas.
  - (c) Karbon dioksida, yang dapat bereaksi dengan air dan membentuk asam karbonat. Asam karbonat ini dapat melarutkan sejumlah mineral dan melemahkan struktur batuannya. Mineral kalsit dalam batu gamping dapat terlarut sempurna oleh asam karbonat. Air yang

mengandung asam karbonat bisa masuk ke dalam batu gamping bawah tanah. Rongga besar bawah-tanah atau goa-kapur bisa terbentuk bilamana batu gamping itu terlarut. Dalam goa-kapur ini sering terdapat struktur batuan yang di sebut stalaktit, stalakmit, atau tiang-kapur. Stalaktit adalah struktur untaian batu-gamping yang terbentuk pada dasar goa-kapur. Jika stalaktit dan stalagmit bergabung menjadi satu, maka terbentuk tiang-kapur. Perhatikan Gambar 1.5.



Sumber: Encarta Encyclopedia, Harold, Hoffman/Photo Researchers. Inc.

Gambar 1.5.  
Stalaktit, Stalagmit, Tiang-kapur dalam Goa-kapur

- (d) Asam-asam lain juga melapukkan batuan. Asam-asam ini terlarut dalam air dan meresap ke dalam batuan dan tanah. Asam-asam ini bereaksi dengan batuan-batuan.
- (e) Kegiatan manusia telah menghasilkan pertumbuhan jumlah asam di lingkungan. Pabrik-pabrik, rumah-rumah, dan kendaraan-kendaraan bermotor melepaskan gas-gas dan polutan-polutan ke dalam atmosfer. Sejumlah polutan ini bercampur dengan air dalam atmosfer, membentuk asam. Air hujan yang mengandung asam-asam ini disebut hujan asam. Hujan asam ini bisa merusak lapisan batuan.

*b. Faktor-faktor yang mempengaruhi pelapukan*

Banyak faktor yang mempengaruhi laju pelapukan batuan. Salah satu faktor adalah waktu. Makin lama suatu batuan tersingkap terhadap proses-proses pelapukan, makin banyak batuan terlapuk. Setelah waktu lama, partikel-partikel kecil mungkin merupakan sisa-sisa dari suatu batuan yang besar.

Salah satu faktor yang paling penting dalam mempengaruhi pelapukan adalah iklim. Iklim sebenarnya merupakan kombinasi dari dua faktor: temperatur dan Kelembaban. Kelembaban dan temperatur tinggi mendukung terjadinya reaksi kimia. Oleh karena itu, pelapukan kimia pada umumnya terjadi di daerah beriklim panas dan lembab. Di daerah beriklim dingin umumnya terjadi pelapukan fisis yang disebabkan oleh pembekuan dan pencairan. Kerja pembekuan dan pencairan ini paling besar terjadi di daerah beriklim sejuk karena tanah secara berulang mengalami pembekuan dan kemudian pencairan. Kerja pembekuan dan pencairan tersebut kurang efektif di daerah beriklim dingin karena tanah jarang mengalami pencairan.

Ukuran batuan dan permukaannya juga mempengaruhi laju pelapukan batuan. Pada umumnya makin kecil ukuran batuan, makin cepat batuan itu melapuk. Makin luas permukaan batuan yang tersingkap, makin cepat terjadinya pelapukan.

Pelapukan juga tergantung pada komposisi mineral batuan. Ada sejumlah mineral mudah melapuk, tetapi banyak juga mineral yang sukar melapuk.

*c. Tanah sebagai hasil pelapukan*

Tanah mengandung air dan mineral yang dibutuhkan oleh tumbuh-tumbuhan untuk membuat makanan. Hewan secara langsung atau tidak langsung membutuhkan tumbuh-tumbuhan sebagai sumber makanan. Manusia mengolah tanah untuk menghasilkan makanan.

Tanah merupakan hasil proses pelapukan. Tanah merupakan campuran batuan-batuan lapuk dan humus. Humus adalah bahan yang dihasilkan oleh penghancuran sisa-sisa tumbuhan dan hewan. Humus merupakan sumber hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Humus bercampur dengan lempung dan pasir, memperkaya bahan-bahan makanan dalam tanah. Bahan-bahan lain juga terdapat dalam tanah, misalnya udara, air, dan makhluk hidup.

Bagaimana tanah terbentuk? Pembentukan tanah merupakan proses yang kompleks dan sering kali memakan waktu ribuan tahun. Tahap pertama pembentukan tanah adalah pelapukan batuan. Batuan semacam itu

merupakan bahan induk tanah. Tanah yang secara langsung di atas induknya disebut tanah residu. Tanah residu mempunyai komposisi sama seperti batuan induknya. Kadang-kadang angin dan air membawa partikel-partikel batuan terlapuk jauh dari bahan batuan induknya. Tanah yang terbentuk dari bahan yang telah dipindahkan disebut tanah berpindah. Tanah berpindah mungkin mempunyai komposisi berbeda komposisi dengan batuan di bawahnya.

Dalam tahap pembentukan tanah berikutnya, tanaman mulai tumbuh pada tanah yang baru. Sisa-sisa tanaman itu bercampur dengan tanah dan memperkaya tanah itu. Kemudian hewan-hewan mulai berpindah ke dalam daerah ini. Sisa-sisa hewan itu juga memperkaya tanah.

Tanah tidak sama secara keseluruhan. Selama tanah terbentuk, tanah menghasilkan lapisan-lapisan yang berbeda-beda yang disebut horison. Horison-horison tanah berbeda dalam hal warna, tekstur, dan komposisinya. Tanah yang telah terbentuk dalam jangka waktu cukup lama mempunyai horison-horison yang berbeda-beda; tanah semacam itu disebut tanah dewasa.



Sumber: Encarta Encyclopedia, Kathie Atkinson/Oxford Scientific Films.

Gambar 1.6.  
Tanah Dewasa

Tanah perlu dilestarikan. Tanah dapat kehilangan dengan mudah mineral-mineralnya atau menjadi tercerai-berai. Hembusan angin yang kuat angin yang sangat kuat bisa menghilangkan tanah yang telah terbentuk selama bertahun-tahun.

Manusia dapat mempertahankan kualitas tanah. Bahkan mereka bisa memperbaiki kualitas tanah. Tanah yang jelek dapat diperbaiki dengan pupuk dan humus, yang menggantikan mineral-mineral yang telah digunakan oleh tanaman. Humus juga membantu tanah untuk menyerap dan menahan air, yang selanjutnya dapat membantu pertumbuhan tanaman.

Tanah yang baik dapat dilestarikan dengan pengelolaan secara hati-hati. Jika tanaman-tanaman yang berbeda-beda ditanam dalam suatu daerah tiap tahun, tanah tidak kehilangan mineral yang sama dari tahun ke tahun. Pergantian tanaman secara tahunan semacam itu disebut rotasi tanaman. Pengolahan tanah pertanian secara kontur dan alur mencegah kerusakan tanah. Penanaman deretan pohon-pohon yang bekerja sebagai penahan angin dapat mencegah tanah dari hembusan angin. Semua akar tanaman merupakan jangkar tanah di sekitarnya.

## 2. Erosi dan Pengendapan

Banyak proses yang bekerja bersama-sama mengubah bentuk permukaan bumi. Proses pelapukan memecah batuan-batuan padat menjadi sedimen. Kemudian proses-proses lainnya adalah pengambilan dan pemindahan sedimen.

### a. Proses erosi dan pengendapan

Erosi adalah proses pengambilan dan pemindahan sedimen. Selama sedimen terpindahkan, sedimen menghalus dan mengikis batuan, mengubah bentuk-daratan. Proses penempatan sedimen pada lokasi baru disebut pengendapan. Pengendapan juga mengubah bentuk-daratan.

Proses erosi dan pelapukan memecah batuan pegunungan atau bentuk-daratan lainnya. Sedangkan bahan-bahan yang diendapkan membangun bentuk-daratan yang baru. Pelapukan, erosi, dan pengendapan merupakan bagian perlawanan yang tiada akhir antara gaya-gaya yang merusak dan membangun daratan.

Pernahkah Anda mengamati proses erosi dan pengendapan? Setelah hujan lebat, Anda mungkin mengamati aliran air sungai memotong lumpur. Air membawa lumpur itu dan menyebarkannya ke sebelah aliran tersebut. Ini merupakan salah satu contoh erosi dan pengendapan.

Erosi menggerakkan sedimen. Untuk menggerakkan sesuatu dibutuhkan gaya. Gaya penggerak utama erosi adalah gravitasi. Gravitasi dapat menarik sedimen secara langsung. Gravitasi dapat juga menggerakkan sedimen secara

tidak langsung melalui memindahkan sedimen. Beberapa jenis perantara erosi adalah air, dan es.

Ada beberapa faktor yang menentukan jumlah sedimen yang dapat digerakkan oleh perantara. Faktor pertama adalah medium perantara. Medium adalah bahan yang dapat membawa sedimen. Medium sungai adalah air, medium angin adalah udara, sedangkan medium gletser adalah es. Masing-masing medium dapat membawa ukuran dan jumlah sedimen yang berbeda-beda. Es dapat membawa ukuran sedimen yang lebih besar daripada air dan udara.

Faktor kedua adalah laju medium. Laju air dan lalu udara mempengaruhi jumlah sedimen yang dapat dibawa oleh arus sungai dan angin. Makin cepat medium bergerak, makin banyak sedimen yang dapat terbawa. Makin banyak sedimen yang dibawa oleh medium makin besar erosi yang terjadi.

Faktor ketiga adalah partikel-partikel sedimen. Partikel-partikel sedimen dapat mempunyai ukuran, bentuk dan kerapatan yang berbeda-beda. Setiap karakteristik ini akan mempengaruhi seberapa jauh dan seberapa besar sedimen itu terbawa. Sebagai contoh, arus sungai dapat membawa pasir dan partikel-partikel kecil lainnya pada jarak yang lebih jauh daripada kerakal.

Faktor-faktor apakah yang mempengaruhi pengendapan? Laju medium merupakan faktor kunci yang mempengaruhi pengendapan sedimen. Pada umumnya, selama medium bergerak lambat, daya bawanya makin berkurang. Medium itu mulai menjatuhkan sedimen. Sebagai contoh, arus sungai yang bergerak cepat bisa membawa partikel-partikel dari kerikil sampai lempung. Tetapi, setelah arus sungai ini melambat, air tidak lagi dapat membawa kerikil. Kemudian kerikil-kerikil mengendap di dasar sungai. Partikel-partikel yang lebih lembut masih terbawa. Partikel-partikel ini akan mengendap di dasar sungai jika air bergerak makin lambat.

Beberapa karakteristik partikel menentukan kecepatan pengendapan. Pada umumnya, partikel-partikel lebih besar akan mengendap lebih cepat daripada partikel-partikel yang lebih kecil. Partikel-partikel yang sangat lembut, misalnya lempung, memerlukan waktu sangat lama untuk mengendap. Partikel-partikel bundar biasanya mengendap lebih cepat daripada partikel-partikel yang datar. Partikel-partikel datar juga diperlambat oleh gesekan. Partikel-partikel yang lebih rapat akan lebih cepat mengendap daripada partikel-partikel yang kurang rapat.

Selama air bergerak melambat, sejumlah sedimen mengendap. Partikel-partikel besar dan padat akan mengendap terlebih dahulu. Partikel-partikel

paling kecil dan ringan akan mengendap paling akhir. Hasilnya adalah pemilahan, yaitu pemisahan partikel-partikel selama pengendapan.

*b. Kerja air yang sedang bergerak*

Air yang sedang bergerak merupakan perantara erosi yang sangat kuat. Erosi karena kerja air ini meliputi: (1) erosi oleh hujan dan limpasan, (2) erosi oleh air sungai, dan (3) erosi oleh air laut.

Pertama-tama marilah kita membicarakan erosi hujan dan limpasan. Air hujan yang jatuh dapat memindahkan sedimen. Curah hujan yang tidak meresap ke dalam bumi dan tidak menguap bisa membentuk limpasan, yaitu air yang mengalir melalui lahan. Limpasan ini mengikis dan membawa sedimen yang membentang dari lempung halus sampai pasir kasar atau kerikil.

Tanaman bisa memperlambat erosi oleh air hujan dan limpasan. Tanaman menahan dampak hujan pada tanah. Akar-akarnya mempertahankan tanah sekitarnya, dan batang-batangnya menahan aliran air. Daerah-daerah kering yang tidak banyak terdapat tanaman dapat tererosi luar biasa oleh air hujan dan limpasan.

Limpasan air hujan dapat mengerosi lereng tebing dengan sedikit pepohonan. Selama air mengalir ke bawah air itu memotong tanah sehingga terbentuk alur-alur kecil, yang makin lama makin dalam dan lebar yang disebut selokan liar. Selokan-selokan liar ini merupakan saluran-saluran limpasan air hujan. Saluran-saluran ini menghimpun gaya air. Gaya yang bertambah akan mempercepat laju erosi.

Marilah kita sekarang membicarakan erosi oleh air sungai. Ketika selokan-selokan liar mencapai dataran rendah, limpasan air hujan dari beberapa selokan liar bergabung bersama, sehingga terbentuk aliran sungai.

Air sungai merupakan perantara erosi yang sangat penting. Sebagian besar sedimen yang terbawa limpasan dari bukit ke bahwa akhirnya berkumpul ke sungai. Bahan-bahan lepas pada lintasan sungai akan terbawa. Oleh karena itu, sungai lebih banyak berpengaruh terhadap permukaan bumi dibandingkan perantara erosi lainnya.

Bahan yang dibawa oleh sungai disebut muatan. Muatan yang dapat terbawa tergantung pada laju dan ukuran sungai. Laju aliran sungai tergantung pada kemiringan. Makin tajam kemiringan, makin cepat air bergerak. Air yang bergerak cepat dapat memindahkan muatan lebih banyak daripada air yang bergerak perlahan. Sungai-sungai besar dapat membawa muatan lebih banyak daripada sungai-sungai kecil.

Masing-masing ukuran sedimen dalam muatan dipindahkan dengan cara yang berbeda-beda. Sedimen-sedimen besar dan berat, misalnya bongkahan dan kerakal, didorong dan digulingkan. Sedimen-sedimen yang lebih ringan dan halus, misalnya lumpur atau lanau, terangkat dan terbawa oleh gaya air. Sejumlah sedimen, misalnya garam, terlarut dan terbawa dalam bentuk larutan.

Sedimen yang terbawa air sungai akan mengikis batuan. Pengikisan batuan oleh sedimen dalam air, angin, dan es disebut abrasi. Abrasi air sungai bisa mengakibatkan batuan-batuan yang terbawa berbentuk bundar.

Abrasi juga mengikis batuan dasar sungai. Sedimen yang mengalir dalam air dapat memotong batuan dasar sungai lebih dalam. Air terjun terbentuk bilamana sungai mula-mula mengalir di atas batuan dasar keras dan kemudian di atas batuan dasar lunak. Abrasi merobek batuan dasar lunak lebih cepat daripada batuan dasar keras. Lambat laun permukaan sungai yang mengalir di atas batuan dasar lunak menjadi lebih rendah daripada permukaan sungai yang mengalir di atas batuan dasar keras. Akhirnya terbentuklah air terjun.

Dalam periode waktu lama abrasi sungai dapat menyebabkan perubahan-perubahan besar dalam bentuk permukaan bumi. Aliran sungai yang cepat dengan muatan berat dapat memotong batuan dasar sangat dalam, membentuk ngarai-ngarai yang dalam atau lembah-lembah.

Berkaitan dengan proses erosi, sungai berkembang melalui tiga tahap, yaitu sungai muda, sungai dewasa, dan sungai tua. Tahap-tahap ini tidak didasarkan pada umurnya, melainkan lebih didasarkan bentuk sungai dan cara mengikis lahan. Perhatikan Gambar 1.7.

Sungai muda mengalir ke bawah dengan kemiringan terjal sepanjang lintasan hampir lurus Akibatnya air sungai ini mengalir dengan cepat, seiring membentuk jeram dan bergerak cepat mengikis lahan. Sungai ini dapat membawa banyak sedimen dan memotong batuan dasar sungai secara dalam. Erosi semacam ini bisa menghasilkan lembah bentuk-V berding terjal dan air terjun.

Sungai dewasa berkembang dari sungai muda. Selama sungai muda mengikis lahan yang dilewatinya, kemiringannya menjadi makin landai. Aliran air sungai menjadi semakin lambat, namun pengikisan terhadap sisi-sisi lembah sungai tetap berlangsung. Sedimen sedikit demi sedikit diendapkan pada dasar lembah. Akibatnya, lembah bentuk-V menjadi lebih lebar dan kurang terjal. Dasar lembah menjadi datar. Selain itu, lintasan

sungai menjadi melengkung dan berkelok-kelok. Sungai yang lintasannya lengkung dan berkelok-kelok disebut meander.



Sumber: Encarta Encyclopedia, Getty Images.

Gambar 1.7.  
Tahap-tahap Perkembangan Sungai

Akhirnya sungai mencapai tahap ketiga atau tahap tua. Pada tahap ini kemiringan sungai semakin landai, aliran air menjadi semakin perlahan. Meander semakin lengkung.

Aliran sungai mengendapkan sedimen ketika aliran itu menjadi lambat atau berkurang volumenya. Makin lambat aliran sungai, makin kurang daya bawanya. Makin kecil volume sungai, makin sedikit air yang membawa sedimen. Proses pengendapan oleh air sungai menghasilkan berbagai bentuk-lahan, antara lain:

- 1) Danau sungai-mati (*oxbow lake*), yaitu meander yang memisahkan diri dari sungai induknya. Selama sungai berkembang, meandernya menjadi semakin lengkung. Lambat laun sungai itu memotong lahan antara ujung-ujung meander. Aliran sungai yang memotong ini bergerak cepat. Aliran air yang lebih lambat melewati meander dan mengendapkan sedimen dekat potongan sungai itu. Meander bisa memisahkan diri dapat menjadi danau sungai-mati.
- 2) Tanggul dan bantaran. Tanggul adalah endapan mirip-pegunungan sepanjang dua sisi sungai. Bantaran adalah daerah datar dekat sungai yang terjadi karena pengendapan. Selama banjir muatan sungai

bertambah. Karena aliran sungai meluap ke tepi sungai maka aliran air menjadi lambat. Kemudian air banjir mulai mengendapkan sedimen. Partikel-partikel besar yang pertama-tama mengendap dan membentuk tanggul sepanjang tepi sungai. Tanggul biasanya ditemukan di sepanjang sungai tua. Jauh di luar saluran sungai, air banjir mengendapkan partikel-partikel yang lebih halus, sehingga terbentuk bantaran. Bantaran membentuk lahan pertanian yang bagus. Endapan-endapan banjir memperkaya tanah.

- 3) Delta dan kipas aluvial. Aliran sungai melambat dan berhenti di mulut sungai. Mulut sungai adalah pertemuan sungai dengan lautan atau kumpulan air yang lebih besar lainnya. Menjelang air sungai mencapai mulut sungai, aliran sungai telah mengendapkan banyak muatan pasir, lanau, dan lempung. Sedimen-sedimen semacam itu membentuk delta. Delta adalah bentuk-lahan yang terbentuk dari endapan-endapan pada mulut sungai. Aliran sungai pegunungan yang cepat menjadi lambat ketika mencapai lahan datar. Di sini banyak muatan sungai yang terendap di dasar sungai. Muatan-muatan ini mengumpul dan membentuk kipas aluvial. Kipas aluvial adalah bentuk-lahan yang terbuat dari endapan-endapan dari sungai yang mengalir ke lahan rata, bukan ke lautan atau kumpulan air lain.

Ombak air laut juga mengikis lahan. Dampaknya dapat terlihat pada garis pantai di semua benua atau kepulauan. Hasil abrasi ombak air laut antara lain goa pantai, pintu air, dan teras pantai.

### c. *Kerja angin*

Angin merupakan perantara erosi di daerah kering. Pada daerah ini, beberapa tanaman melindungi tanah tipis dan kering. Batuan sering kali tersingkap. Sedimen-sedimen yang terbawa angin dengan mudah mengikis batuan tersingkap.

Angin mengerosi lahan dengan deflasi, yaitu pengambilan dan pemindahan sedimen oleh angin. Sedimen-sedimen halus, seperti pasir, lanau dan lempung bisa terbawa tinggi ke atmosfer dan diendapkan di tempat lain. Sedimen-sedimen yang lebih besar dibawa angin dekat tanah. Abrasi terjadi bilamana angin yang meniup sedimen-sedimen melawan batuan-batuan; erosi angin semacam ini juga disebut korasi. Seperti semprotan, sedimen-sedimen memotong dan menggosok permukaan-permukaan batuan.

Jumlah dan jenis erosi yang disebabkan oleh angin tergantung pada tiga faktor. Faktor-faktor ini adalah (1) laju angin, (2) lama angin bertiup, dan (3) ukuran sedimen yang dibawa oleh angin.

Deflasi dan abrasi oleh angin menghasilkan beberapa corak lahan. Di beberapa tempat, lapisan-lapisan batuan dan lapisan-lapisan sedimen kering dipindahkan oleh deflasi, sehingga menghasilkan cekung-cekung dangkal. Pada musin penghujan cekungan-cekungan ini mungkin tertutup oleh rerumputan. Beberapa di antaranya bahkan terisi limpasan air hujan, sehingga terbentuk danau-danau dangkal. Pada musim panas, rerumputan itu mati dan danau itu kering. Proses deflasi terjadi lagi pada tanah kering itu.

Deflasi biasanya hanya memindahkan sedimen-sedimen halus. Sedimen-sedimen yang lebih besar dan lebih berat ditinggalkan. Akhirnya lapisan-lapisan kerakan dan sedimen-sedimen kasar lainnya terbentuk. Penutup permukaan ini, dikenal sebagai alas pada pasir, berdeflasi lebih lanjut. Abrasi bisa menghasilkan formasi batuan yang menghadap angin terpipihkan.

Bilamana laju angin bertambah lambat, angin mengendapkan sedimen yang terbawa. Endapan tebal tak berlapis dari sedimen yang sangat halus dan berwarna kekuning-kuningan yang diendapkan oleh angin disebut loess. Endapan ini mungkin menyelubungi perbukitan dan lembah. Loess membentuk tanah subur. Sebagai contoh adalah loess di Cina dan loess di lembah Missouri-Missisipi Amerika Serikat.

Bukit pasir adalah gundukan atau pegunungan pasir yang diendapkan oleh angin. Bukit pasir ditemukan di padang pasir atau di pantai berpasir. Bukit pasir sering kali terbentuk bilamana angin meniup pasir melawan suatu rintangan seperti batuan atau semak belukar.



Sumber: Encarta Encyclopedia, Photo Researchers. Inc.

Gambar 1.8.  
Bukit Pasir Bergerak karena Erosi dan Pengendapan

Angin menyapu pasir pada sisi rintangan yang menghadap angin. Lambat laun endapan pasir terbentuk dan tercipta gundukan pasir. Gundukan ini akhirnya menjadi tidak stabil. Selanjutnya pasir melorot ke bawah pada sisi gundukan pasir yang berseberangan dengan arah angin. Sisi bukit pasir terjal yang berada di seberang arah angin ini disebut permukaan longsor.

#### *d. Kerja gletser*

Gletser adalah lapisan tebal es yang sedang bergerak. Gletser terbentuk di daerah sangat dingin, di mana sepanjang tahun lebih banyak hujan salju daripada peleburan es. Selama lapisan salju terkumpul, salju menjadi termampatkan. Bilamana salju itu mencapai kedalaman 20 meter sampai 60 meter, beratnya menyebabkan lapisan-lapisan mengkristal menjadi es padat. Es ini kemudian menyebar ke luar karena tekanan dari salju di atasnya.

Gletser biasanya hanya bergerak beberapa sentimeter selama satu hari. Gletser berpilin dan berputar melalui pegunungan dan dinding-dinding lembah. Es bagian atas dari gletser lebih rapuh daripada lapisan-lapisan bawah. Akibatnya, gerak gletser dapat meregangkan es bagian atas sehingga menyebabkannya merekah. Rekahan-rekahan yang dalam dan besar, disebut celah gletser, biasanya terbentuk dalam es tersebut.

Gerakan gletser tergantung pada seberapa banyak es yang sedang terbentuk dan seberapa banyak es yang sedang mencair. Bilamana lebih banyak es yang sedang terbentuk daripada es yang sedang mencair, gletser berkembang. Gletser ini bergerak ke depan atau maju. Bilamana lebih banyak es yang mencair, gletser menyusut. Gletser ini bergerak ke belakang atau mundur. Bilamana jumlah es yang mencair sama dengan jumlah es yang terbentuk, gletser tidak bergerak.

Sebagian besar gletser maju selama Zaman Es. Banyak salju, banyak hujan salju. Temperatur-temperatur di atas titik beku tidak pernah bertahan cukup lama untuk memungkinkan semua salju melebur. Sekarang sebagian besar gletser mundur. Temperatur-temperatur tinggi menyebabkan lebih banyak es yang melebur pada musim panas daripada es yang terbentuk pada musim dingin.

Jika gletser mencapai garis pantai, bongkahan es yang sangat besar pecah dan jatuh ke dalam samudra. Massa es yang sangat besar dan mengapung ini disebut gunung es.

Ada dua jenis gletser, yaitu gletser lembah dan gletser kontinental. Gletser lembah adalah lapisan es yang bergerak turun lereng bukit dan

melalui lembah. Gletser lembah juga disebut gletser apline atau gletser pegunungan. Gletser lembah mulai dari pegunungan-pegunungan tinggi yang selalu dingin. Salju pada lereng-lereng yang tinggi turun ke lembah di bawahnya. Salju ini terkumpul dan terlindung dari cahaya matahari dan angin. Bilamana salju yang terkumpul sudah cukup banyak, gletser terbentuk.

Gletser kontinental adalah lapisan es sangat besar yang menutupi lahan. Gletser kontinental ditemukan di daerah-daerah kutub yang menutup daerah sampai jutaan kilometer persegi. Sebagian besar Greenland tertutup oleh gletser kontinental. Gletser kontinental terbentuk pada daerah-daerah dengan garis lintang tinggi. Temperatur di daerah-daerah sebelah utara  $60^{\circ}\text{LU}$  dan sebelah selatan  $60^{\circ}\text{LS}$  selalu rendah. Jika salju turun gletser terbentuk.

Gletser yang sedang bergerak dapat memindahkan sejumlah besar sedimen. Selama gletser bergerak di atas lahan, sedimen-sedimen terseret di bawah dan terdorong sepanjang tepinya. Sedimen-sedimen dan batuan-batuan yang tersingkap dapat menjadi beku di sisi dan di bawah gletser. Sedimen-sedimen dan batuan-batuan ini terobek atau terenggut dari tempat semula ketika gletser bergerak.

Abrasi gletser terjadi bilamana pecahan-pecahan batuan yang dibawa gletser mengikis lahan. Batuan tersingkap bisa tergosok halus atau mungkin tergaruk sangat dalam.



Sumber: Encarta Encyclopedia, Polo Koch/Photo Researchers. Inc.

Gambar 1.9.  
Beberapa Bentuk-Lahan yang Dibentuk oleh  
Erosi dan Pengendapan oleh Gletser

Selama gletser mengeruk lembah, gletser ini memindahkan batuan dan tanah dari dinding-dinding lembah. Erosi ini memperlebar lembah. Lembah bentuk-V bisa berubah menjadi lembah bentuk-U. Lembah-lembah bentuk-U umum dijumpai di daerah-daerah yang dibentuk oleh gletser.

Bilamana gletser yang mencapai daerah hangat atau iklim berubah menjadi hangat, es akan melebur secara perlahan-lahan. Sedimen yang terbawa akan diendapkan. Semua sedimen yang diendapkan oleh gletser dikenal sebagai apungan (drift). Apungan gletser bisa tak-terpilih menjadi lapisan-lapisan.

Sedimen tak-terpilih yang diendapkan secara langsung oleh es gletser disebut olahan gletser (till). Olahan gletser bisa terdiri atas semua ukuran sedimen dari lempung sampai bongkahan batuan. Till bisa terbentuk bilamana sedimen tergaruk dari dasar gletser dan menyebar ke dalam bentangalam. Olahan gletser bisa juga terbentuk bilamana sedimen tertinggal ketika gletser mencair. Hasil-hasil endapan tak-terpilih dapat berupa:

- 1) Morena, yaitu endapan sedimen tak-terpilih karena proses pengendapan gletser. Morena yang terletak pada dasar gletser disebut morena bawah. Morena yang terletak di sepanjang sisi gletser disebut morena sisi. Morena yang berada di depan gletser disebut morena ujung.
- 2) Drumli, yaitu gundukan endapan sedimen tak-terpilih yang memanjang pada morena bawah.
- 3) Iratik, yaitu bongkahan besar terisolasi yang diendapkan oleh gletser.

Sejumlah sedimen gletser terbawa oleh arus sungai yang berasal dari gletser yang mencair. Bahan ini dipilah-pilahkan oleh air yang mengalir, kemudian diendapkan secara berlapis. Endapan-endapan dari sungai gletser yang mencair disebut hanyutan gletser (outwash). Daerah luas di depan gletser bisa tertutup oleh hanyutan gletser. Daerah semacam itu disebut dataran hanyutan gletser. Dataran ini sering ditaburi ketel, yaitu lobang yang ditemukan dalam endapan gletser. Ketel terbentuk bilamana remukan es terpecah dari gletser dan tertutupi secara sempurna oleh olahan gletser. Ketika es mencair, olahan gletser yang menutupi akan runtuh. Lubang atau lekukan tertinggal. Air kadang-kadang mengisi ketel dan membentuk danau atau kolam.

Danau gletser dapat terbentuk dengan dua cara yang lain. Pertama, gletser besar dapat mengeruk lekukan sangat besar dalam tanah. Lekukan ini bisa terisi air leburan es dan membentuk danau. Kedua, danau dapat

terbentuk bilamana morena bekerja sebagai bendungan yang menampung air lemburan es.

Beberapa bentuk-lahan lain diakibatkan oleh kerja gletser antara lain:

- 1) Lembah menggantung, yaitu lembah yang berada di atas lembah lainnya.
- 2) Cirque, yaitu lembah gletser yang berasal dari lekukan berbentuk mangkuk.
- 3) Arete, pegunungan tajam yang terjadi di antara beberapa cirque karena proses erosi.
- 4) Horn, yaitu bentuk puncak pegunungan yang runcing karena erosi gletser di semua sisi pegunungan itu.
- 5) Esker, yaitu pegunungan sempit yang berkelok-kelok, terdiri atas pasir dan kerakal tidak berlapis.
- 6) Kame, yaitu gundukan kerucut (berpuncak rata) rendah yang tak-teratur, terdiri atas pasir dan kerakal berlapis.
- 7) Garir (striation), yaitu aluran-aluran atau garutan-garutan kasar sampai halus yang dihasilkan oleh batuan-batuan pada dasar gletser.

e. *Kerja gravitasi*

Gravitasi menarik semua benda (batuan, tanah, dan gletser) yang berada pada lereng ke arah bawah. Pada sebagian besar lereng, gerakan ke bawah terjadi sepanjang waktu. Gerakan tanah dan batuan menuruni lereng perbukitan yang disebabkan gravitasi disebut perombakan massa (*mass wasting*). Perombakan massa membawa sedimen-sedimen ke dasar lereng. Tumpukan tanah dan batuan karena perombakan massa pada dasar lereng disebut rombakan lereng (talus). Sedimen-sedimen ini tidak berada di dalam air, udara, atau medium lainnya. Akibatnya, perombakan massa terjadi tanpa atau sedikit pemilahan.

Ada dua jenis perombakan massa, yaitu perombakan massa cepat dan perombakan massa lambat. Perombakan massa cepat adalah gerakan batuan turun lereng perbukitan secara tiba-tiba. Beberapa contoh perombakan massa cepat adalah.

- 1) Runtuhan batuan (rockfalls), yaitu gerakan cepat batuan secara tiba-tiba dari perbukitan atau lereng yang terjal.
- 2) Luncuran batuan (rockslides), yaitu gerakan batuan pada lereng bukit lebih landai yang sebagai besar dipicu oleh gempa atau hujan lebat.
- 3) Nedatan (slump), yaitu gerakan cepat dari bongkahan besar bahan pada lereng perbukitan.

- 4) Aliran lumpur (mudflow), yaitu gerakan cepat campuran tanah, batuan dan air pada lereng perbukitan.

Pembuangan massa lambat adalah gerakan batuan dan tanah secara perlahan-lahan turun lereng perbukitan. Beberapa contoh perombakan massa lambat adalah:

- 1) Aliran tanah (earthflow), yaitu gerakan perlahan dari massa tanah tumbuhan. Aliran tanah ini terjadi setelah hujan lebat, sehingga partikel-partikel tanah menjadi goyah.
- 2) Rayapan tanah (soil creep), yaitu gerakan tanah paling lambat pada lereng perbukitan. Proses ini berawal ketika suatu aktivitas atau perubahan mengganggu tanah, misalnya gerakan air, gerakan bintang, atau temperatur pembekuan. Akibatnya partikel-partikel tanah bergeser. Gejala yang tampak adalah batang pohon yang cenderung melengkung ke arah lereng bawah.



Sumber: Encarta Encyclopedia, Krafft-Explorer/Photo Researchers. Inc.

Gambar 1.10.  
Beberapa Bentuk Perombakan Massa



## LATIHAN

---

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

- 1) Jelaskan perbedaan antara batuan beku intrusif dan batuan beku ekstrusif!
- 2) Sebutkan tiga jenis batuan sedimen, kemudian jelaskan perbedaan tiga jenis batuan itu?
- 3) Pada daerah-daerah bagaimana proses pembekuan dan pencairan dalam pelapukan fisika banyak terjadi? Mengapa?
- 4) Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi pengakutan dan pengendapan sedimen-sedimen? Jelaskan!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Perbedaan antara batuan beku intrusif dan batuan beku ekstrusif dapat ditinjau dari proses pembentukan dan teksturnya. Bacalah kembali uraian tentang batuan beku.
- 2) Baca kembali uraian tentang batuan sedimen.
- 3) Bacalah kembali uraian tentang pelapukan fisika, khususnya pada proses pembekuan dan pencairan. Bacalah kembali uraian tentang faktor-faktor yang mempengaruhi proses pelapukan.
- 4) Anda dapat menjawab pertanyaan ini dengan membaca dan merangkum uraian tentang proses erosi dan pengendapan.



## RANGKUMAN

---

1. Batuan adalah benda padat yang terbentuk secara alami dan biasanya tersusun atas mineral-mineral. Batuan dapat dibagi menjadi tiga jenis menurut proses pembentukannya, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf.
2. Batuan beku terbentuk karena pendinginan dan pengerasan magma dan lava.
3. Batuan beku intrusif adalah batuan beku yang terbentuk dari magma. Batuan beku intrusif biasanya berbutir kasar, batuan beku

ekstrusif adalah batuan beku yang terbentuk dari lava. Batuan beku ekstrusif biasanya berbutir halus.

4. Batuan sedimen terbentuk dari sedimen-sedimen, yaitu kepingan-kepingan kecil bahan yang diendapkan karena kerja air, angin dan es. Sementasi dan pematangan merupakan dua proses yang membantu perubahan sedimen menjadi batuan.
5. Batuan metamorf adalah batuan yang terbentuk bilamana batuan yang ada berubah karena panas tinggi, tekanan besar, atau reaksi kimia. Metamorfisme regional dihasilkan oleh batuan yang terpendam sangat dalam atau gerakan-gerakan batuan dalam kerak bumi. Metamorfisme kontak terjadi bilamana batuan-batuan bersentuhan dengan magma panas.
6. Model struktur bumi diselidiki dengan menggunakan sifat-sifat gelombang seismik, yaitu gelombang-P dan gelombang-S. Model ini menyatakan bahwa bumi terdiri atas tiga lapisan utama, yaitu teras, mantel, dan kerak bumi. Di antara lapisan mantel dan lapisan kerak terdapat diskontinuitas Mohorovicic. Di antara mantel dan inti bumi terdapat di kontinuitas Gutenberg.
7. Menurut perilakunya, lapisan bumi paling luar disebut litosfer dan lapisan di bawahnya disebut astenosfer. Litosfer mempunyai sifat kaku, rapuh dan dapat terdeformasi. Astenosfer bersifat plastis atau mendekati bentuk cairan kental, yang memungkinkan bagian-bagian litosfer bisa bergeser di atasnya.
8. Pelapukan adalah pemecahan batuan menjadi kepingan-kepingan yang lebih kecil. Ada dua jenis pelapukan, yaitu pelapukan fisika dan pelapukan kimia.
9. Laju pelapukan tergantung pada waktu, iklim, ukuran dan bentuk partikel, singkapan, dan komposisi mineral.
10. Tanah terbentuk dari batuan terlapuk dan humus. Tanah dewasa mempunyai lapisan-lapisan yang disebut horison.
11. Erosi adalah proses pengambilan dan pemindahan sedimen. Proses penempatan sedimen pada lokasi baru disebut pengendapan.
12. Pelapukan, erosi, dan pengendapan mengubah kerak bumi. Pelapukan dan erosi merobek kerak bumi, sedangkan pengendapan membangun kerak bumi.
13. Gerak air, angin, dan gletser merupakan perantara erosi. Gravitasi merupakan gaya yang penting dalam erosi.
14. Sungai-sungai memotong lembah-lembah bentuk-V pada permukaan bumi. Lembah-lembah ini melebar sesuai dengan umurnya. Sungai-sungai telah banyak membentuk permukaan bumi.
15. Pengendapan oleh sungai-sungai menghasilkan corak lahan seperti danau sungai mati, tanggul, bantaran, delta, dan kipas aluvial.

16. Angin mengerosi lahan dengan deflasi dan aberasi. Endapan-endapan angin biasanya terdiri atas sedimen-sedimen berukuran halus yang membentang dari lempung sampai pasir kasar.
17. Gletser dapat membawa sedimen pada permukaan, menyeret sedimen di bawah atau di sampingnya.
18. Gerakan tanah dan batuan menuruni lereng perbukitan yang disebabkan gravitasi disebut perombakan massa (mass wasting). Endapan-endapan glasial bisa terpilah atau tak terpilah.



### TES FORMATIF 1

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Perbedaan utama antara batuan dan mineral adalah bawah batuan ....
  - A. lebih keras daripada mineral
  - B. biasanya berupa campuran sehingga komposisinya tidak selalu sama
  - C. ditemukan dalam kerak bumi, sedangkan mineral tidak ditemukan dalam kerak bumi
  - D. tidak terlarut dalam air
- 2) Batuan yang terbentuk karena pendinginan lava disebut batuan ....
  - A. beku ekstrusif
  - B. beku intrusif
  - C. metamorf terfoliasi
  - D. metamorf tak terfoliasi
- 3) Ciri utama batuan-batuan sedimen adalah ....
  - A. tekstur mirip kaca
  - B. sangat keras
  - C. fosil-fosil
  - D. lapisan-lapisan terdeformasi
- 4) Salah satu contoh batuan metamorf yang terbentuk dari granit adalah ....
  - A. genes
  - B. serpih
  - C. marmar
  - D. kuarsit

- 5) Menurut penyelidikan gelombang seismik, antara kerak bumi dan mantel terdapat lapisan yang disebut diskontinuitas ....
  - A. mohorovicic
  - B. litosfer
  - C. guttenberg
  - D. astenosfer
  
- 6) Salah satu contoh perlapukan fisika adalah ....
  - A. gabungan besi dengan oksigen
  - B. pelarutan batuan oleh asam
  - C. pembekuan dan pencairan
  - D. goa-kapur
  
- 7) Salah satu proses yang membantu dalam pembentukan horison-horison tanah adalah ....
  - A. eksfoliasi
  - B. pelindihan
  - C. oksidasi
  - D. pembekuan dan pencairan
  
- 8) Tanah loess merupakan hasil erosi dan pengendapan oleh ....
  - A. air
  - B. angin
  - C. es
  - D. gravitasi
  
- 9) Beberapa bentuk lahan berikut merupakan hasil erosi dan pengendapan oleh gletser, *kecuali* ....
  - A. morena
  - B. iratik
  - C. drumlin
  - D. kipas aluvial
  
- 10) Lembah bentuk-U paling banyak terjadi karena pengikisan oleh ....
  - A. es
  - B. gravitasi
  - C. air
  - D. angin

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

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

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

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

## KEGIATAN BELAJAR 2

### Bagian dalam Bumi

Misalkan Anda menumpuk buku-buku di atas meja, kemudian Anda meninggalkannya untuk suatu keperluan. Ketika Anda kembali ternyata tumpukan buku itu sudah berada di lantai. Anda tidak melihat buku-buku tidak dipindahkan. Tetapi bukti cukup jelas bahwa seseorang telah memindahkan buku-buku itu.

Anda mungkin tidak melihat bahwa kerak bumi bergerak. Anda mungkin membayangkan bahwa batuan padat dan keras dari kerak bumi tidak dapat bergerak. Namun bukti menunjukkan bahwa kerak bumi telah bergerak dan masih bergerak sampai saat ini.

#### A. GERAKAN KERAK BUMI

##### 1. Bukti Gerakan Kerak Bumi

Ada sejumlah bukti yang menunjukkan gerakan kerak bumi. Bukti-bukti ini dapat dikelompokkan dalam dua kelompok, yaitu gerak yang sedang berlangsung dan gerak masa lampau.

Banyak bagian kerak bumi yang sedang bergerak pada saat ini. Gerakan-gerakan ini dapat direkam. Gerakan semacam itu merupakan bukti secara langsung bahwa kerak bumi sedang bergerak. Bukti-bukti bahwa kerak bumi sedang bergerak antara lain:

- a. Gempa. Lebih dari 150.000 gempa yang terjadi setiap tahun. Selama gempa terjadi, suatu bagian kerak bumi terguncang. Kita sebenarnya dapat melihat dan merasakan gerak kerak bumi ini.
- b. Letusan vulkanik. Sementara gunung api meletus, magma sedang bergerak di bawah permukaan. Selama magma bergerak, kerak bumi naik, turun, dan sering kali rekah. Bahkan sebelum terjadi letusan, kerak bumi dekat gunung api mungkin bergetar dan rekah secara perlahan. Para ilmuwan menggunakan gerakan ini untuk meramalkan kapan akan terjadi gempa.
- c. Datum berubah. Datum adalah suatu titik yang mempunyai posisi dan ketinggian yang telah diukur secara teliti. Para surveyor telah memasang sejumlah datum di seluruh wilayah tertentu. Dari waktu ke waktu para surveyor memeriksa ketinggian datum-datum lama. Mereka

mendapatkan bahwa ketinggian yang dituliskan pada datum telah berubah. Beberapa datum naik, dan sisanya turun. Perubahan semacam itu merupakan bukti bagian-bagian kerak bumi bergerak turun dan naik secara perlahan.

- d. Struktur tergeser. Selama kerak bumi bergerak, datum bergerak bersamanya. Demikian juga bangunan, rel kereta api dan struktur lainnya. Pergeseran kedudukan semacam itu menunjukkan bahwa kerak bumi bergerak naik-turun dan horizontal.

Gerakan kerak bumi juga terjadi pada masa lampau. Lapisan-lapisan kerak bumi merupakan kunci sejarah bumi. Lapisan-lapisan ini mengandung bukti bahwa kerak bumi telah bergerak selama berabad-abad. Sebagian besar bukti ini merupakan bukti tak-langsung tentang perubahan-perubahan formasi. Bukti-bukti tak-langsung ini antara lain:

- a. Lapisan-lapisan terdistorsi. Banyak bukti yang didasarkan pada Asas Horizontalitas Awal. Asas ini menyatakan bahwa batuan-batuan sedimen biasanya terbentuk dalam lapisan-lapisan horizontal yang rata. Para ilmuwan dapat mengamati bahwa lapisan-lapisan semacam itu sedang terbentuk juga saat ini. Berarti batuan-batuan sedimen terbentuk dalam cara yang lama pada masa lampau. Namun demikian, lapisan-lapisan batuan sedimen yang terbentuk jutaan tahun yang lalu saat ini tidak lagi rata dan horizontal. Banyak lapisan batuan sedimen yang terdistorsi. Ada lapisan batuan sedimen yang terlipat, miring atau patah. Perubahan semacam itu sering disebabkan oleh gerakan kerak bumi.
- b. Bukti pada tempat-tempat yang tinggi. Sebagian besar batuan sedimen terbentuk dari sedimen yang diendapkan dalam air. Namun demikian, saat ini banyak ditemukan lapisan batuan sedimen di tempat-tempat tinggi di atas permukaan laut.

Gaya-gaya yang menggerakkan kerak bumi dapat berasal dari luar bumi dan dalam bumi. Gaya-gaya yang berasal dari luar bumi yang disebut gaya-gaya eksogen. Dampak gaya-gaya endogen kadang-kadang tampak permukaan bumi berupa bentuk-daratan. Dampak gaya-gaya eksogen biasanya tampak pada permukaan bumi.

## 2. Gaya Tektonik dan Akibatnya

Gaya tektonik adalah suatu gaya yang berasal dari dalam bumi yang berakibat perubahan kulit bumi.

Gaya tektonik ada dua macam: gaya Epirogenetik dan gaya orogenetik.

### a. Gaya epirogenetik

Adalah suatu gaya yang meliputi daerah-daerah sangat luas dan berlangsungnya dalam waktu yang sangat panjang (lambat) Gaya Epirogenetik dapat dibagi menjadi dua macam gaya.

#### 1) Gaya Epirogenetik positif

Yaitu permukaan air laut-naik karena gerak turunnya daratan. Hal ini dapat dilihat dengan jelas pada bagian-bagian pantai yang mengalami transgressi (Gambar 1.11).

Misalnya:

- (a) Turunnya pulau-pulau bagian timur Indonesia.
- (b) Muara Sungai Hudson di Amerika yang turun dengan jarak dalamnya dapat dilihat sampai 1.700 meter.



Sumber: Encarta Encyclopedia, Randy Wells Photography.

Gambar 1.11.  
Pergeseran Pantai Negatif dan Positif (*Regressi* dan *Transgressi*)

2) Gaya Epirogenetik negatif

Yaitu permukaan air laut kelihatan turun, karena gerak naiknya daratan. Hal ini dapat dilihat pada pantai yang mengalami regressi.

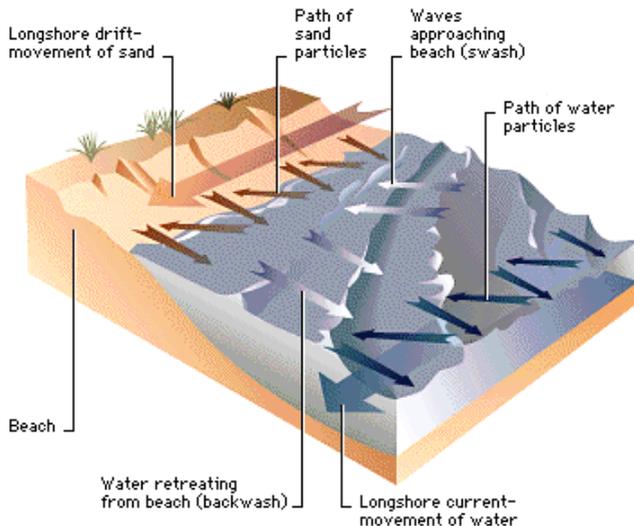
Misalnya:

- (a) Teras-teras karang Pulau Timor yang naiknya sampai 1301 meter.
- (b) Dataran tinggi Colorado di Amerika.

b. *Gaya orogenetik*

Adalah suatu gaya pembentuk pegunungan di mana terjadilah peristiwa dislokasi atau beralihnya letak lapisan kulit bumi, dan gerakan ini disebabkan oleh tekanan horizontal dan vertikal pada kulit bumi. Gaya orogenetik ini dapat disebut suatu gaya yang relatif cepat, jika dibandingkan dengan gaya epirogenetik.

Gaya-gaya endogen yang bekerja dalam kerak bumi dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu gaya-gaya mampatan, tegangan, dan geser. Perhatikan Gambar 1.12. Gaya-gaya ini menyebabkan gerakan kerak bumi.



Sumber: Encarta Encyclopedia, © Microsoft Corporation. All Rights Reserved.

Gambar 1.12.  
Gaya-gaya yang Bekerja pada Kerak Bumi

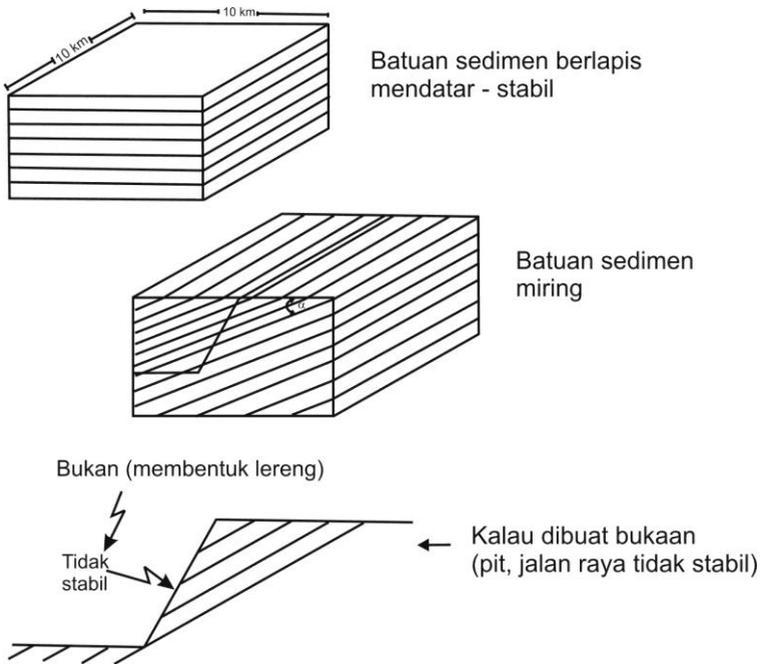
Gaya-gaya mampatan adalah gaya-gaya yang saling mendorong sepanjang garis gerakan. Gaya-gaya ini menyebabkan lapisan-lapisan miring dan bisa juga menyebabkan terjadinya rekahan. Gaya-gaya tegangan adalah gaya-gaya yang saling menarik sepanjang garis gerakan. Gaya-gaya semacam ini bisa menyebabkan pemisahan tanah selama gempa dan pemisahan dinding-dinding lembah dalam periode lama. Gaya-gaya geser adalah gaya-gaya yang bekerja dalam arah berlawanan sepanjang garis-garis gerakan yang berlainan. Kerusakan paling buruk selama gempa disebabkan oleh gaya-gaya ini.

### 3. Akibat Gerak Kerak Bumi

Selama kerak bumi bergerak, batuan-batuan kerak berubah. Batuan-batuan ini berubah posisinya, bergerak ke atas, ke bawah atau ke samping. Batuan-batuan juga berubah ukuran dan bentuknya. Batuan-batuan juga bisa terbengkokkan, tertindih, terpuntir, atau terpatahkan.

Batuan-batuan kerak bumi adalah sangat kuat. Namun demikian, batuan-batuan kerak bumi juga rapuh, atau dapat pecah. Gaya-gaya kuat secara tiba-tiba dapat merekahkan sebagian besar batuan. Batuan-batuan dapat merekah dalam beberapa cara. Beberapa batuan juga dapat terlipat atau terbengkokkan. Peristiwa-peristiwa ini menghasilkan berbagai jenis gejala geologis, antara lain:

- a. Kekar, yaitu rekahan-rekahan pada batuan yang mempunyai sisi-sisi belum bergerak satu terhadap yang lain. Perhatikan Gambar 1.13. Kekar-kekar biasanya sejajar satu sama lain. Kekar bisa terjadi sementara batuan beku terbentuk. Sebagai contoh, batuan-batuan terbentuk dari pendinginan magma dan lava. Selama batuan lebur mendingin, batuan itu mengeras dan mengerut. Pengerutan ini dapat membuat batuan merekah. Kekar juga terjadi dalam batuan-batuan yang telah terbentuk. Lapisan batuan pada bagian bawah pegunungan bisa tertindih oleh batuan-batuan di atasnya. Misalkan batuan-batuan yang menutup ini terkoyak, tekanan terhadap lapisan di bawahnya menjadi ringan. Lapisan-lapisan di bawah bisa mengembang sehingga batuan merekah. Kekar bisa makin lebar karena pelapukan. Misalnya, hujan bisa memasuki kekar, membeku, dan merekahkan batuan di dalam.



Gambar 1.13.  
Kekar pada Batuan

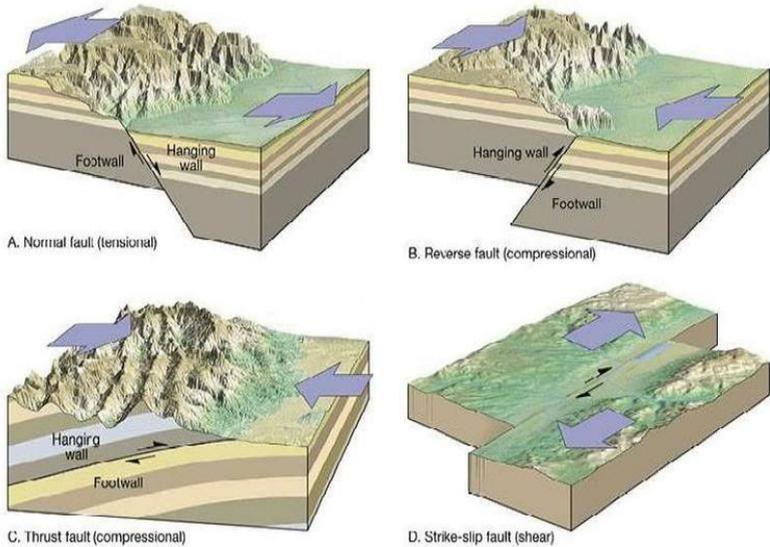
- b. Sesar, yaitu rekahan pada batuan yang telah bergerak satu terhadap yang lain. Bongkahan-bongkahan kerak bumi pada salah satu sisi sesar telah bergerak ke atas atau ke bawah. Bongkahan-bongkahan itu telah terimbangi. Bongkahan-bongkahan ini bisa juga bergerak ke samping sepanjang sesar. Para penggali tambang biasa menggali sepanjang sesar dan memberi nama bongkahan-bongkahan ini. Selama mereka menggali, salah satu bongkahan itu menggantung di atasnya. Bongkahan yang berada di atas sesar disebut dinding gantung. Mereka menyebut bongkahan tempat mereka berdiri sebagai dinding pijakan. Jadi, dinding pijakan pada sesar adalah bongkahan sepanjang sesar yang berada di bawah dinding gantung. Kita sekurang-kurangnya mengenal tiga jenis sesar, seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.15.



Sumber: Encarta Encyclopedia, James Balog/Tony Stone Images.

Gambar 1.14.  
Sesar San Andreas di California

- 1) Sesar normal. Dalam sesar normal, dinding gantung telah bergerak ke bawah dibandingkan dengan dinding pijakan. Sesar normal dihasilkan oleh gaya-gaya tegangan. Gaya-gaya ini menarik bongkahan-bongkahan saling menjauhi. Kemudian gaya gravitasi menarik dinding gantung ke bawah sepanjang sesar.
- 2) Sesar balik. Dalam sesar balik, dinding gantung telah bergerak ke atas relatif terhadap dinding pijakan. Sesar balik dihasilkan oleh gaya-gaya mampatan yang dapat mendorong salah satu bongkahan di atas bongkahan yang lain.
- 3) Sesar samping. Dalam sesar samping, dinding gantung dan dinding pijakan bergerak secara horizontal ke kiri atau ke kanan. Gaya-gaya geser yang kuat dapat mendorong salah satu bongkahan ke arah samping bongkahan lainnya.

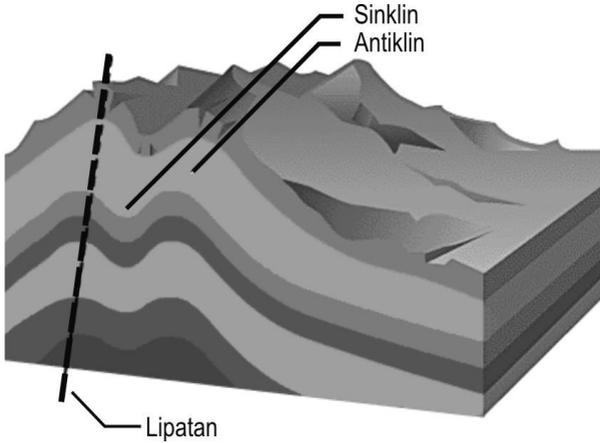


Sumber: Encarta Encyclopedia.

Gambar 1.15.

Tiga Jenis Sesar: (a) Sesar Normal, (b) Sesar Balik, dan (c) Sesar Samping

- c. Lipatan, yaitu lapisan kerak bumi yang mengalami pelengkungan. Gaya-gaya mampatan yang bekerja secara perlahan selama bertahun-tahun dapat menyebabkan batuan membengkok tanpa peregangan. Gaya-gaya ini dapat menggumpalkan lapisan-lapisan batuan menjadi lipatan-lipatan bergelombang. Lapisan-lapisan batuan yang terlipat mempunyai bagian-bagian yang melengkung ke atas dan bagian-bagian yang melengkung ke bawah, hampir mirip dengan gelombang. Bagian batuan yang melengkung ke atas disebut antiklin, sedangkan bagian batuan yang melengkung ke bawah disebut sinklin. Perhatikan Gambar 1.16. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya relief permukaan bumi ataupun terjadinya gunung-gunung.



Sumber: Encarta Encyclopedia, © Microsoft Corporation. All Rights Reserved

Gambar 1.16.  
Lipatan, Sinklin dan Antiklin

#### 4. Retakan (Patahan)

Tekanan horizontal pada lapisan-lapisan yang rapuh (misalnya kapur), demikian juga gerak vertikal, mengakibatkan timbulnya retakan ataupun tanah patah, misalnya: tanah turun (slenk), tanah naik (horst), tanah bungkuk (flexuur) dan sebagainya.

*Slenk (tanah turun)*: lapisan tanah yang terletak lebih rendah dari daerah sekelilingnya, akibat patahnya lapisan-lapisan tanah sekitarnya.

*Horst (tanah naik)*: lapisan tanah yang terletak lebih tinggi dari daerah sekelilingnya, akibat patahnya lapisan-lapisan tanah sekitarnya.

*Flexuur (tanah bungkuk)*: tanah yang tidak seluruhnya patah, sehingga terjali bentuk yang bungkuk.



Sumber: Encarta Encyclopedia, E.R. Degginger/Photo Researchers, Inc.

Gambar 1.17.  
Retakan atau Patahan (Dislokasi)

Beberapa kekar dan sesar sedemikian kecil sehingga tidak dapat dilihat. Kekar-kekar dan sesar-sesar lainnya sedemikian besarnya sehingga menghasilkan bentuk-bentuk daratan yang sangat besar pada permukaan bumi. Bentuk-bentuk daratan itu antara lain:

- a. Pegunungan, yaitu massa batuan yang timbul lebih dari 600 m di atas daratan di sekelilingnya. Ada dua jenis pegunungan yang dibentuk oleh gerakan kerak yang berlainan sebagai berikut:
  - 1) Pegunungan lipatan, yaitu pegunungan yang terbentuk sebagian besar dari lapisan-lapisan batuan sedimen yang terlipat karena gaya mampatan. Misalnya pegunungan-pegunungan Himalaya, Appalachian, Alpina, Bukit Barisan.
  - 2) Pegunungan sesar-bongkah, yaitu pegunungan yang terbentuk oleh sederet sesar-sesar normal. Misalnya pegunungan-pegunungan Sierra Nevada, Grand Tetons, dan Wasatch.
- b. Plato, yaitu daerah dataran tinggi yang cukup luas. Struktur batuannya biasanya tersusun dari lapisan-lapisan horizontal. Sebagian besar plato terbentuk karena pengangkatan secara perlahan lapisan-lapisan ini. Plato-plato sering ditemukan di samping rangkaian pegunungan. Plato-plato ini mungkin terangkat oleh gaya-gaya yang sama dengan gaya-gaya pembentuk rangkaian pegunungan tersebut. Namun demikian batuan-batuan plato tidak terlipat dan tersesar sebesar batuan-batuan

pegunungan. Lapisan-lapisan batuan dalam plato adalah horizontal. Namun suatu permukaan plato tidak selalu sama tinggi. Sungai-sungai dalam suatu plato dapat memotong secara dalam lembah-lembah pada permukaannya. Sepanjang tepi plato, sungai-sungai sering memotong ngarai kecil yang dalam. Beberapa contoh plato antara plato-plato Appalachian, Colorado, dan Dieng.

- c. Dataran-rendah, yaitu daerah dataran-rendah yang cukup luas. Dataran-rendah biasanya terbentuk oleh sedimen-sedimen yang diendapkan dalam lapisan-lapisan horizontal pada atau di bawah permukaan air laut. Sebagian besar dataran-rendah mengamati pengangkatan, tetapi tidak setinggi pengangkatan pada plato. Oleh karena itu, dataran-rendah jauh lebih rendah daripada plato.

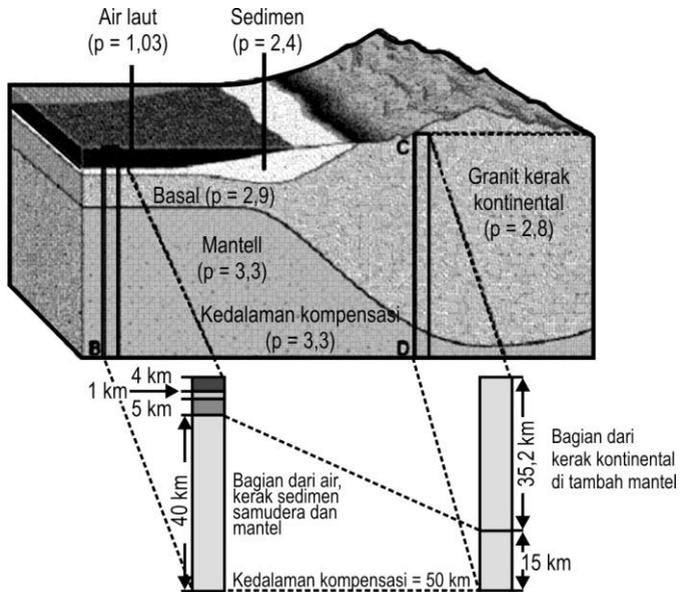
## **B. TEKTONIK LEMPENG**

Makin jauh Anda mempelajari bumi, makin banyak pertanyaan yang mungkin Anda kemukakan. Mungkin Anda bertanya-tanya mengapa gempa terjadi pada daerah-daerah tertentu, mengapa gunung api terletak dalam daerah-daerah yang sama. Jika Anda memperhatikan peta dunia, mungkin makin banyak pertanyaan yang mungkin Anda kemukakan. Jika Anda mengamati secara cermat, Anda mungkin bertanya-tanya mengapa terdapat pola-pola rangkaian pegunungan di dunia. Anda mungkin bertanya-tanya, mengapa benua dan samudra mempunyai bentuk-bentuk khas. Jika benua-benua merupakan kepingan-kepingan teka-teki raksasa yang dapat bergerak, apakah kepingan-kepingan itu cocok satu sama lain?.

### **1. Teori-teori Permulaan**

Ada beberapa teori permulaan tentang perubahan kerak bumi, masing-masing teori mempunyai kekuatan dan kelemahan tertentu, Anda akan mempelajari teori-teori ini, kekuatan dan kelemahannya dalam bagian ini.

Teori isostasi, yang menyatakan bahwa kerak bumi mengapung pada mantel. Mantel adalah benda padat, bagaimana kerak bumi padat mengapung pada benda padat yang lain? Perhatikan Gambar 1.18.



Sumber: 1998 Wadsworth Publishing Company/ITP

Gambar 1.18.

Teori Isostasi. Mengapa Benua Lebih Tinggi Daripada Dasar Samudra?

## 2. Teori Tektonik Lempeng

Tiga teori yang sudah kita bicarakan tersebut digabungkan menjadi satu teori, yaitu tektonik lempeng. Dalam bagian ini Anda akan mempelajari dasar-dasar teori baru ini.

Menjalang tahun 1960-an para ilmuwan mempunyai cukup bukti untuk meyakini bahwa benua-benua dan dasar-dasar samudra sedang bergerak. Bukti menunjukkan bahwa benua-benua dan dasar-dasar samudra itu bergerak dalam berbagai arah. Namun demikian, bukti ini tidak cocok dengan model bumi yang sekarang ada. Pada saat itu, para ilmuwan mengetahui bahwa dasar-dasar samudra dan benua-benua merupakan bagian dari litosfer. Mereka meyakini bahwa litosfer merupakan kulit berbatuan yang padat dan menyelubungi bumi. Tetapi sebuah kulit padat tidak dapat bergerak dalam berbagai arah pada saat yang sama.

Selanjutnya para ilmuwan membuat model baru yang cocok dengan semua bukti tersebut. Dalam model baru ini, litosfer terbentuk dari beberapa

keping atau lempeng raksasa yang sedang bergerak. Teori tektonik lempeng menggunakan lempeng-lempeng ini untuk menjelaskan gerakan-gerakan kerak bumi.

Benua-benua dan dasar-dasar samudra sedang bergerak karena mereka dibawa oleh lempeng-lempeng tersebut. Lempeng-lempengan yang membawa dasar-dasar samudra disebut lempeng-lempeng benua samudra. Lempeng-lempeng yang membawa benua disebut lempeng-lempeng benua. Namun demikian, beberapa lempeng membawa benua dan dasar samudra.



Sumber: Encarta Encyclopedia.

Gambar 1.19.  
Model Tektonik Lempeng Bumi

Gambar 1.19 menunjukkan penampang dari model tektonik lempeng bumi. Perhatikan bahwa zona di bawah lempeng disebut astenosfer. Astenosfer adalah lapisan lembut dari batuan hampir-cair dalam mantel. Astenosfer lebih rapat daripada litosfer dan berperilaku seperti fluida. Lempeng-lempeng menggapung pada astenosfer seperti es menggapung pada air.

Bukti-bukti menunjukkan bahwa batuan panas di bawah lempeng bergerak dalam arus-arus konveksi. Arus-arus semacam ini melakukan gaya-gaya pada kerak bumi. Gaya-gaya yang menyebabkan lempeng-lempeng bergerak.

Arus-arus dalam mantel bisa menyebabkan beberapa lempeng bertumbukan. Lempeng-lempeng lain bergerak atau meluncur satu sama lain. Sebagian besar corak-corak utama dapat dijelaskan interaksi-interaksi semacam itu antara tepi-tepi atau batas-batas lempeng.

Batas antara dua lempeng yang sedang bergerak terpisah disebut batas divergen. Pemekaran samudra terjadi pada batas-batas divergen. Selama lempeng bergerak memisah, batuan lebur yang panas terangkat dan mengisi celah ini. Batuan lebur itu mendingin dan mengeras menjadi bahan-bahan dasar samudra. Pada saat yang lama, benua-benua pada lempeng yang sedang bergerak terbawa saling menjauhi.

Pegunungan serta retakan samudra juga terbentuk pada batas-batas divergen. Pegunungan samudra terbentuk karena batas-batas divergen terdorong ke atas oleh magma yang mengalir di antara batas-batas itu. Retakan terbentuk antara lempeng-lempeng karena lempeng-lempeng itu terpisah satu sama lain.

Selama lempeng-lempeng bergerak terpisah satu sama lain, lempeng-lempeng itu bertumbukan dengan lempeng-lempeng sepanjang batas-batas konvergen. Batas konvergen adalah batas antara lempeng-lempeng yang sedang bergerak saling mendekati. Ada sejumlah peristiwa bilamana dua lempeng bertumbukan.

Bilamana dua lempeng bertumbukan, tepi-tepi lempeng itu mungkin bertumbukan lawan muka. Dampak dari tumbukan semacam itu menggumpalkan tepi-tepi lempeng. Batuan-batuan benua melekek dan melipat serta membentuk pegunungan.

Bilamana dua lempeng samudra bertumbukan, tepi-tepinya melekek ke bawah dan membentuk palung dalam. Dalam suatu proses yang disebut subduksi, salah satu lempeng menyusup di bawah lempeng lainnya dan terdorong ke bawah di dalam mantel. Karena lempeng terdorong ke dalam mantel, lempeng itu melebur. Kemudian batuan lebur ini merobek permukaan bumi. Akibatnya, deretan pegunungan bawah laut meletus. Lambat laun, busur pulau, yaitu deretan kepulauan vulkanik yang membatasi palung bisa terbentuk.

Kadang-kadang lempeng samudra bertumbukan dengan lempeng benua. Lempeng samudra yang lebih rapat menunjam ke bawah, sehingga terbentuk palung yang dalam. Sejumlah magma dari lempeng tersubduksi terdorong ke atas dan membentuk gunung api. Sejumlah magma menjadi bagian dari gunung api-gunung api yang terbentuk oleh tumbukan-tumbukan tersebut.

Bilamana terjadi tumbukan dua lempeng, tepi lempeng benua melekok dan terlipat. Deretan pegunungan yang panjang terdorong ke atas sepanjang batas benua.

Di beberapa tempat lempeng-lempeng tidak bergerak menjauh atau mendekat satu sama lain. Tempat-tempat ini disebut batas-batas netral. Pada batas-batas netral, tepi-tepi lempeng meluncur satu sama lain. Lempeng-lempeng ini meluncur sepanjang sesar ganti-bentuk yang besar. Sesar ganti-bentuk adalah rekahan besar, banyak di antaranya memanjang hampir secara tegak lurus terhadap pegunungan tengah samudra. Selama sesar ini menyebar pada pegunungan tengah samudra, potongan-potongan lempeng tergelincir satu sama lain sepanjang sesar-sesar ganti-bentuk ini. Gerakan-gerakan sepanjang sesar-sesar ganti-bentuk menghasilkan banyak gempa tetapi sedikit aktivitas vulkanik.

Di tengah lempeng, jauh dari kegiatan tepi lempeng biasanya cenderung tenang. Namun demikian, beberapa gunung api terjadi pada tengah lempeng. Para ilmuwan meyakini bahwa di beberapa tempat terdapat titik panas (atau *hot spot*) dalam mantel. Titik panas adalah tempat dalam di mana sejumlah besar panas terangkat. Panas ini meleburkan lempeng di atasnya, membentuk kolom raksasa tempat aliran magma. Magma ini menyebabkan lempeng menggelembung. Jika lempengan itu merekah, magma tersembur seperti gunung api. Aktivitas vulkanik semacam ini mungkin terjadi pada dasar samudra, di mana lempeng-lempeng paling tipis. Selama lempeng bergerak gunung api terbawa melewati titik panas dan menjadi mati. Gunung api baru terbentuk di atas titik panas. Setelah jangka waktu lama, rantai pegunungan yang panjang terbentuk. Kepulauan Hawaii merupakan bagian dari rantai pegunungan semacam itu.

## C. GEMPA DAN GUNUNG API

### 1. Gempa

Gempa merupakan salah satu gaya alam yang cukup kuat. Dalam sejarah gempa telah menyebabkan kerusakan berukuran besar. Apakah gempa itu? Apa yang menyebabkan gempa terjadi? Bagaimana gempa mengubah kerak bumi. Bacalah uraian berikut untuk menjawab pertanyaan tersebut.

a. *Sebab dan akibat gempa*

Gempa adalah getaran kerak bumi secara tiba-tiba. Ilmu pengetahuan yang mempelajari gempa disebut seismologi. Para ilmuwan yang mempelajari gempa disebut seismolog. Para seismolog menduga bahwa lebih dari satu juta gempa yang terjadi tiap tahun. Dalam sebagian besar gempa, hampir tidak teramati. Tetapi, selama gempa besar, kerak bumi terguncang secara kuat. Guncangan ini dapat membelah kerak bumi dan merobohkan orang yang sedang berdiri.

Apakah, penyebab gempa? Sejumlah gempa disebabkan oleh letusan vulkanik. Selama letusan, magma yang bergerak di bawah permukaan bumi dapat menyebabkan kerak bumi terguncang. Bahkan letusan itu dapat membuat kerak bumi bergetar. Namun, sejauh ini sebagian besar gempa disebabkan oleh perseseran secara tiba-tiba. Perseseran adalah gerakan batuan sepanjang sesar.

Salah satu penjelasan bagaimana perseseran dapat disebabkan oleh menyebabkan gempa ditunjukkan pada Gambar 1.20.

Batuan-batuan kerak juga dapat patah ketika gaya-gaya terkumpul. Kemudian ujung bongkahan-bongkahan bantuan yang pecah ini melenting. Tiba-tiba bongkahan-bongkahan batuan itu bergesekan satu sama lain. Guncangan dari gerak ini mengatarkan kerak bumi dan membangkitkan gempa. Penjelasan tentang terjadinya gempa semacam itu disebut Teori Pantulan Elastik.



Sumber: Encarta Encyclopedia, Microsoft Corporation. All Rights Reserved.

Gambar 1.20.  
Pantulan Elastik

Gempa berawal pada fokus atau sumber gempa. Fokus adalah titik di bawah permukaan bumi tempat batuan-batuan pecah dan bergerak terpisah. Sering kali fokus juga disebut dengan sumber gempa. Gerakan pada fokus ini mengirimkan gelombang getaran ke segala arah. Gelombang-gelombang getaran yang disebabkan oleh gempa disebut gelombang seismik. Gelombang-gelombang seismik menyebabkan kerak bumi bergetar.

Orang-orang di atas fokus merasakan bumi berguncang ketika gelombang-gelombang seismik mencapai permukaan bumi. Titik pada permukaan bumi yang secara langsung berada di atas fokus disebut pusat gempa (atau epicenter). Kerusakan pada pusat gempa biasanya paling besar karena tempat ini sedemikian dekatnya dengan sumber gempa. Setelah gelombang merambat jauh dari fokus gelombang itu menjadi makin lemah. Orang-orang yang berada jauh dari pusat gempa hampir tidak merasakan guncangan.

Akibat-akibat gempa bisa bermacam-macam. Akibat-akibat ini terutama tergantung pada kekuatan gelombang seismik. Akibat-akibat gempa itu juga tergantung pada jenis bahan yang dilewati gelombang.

Selama gempa tanah bisa terguncang dalam beberapa sekon atau beberapa menit. Pada batuan pada, tanah yang terguncang mungkin hanya dirasakan sebagai suatu guncangan. Tetapi, pada tanah goyah yang terendam air guncangan itu dirasakan sebagai sentakan yang kuat.

Getaran yang tiba-tiba sepanjang sesar bisa menyebabkan permukaan terangkat, turun, atau tergeser ke samping. Struktur atau corak permukaan yang menyilang sesar bisa terobek atau tergeser oleh gerakan semacam ini.

Gempa bawah laut menyebabkan gelombang laut sangat besar yang disebut tsunami. Tsunami merambat melalui samudra dengan laju sangat besar, bisa mencapai ratusan kilometer tiap jam. Gelombang-gelombang besar ini bisa membentang beberapa kilometer dari puncak ke puncak gelombang. Tsunami bisa mencapai ketinggian puluhan meter ketika mencapai pantai, sehingga merusak segala sesuatu yang ditumbuk.

Getaran tanah yang terjadi selama gempa sebenarnya jarang mengakibatkan kematian serta luka-luka pada manusia dan hewan. Sebagian besar kematian serta luka-luka pada manusia dan hewan disebabkan oleh runtuhnya bangunan. Kematian dan luka-luka itu juga disebabkan oleh kebakaran yang terjadi karena hubungan pendek jaringan listrik. Untuk melindungi diri Anda selama gempa, Anda seharusnya keluar rumah, bukan bersembunyi di bawah meja atau tempat tidur. Jika Anda berada di luar

rumah ketika gempa berlangsung hendaknya Anda berdiri jauh dari bangunan tinggi atau jaringan listrik.

*b. Gempa bumi*

Gempa bumi ialah gerak atau getar kulit bumi yang disebabkan oleh gaya endogen.

## 2. Perambatan Getaran

*a. Hyposentrum*

Berasal dari kata; hypo = bawah; sentrum = pusat, ialah tempat asal mulanya getaran gempa. Terdapat di bawah permukaan bumi, Untuk gempa tektonik, *hyposentrum* merupakan garis sampai ratusan kilometer.

Pada usianya terletak antara 10–50 km di bawah permukaan bumi, adakalanya sampai 700 km.

Gempa bumi ini disebut gempa bumi dalam, misalnya di Anatalia. Biasanya sampai di permukaan bumi tak begitu kuat lagi akibatnya.

Dari *hyposentrum* ada dua macam getaran (dalam bumi).

- 1) Gelombang longitudinal: searah dengan jurusan pukulan yang menimbulkan getaran amplitudonya kecil. Kecepatannya 7,5–14 km per detik. Disebut juga gelombang primair (P) karena terasa dahulu.
- 2) Gelombang transversal, tegak lurus pada arah pukulan, amplitudonya lebih besar. Kecepatannya 3,5–7 km per detik. Disebut gelombang sekunder (S) karna datangnya setelah gelombang P.

*b. Episentrum*

Tempat di permukaan bumi terdekat (tegak lurus) dengan *hyposentrum*, disebut episentrum atau pusat gempa di permukaan bumi.

Dari episentrum terjadi gelombang permukaan bumi. Gelombang permukaan ada dua macam:

- 1) Gelombang love, yang melintang pada arah getaran.
- 2) Gelombang Rayleigh, yang searah dengan arahnya getaran.

*c. Makroseisma*

Daerah sekitar episentrum yang terhebat menderita kerusakan, disebut makroseisma. Daerah ini dibatasi oleh garis pleistoseista.

d. *Mikroseisma*

Getaran kulit bumi yang amat halus, tidak terasa, kecuali oleh seismograf-seismograf yang amat halus, disebut mikroseisma. Hal ini disebabkan oleh angin ribut.

e. *Peta gempa bumi*

- 1) Pleistoseista, ialah daerah yang dibatasi/dilingkungi oleh isoseista pertama. Daerah ini berada di sekitar episentrum yakni yang paling hebat di rusak gempa.
- 2) Isoseista, ialah garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang sama keras getaran gempanya. Garis ini dapat ditarik dengan membanding-bandingkan kerusakan-kerusakan yang semacam (akibat gempa itu) misalnya kerusakan-kerusakan pada gedung di berbagai tempat.

f. *Besar getaran gempa*

- 1) Untuk menentukan besarnya getaran suatu gempa, maka jauh sebelumnya orang-orang hanya melihat besarnya kerusakan yang terjadi. atapun besarnya getaran yang dirasakan.
- 2) Guna memudahkan pengamatan maka dibuat suatu klasifikasi pengamatan yang dihubungkan dengan daftar intensitas gempa. Skala intensitas yang banyak dipergunakan sekarang ini adalah menurut "Modified Mercall Intensity" dengan 12 tingkatan kekuatan gempa.
  - (a) jarak tempat tersebut ke episentrum gempa (titik pada permukaan bumi yang tegak lurus di atas fokus gempa);
  - (b) kedalaman gempa;
  - (c) keadaan geologi setempat dan lain-lain.
- 3) Magnitudo, ialah jumlah energi gempa yang dilepaskan fokus gempa. Skala magnitudo yang telah diterima sebagai standar internasional adalah berasal dari Richter. Menurut Richter, magnitudo gempa dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$M = \log A - \log A_0$$

M = Magnitudo.

A = Amplitudo tanah maksimum.

AD = Koreksi jarak pencatat dengan pusat gempa.

- 4) Homoseista, ialah garis pada peta yang menghubungkan tempat-tempat yang pada saat yang sama mengalami getaran gempa.

Bentuk homoseista:

Bentuk *ellips*, apabila gempa yang terjadi disebabkan oleh retakan. Jadi episentrumnya merupakan garis. Itu disebut gempa linear.

Berbentuk bulat, menunjukkan adanya gempa sentral. Jika garis homoseista diketahui, maka tempat episentrum dapat diperkirakan tempatnya.

g. *Macam-macam gempa*

- 1) Gempa tektonis (gempa dislokasi).

Terjadi karena pergeseran letak lapisan kulit bumi/dislokasi. Gempa semacam inilah yang teramat hebat dan sering menimbulkan malapetaka besar.

- 2) Gempa gunung berapi (gempa vulkanis).

Terjadi bersamaan waktunya dengan meletusnya sesuatu gunung berapi ataupun tidak lama dan sesudahnya. Gempa semacam ini lemah. Hanya terasa di sekitar gunung berapi itu.

- 3) Gempa bumi guguran, terjadi karena dinding gua di dalam tanah gugur. Hanya merupakan gempa bumi kecil kebanyakan di daerah kapur dan di daerah tambang-tambang.

h. *Daerah gempa bumi*

- 1) Lipatan pegunungan muda:

- (a) Sirkum Pasifik
- (b) Sirkum Mediteran (Trans Asia)
- (c) Trans Atlantik.

- 2) Daerah retakan:

- (a) Untuk Indonesia daerah gempa utamanya ialah melingkari sebelah selatan Kepulauan Indonesia. Garis melingkar itu mulai dari lembah Baliem (Irian), keluar melalui laut Aru, terus menelusuri selatan Tanimbar ke sebelah selatan timur, berjalan sejajar dengan kepulauan Nusa Tenggara Barat dengan jarak dari pantai antara 100–200 km, terus melalui selatan Jawa dan membelok ke barat Laut sejajar dengan garis luar jajaran pulau-pulau di Sumatra dari

Enggano, Mentawai, Nias, Simelue, sampai ke kepulauan Nicobar dan Andaman.

(b) Afrika Timur: memanjang dari selatan sampai utara.

*i. Beberapa gempa bumi yang sangat hebat*

- 1) Gempa bumi di San Fransisco tahun 1906 menimbulkan kerugian 250 juta dolar AS.
- 2) Gempa bumi di Jepang tahun 1923, beberapa tempat retak-retak tanahnya dan ada bagian-bagian yang terangkat atau tenggelam.
- 3) Di Aljazair tahun 1960.
- 4) Di Chili tahun 1960, tanah retak dan timbul gunung-gunung api.
- 5) Irian Jaya tahun 1971 dan 1977.

*j. Kerugian adanya gempa bumi*

Gempa bumi menimbulkan bencana besar, karena datangnya sekonyong-konyong, tak dapat diperhitungkan lebih dahulu. Kita hanya dapat berusaha mengurangi akibat bencana itu. Di Jepang usaha-usaha itu misalnya:

- 1) Rumah-rumah dibangun sejajar dengan arahnya jalan gempa
- 2) Pondamen rumah dimasukkan dalam tanah pasir.

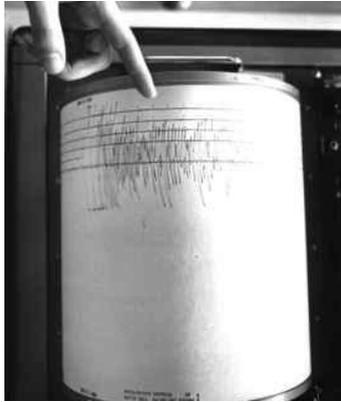
*k. Keuntungan gempa bumi*

Dari kecepatan getaran serta perubahannya kita dapat mengetahui macam-macam batuan di dalam bumi. Begitu pula didapati bahwa inti bumi itu radiusnya  $\pm 2.900$  km.

Untuk penyelidikan tambang minyak, sering dipergunakan gempa bumi buatan, dengan meledakkan dinamit.

*l. Seismograf*

ialah alat pencatat getaran gempa bumi. Prinsipnya: Kita harus punya alas yang tak turut bergetar, bila bumi bergetar. Tetapi alat tersebut pada hakikatnya sukar kita miliki. Kita harus puas dengan menggunakan hukum lembab. Seperti terlihat dalam gambar. Bandul itu dipergunakan sebagai masa stasionair, biarpun bumi bergerak dia akan tetap diam, sehingga getaran tercatat pada kertas yang terletak di bawahnya. (Perhatikan Gambar 1.21)



Sumber: Encarta Encyclopedia, UPI/The Bettmann Archive.

Gambar 1.21.  
Diagram Seismograf

*m. Macam-macam seismograf*

- 1) Seismograf horizontal, yaitu untuk mencatat getaran gempa bumi arah mendatar.
- 2) Seismograf vertikal, untuk mencatat getaran gempa bumi arah tegak.

Beberapa ahli seismograf antara lain: Bosch, Omogri, Wicchert, dan Balaitzen.

Di dalam sebuah pusat stasiun gempa bumi terdapat sedikitnya sepangan seismograf horizontal, letaknya tegak lurus pada masing-masing.

Hasil catatan seismograf disebut seismogram, dengan membandingkan kedua seismograf, hasil kedua seismograf horizontal itu, dapat diketahui dari mana arah datangnya gempa bumi. Misalnya seismograf yang dipasang arah barat timur tercatat, sedang utara selatan tidak, berarti bahwa gempa bumi datang dari jurusan utara selatan.

### 3. Mengukur Gempa

Alat untuk mendeteksi, mengukur, dan merekam gelombang-gelombang seismik yang dihasilkan oleh gempa disebut seismograf. Seismograf bekerja berdasarkan asas bahwa benda-benda yang diam cenderung tetap diam.

Seismograf terdiri dari beban berat yang tergantung dan tetap tidak bergerak sementara bumi di bawahnya bergerak. Piranti perekam, mirip

dengan pena dilekatkan pada beban itu. Pena tersebut menyentuh secarik kertas. Kertas ini digulung sekeliling drum yang berputar. Keseluruhan peranti tersebut ditempatkan secara kuat pada batuan dasar.

Ketika gelombang-gelombang seismik menggetarkan batuan dasar, drum tersebut bergetar bersamanya. Namun beban berat tetap tidak bergerak selama jangka waktu panjang. Karena drum yang sedang bergetar itu berputar, pena yang tidak bergerak merekam garis “zig-zag” pada kertas. garis zig-zag yang terekam pada kertas itu disebut seismogram. Ketika bumi tenang, seismogram menunjukkan garis yang hampir lurus. Selama gempa garis itu menjadi zig-zag. Seismograf-seismograf dapat mengukur getaran-getaran dalam tiga arah yang berbeda bawah, utara-selatan, dan timur-barat.

## **D. GUNUNG API**

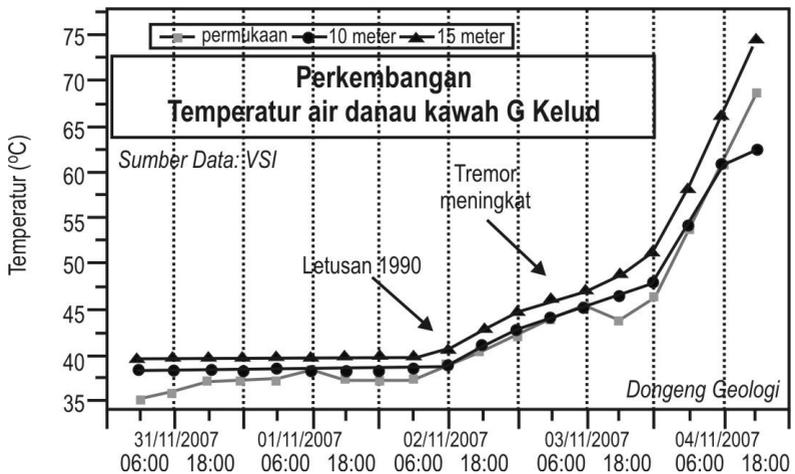
Indonesia banyak mempunyai gunung api. Mungkin Anda pernah mengamati bahwa banyak gunung api yang masih aktif dan kadang-kadang meletus. Mungkin Anda pernah mengamati peristiwa letusan gunung api dan akibat-akibatnya. Gunung api seolah-olah merupakan jendela dari bagian dalam bumi. Ahli-ahli geologi dapat menentukan temperatur di dalam gunung api/ Mereka dapat mengambil sampel lava, batuan vulkanik, dan gas-gas. Pengamatan-pengamatan ini mengarah pada gagasan baru tentang struktur bumi. Berikut ini kita akan membahas gejala-gejala yang berkaitan dengan gunung api.

### **1. Panas di dalam Bumi**

Di bawah kerak bumi luar yang dingin, bagian dalam bumi ternyata panas. Bagaimana para ilmuwan mengetahui hal ini? Bukti mereka berasal dari eksplorasi kerak, di atas dan di bawah permukaan bumi. Pada permukaan, mereka dapat menemukan bahan-bahan panas yang terlepas dari bawah. Sebagai contoh lava lebur yang panas mengalir keluar dari gunung api. Air uap air panas keluar dari lobang tertentu pada permukaan bumi.

Tambang-tambang dan sumur-sumur yang dalam di bawah permukaan bumi juga memberikan bukti panas di dalam bumi. Selama pengeboran ke dalam kerak bumi menjadi makin dalam, temperatur menjadi makin tinggi. Sumur-sumur minyak paling dalam bisa mencapai kedalaman 8 km dalam kerak bumi. Temperatur minyak dari sumur ini kira-kira 150°C. Temperatur tinggi dan tekanan besar mencegah pengeboran lebih dalam lagi.

Untuk setiap kilometer pengeboran di bawah permukaan bumi, temperatur naik kira-kira 30°C. Para ilmuwan meyakini bahwa temperatur-temperatur di dalam bumi tetap bertambah terhadap kedalaman temperatur ini mungkin mencapai 5.000°C atau lebih pada inti bumi. Perhatikan Gambar 1.22.



Sumber: Data VSI.

Gambar 1.22.  
Temperatur di dalam Bumi Bertambah Terhadap Kedalaman

Apa yang menyebabkan di dalam bumi sedemikian panas? Jawaban terhadap pertanyaan ini masih diselidiki. Sekurang-kurangnya ada tiga sumber panas dalam bumi, yaitu peluruhan radioaktif, panas asli, dan gesekan.

Sebagian besar panas dalam bumi tampaknya berasal dari uranium, potasium, dan unsur-unsur lainnya. Unsur-unsur ini merupakan unsur radioaktif. Unsur-unsur semacam itu mengalami proses yang disebut peluruhan. Peluruhan radioaktif adalah pembelahan inti-inti atom. Selama inti membelah, inti ini melepaskan partikel-partikel dan energi. Proses ini tampaknya berlangsung pada banyak unsur dalam kerak bumi dan di bawahnya. Energi yang dilepaskan dalam proses tersebut diubah menjadi panas di dalam bumi.

Sejumlah panas di dalam bumi bisa terperangkap ketika bumi mula-mula terbentuk. Mula-mula bumi merupakan bahan lebur yang panas. Dalam perjalanan waktu, bagian luar bumi mendingin dan mengeras menjadi kerak padat dan mantel. Batuan padat tidak memungkinkan panas lewat. Segera setelah kerak bumi terbentuk, panas di bawahnya terperangkap. Akibatnya, laju kehilangan panas berkurang. Para ilmuwan membayangkan sejumlah panas di dalam bumi adalah panas asli yang belum terlepas.

Sejumlah panas di dalam bumi tampaknya berasal dari gesekan. Gesekan dihasilkan oleh gerakan, massa batuan yang besar di dalam bumi. Gesekan ini menghasilkan panas yang terkumpul dalam kerak bumi. Gesekan bisa menjelaskan mengapa gunung api ditemukan di daerah-daerah gerakan kerak yang besar.

Panas luar biasa di bawah permukaan bumi menyebabkan batuan melebur menjadi magma, yaitu batuan lebur yang panas di bawah permukaan bumi. Magma tampaknya terbentuk pada kedalaman 40 km sampai 60 km di bawah permukaan bumi. Di bawah kedalaman itu, tekanan besar mencegah batuan dari peleburan. Jadi, magma terbentuk dalam kerak bagian bawah dan mantel bagian atas. Peleburan terjadi dalam dapur magma, yaitu daerah yang merupakan tempat panas terkumpul atau tekanan berkurang.

Magma selalu panas berpijar. Temperaturnya membentang dari  $650^{\circ}\text{C}$ , sampai  $1.300^{\circ}\text{C}$ . Pada umumnya, makin panas suatu magma, makin encer magma yang bersangkutan. Magma juga mengandung gas-gas yang terlarut, tekanan bumi mempertahankan gas-gas terperangkap dalam magma.

Komposisi magma tergantung pada jenis batuan pembentuk magma itu. Ada dua jenis magma, yaitu magma granitik dan magma basaltik. Gambar 1.23 menunjukkan perbedaan dua jenis magma ini.



Gambar.1.23.  
Dua Jenis Magma

Bilamana batuan padat melebur menjadi magma batuan itu mengembang batuan itu juga menjadi kurang rapat dibandingkan batuan sekitarnya karena kerapatannya lebih rendah, magma cenderung terangkat ke permukaan bumi. Jika magma mencapai permukaan bumi, magma itu terlepas sebagai lava. Gunung api terbentuk pada tempat-tempat lava termuntahkan melalui rekahan-rekahan dalam kerak bumi.

Selama lava mengalir keluar kerak bumi, lava melepaskan banyak gas-gas terlarut yang dikandungnya temperatur lava setelah mencapai permukaan bumi bisa membentang dari  $750^{\circ}\text{C}$  sampai  $1.100^{\circ}\text{C}$ . Dalam waktu pendek lava mendingin dan mengeras menjadi batuan padat. Para ilmuwan mempelajari batuan semacam itu untuk menemukan komposisi lava.

Letusan gunung api telah menyebabkan bencana. Namun, gunung api juga telah menghasilkan lahan pertanian yang subur. Abu dan lava dari letusan vulkanik menambahkan mineral-mineral pada tanah. Mineral-mineral ini diperlukan untuk pertumbuhan tanaman.

## 2. Vulkanisme di atas Tanah

Gerakan batuan cair yang panas di bawah dan di atas kerak bumi disebut vulkanisme. Pada bagian ini kita akan mempelajari vulkanisme ekstrusif, yaitu gerakan lava pada permukaan kerak bumi. Secara singkat, kita akan mempelajari gunung api. Kita juga akan mempelajari bagaimana dan di mana gunung api terbentuk serta bagaimana gunung api membentuk permukaan bumi.

Istilah gunung api mengacu pada suatu lubang dalam kerak bumi yang dilewati oleh bahan-bahan dimuntahkan. Gunung api juga mengacu pada gunung yang terbentuk oleh bahan-bahan ini. Bahan-bahan yang termuntahkan dari gunung api termasuk magma, gas-gas panas, dan batuan padat.

Andaikata Anda dapat berjalan turun ke dalam gunung api, Anda mungkin menemukan tempat bahan-bahan tersebut berasal. Akhirnya Anda akan mencapai dapur magma. Magma yang terpanaskan naik ke atas dari dapur magma melalui rekahan-rekahan dalam batuan padat. Magma ini memaksa rekahan-rekahan melebar. Lambat laun magma memecah permukaan bumi dan meletus.

Letusan magma ke permukaan bumi ini juga disebut erupsi. Perhatikan Gambar 1.24.

Selama letusan, bahan-bahan menyebar ke segala arah dari kepundan. Kepundan adalah lubang tengah gunung api. Banyak bahan tertumpuk di sekitar kepundan. Lambat laun bahan ini membentuk gundukan. Setiap letusan baru, makin banyak bahan yang menambah tinggi dan lebar. gundukan lama kelamaan gundukan itu tumbuh menjadi bukit atau gunung.



Sumber: Encarta Encyclopedia.

Gambar 1.24.  
Pembentukan Gunung Api. Gunung Api Bertambah Ukuran dengan  
Letusan yang Berulang-ulang

Pada puncak gunung api Anda dapat menjumpai kawah. Kawah adalah lekukan mirip mangkuk yang mengelilingi kepundan gunung api. Di Puncak beberapa gunung api terdapat yang disebut kaldera. Kaldera adalah kawah gunung api yang sangat besar yang terbentuk oleh runtuhnya gunung api.

Tidak ada dua erupsi vulkanik yang tepat sama. Namun demikian, pada dasarnya kita mengenal dua jenis erupsi yaitu tenang dan erupsi eksplosif.

Dalam erupsi tenang, lava cair mengalir dari keluar dari kepundan gunung api. Lava basaltik berair yang tipis cenderung mengalir secara tenang dari kepundan gunung api. Lava ini menyebar dalam lembaran-lembaran tipis yang lebar. Beberapa karakteristik erupsi tenang antara lain:

- a. Bahan batuan samudra yang bersifat basaltik.
- b. Tidak mengandung bahan-bahan gas dan bahan-bahan yang mudah menguap seperti bahan batuan kontinental.
- c. Tekanan yang dilakukan pada lava dilepaskan segera setelah lubang gunung api bersih.
- d. Lava keluar dari gunung api dalam bentuk aliran besar.
- e. Lava diklasifikasikan menurut viskositasnya, yaitu:
  - 1) Aa, dengan sifat-sifat:
    - (a) Tipis.
    - (b) Encer dalam keadaan lebur.
    - (c) Membentuk lapisan bergerigi dari kepingan-kepingan pecahan lava setelah lava mendingin.
    - (d) Tampak seperti kepingan-kepingan kaca yang menempel bersama selama aliran lava bergerak.
  - 2) Pahoehoe, dengan sifat-sifat:
    - (a) Tebal.
    - (b) Kurang encer jika dibandingkan dengan lava.
    - (c) Lapisan luar tampak licin dan bergelombang.

Dalam erupsi eksplosif, lava terlempar secara keras dari gunung api. Lava tebal granitik seperti bubur mengandung gas cenderung meletus secara keras. Sebelum erupsi semacam ini lubang kepundan terhalang atau tertutup sama sekali. Tekanan terkumpul sampai gas-gas terlepas bebas dalam letusan besar. Beberapa karakteristik erupsi eksplosif antara lain.

- a. Bahan batuan kontinental yang bersifat granitik.
- b. Lava mengandung gas dan bahan yang mudah menguap.
- c. Tekanan gas-gas yang memaksa batuan lebur ke permukaan, menyebabkan lava meledak keluar permukaan gunung api.

- d. Bahan-bahan piroklastik, lava yang membeku, dalam bentuk abu (berukuran debu: kurang dari 0,10 inci), sinder (berukuran kerakal: 0,10–0,5G inci), dan bom (berukuran 0,50–24,0 inci) terlempar dari gunung api.
- e. Erupsi eksplosif yang tidak termasuk lava adalah “nuee ardente”, dengan karakteristik:
  - 1) Awan gas sangat panas yang mengandung uap dan abu yang terlepas dari gunung api.
  - 2) Temperaturnya sering kali lebih dari 3.000°F.
  - 3) Bergerak dengan laju sangat cepat dan tidak tergantung pada kemiringan lereng gunung api.

Para ahli geologi mengelompokkan gunung api berdasarkan bentuk dan komposisinya. Dua faktor yang menentukan bentuk gunung api adalah jenis erupsi dan jenis bahan yang tererupsi. Beberapa kelompok gunung api tersebut antara lain:

- a. Kerucut sinder, yaitu gunung api kecil, berbentuk kerucut, bersisi terjal, yang terbentuk dari sinder atau abu vulkanik yang terlepas-lepas dan partikel-partikel batuan lainnya. Jenis gunung api ini terbentuk oleh erupsi-erupsi eksplosif. Salah satu contohnya adalah Paricutin di Mexico.
- b. Gunung api perisai, yaitu gunung api besar, berbentuk kubah, yang terbentuk dari lapisan-lapisan aliran lava yang membeku. Jenis ini terbentuk karena ledakan tenang. Contoh gunung api ini adalah gunung api di Kepulauan Hawai.
- c. Gunung api gabungan, yaitu gunung api sangat besar, berbentuk kerucut simetris, yang terbentuk secara bergantian dari lapisan-lapisan lava membeku dan partikel-partikel batuan. Jenis gunung api gabungan terbentuk oleh periode bergantian dari erupsi tenang dan erupsi eksplosif. Contoh gunung api ini adalah Vesuvius (Italia) dan St. Helen (Washington).
- d. Plato basal, yaitu plato yang terdiri dari bahan batuan basal. Dalam beberapa kasus magma dilepaskan sebagai lava melalui rekahan-rekahan terbuka yang panjang, Lava basal bisa tercurah melalui rekahan semacam itu berukuran besar. Lava semacam itu menyebar dalam lapisan-lapisan datar yang tipis. Lava ini bisa menyelubungi bukit dan lembah yang sudah ada. Lambat laun aliran-aliran lava yang besar ini tertimbun satu sama lain dan membentuk plato basal.

Ribuan gunung api tersebar di seluruh permukaan bumi. Sejumlah gunung api itu masih aktif. Gunung api aktif adalah gunung api yang saat ini masih; erupsi atau baru saja erupsi. Sebagian besar gunung api aktif di dunia terletak di Cincin Api Pacific. Gunung api-gunung api aktif juga terletak di daerah Mediterania dan di tengah Afrika Timur. Mauna Loa adalah gunung api aktif di Kepulauan Hawaii.

Banyak gunung api yang beristirahat atau mati. Gunung api beristirahat adalah gunung api saat tidak erupsi, tetapi dalam catatan sejarah pernah erupsi. Gunung St. Helen dianggap beristirahat sampai gunung itu erupsi dalam tahun 1980. Gunung api mati adalah gunung api yang tidak erupsi dalam catatan sejarah danau Kawah di Oregon berada di puncak gunung api mati.

### **3. Vulkanisme Bawah Tanah (Plutonisme)**

Gerakan magma di bawah permukaan tanah disebut vulkanisme intrusif. Salah satu bentuk vulkanisme bawah tanah adalah intrusi. Beberapa gejala yang terkait dengan intrusi adalah dike, sill, lakolit, batolit, dan stock.

Sejumlah magma tidak mengalir keluar ke permukaan kerak bumi. Magma ini mengalir ke atas ke dalam rekahan-rekahan atau menyebar di antara lapisan-lapisan batuan. Kemudian magma ini mendingin secara perlahan dan mengeras menjadi lempengan-lempengan atau massa besar batuan bawah tanah.

Aliran magma yang mendingin dan mengeras mencapai permukaan bumi disebut intrusi. Intrusi bisa mempunyai berbagai bentuk karena magma dapat mengeras dalam berbagai posisi.

Dike (retas) adalah intrusi rata yang terbentuk karena magma mengeras dalam rekahan vertikal. Sill adalah intrusi rata yang terbentuk bilamana magma mengeras di antara lapisan-lapisan batuan.

Sill dan dike mempunyai ukuran bervariasi. Beberapa intrusi ini berukuran kecil dan lainnya berukuran besar. Jika batuan di sekitar dike berukuran besar terobek, dike itu tersingkap sebagai pegunungan panjang. Sill yang tersingkap juga membentuk pegunungan atau karang terjal.

Kadang-kadang magma yang terdorong ke dalam sill adalah tebal dan seperti bubur. Magma ini tidak menyebar di antara lapisan-lapisan batuan melainkan mendorong ke atas, membentuk intrusi mirip kubah yang disebut lakolit.

Ketika magma mendorong ke atas, magma ini mengangkat lapisan-lapisan batuan di atasnya, sehingga terbentuk gunung kubah. Gunung kubah

adalah gunung bundar yang luas, yang terbentuk bilamana lapisan-lapisan batuan terangkat.

Batolit adalah intrusi yang terbesar dan terdalam. Batolit adalah intrusi raksasa, berbentuk tak teratur, yang membentang jauh ke dalam kerak bumi. Beberapa batolit telah terangkat di atas permukaan laut. Setelah batuan-batuan yang menyelubungi terobek, batolit menjadi tersingkap dan tampak seperti bukit terjal yang besar. Batolit telah banyak ditemukan di banyak barisan pegunungan. Sierra Nevada di California berisi sejumlah batolit yang menutup lebih dari daerah seluas 4.000 km<sup>2</sup>. Di beberapa tempat, daerah batolit yang lebih kecil telah tersikap, batolit dengan daerah singkapan kurang dari 100 km<sup>2</sup> disebut stock.

Ketika gunung api menjadi mati, banyak magma tertinggal di dalam dan di bawahnya. Bahan ini juga mendingin dan mengeras menjadi intrusi. Pasak atau lajur vulkanik memadat dalam lubang kepundan gunung api dan tidak pernah mencapai permukaannya. Bilamana kerucut gunung api terobek, menara batuan bergerigi tertinggal.

#### a. *Erupsi*

Meletusnya magma itu ke permukaan bumi, dengan segala peristiwa yang menyertainya disebut erupsi (eruption = letusan, muntah). Jika magma itu telah berada di atas permukaan bumi dinamakan lava

Bahan-bahan yang diletuskan terdiri dari:

- 1) Bahan padat: (nama umumnya: efflata):
  - (a) Bom-bom vulkanis (batu lava yang besar, sebesar tinju sampai beberapa meter kubik).
  - (b) Lapilli (batu lava yang kecil, sebesar kacang atau kerikil).
  - 3) Pasir (batu lava yang halus). Debu (batu lava yang terhalus). Batu apung yang sangat porous (berpori-pori) yang karena ringannya terapung-apung di air.
- 2) Bahan cair: lava  
Bahan berupa gas; (nama umum yaitu exhalasi): asam belerang, zat air belerang, zat air arang, zat air, uap air dan sebagainya.

#### b. *Jenis erupsi*

- 1) Membangun: Jika tekanan gas pada magma tidak tinggi dan letaknya juga tidak dalam maka letusannya pun tidak akan keras. Hal ini

mengakibatkan bahan-bahan yang dimuntahkan gunung berapi itu akan bertimbun-timbun di sekitar kawahnya, hingga membentuk (membangun) suatu gunung. Contohnya gunung berapi perisai di Hawaii dan gunung-gunung berapi di Indonesia. (Gunung Merapi di Jawa Tengah tidak keras letusannya karena dapur magmanya tidak dalam dan tekanan gasnya tidak tinggi. Ia berbahaya bukan karena dahsyat letusannya, tetapi awan pijarnya yang membuat hewan dan manusia mati lemas).

- 2) Merusak: Jika tekanan gas pada magma tidak tinggi dan letaknya itu amat dalam, maka letusannya akan amat hebat. Dalam hal ini dinding kawah akan rusak dengan sangat dan bersama-sama bahan-bahan letusan, dinding, kawah itu pun terpecahlah jauh dan terbang ke mana-mana. Bagian-bagian dinding kawah yang menjadi lebar dan curam itu runtuh pula ke dalam sehingga kawah itu tampak lebih luas lagi. Kawah yang amat luas ini disebut kaldera (bahasa Spanyol). Contoh Kaldera Gunung Krakatau.

c. *Gunung berapi*

Gunung berapi ialah tempat meletusnya magma pada permukaan bumi “mulut” tempat memuntahkan magma itu di puncak gunung berapi itu disebut kawah. Saluran di dalam gunung berapi, yang menghubungkan kawah dengan dapur magma disebut saluran kawah (diatrema). Kebanyakan gunung-gunung berapi terdapat di tepi laut yang dalam. Misalnya di Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Maluku, Filipina, Jepang, Kamysatka, Etna dan Vesuvius.

Gunung berapi dapat kita bagi atas tiga macam:

- 1) Gunung berapi perisai (gunung berapi lava). Jika yang keluar dari kawah gunung berapi itu hanya lava yang cair, maka selalu meleleh ia tak dapat bertimbun-timbun menjadi tinggi. Maka terbentuklah gunung lava yang tidak tinggi dan lerengnya sangat landai hingga menyerupai perisai. Jadi menurut bentuknya disebut orang gunung berapi perisai. Sedang menurut bahan-bahannya disebut gunung berapi lava. Contoh di Hawaii (Gunung Kilasuea dan Mauna Loa) .
- 2) Gunung berapi strato (stratum = lapisan). Jika selain lava yang cair, keluar pula bahan-bahan yang padat (bom, lapilli, pasir dan sebagainya) dari kawah, maka makin lama terjadilah timbunan yang makin tinggi, yang terdiri dari lapisan-lapisan lava dan benda-benda padat tersebut.

Dalam hal seperti ini terjadilah gunung berapi berbentuk kerucut. Gunung-gunung berapi di Indonesia adalah gunung-gunung berapi strata. Contoh: Merapi (di Jawa Tengah), Kelud (di Jawa Timur) dan sebagainya.

- 3) *Maar*. Ada gunung berapi yang meletus sekali saja, dan sesudah itu segala peristiwa vulkanisme terhenti. Maka yang tinggal hanyalah kawahnya. Inilah yang disebut Maar. Biasanya dinding maar ini agak berbentuk lingkaran dan dasarnya, agak rata. Ada maar yang berisi air hingga merupakan danau kecil. Tetapi ada pula yang kering, jika dasar dindingnya tidak dapat menahan air. Maar dapat kita pandang sebagai bentuk yang paling sederhana dari gunung berapi. Contoh: Maar di gunung Lamongan (Jawa Timur), di daerah pegunungan Eifel (Jerman), di daratan tinggi Auregne (Perancis).

Tanda-tanda akan meletusnya gunung berapi:

- 1) Terdengar suara gemuruh dari dalam tanah.
- 2) Terjadi gempa (tidak keras).
- 3) Temperatur tanah naik. Mata air biasa jadi panas, mungkin juga kering. Mata air papas jadi lebih papas.
- 4) Tumbuh-tumbuhan sekitar kawah menjadi mati.
- 5) Binatang-binatang bergerak ke daerah yang lebih rendah. (Dalam hal ini binatang lebih tajam rasaannya daripada manusia).

Akibat-akibat vulkanisme lainnya adalah mata air panas, geysir, solfatara, dan fumarola. Pernahkah Anda melihat air panas atau uap air keluar dari permukaan bumi? Atau pernahkah Anda melihat gelembung-gelembung gas bercampur lumpur keluar dari permukaan tanah? Gejala-gejala semacam ini mungkin dapat Anda saksikan di daerah-daerah pegunungan tertentu, misalnya di daerah Dieng (Jawa Tengah), Bedugul (Bali), Kamojang (Jawa Barat), dan sebagainya. Uap, gas atau air tersebut berasal dari proses pemanasan bawah tanah.

#### *d. Post vulkanisme*

Sesudah letusan (erupsi) suatu gunung berapi selesai, masih kelihatan lagi tanda-tanda (peristiwa-peristiwa) vulkanisme (post = sesudah). Misalnya:

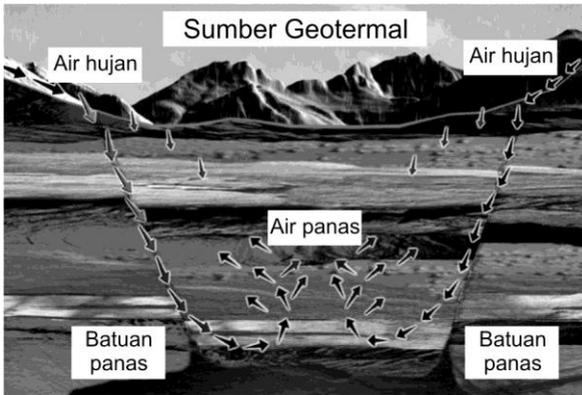
- 1) *Exhalasi (gas magma)* yang keluar dari celah-celah kawah atau sekitarnya:
  - (a) Fumarol (fumus = uap). Ini adalah tempat atau sumber gas yang terutama mengeluarkan uap air. Misalnya Italia, Eslandia, Selandia Baru.
  - (b) Solfatar (Sulfur = belerang). Ini adalah tempat atau sumber gas yang terutama mengeluarkan uap belerang. Misalnya: Gunung, Papandayan, Patua di Tapanuli, Minahasa. Di sekitar solfatar ini terdapat belerang yang diambil dan diperdagangkan orang.
  - (c) Mofet. Ini adalah tempat atau sumber gas yang mengeluarkan gas beracun, yaitu asam arang (= *kooldioxyde* =  $\text{CO}_2$ ). Gas ini lebih berat daripada udara, karena itu ia selalu melayang-layang dekat permukaan bumi. Tempat seperti ini sangat berbahaya, lebih-lebih lagi karena gas tersebut tak dapat kelihatan. Di sini manusia dan binatang almn mati lemas. Misalnya di dataran tinggi Dieng (Lembah maut), Tangkuban Perahu, Papandayan.
- 2) Mata air mineral. Umumnya mata air, mineral ini disebut juga *thermen* (*thermos* = panas) karena airnya panas. Air ini digunakan orang untuk mandi dan pengobatan. Contoh di Sumatra, Sulawesi Utara, Ems di Jerman Barat. (Ingat raja Wilhelm waktu berada di pemandian. Ems menerima duta Petancis Benedetti, Emscher dependhe), Vichy di Perancis.
- 3) Geyser. Sejenis sumber air panas yang pada waktu-waktu tertentu (misalnya sekali dalam dua hari) memancarkan airnya hingga  $\pm 50$  meter tingginya. Misalnya: di Eslandia (Eropah), Yellowstone Park (Amerika Serikat).

Mata air panas adalah merupakan tempat keluarnya air panas yang disertai dengan gas-gas. Mata air panas dihasilkan dari air tanah yang dipanaskan oleh magma. Air yang terpanaskan didorong kembali ke permukaan. Air ini bisa hangat suam-suam kuku, bisa juga sangat panas seperti air mendidih. Banyak endapan yang terbentuk bilamana air panas itu mendingin dan mengendapkan mineral-mineral yang terlarut.

Kadang-kadang air dalam mata air panas menguap secepat air itu keluar. Oleh karena itu, air ini menjadi pekat dengan kepingan-kepingan batuan dan mineral-mineral. Hasilnya adalah kolam dengan lumpur panas yang mendidih. Karena semacam itu sering disebut *belanga cat*. Batuan dan

mineral yang tercampur dalam lumpur dapat menyebabkan lumpur itu berwarna hitam, merah, atau kuning.

Geyser merupakan tempat keluarnya air panas dan uap yang tersembur secara periodik. Gambar 1.25 menunjukkan model erupsi geyser. Lubang utama geyser terisi dengan Air pada bagian bawah saluran dipanaskan dan berubah menjadi uap. Mula-mula uap itu tertarik ke bawah karena berat air di atasnya. Tekanan terus terkumpul karena makin banyak air yang ubah menjadi uap.



Sumber: Encarta Encyclopedia.

Gambar 1.25.  
Model Erupsi Geyser.

Akhirnya sejumlah uap menekan cukup tinggi untuk menggerakkan lajur air. Kerja ini membebaskan tekanan. Akibatnya, semburan air panas dan uap segar tersembur dari geyser. Setelah geyser menyembur, lubang terisi air dan siklus terulang kembali.

Solfatar adalah tempat keluarnya gas dari dalam bumi, khususnya gas belerang. Fumarol adalah tempat keluarnya uap air saja dari dalam bumi.

Selama bertahun-tahun, orang menyadari mata air panas dan geyser merupakan sumber energi potensial. Panas yang dihasilkan dalam kerak bumi sering disebut panas geotermal. Para ilmuwan mulai menemukan cara untuk menampung energi panas dalam bumi, yang disebut energi geotermal.



## LATIHAN

---

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

- 1) Apakah perbedaan utama sesar dan kekar?
- 2) Jelaskan bukti-bukti langsung tentang gerakan kerak bumi!
- 3) Jelaskan bukit-bukit yang mendukung teori apung benua!
- 4) Akibat-akibat gempa tergantung pada faktor-faktor apa saja? Berikan penjelasan pengaruh masing-masing faktor itu!
- 5) Bahan-bahan apa saja yang dimuntahkan gunung api ketika meletus?

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Bacalah kembali uraian tentang sesar dan kekar.
- 2) Bacalah kembali uraian tentang bukti gerakan kerak bumi.
- 3) Anda dapat menjelaskan bukti-bukti teori apung benua berdasarkan peta dunia, batuan, fosil, endapan batubara dan gletser.
- 4) Akibat-akibat gempa ditentukan oleh faktor-faktor: kekuatan gelombang seismik, jenis bahan penyusun batuan, dan jenis struktur batuan di suatu daerah. Berikan penjelasan lebih lanjut.
- 5) Bahan-bahan itu bisa berupa bahan padat, cair, dan gas. Bacalah kembali uraian tentang vulkanisme di atas tanah dan sebutkan bahan-bahan tersebut.



## RANGKUMAN

---

1. Pengamatan-pengamatan, gerakan secara langsung memberikan bukti langsung tentang gerakan kerak bumi.
2. Perubahan posisi corak-corak permukaan bumi memberikan bukti tak langsung tentang gerakan kerak bumi. Perubahan formasi-formasi batuan dalam kerak bumi juga memberikan bukti tak langsung tentang gerakan kerak bumi.
3. Tiga jenis gaya yang bekerja pada kerak bumi adalah gaya-gaya mampatan, tegangan, dan geser.
4. Gerakan-gerakan kerak bumi bisa menghasilkan kekar dan sesar. Ada tiga jenis sesar, yaitu sesar normal, sesar balik, dan sesar samping.

5. Pegunungan plato, dan dataran-rendah merupakan tiga bentuk daratan yang dihasilkan oleh gerakan kerak bumi.
6. Dua teori permulaan tentang perubahan kerak bumi teori isostasi dan teori apungan benua. Teori isostasi menyatakan bahwa kerak bumi padat mengapung pada mantel yang berperilaku seperti fluida. Teori apungan benua menyatakan bahwa benua-benua pernah merupakan satu daratan tunggal yang sangat besar. Pada jutaan tahun yang lalu daratan tunggal ini terpecah dan bergerak mengapung terpisah satu sama lain.
7. Teori tektonik lempeng menyatakan bahwa litosfer tersusun atas potongan-potongan lempeng berukuran besar. Lempeng-lempeng ini mengapung pada sebagian lapisan mantel yang disebut astenosfer.
8. Selama lempeng-lempeng tersebut bergerak, lempeng-lempeng itu membawa serta benua-benua dan dasar-dasar samudra. Tepi-tepi lempeng bisa meremukkan dan menggilas satu sama lain. Gerakan ini menyebabkan gempa, erupsi vulkanik, dan mendorong ke atas pegunungan.
9. Gempa adalah getaran tanah secara tiba-tiba, gempa bisa disebabkan oleh persesaran, erosi vulkanik, atau letusan.
10. Akibat-akibat gempa antara lain guncangan tanah, persesaran permukaan, tanah longsor, dan tsunami.
11. Data gelombang seismik memberikan bukti bahwa interior bumi dibagi menjadi empat lapisan utama, yaitu, kerak, mantel, inti luar, dan inti dalam.
12. Gunung api merupakan lubang dalam kerak bumi yang dilewati oleh bahan-bahan termuntahkan dan sekaligus merupakan gunung yang dibentuk oleh bahan-bahan ini. Bahan-bahan yang termuntahkan dari dalam gunung api termasuk magma, gas-gas panas, dan batuan padat. Magma yang keluar ke permukaan bumi disebut lava,
13. Erupsi gunung api bisa berupa erupsi tenang atau erupsi eksplosif. Erupsi tenang membentuk gunung api perisai, sedangkan erupsi eksplosif membentuk gunung api kerucut cinder. Periode erupsi tenang dan erupsi eksplosif secara bergantian membentuk gunung api gabungan.
14. Intrusi merupakan aliran magma di bawah tanah yang mendingin dan mengeras menjadi batuan tanpa mencapai permukaan bumi. Jenis-jenis intrusi yang utama adalah dike, sill, lakolit, batolit, dan lajur vulkanik, dan stock.
15. Akibat-akibat vulkanisme lainnya adalah mata air panas geysir, solfatar, dan fumarol.

**TES FORMATIF 2**

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Pegunungan lipatan disebabkan oleh gaya-gaya ....
  - A. mampatan
  - B. geser
  - C. tegangan
  - D. persesaran
  
- 2) Sesar dengan dinding gantung bergerak ke atas relatif terhadap dinding pijakan disebut ....
  - A. kekar
  - B. sesar balik
  - C. sesar normal
  - D. sesar samping
  
- 3) Menurut teori teknik lempeng, litosfer bumi ....
  - A. merupakan selubung padat yang tersambung satu sama lain
  - B. terbagi atas beberapa keping besar yang sedang bergerak
  - C. merupakan lapisan yang hampir seluruhnya fluida
  - D. lebih rapat dibanding mantel
  
- 4) Batasan-batasan lempeng konvergen merupakan tempat-tempat di mana ....
  - A. mampatan
  - B. sesar balik
  - C. sesar normal
  - D. sesar samping
  
- 5) Sebagian besar gunung api sepanjang batas benua dihasilkan oleh ....
  - A. pelabuhan litosfer yang disebabkan subduksi dekat peluang
  - B. titik-titik panas dalam mantel
  - C. pengangkatan magma dalam pegunungan tengah samudra
  - D. tumbuhkan antara dua lempeng benua
  
- 6) Kerusakan gempa paling besar biasanya terjadi ....
  - A. jauh dari fokus
  - B. pada episenter
  - C. jauh dari episenter
  - D. pada zona bayang-bayang

- 7) Suatu pita yang mengitari bumi dan merupakan tempat-tempat gelombang seismik dari gempa tidak terekam disebut ....
- A. zona bayang-bayang
  - B. Cincin Api Pasifik
  - C. sabuk Mediteranean
  - D. Pegunungan Tengah Atlantik
- 8) Sebagian besar gunung api ditemukan ....
- A. hanya di kepulauan-kepulauan
  - B. terutama di tengah-tengah benua
  - C. terdistribusi rata di seluruh permukaan bumi
  - D. di daerah-daerah yang sama dengan daerah-daerah gempa
- 9) Plato basal terbentuk oleh ....
- A. erupsi eksplosif
  - B. gempa
  - C. intrusi
  - D. aliran lava
- 10) Ketika lakolit terbentuk, lapisan-lapisan batuan di atasnya terangkat dan menghasilkan ....
- A. plato basal
  - B. kerucut vulkanik
  - C. pegunungan kubah
  - D. kerucut cinder

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

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

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

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

**KEGIATAN BELAJAR 3****Sejarah Bumi****A. PERKEMBANGAN LAPISAN BUMI**

Telah banyak informasi tentang bagaimana bumi terbentuk dan berkembang. Salah satu teori tentang terbentuknya bumi dikenal dengan apa yang disebut teori kabut atau teori nebula. Para ahli telah memperkirakan bahwa ada kaitan yang erat antara perkembangan lapisan kerak bumi dengan perkembangan makhluk hidup.

Salah satu proses perkembangan lapisan kerak bumi adalah terjadinya proses sedimentasi. Proses mulai terjadinya sedimentasi ini diduga sejak terjadinya “hujan pertama” di permukaan bumi.

Proses pendinginan lapisan bumi menghasilkan uap air yang makin banyak. Uap air itu menyelubungi bola bumi sehingga sinar matahari berhalangan sampai ke permukaan bumi. Sesuai dengan sifatnya sebagai uap berangsur-angsur naik ke atas. Makin tinggi dari permukaan bumi, suhu udara makin rendah, maka uap air itu mulai menjadi awan, kemudian mengembun dan akhirnya jatuh menjadi hujan, terjadilah hujan pertama. Hujan itu diduga sangat lebat sehingga mampu mengisi lembah-lembah menjadi laut dan lautan. Hujan lebat itu menghapuskan awan yang menyelimuti bumi sehingga mulai saat itu sinar matahari menyentuh semua bentuk permukaan bumi.

Sinar matahari yang mulai menyentuh bumi menyebabkan terjadinya daur air (siklus hidrologi) yang akan meningkatkan terjadinya sedimentasi. Endapan sedimen sudah barang tentu terjadi pada daerah rendah atau muara sungai. Pada waktu lapukan batuan (oleh gaya oksigen) itu terbawa air yang mengalir, maka sering kali terbawa segala macam benda lain termasuk sisa-sisa makhluk hidup yang nantinya akan menjadi fosil. Gaya eksogen banyak mempengaruhi perubahan kerak bumi, di antaranya terbentuknya tanah dan berbagai lapisan tanah. Secara keseluruhan lapisan kerak bumi tersusun atas lapisan demi lapisan, setiap bentuk lapisan dapat diduga terjadi atas waktu yang berbeda.

Dengan menggunakan pengertian waktu yang berbeda antara lapisan yang satu dengan lapisan yang lain dan jenis batuan yang dikandung, para ahli dapat menentukan unsur lapisan bumi. Ada dua cara yang digunakan untuk mengukur umur lapisan bumi, yaitu:

1. Mengukur umur batuan berdasarkan waktu terjadinya proses sedimentasi.
2. Mengukur umur batuan berdasarkan kadar unsur radioaktif yang dikandung.

Dengan menggunakan pengertian bahwa tebal sedimen yang kita temukan sekarang adalah hasil penimbunan lapisan tiap-tiap tahun, maka dapat digunakan perhitungan dengan rumus:

$$\frac{\text{Tebal sedimen keseluruhan}}{\text{Tebal sedimen setiap tahun}} = \text{umur lapisan batuan dalam tahun}$$

Cara lain yang mirip cara di atas adalah dengan membandingkan kadar garam yang terbawa oleh sungai per tahun dengan kadar garam di lautan. Cara pengukuran umur batuan berdasarkan kadar unsur radioaktif menggunakan hasil penemuan Becquerel dan Juliot Curie tentang unsur radioaktif. Unsur radioaktif yang digunakan untuk pengukuran ini di antaranya dari keluarga *Uranium*, *Torium*, *Rubidium*, atau keluarga unsur radioaktif yang lain.

Dasar yang dipakai untuk perhitungan ini bahwa setiap unsur radio aktif tertentu dari satu unit yang bersifat radioaktif hingga tinggal separuh unit yang masih bersifat radioaktif memerlukan waktu yang tertentu. Waktu ini disebut waktu *masa paro* (half life) yang berbeda dari satu tahap lain dan selalu sama bagi masing-masing jenis unsur radioaktif.

## B. UMUR BUMI

Bilamana Anda mempelajari sejarah, Anda belajar tentang peristiwa-peristiwa masa lampau menurut urutan terjadinya. Dengan bantuan fosil-fosil dan lapisan-lapisan batuan, para ilmuwan telah menyusun sejarah bumi.

Para ahli Paleontologi berkesimpulan bahwa ada hubungan yang erat antara perkembangan makhluk hidup dengan perkembangan kerak bumi. Secara biologi hal itu disebabkan karena adanya hubungan antara keserasian

bentuk dan alat tubuh dengan keadaan lingkungannya. Sebagai contoh bila seekor hewan memiliki alat pernafasan berupa insang, maka hewan itu hanya mungkin hidup di air. Sebaliknya bila memiliki alat pernafasan berupa paru-paru hanya dapat hidup di daratan.

Menurut para ahli geologi, selama perkembangan kerak bumi dapat dibagi atas beberapa lapisan mulai dari lapisan yang paling tua hingga lapisan yang paling muda. Lapisan-lapisan itu disebut lapisan primer, sekunder, tertier dan kuarter.

Para ahli Palaeontologi membagi umur lapisan kerak bumi berdasarkan perkembangan makhluk hidup yang pernah hidup pada tiap-tiap lapisan itu. Antara pembagian lapisan kerak bumi secara tinjauan geologi dan secara tinjauan Paleontologi tetapi dapat dikorelasikan.

Anda telah belajar tentang asas superposisi dan metode-metode penanggalan lainnya. Para ilmuwan menggunakan metode-metode ini untuk mencari umur relatif lapisan-lapisan batuan di dunia. Ketika mereka menentukan umur lapisan-lapisan dalam suatu daerah, mereka menyiapkan lajur geologi dari daerah itu. Lajur geologi adalah suatu daftar lapisan-lapisan batuan di suatu daerah dalam urutan dari lapisan tertua sampai lapisan termuda. Perhatikan Gambar 1.26.



Sumber: Encarta Encyclopedia.

Gambar 1.26.  
Lajur Geologi. Perhatikan bahwa Konglomerat pada Dasar Pegunungan  
Merupakan Lapisan Teratas Plato

Laju geologi memberikan bagan sejarah di suatu daerah. Masing-masing lapisan mengandung fosil-fosil dan petunjuk-petunjuk lain yang menunjukkan bagaimana daerah itu telah berubah selama perjalanan waktu. Namun demikian, tidak ada jaminan bahwa lajur geologi memberikan sejarah lengkap suatu daerah. Mungkin ada lapisan-lapisan yang hilang. Para ilmuwan seri sering kali dapat menceritakan lapisan-lapisan yang hilang dengan membandingkan lajur-lajur geologi dai daerah-daerah sekitarnya.

Para ilmuwan telah menyusun lajur-lajur geologi seluruh dunia. Dengan menggunakan metode penanggalan absolut mereka telah mampu menentukan umur sebenarnya sebagian besar batuan-batuan dalam lajur geologi. Sebagian hasilnya, mereka mampu menyatukan bagan sejarah bumi.

Dalam menggambarkan waktu geologi mulai terbentuknya kerak bumi waktu sekarang yang kurang lebih 2000 juta tahun dapat dinyatakan dalam bentuk jam palaentologi sebagai berikut:

Pada jam 00.00 – 12.00 belum ada kehidupan.

12.00 diduga mulai ada makhluk satu sel (protophyta).

19.00 mulai muncul ikan purba.

21.00 mulai muncul amphibi purba.

Menjelang jam 23.00 muncul golongan Dinosaurus.

23.00 lewat beberapa menit muncul kuda purba dan pada jam

23.59'45 baru muncul jenis manusia purba.

Uraian di atas memberi kesimpulan kalau seandainya waktu 2000 juta tahun disamakan dengan waktu selama 24 jam, maka betapa masih barunya kehadiran manusia di muka bila dibandingkan dengan pertumbuhan bumi dan makhluk-makhluk hidup lain.



## LATIHAN

---

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

- 1) Mengapa asas superposisi tidak cukup untuk menceritakan umur relatif lapisan batuan?
- 2) Mengapa pengukuran peluruhan radioaktif merupakan cara yang teliti untuk mencari umur absolut bantuan?
- 3) Jelaskan manfaat penemuan fosil-fosil dalam sejarah geologi!

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Asas superposisi saja tidak cukup, karena penentuan umur relatif seharusnya juga memperhatikan gerak kerak bumi. Berikan penjelasan lebih lanjut.
- 2) Peluruhan radioaktif terjadi dengan laju konstan. Banyak batuan-batuan dalam kerak bumi yang mengandung unsur-unsur radioaktif. Berikan penjelasan lebih lanjut.
- 3) Manfaat penemuan fosil-fosil dalam sejarah geologi antara lain: (1) untuk menentukan umur absolut batuan, (2) untuk memberikan bukti adanya evolusi makhluk hidup, (3) mengetahui iklim dan lingkungan suatu daerah di masa lampau. Berilah penjelasan lebih lanjut.

**RANGKUMAN**

---

1. Batuan-batuan mengandung bukti peristiwa-peristiwa geologis dalam sejarah bumi. Celah-celah (rumpang-rumpang) dalam rekaman batuan disebut ketidakselarasan.
2. Penanggalan radioaktif bisa digunakan untuk menentukan umur absolut bahan-bahan bumi
3. Umur-paruh adalah waktu yang diperlukan oleh isotop radioaktif untuk meluruh sehingga massanya tinggal separuh dari massa mula-mula.
4. Fosil-fosil menunjukkan bahwa bentuk-bentuk kehidupan telah berubah secara perlahan selama perjalanan waktu.
5. Lapisan-lapisan batuan bumi telah disusun pada lajur geologi dalam urutan terbentuknya lajur geologi itu dibagi menjadi, zaman (era), masa (periode), dan kala (epoch). Masing-masing zaman ditandai dengan peristiwa-peristiwa bentuk-bentuk kehidupan tertentu.
6. Pada Skala Waktu Geologi, umur-umur absolut telah diberikan pada batuan-batuan dari lajur geologi.

**TES FORMATIF 3**

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Asas yang menyatakan bahwa lapisan-lapisan batuan muda ditemukan di atas lapisan-lapisan batuan tua disebut ....
  - A. superposisi
  - B. proses seragam
  - C. ketidakselarasan
  - D. penanggalan relatif
  
- 2) Umur relatif menceritakan tentang umur ....
  - A. batuan secara tepat
  - B. fosil secara tepat
  - C. lapisan batuan dibandingkan dengan lapisan lain
  - D. pembentukan batuan
  
- 3) Cara yang digunakan untuk mengukur umur lapisan bumi adalah ....
  - A. mengukur sedimen per bulan
  - B. menggunakan waktu yang berbeda antara lapisan yang satu dengan yang lain dari jenis batuan yang dikandung
  - C. mengukur umur batuan berdasarkan kadar unsur radioaktif yang dikandung
  - D. mengukur dengan memandang hubungan antara perkembangan makhluk hidup dengan perkembangan kerak bumi
  
- 4) Suatu lapisan batu pasir ditemukan di atas lapisan serpih, berarti ....
  - A. serpih lebih mudah daripada batu pasir
  - B. batu pasir lebih tua daripada serpih
  - C. serpih lebih tua daripada batu pasir
  - D. serpih dan batu pasir berumur sama
  
- 5) Jika mula-mula Anda mempunyai 200 gram isotop radioaktif, setelah dua kali umur-paruh Anda akan memperoleh isotop radioaktif yang tertinggal sejumlah ....
  - A. 150 gram
  - B. 100 gram
  - C. 50 gram
  - D. 25 gram

- 6) Fosil-fosil memberikan bukti bahwa dalam kurun waktu tertentu bentuk-bentuk kehidupan telah menjadi ....
- lebih sederhana
  - semakin mirip
  - lebih kompleks
  - lebih kecil ukurannya
- 7) Anda sekarang hidup pada masa ....
- Precambrian
  - Mesozoic
  - Paleozoic
  - Cenozoic
- 8) Ilmu yang mempelajari fosil-fosil disebut ....
- geologi
  - paleontologi
  - geografi
  - historis
- 9) Skala Waktu Geologi dibagi menjadi ....
- jam, menit, sekon
  - tahun, bulan, hari
  - bulan, minggu, hari
  - masa, zaman, kala
- 10) Trilobit merupakan salah satu contoh fosil ....
- jejak
  - membantu
  - penunjuk
  - dalam batu ambar

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

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

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

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

- 1) B. Perbedaan antara batuan dan mineral adalah bahwa batuan biasanya berupa campuran sehingga komposisinya tidak selalu sama.
- 2) A. Batuan yang terbentuk karena pendinginan lava disebut batuan beku ekstrusif.
- 3) C. Ciri umum batuan-batuan sedimen adalah adanya fosil-fosil dalam batuan itu.
- 4) A. Salah satu batuan metamorf yang terbentuk dari batuan granit adalah genes.
- 5) A. Lapisan antara kerak bumi dan mantel adalah lapisan Mohorovicic.
- 6) C. Salah satu contoh pelapukan fisika adalah pembekuan dan pencairan.
- 7) B. Salah satu proses yang membantu dalam pembentukan horison anah adalah pelindihan.
- 8) B. Tanah loess merupakan hasil erosi dan pengendapan oleh angin.
- 9) D. Kipas aluvial terbentuk oleh erosi dan pengendapan air sungai.
- 10) A. Lembah bentuk-U paling banyak dihasilkan kerja es.

### *Tes Formatif 2*

- 1) A. Pegunungan lipatan disebabkan oleh gaya-gaya mampatan.
- 2) B. Sesar yang dinding gantungnya bergerak ke atas relatif terhadap dinding pijakan disebut sesar balik.
- 3) B. Menurut teori tektonik lempeng, litosfer bumi terbagi atas beberapa kepingan besar yang sedang bergerak.
- 4) C. Batasan-batasan lempeng konvergen merupakan tempat dua lempeng yang sedang bergerak saling mendekati.
- 5) A. Sebagian besar gunung api sepanjang batas benua dihasilkan oleh peleburan litosfer yang disebabkan oleh subduksi dekat palung.
- 6) B. Kerusakan gempa yang paling besar biasanya terjadi pada episenter.
- 7) A. Suatu pita di sekeliling bumi tempat gelombang-gelombang seismik tidak terdeteksi disebut zona bayang-bayang.
- 8) D. Sebagian besar gunung api ditemukan di daerah-daerah yang sama dengan daerah-daerah gempa.

- 9) D. Plato basal terbentuk oleh aliran lava.
- 10) C. Lapisan-lapisan batuan di atas lakolit yang terangkat ketika pembentukan lakolit disebut pegunungan kubah.

*Tes Formatif 3*

- 1) A. Asas yang menyatakan bahwa lapisan-lapisan batuan muda ditemukan di atas lapisan-lapisan batuan tua disebut superposisi.
- 2) B. Umur relatif menceritakan tentang umur lapisan batuan dibandingkan dengan lapisan lain.
- 3) C. Mengukur umur batuan berdasarkan kadar unsur radioaktif yang dikandung.
- 4) C. Suatu lapisan batu pasir ditemukan di atas lapisan serpih, berarti serpih lebih tua daripada batu pasir.
- 5) C. Jika mula-mula Anda mempunyai 200 gram isotop radioaktif, setelah dua kali umur-paruh Anda akan memperoleh isotop radioaktif yang tertinggal sejumlah  $0,25 \times 200 \text{ gram} = 50 \text{ gram}$ .
- 6) C. Fosil-fosil memberikan bukti bahwa dalam kurun waktu tertentu bentuk-bentuk kehidupan telah menjadi lebih kompleks.
- 7) D. Anda sekerang hidup pada masa Cenozoic.
- 8) B. Ilmu yang mempelajari fosil-fosil disebut paleontologi.
- 9) D. Skala Waktu Geologi dibagi menjadi masa, zaman, kala.
- 10) C. Trilobit merupakan salah satu contoh fosil penunjuk.

## Glosarium

<b>Abrasi</b>	: Penggerusan sedimen oleh air, angin, dan es.
<b>Aliran lumpur (mudflow)</b>	: Gerakan cepat campuran tanah, batuan dan air pada lereng perbukitan.
<b>Aliran tanah (earthflow)</b>	: Gerakan perlahan dari massa tanah dan tumbuhan.
<b>Arete</b>	: Pegunungan tajam yang terjadi di antara beberapa cirque karena proses erosi gletser.
<b>Bantaran</b>	: Daerah dataran yang lebar di sekitar aliran sungai, yang terbentuk karena pengendapan.
<b>Batuan beku</b>	: Batuan yang terbentuk jika bahan lebur yang panas (magma atau lava) mendingin dan mengeras.
<b>Batuan ekstrusif</b>	: Batuan beku yang terbentuk dari lava yang mendingin dan mengeras.
<b>Batuan intrusif</b>	: Batuan beku yang terbentuk dari magma yang membeku dan mengeras.
<b>Batuan metamorf</b>	: Batuan yang terbentuk jika batuan yang ada berubah karena tekanan yang sangat besar dan panas yang sangat tinggi.
<b>Batuan sedimen</b>	: Batuan yang terbentuk dari sedimen-sedimen yang terekat satu sama lain atau mengeras karena proses tertentu.
<b>Batuan terfoliasi</b>	: Batuan metamorf yang mempunyai mineral-mineral yang tersusun dalam lapisan-lapisan sejajar.
<b>Cirque</b>	: Lembah gletser yang berasal dari lekukan berbentuk mangkuk.
<b>Deflasi</b>	: Pengambilan dan pemindahan sedimen oleh angin.
<b>Delta</b>	: Bentuk-lahan yang terbentuk dari endapan-endapan pada mulut sungai.

<b>Drumlin</b>	: Gundukan endapan sedimen tak-terpilah yang memanjang pada morena bawah.
<b>Eksfoliasi</b>	: Pengelupasan lapisan-lapisan sejajar dari suatu permukaan batuan.
<b>Erosi</b>	: Pengambilan dan pemindahan sedimen.
<b>Esker</b>	: Pegunungan sempit yang berkelok-kelok di daerah gletser, terdiri atas pasir dan kerakal berlapis.
<b>Garit</b>	: Alur-alur atau garutan-garutan kasar sampai halus yang dihasilkan oleh batuan-batuan dasar gletser.
<b>Gletser</b>	: Suatu lapisan tebal dan besar dari es yang bergerak.
<b>Horison</b>	: Lapisan-lapisan tanah.
<b>Horn</b>	: Bentuk puncak pegunungan yang runcing pada daerah gletser.
<b>Humus</b>	: Bahan yang dihasilkan oleh penghancuran sisa-sisa hewan dan tumbuhan.
<b>Iratik</b>	: Bongkahan besar terisolasi yang diendapkan oleh gletser.
<b>Kame</b>	: Gundukan kerucut (atau berpuncak rata) rendah yang tak-teratur di daerah gletser, terdiri atas pasir dan kerakal berlapis.
<b>Kerak bumi</b>	: Lapisan terluar dari litosfer.
<b>Ketel</b>	: Lobang-lobang yang ditemukan dalam endapan gletser.
<b>Kipas aluvial</b>	: Bentuk-lahan yang terbentuk dari endapan-endapan sungai yang mengalir ke lahan rata, bukan ke lautan atau kumpulan air lainnya.
<b>Korasi</b>	: Pengikisan permukaan batuan oleh sedimen-sedimen pasir, kerikil, dan kerakal yang terbawa oleh angin.
<b>Kristal</b>	: Benda padat yang mempunyai struktur internal khas dan dilingkungi oleh sudut-sudut yang tersusun secara simetris.

<b>Limpasan</b>	: Air yang mengalir melalui lahan di permukaan bumi.
<b>Litosfer</b>	: Bagian luar dari bumi padat, termasuk kerak bumi dan bagian atas mantel bumi.
<b>Loess</b>	: Endapan tebal tak-berlapis dari sedimen yang diendapkan oleh angin.
<b>Luncuran batuan (atau rockslides)</b>	: Gerakan batuan pada lereng bukit landai yang sebagian besar dipicu oleh gempa atau hujan lebat.
<b>Mantel</b>	: Lapisan batuan tebal antara teras bumi dan kerak bumi.
<b>Mineral</b>	: Unsur atau senyawa anorganik yang terjadi secara alami dengan struktur internal ditentukan oleh susunan atom-atom atau ion-ion yang teratur di dalamnya.
<b>Meander</b>	: Sungai yang bentuk lintasannya berkelok-kelok.
<b>Moh (Skala)</b>	: Skala kekerasan mineral yang didasarkan pada standar mineral, intan merupakan mineral paling keras dan talk merupakan mineral paling lunak.
<b>Moho</b>	: Lapisan batas antara mantel bumi dan kerak bumi.
<b>Morena</b>	: Endapan sedimen tak-terpilah karena proses pengendapan oleh gletser.
<b>Nendatan (atau slump)</b>	: Gerakan cepat dari bongkahan besar bahan pada lereng perbukitan.
<b>Oxbow lake (atau danau sungai mati)</b>	: Meander yang memisahkan diri dari sungai induknya.
<b>Pelapukan</b>	: Pemecahan batuan menjadi kepingan-kepingan yang lebih kecil.
<b>Runtuhan batuan (atau rockfalls)</b>	: Gerakan cepat batuan secara tiba-tiba dari perbukitan atau lereng terjal.

<b>Sedimen</b>	: Bahan yang berupa kepingan-kepingan kecil yang diendapkan oleh air, es, atau angin.
<b>Stalaktit</b>	: Struktur untaian batu-gamping yang menggantung pada langit-langit goa kapur.
<b>Stalagmit</b>	: Struktur untaian batu-gamping yang terbentuk pada dasar goa kapur.
<b>Tanah</b>	: Hasil proses pelapukan yang sangat lama, terdiri atas humus dan batuan lapuk.
<b>Tanggul</b>	: Endapan mirip-pegunungan sepanjang dua sisi sungai.
<b>Teras bumi</b>	: Bagian bumi yang paling dalam.
<b>Tiang kapur</b>	: Struktur untaian batu-gamping yang merupakan gabungan stalaktit dan stalagmit.
<b>Till (atan olahan-gletser)</b>	: Sedimen tak-terpilah yang diendapkan secara langsung oleh as gletser.

## Daftar Pustaka

- Chiras, D.D. (1988). *Environmental Science*. (Second edition) Menlo Park. California: The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc.
- Danieslon, E.W. Denecke, Jr. E.J. (1986). *Earth Science*. (Third Edition). New York: Macmillan Publishing Company.
- Judson, S. Deffeyes, K.S. and Hargraves, R.B. (1978). *Physical Geology*. New Delhi. Prentice-Hall of India Privat Limited.
- Leftwitch, V.P. (1971). *Composition of the Earth*. St. Louis Missouri. Milliken Publishing Co.
- Ortleb, Cadice. (1971). *Geological Processes*. St. Louis: Missouri. Milliken Publishing Co.
- Shipman. J.T. Wilson, J.D. (1990). *An Introduction to Physical Science*. (Sixth edition). Lexington, Massachusetts D.C.: Heat and Company.
- Shourd, M.L. (1971). *The Changing Earth*. St. Louis. Missouri: Milliken Publishing Co.