

Bab 6

Struktur Bumi dan Perkembangannya

Bumi yang kita diami ini tidak selamanya sama. Tanpa disadari bumi mengalami perubahan. Gambar penampakan bumi di atas menunjukkan perbedaan bumi kita dalam rentang waktu sekitar 300 juta tahun. Lempeng bumi mengalami pergerakan sehingga dapat menyebabkan pembentukan gunung, gempa bumi, gunung berapi, daratan baru dan sebagainya.

Dalam bab ini, kalian akan mempelajari struktur dalam bumi, pergerakan lempeng tektonik, gempa bumi dan gunung berapi serta membuat model bumi. Sebagai negara yang memiliki banyak gunung berapi dan beresiko mengalami gempa bumi, maka kalian juga akan membuat kampanye mitigasi bencana gempa bumi.

Kata Kunci

- lempeng tektonik
- gunung api
- gempa
- tsunami



Pertanyaan apakah yang ingin kalian temukan jawabannya dalam bab ini?

1.
.....
2.
.....

A. Struktur Bumi

Pada saat berada di kelas 7, kalian telah mempelajari cabang-cabang ilmu Sains. Masih ingatkah kalian dengan cabang ilmu Geologi yang mempelajari tentang bumi dan perubahannya? Sebagian besar keindahan pemandangan alami yang kita nikmati di berbagai belahan dunia terbentuk dari perubahan yang terjadi pada bumi kita ini. Pemandangan seperti ini disebut sebagai morfologi bentang alam. Coba perhatikan beberapa contoh morfologi bentang alam di Indonesia pada gambar-gambar berikut ini. Selain pada gambar-gambar ini, dapatkan kamu menyebutkan salah satu bentang alam dari daerah kalian?



Pengunungan Jaya
Wijaya (Papua)



Gunung Agung
(Bali)



Air terjun Nokan
Nayan (Kalbar)



Ngarai Sianok
Bukittinggi (Sumbar)



Danau Kelimutu/
Tiga Warna (NTT)



Gunung Semeru
(Jatim)



Pulau berbentuk
cinta (Gorontalo)

Gambar 6.1 Beberapa Contoh Morfologi Bentang Alam di Indonesia.

Sumber: [news.detik.com/Dokumentasi Marinir](https://news.detik.com/Dokumentasi/Marinir) (2017); [kompas.com/Bambang P. Jatmiko](https://kompas.com/Bambang%20P.%20Jatmiko) (2020); pariwisataindonesia.id/infobaru.id (2020); [Merdeka.com/Gebyar Adisukmo](https://Merdeka.com/Gebyar%20Adisukmo) (2021); [Media Inonesia.com/Adam Dwi](https://Media%20Inonesia.com/Adam%20Dwi) (2021); [kompas.com/Anggara Wikan Prasetya](https://kompas.com/Anggara%20Wikan%20Prasetya) (2021); [Liputan6.com/Andi Jatmiko](https://Liputan6.com/Andi%20Jatmiko) (2018)

Perubahan pada bentang alam diakibatkan oleh tenaga pembentuk bumi atau disebut juga tenaga geologi. Tenaga ini dibagi menjadi dua macam, yaitu tenaga eksogen yang berasal dari luar bumi, seperti pelapukan, pengikisan, dan pengendapan. Yang kedua adalah tenaga endogen, yang berasal dari dalam bumi. Pembahasan pada bab ini lebih berfokus pada tenaga endogen, yang meliputi tektonisme dan vulkanisme. Kita akan mempelajari satu per satu, namun sebelumnya kita mulai dulu dengan mempelajari Struktur Bumi.

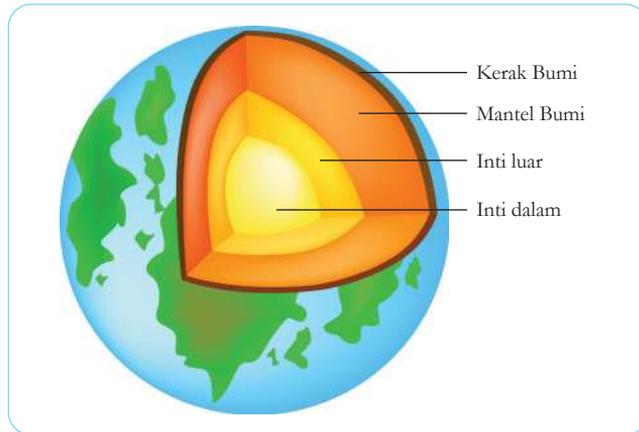
Amatilah gambar bola dunia berikut ini. Kita berada di bagian berwarna merah, kepulauan nusantara. Apabila kita menggali tanah sampai pada dasar bumi dan terus menggali, akankah kita sampai pada bagian sebaliknya dari bumi kita? Mengapa demikian? Diskusikanlah jawabannya dengan teman-temanmu. Kemudian berbagilah pada kelas hasil diskusi kelompokmu.



Gambar 6.2 Letak Indonesia dalam peta globe.

Sumber: [shutterstock.com/Tatiana53](https://www.shutterstock.com/Tatiana53)

Kalian telah mempelajari topik struktur bumi di kelas 5 SD. Struktur bumi secara singkat ditunjukkan oleh Gambar 6.3. Masih ingatkah kalian di bagian manakah kita tinggal?



Gambar 6.3 Struktur bumi

Sumber: shutterstock.com/Sakurra

1. Karakteristik Lapisan Penyusun Bumi

Bayangkanlah kamu mengupas kulit telur rebus yang sudah matang. Kulit telur ini merupakan bagian terluar telur, sama seperti bagian terluar bumi yang disebut kerak bumi. Bagian ini adalah yang paling tipis. Seperti juga kulit telur, kan? Pada lapisan inilah kita tinggal beserta semua keluarga kita dan lingkungan hidup di sekitar kita. Tebalnya lapisan kerak bumi adalah 5-70 km (Geiger, 2019).

Setelah mengupas semua bagian kulit telur, bagilah telur itu menjadi dua bagian sama besar, seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 6.4 Telur yang utuh dan yang dibagi dua.

Sumber: shutterstock.com/Viktar Malyshchys

Bandingkanlah gambar telur ini dengan struktur bumi (Gambar 6.3). Lapisan putih telur sama seperti lapisan mantel bumi. Sedangkan kuning telur sama seperti lapisan inti bumi, berada tepat di bagian tengah bumi. Lapisan inti bumi terbagi atas dua macam, yaitu inti bagian luar dan inti bagian dalam.



Ayo Cari **Aktivitas 6.1**

Ayo Selidiki Lapisan Bumi

Buatlah tabel berikut ini di buku catatanmu, kemudian ketika membaca tiap bagian lapisan bumi, isilah tabelmu dengan informasi yang sesuai.

Lapisan Bumi	Apa saja yang ada di dalamnya?	Berapakah suhunya?	Sedalam apa lapisan ini?
Kerak bumi			
Mantel bumi			
Inti luar			
Inti dalam			
<i>Informasi yang menarik dan baru saya ketahui:</i>			

2. Kerak Bumi

Bagian terluar merupakan lapisan yang paling tipis dibandingkan lapisan-lapisan lainnya. Lapisan ini terdiri atas tanah dan batuan yang mudah pecah dan mengandung berbagai unsur kimia, seperti oksigen, silikon, besi, aluminium, kalsium, magnesium, natrium, dan juga kandungan batuan berharga seperti emas, perak, platinum, atau karbon dalam bentuk berlian dan grafit. Ada dua macam lapisan kerak bumi, yaitu kerak benua yang terdapat di daratan dan kerak samudera yang merupakan dasar laut. Ketebalan kerak benua antara 30-70 km sedangkan kerak samudera 6-11 km.

Lapisan kerak bumi ini merupakan lapisan yang paling kurang rapat (memiliki massa jenis terendah) dibandingkan lapisan bumi lainnya, sehingga berada paling atas. Ingatkah kamu akan prinsip massa jenis yang telah kamu pelajari di kelas 7 Bab II?

Suhu pada kerak bumi bervariasi, apabila kalian menggali makin dalam, maka suhu makin tinggi.

Bahkan pada suatu bagian terdalam di kerak bumi, suhu mencapai 870°C. Dapatkah manusia hidup pada suhu tersebut?



Fakta Sains

Lubang Terdalam yang Pernah Dibuat Manusia

Sekitar tahun 1960-an beberapa negara besar seperti Amerika, Jerman, dan Rusia berlomba-lomba menggali kedalaman bumi untuk mengetahui apa yang ada di dalam bumi ini, karena pengetahuan akan mengenai kandungan dalam bumi lebih sedikit daripada pengetahuan mengenai luar angkasa. Manusia pernah membuat lubang terdalam di bumi ini, yang bahkan lebih dalam dari rata-rata kedalaman laut, yakni sekitar 3,7 km. Amerika memulai penggalian ini bernama Proyek Mohole di perairan Meksiko tahun 1961 untuk mencapai lapisan mantel bumi. Lubang yang dihasilkan sedalam hampir 10 meter.

Namun itu bukan lubang terdalam. Lubang terdalam berhasil digali oleh negara Rusia, yang dinamakan Kola Superdeep Borehole di kota Murmansk Rusia, sedalam 12 km atau lebih tepatnya 12,262 meter. Lubang ini dibuat selama 24 tahun dimulai sejak tanggal 24 Mei 1970.



Gambar 6.5 Kola Superdeep Borehole, lubang terdalam yang pernah dibuat manusia.

Sumber: [admin.universityfox.com/Rebbekah Wiltons](https://admin.universityfox.com/Rebbekah-Wiltons) (2019)

Proyek ini dihentikan pada tahun 2005, meski belum mencapai tujuan target awal yaitu 15 km, karena suhu di dalam terlalu tinggi (sekitar 180°C) sehingga tidak mungkin manusia bisa terus melakukan penggalian.

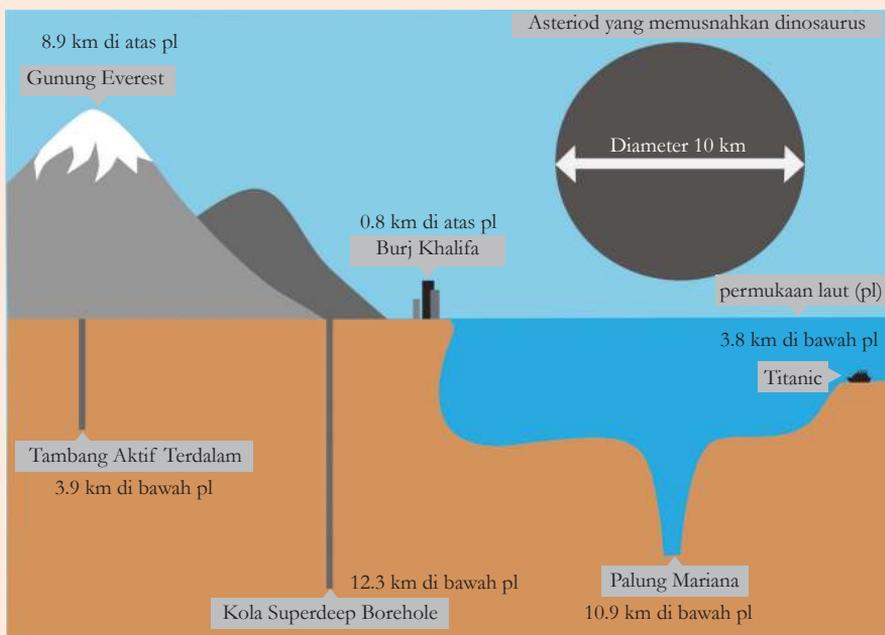
Sumber: <https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/microscope/>

Lakukanlah aktivitas berikut untuk membandingkan kedalaman Kola Superdeep Borehole dengan beberapa tempat di bumi.

Ayo Bandingkan Aktivitas 6.2

Apabila dibandingkan dengan palung terdalam di dunia, Palung Mariana, maka Kola Superdeep Borehole ini lebih dalam sekitar 1,4 km. Coba kalian perhatikan gambar 6.6 berikut ini untuk membandingkan kedalaman lubang ini dengan:

- lubang penggalian bahan alam terdalam,
- bangunan tertinggi buatan manusia, yang bernama Burj Khalifa di Dubai
- puncak tertinggi yaitu Gunung Everest



Gambar 6.6 Perbandingan kedalaman Kola Superdeep Borehole.

Kedalaman 12 km adalah sekitar sepertiga kedalaman kerak benua. Banyak pengetahuan dan informasi yang diperoleh dari proyek berbiaya sangat mahal ini. Coba kalian cari data apa saja yang ditemukan saat itu.

3. Mantel Bumi

Lapisan ini merupakan lapisan yang paling tebal, yaitu 2.900 km dan paling berat di antara lapisan lainnya. Sebenarnya mantel bumi juga terdiri dari dua lapisan seperti inti bumi, yaitu lapisan mantel luar dan mantel bawah atau dalam. Lapisan mantel luar lebih tipis, yaitu hanya sekitar 35-410 km, sedangkan lapisan mantel dalam 410-2.900 km. Lapisan mantel luar dan kerak bumi membentuk litosfer. Suhu pada lapisan mantel paling luar sekitar 250°C. Lapisan mantel berbentuk padatan, terdiri dari batuan-batuan silikat yang mengandung besi dan magnesium yang bersifat mudah bergerak, terutama pada lapisan mantel dalam. Hal ini disebabkan oleh suhu lebih tinggi yang mencapai 2500°C sehingga walaupun berbentuk padatan namun bersifat mudah bergerak atau plastis dikarenakan mengandung logam-logam cair. Karena banyak mengandung batuan inilah, lapisan mantel lebih rapat (bermassa jenis lebih tinggi) dibandingkan kerak bumi.

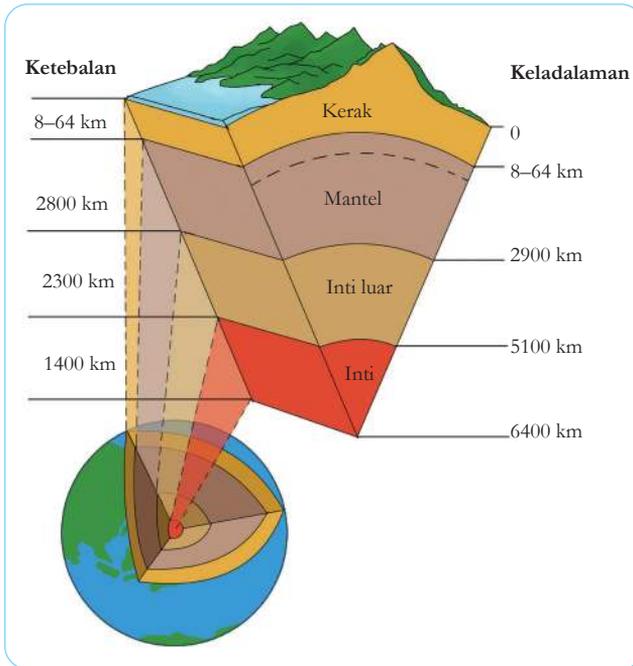
4. Inti Luar Bumi

Berbeda dari kerak dan mantel bumi, lapisan inti luar adalah satu-satunya lapisan yang terdiri dari cairan yang pekat, yang disebut cairan magma. Tidak ada air di sini, cairannya terbuat dari lelehan besi dan nikel. Ketebalan lapisan ini adalah 2.900 km – 5.100 km. Suhu di inti luar bumi berkisar antara 3.800 sampai hampir 6.000°C.

5. Inti Dalam Bumi

Lapisan inti dalam memiliki suhu tertinggi, yaitu antara 5.000-7.000°C. Ketebalannya antara 5.100-6.400 km. Selain kandungan besi dan nikel, di inti dalam juga terdapat belerang, karbon dan oksigen, serta silikon dan kalium dalam jumlah sedikit. Tidak seperti inti luar yang berbentuk cairan, inti dalam

memiliki bentuk padatan karena tekanan yang sangat tinggi, sehingga batuan yang terdapat pada lapisan ini tetap berada dalam bentuk padat.



Gambar 6.7 Perbandingan ketebalan dan kedalaman setiap lapisan bumi.

Nah, setelah mengenal bagian-bagian bumi, tariklah kesimpulan dengan menjawab kembali pertanyaan yang ada di bagian apersepsi: apakah kita bisa menggali tanah dengan sangat dalam hingga bisa sampai ke bagian bumi lainnya? Mengapa demikian? Jawablah dengan merujuk pada Gambar 6.7 di atas.

Mari Uji Kemampuan Kalian

Buatlah model lapisan-lapisan bumi sesuai dengan urutan dan ketebalan lapisan yang telah kamu pelajari. Gunakan skala perbandingan seperti di bawah ini untuk modelmu. Kamu juga dapat menambahkan warna untuk menunjukkan perbedaan suhu pada tiap lapisan. Modelmu tidak harus berbentuk bulat. Kamu dapat memilih bentuk segitiga (seperti pada Gambar 6.7), kotak, atau bentuk-bentuk lainnya. Perhatikan tabel berikut untuk membantumu membuat skala yang sesuai. Kamu boleh memperkecil atau memperbesar skala dalam tabel.

Sumber: <https://betterlesson.com/lesson/635432>

Lapisan Bumi	km	mm	cm
Kerak	300	30	3
Mantel	2900	290	29
Inti luar	2250	225	22.5
Inti dalam	1300	130	13

B. Lempeng Tektonik

Apa itu lempeng tektonik? Coba lakukan kegiatan berikut untuk menunjukkan gambarannya.

Isilah suatu baskom logam atau plastik tahan panas dengan air panas. Masukkan kertas karton tebal (bisa dari kalender bekas atau kotak susu) yang telah dipotong kecil-kecil (ukuran 4 x 4 cm) ke dalam baskom tersebut. Apa yang terjadi? Kemudian coba tambahkan beberapa tetes sabun cair. Deskripsikan apa yang terjadi.

Pada subbab 6.1 sudah disebutkan bahwa litosfer adalah bagian kerak bumi dan mantel luar. *Litosfer* berasal dari dua kata Bahasa Yunani, yaitu *lithos* yang artinya batuan dan *sphaira* yang artinya lapisan. Jadi litosfer adalah lapisan batuan. Litosfer dalam kegiatan apersepsi di atas adalah kertas karton tebal sebelum kalian potong-potong. Setelah dipotong, maka disebut lempeng litosfer atau lempeng tektonik. Seperti kamu saksikan dalam kegiatan awal tadi, lempeng tektonik mengapung di atas cairan panas dari mantel dalam dan inti luar karena lempeng tektonik memiliki kerapatan (atau massa jenis) yang lebih kecil dibandingkan bagian mantel dalam dan inti luar bumi. Lempeng ini selalu bergerak. Namun perlu diingat bahwa cairan yang terdapat pada lapisan inti luar bumi pekat karena mengandung lelehan logam-logam, sehingga tidak seperti air, karena itulah lempeng bergerak lambat. Lapisan mantel yang berisi cairan magma itu disebut sebagai astenosfer.

Perhatikan gambar di bawah yang menunjukkan sepuluh lempeng tektonik di dunia. Dalam gambar ini, lempeng di tulis dalam Bahasa Inggris yakni plate. Apakah kamu bisa menyebutkan Indonesia terletak pada lempeng apa saja?



Apabila kalian melihat kembali gambar pada bagian sampul bab ini, terlihat bahwa pada awalnya bumi ini merupakan satu daratan besar yang merupakan gabungan dari seluruh benua. Hal ini dikemukakan pertama kali oleh Alfred Wegener, ahli meteorologi dari Jerman pada tahun 1915. Ia menyebutkan satu daratan ini sebagai **Pangaea**, berasal dari kata Yunani yang artinya ‘satu bumi’. Beberapa sumber menyebut juga dengan Pangea. Menurut Alfred Wegener berjuta-juta tahun yang lalu, Pangaea terpecah untuk menjadi dua daratan besar. Daratan pertama yaitu **Gondwana**, yang terdiri dari Australia, Antartika, Amerika Selatan, Afrika, dan India. Daratan kedua yaitu Laurasia yang terdiri dari Amerika Utara, Eropa, dan sebagian besar negara Asia. Kedua daratan besar ini kemudian

Gambar 6.8 Lempeng-lempeng utama di dunia.

terbagi-bagi lagi. Teori Wegener disebut sebagai **teori tektonik lempeng**. Gambar di bawah ini menunjukkan pergerakan lempeng sejak Pangaea sampai keadaan bumi saat ini.



Gambar 6.9 Teori pergerakan lempeng.

Pergerakan lempeng terjadi sangat lambat, waktunya kira-kira sama dengan kecepatan pertumbuhan kuku manusia, yaitu rata-rata 1 cm per tahun. Namun bagaimana Wegener dapat mengajukan teorinya padahal belum ada manusia yang pernah sampai menembus bagian paling bawah litosfer?



Ayo Amati **Aktivitas 6.3**

Ayo Buktikan Teori Pergerakan Lempeng

Kumpulkanlah bukti-bukti terjadinya pergerakan lempeng. Bukti dapat diambil dari berbagai sumber yang dapat dipercaya, seperti buku, koran, jurnal, televisi, dan situs internet.

Ada tiga macam gerakan lempeng yang terjadi di dunia ini, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Amatilah lalu deskripsikanlah gerakan-gerakan lempeng tersebut.



Gambar 6.10 Gerakan-gerakan pada Lempeng Bumi.

Sumber: Designua/shutterstock.com

Lebih jauh mengenai ketiga gerakan lempeng:

1. Pergerakan Divergen atau Saling Menjauh

Gerakan dua lempeng yang saling menjauh disebut pergerakan divergen yang membentuk renggangan atau area kosong sehingga nantinya diisi oleh material yang naik dari lapisan di bawahnya. Akibat gerakan ini adalah terbentuknya tanggul dasar samudera (*mid-oceanic ridge*) dan adanya aktivitas vulkanisme bawah laut. Contoh pergerakan divergen adalah gerakan lempeng benua Afrika dan Amerika Selatan yang mengakibatkan semakin lebarnya jarak antara kedua benua tersebut dan terbentuk tanggul dasar samudera atlantik atau Mid-Atlantic Ridge. Contoh lainnya adalah Laut Merah yang terbentuk dari pergerakan antara benua Afrika dengan daratan Arab.

2. Pergerakan Konvergen atau Saling Bertumbukan

Pergerakan Konvergen adalah gerakan dua lempeng yang saling mendekati, sehingga saling bertabrakan/bertumbukan. Terjadinya gerakan konvergen dapat membentuk palung di dalam laut atau pegunungan tinggi dan gunung berapi. Pegunungan Himalaya terbentuk dari pergerakan konvergen antara lempeng benua Hindia dan Eurasia. Pada pegunungan inilah terdapat puncak tertinggi dunia yaitu gunung Everest yang mencapai ketinggian 8.848 m. Palung terdalam di Filipina, yang bernama Palung Mariana, juga terbentuk karena gerakan mendekatnya lempeng samudera Pasifik dan lempeng Eurasia. Palung ini memiliki kedalaman hampir 11.000 m (Sumber: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Geophys/conbou.html> diunduh tanggal 5 Desember 2020).

Negara kita, Indonesia, terletak di daerah pertemuan tiga lempeng, yaitu lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan lempeng Indo Australia.

Proses mendekat dan saling bertumbuk/menunjam antara ketiga lempeng tersebut menyebabkan daerah yang disebut sebagai zona subduksi. Oleh karena itulah Indonesia menjadi bagian dari negara yang memiliki gugusan gunung berapi, disebut *ring of fire* (cincin api) di sepanjang wilayah Pasifik, seperti terlihat pada Gambar 6.11 berikut. Tanda gunung berapi ditunjukkan oleh bentuk segitiga merah dengan tanda seru di dalamnya. Coba perhatikan apakah di sekitar daerah tempat kamu tinggal terdapat gunung berapi?



Gambar 6.11 Peta cincin api di sekitar wilayah Pasifik.



Gambar 6.12 Patahan San Andreas di California, Amerika.

Sumber: www.abc.net.au/Chris_Sattlberger

3. Pergerakan Transform atau Saling Berpapasan
Pergerakan Transform terjadi karena adanya gesekan berlawanan arah pada dua lempeng yang saling berpapasan kemudian mengalami gerakan mendatar (disebut sesar mendatar) dan memanjang. Gesekan dengan energi yang terakumulasi inilah yang menyebabkan terjadinya gempa bumi dengan kedalaman dangkal. Contoh fenomena pergerakan transform adalah Patahan San Andreas, California Amerika, yang memiliki panjang 1.300 km.

Di Indonesia juga ada contoh gerakan sesar mendatar, yaitu patahan yang sangat panjang dari Aceh sampai dengan teluk Semangko Lampung. Patahan ini disebut sebagai Patahan Semangko yang terbentuk akibat gerakan lempeng

Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Gerakan inilah yang membentuk pegunungan barisan di Pulau Sumatera. Salah satu gambar pada Gambar 6.1 menunjukkan Ngarai Sianok sebagai bukti terjadinya patahan ini, terlihat dari adanya lembah dan bukit yang seperti terpisah-pisah dan berulang.

Untuk membedakan jenis pergerakan lempeng, mari lakukan aktivitas berikut ini!



Percobaan Aktivitas 6.4

Ayo Coba Memodelkan Pergerakan Lempeng

1. Gerakan Divergen

Alat dan bahan:

Kertas ukuran A3 (1 lembar)

Pensil/spidol warna (4-5 warna yang berbeda)

Gunting (1 buah)

Selotape (1 buah)

Jepitan pakaian (2 buah)

Prosedur:

1. Rapatkan 2 meja atau kursi yang memiliki permukaan mendatar.
2. Potong kertas A3 menjadi dua bagian pada bagian lebarnya, kemudian sambungkan dengan *selotape*. Lihat gambar berikut.
3. Lipatlah kertas pada bagian yang telah kalian hubungkan itu, lalu sisipkanlah kertas tersebut pada sisi sebaliknya di antara kedua meja atau kursi.
4. Ketika kertas muncul di antara kedua meja atau kursi, ratakanlah masing-masing lembar pada permukaan kedua buku. Gunakan jepitan pakaian untuk menjepit kertas di atas permukaan meja/ kursi.
5. Setelah panjang kertas yang muncul di antara meja dan kursi sudah mencapai 5 cm, warnailah bagian tersebut dengan warna yang berbeda-beda setiap 5 cm.
6. Jelaskan konsep gerakan lempeng secara divergen dari percobaan yang telah kalian lakukan.

2. Gerakan Konvergen

Alat dan bahan:

Kertas bekas ukuran A4 (40 lembar, bisa menggunakan kertas bekas)

Buku yang cukup tebal (1 buah)

Prosedur:

1. Bagi kertas A4 menjadi 2 tumpukan sama banyak.
2. Tempatkan kedua tumpukan kertas di atas meja.
3. Dekatkanlah kedua tumpukan secara perlahan-lahan. Amatilah apa yang terjadi ketika kedua tumpukan kertas saling bertemu/ bertubrukan.
4. Lakukan hal yang sama sebanyak 3 kali. Amatilah setiap kali apa yang terjadi.
5. Gambarlah pengamatanmu dengan menggunakan diagram.
6. Selanjutnya gabungkan kedua tumpukan kertas di atas meja.
7. Taruhlah buku tebal di sebelah tumpukan kertas tersebut.
8. Doronglah tumpukan kertas ke arah buku tersebut.
9. Apa yang terjadi? Yang manakah yang akan berada di bagian bawah? Kertas atau buku? Rapatkan 2 meja atau kursi yang memiliki permukaan mendatar.
10. Apakah hubungan antara percobaanmu ini dengan gerak konvergen lempeng? Jelaskan!

1. Mengapa lempeng dapat bergerak?

Selain lapisan batuan atau litosfer, ingatlah kembali air panas yang kalian gunakan untuk menirukan inti luar bumi pada saat kegiatan apresepsi. Coba bayangkan apabila cairan ini kalian panaskan terus-menerus, tentu bagian inti ini akan menjadi sangat panas, sehingga ada arus konveksi atau arus yang terjadi karena perpindahan panas pada cairan. Kalian telah mempelajari **arus konveksi** pada kelas VII bab 3. Perhatikanlah Gambar 6.13 di bawah ini untuk mengingatkanmu akan arus konveksi.



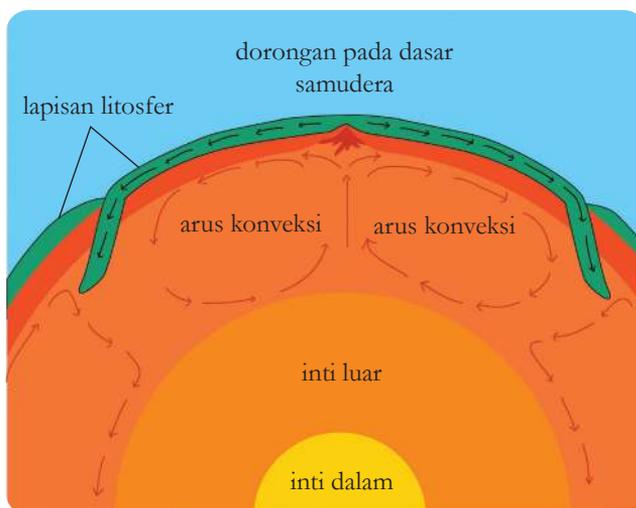
Gambar 6.13 Arus konveksi dalam cairan yang dipanaskan.

Sumber: Inna Bigun/shutterstock.com

Ketika cairan dipanaskan, maka bagian cairan yang panas karena terkena penghantaran panas dari api (cairan bagian bawah) mengalami penurunan kerapatan atau densitas sehingga akan naik ke bagian atas cairan tersebut. Ingatlah bahwa cairan yang berdensitas lebih rapat akan mengambil tempat di bawah cairan yang berdensitas kurang rapat. Pada gambar di atas, pergerakan cairan panas ditunjukkan dengan anak panah berwarna merah. Setelah beberapa lama berada di bagian atas, cairan akan menjadi dingin dan bertambah densitasnya sehingga turun ke bagian bawah lagi. Sementara itu, cairan yang terkena panas akan naik lagi. Pada gambar, pergerakan cairan yang lebih dingin ditunjukkan oleh anak panah berwarna biru. Naik turunnya cairan panas dan dingin ini terjadi terus menerus selama cairan terkena penghantar panas. Pergerakan cairan inilah yang disebut arus konveksi.

Arus konveksi seperti ini juga terjadi pada lapisan bumi yang cair, atau disebut dengan istilah astenosfer. Astenosfer adalah lapisan yang berisi cairan pekat karena di dalamnya mengandung lelehan batuan. Letak astenosfer tepat di bawah litosfer. Gambar 6.14 menunjukkan arus konveksi yang terjadi pada lapisan bumi. Panas yang disebabkan oleh inti bumi menyebabkan magma naik menuju

kerak bumi sehingga lempeng bumi bergerak. Coba jelaskan arus konveksi yang terjadi pada lempeng bumi dengan menggunakan pemahamanmu berdasarkan perbandingan dengan arus konveksi yang terjadi pada Gambar 6.14.



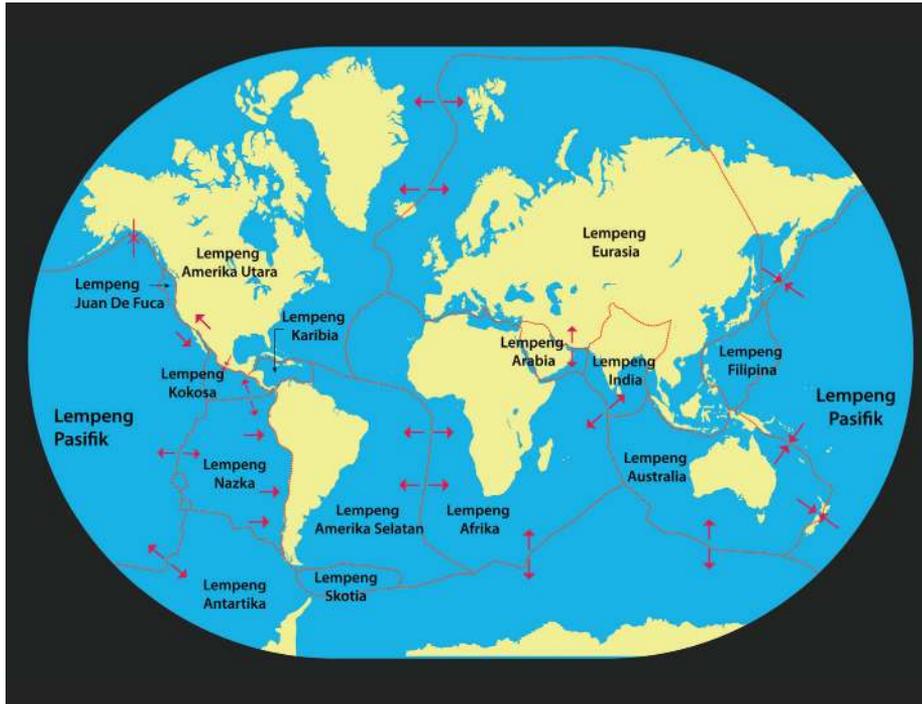
Gambar 6.14 Arus konveksi dalam lapisan mantel bumi.

Bila lempeng bergerak, maka sejumlah energi akan dilepaskan berupa gelombang seismik atau yang kita ketahui sebagai **gempa bumi**.



Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Mengapa Alfred Wagener mengajukan teori Pangea? Apakah teorinya langsung diterima oleh para ilmuwan? Uraikan bukti-bukti dari teorinya ini.
2. Jelaskan arus konveksi yang menyebabkan pergerakan lempeng kepada adik, kakak, orang tua, atau saudaramu.
3. Perhatikan gambar peta bumi di bawah ini. Tanda panah menunjukkan gerakan lempeng. Identifikasilah di bagian mana sajakah gerakan lempeng konvergen, divergen, dan transform yang terjadi.



4. Coba lakukan observasi di daerah/provinsi tempatmu tinggal, apakah ada bukti pergerakan lempeng? Kamu dapat melakukan studi literatur atau wawancara dengan orang tua mengenai peristiwa alam yang pernah terjadi sebelum kamu lahir.
5. Pemerintah ingin membangun Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) pertama di Indonesia sebagai sumber energi listrik karena ketersediaan minyak bumi di Indonesia yang semakin berkurang. PLTN ini menghasilkan energi listrik yang besar, murah, dan aman apabila ditempatkan di wilayah yang tidak memiliki pergerakan lempeng atau potensi gempa. Buatlah tulisan untuk memberikan informasi pada pemerintah, di provinsi mana PLTN ini dapat dibangun dengan menyebutkan alasan-alasanmu.



Refleksi

1. Sebelum melanjutkan ke subbab berikutnya, berhentilah sejenak untuk melihat pertanyaan-pertanyaan yang kalian tuliskan pada awal bab ini.
2. Apakah semua pertanyaan sudah terjawab?
3. Apakah ada pertanyaan baru mengenai Struktur Bumi dan Perubahannya yang ingin kalian temukan jawabannya?
4. Berdiskusi dengan teman dan guru dapat membantumu melengkapi pemahaman pada materi ini. Mencari tahu dari sumber belajar lain pun dapat kamu lakukan. Ayo, lanjutkan belajar Sains yang ada di sekitar kita!

C. Gempa Bumi

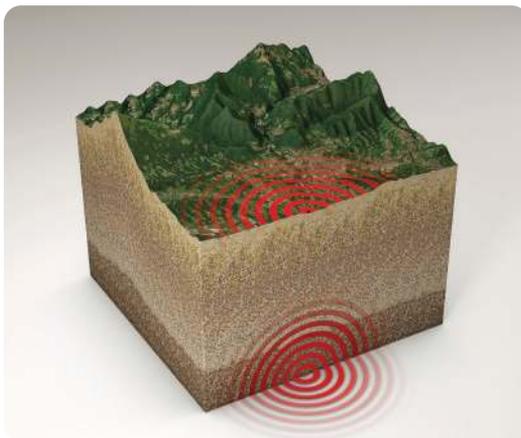
Setelah mempelajari struktur bumi dan pergerakan lempeng, menurut kamu, mengapa gempa bumi dapat terjadi?

Gempa bumi adalah bencana yang dapat membawa kerusakan besar, baik pada bangunan, jalan, jembatan, alam, bahkan hingga merenggut nyawa manusia. Sesungguhnya dalam satu tahun terjadi 10.000-30.000 gempa bumi akibat pergerakan lempeng, baik secara konvergen, divergen, dan transform. Ketebalan lempeng dan kekuatan akibat pergerakan lempeng itulah yang menyebabkan kerusakan pada lapisan kerak bumi yang kita tinggali. Walaupun terjadi sangat sering namun kita tidak merasakan semua gempa tersebut, terutama apabila kekuatannya kecil. Apa yang dimaksud dengan kekuatan gempa? Bagaimana cara mendeteksinya? Mengapa gempa membawa kerusakan bahkan di daerah yang jauh dari pusat gempa? Mari kita bahas tentang gempa bumi agar kita dapat menghindari bahaya akibat gempa.

Seperti kamu ketahui gempa bumi terjadi karena adanya gerakan lempeng bumi atau disebut juga **gempa tektonik**. Gempa bumi juga dapat terjadi karena pergerakan magma dalam gunung

berapi akibat tekanan gas, yang disebut sebagai **gempa vulkanik**. Peristiwa alam lain yang dapat menyebabkan gempa yaitu tanah longsor, yang disebut sebagai **gempa runtuhan**. Selain itu gempa juga dapat disebabkan oleh jatuhnya benda langit yang berukuran besar dan berat contohnya meteorit dan asteroid. Gempa seperti ini disebut **gempa tumbukan**. Gempa bumi juga bisa dibuat oleh manusia apabila kita menggunakan bahan peledak berskala besar, misalnya untuk meruntuhkan gedung-gedung tinggi. Gempa seperti ini disebut **gempa buatan**. Selain gempa tektonik, akibat gempa biasanya hanya dirasakan di wilayah tempat terjadinya bencana atau penggunaan alat peledak, tidak meluas. Pembelajaran berikut ini lebih banyak membahas gempa tektonik.

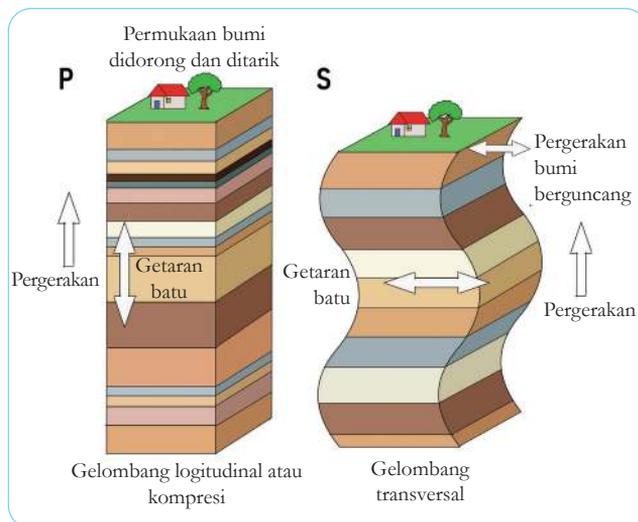
Sumber di dalam bumi, tempat terjadinya gempa atau titik pusat gempa disebut **hiposentrum**. Hiposentrum berlokasi dekat permukaan kerak bumi, namun dapat juga berlokasi di kedalaman hingga ratusan kilometer. Kekuatan gempa tidak bergantung pada kedalaman gempa. Daerah di bagian kerak bumi atau permukaan bumi yang berada tepat di atas hiposentrum disebut episentrum. Gempa biasanya dirasakan pertama kali dan paling merusak di titik episentrum ini. Bandingkan titik episentrum dan hiposentrum pada Gambar 6.15 berikut.



Gambar 6.15 Hiposentrum dan episentrum.

Sumber: shutterstock.com/Naeblys

Gempa bumi melepaskan energi dalam bentuk getaran, yang disebut sebagai **gelombang seismik**, yang merambat, baik di dalam lempeng bumi dan juga di kerak atau permukaan bumi. Posisi hiposentrum gempa dapat diketahui dengan menggunakan pengukuran gelombang seismik. Kamu telah mempelajari tentang gelombang pada bab sebelumnya jadi kamu pasti sudah mengenal jenis gelombang dan mengetahui bahwa gelombang merambat dengan membawa energi. Kedua jenis gelombang, yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal pun terjadi pada lempeng bumi. Oleh karena itulah akibat gempa dapat dirasakan di beberapa tempat sekaligus, bahkan di tempat dengan radius ratusan hingga ribuan kilometer jauhnya. Gelombang yang merambat di dalam lempeng bumi berupa gelombang Primer (P) atau Sekunder (S). Perhatikanlah perbedaannya pada Gambar 6.16 di bawah ini.



Gambar 6.16 Gelombang seismik P dan S.

Kecepatan perambatan gelombang seismik tergantung pada lapisan batuan yang dilewatinya. Semakin rapat batuan yang dilewati, semakin cepat perambatan terjadi dan sebaliknya.

Alat untuk mengukur besarnya getaran gempa bumi disebut sebagai **seismograf**. Alat ini mengukur energi gempa bumi di episentrum. Diagram hasil pengukuran seismograf disebut **seismogram**. Ketika gempa bumi terjadi, semua seismograf di berbagai tempat menghitung waktu tibanya gelombang ke tempat seismograf berada. Gelombang P dan S tiba pada waktu yang berbeda. Perbedaan inilah yang digunakan untuk mengukur titik hiposentrum gempa. Diperlukan setidaknya pengukuran seismogram di tiga titik untuk menentukan letak hiposentrum secara tepat.

Kekuatan gempa bumi diukur dalam Skala Richter (SR). Skala ini diusulkan oleh seorang ahli Fisika dari Amerika bernama Charles Richter pada tahun 1935. Angka yang digunakan mulai dari 0, kenaikan satu angka menunjukkan penambahan kekuatan gempa 10 kali lipat dan penambahan energi gempa sebesar 30 kali lipat. Contoh gempa 7 SR berkekuatan 10 kali lipat lebih besar, kuat, dan memiliki rambatan energi 30 kali lebih besar dibandingkan gempa berukuran 6 SR.

Metode pengukuran dengan menggunakan Skala Richter memiliki keterbatasan dalam hal frekuensi dan jarak. Dengan makin banyaknya seismograf yang digunakan di berbagai belahan dunia maka skala yang digunakan untuk mengukur gempa secara tepat adalah skala Momen Magnitudo (M). SR mendasarkan perhitungan pada amplitudo gelombang sedangkan M mendasarkan perhitungan pada frekuensi. Sejak tahun 2008 Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sudah tidak menggunakan SR dan mengganti pengukuran kekuatan gempa dengan ukuran Momen Magnitudo (<https://www.liputan6.com/news/read/3624335/beda-magnitudo-dengan-skala-richter-sebagai-ukuran-gempa>). Pada gempa-gempa besar, pengukuran kekuatan dengan skala M lebih tepat dibandingkan SR.

Berdasarkan magnitudonya, gempa bumi dikategorikan dari gempa kecil sampai sangat besar sebagai berikut:

Tabel 6.1 Kategori gempa berdasarkan kekuatan gempa

Magnitudo	Kategori Gempa
≥ 8	Sangat besar
7 - 7,9	Besar
6 - 6,9	Kuat
5 - 5,9	Sedang
4 - 4,9	Ringan
3 - 3,9	Minor

Sumber: <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/magnitude.html> diunduh tanggal 8 Desember 2020

1. Bencana yang Terjadi Setelah Gempa

a. Gempa Susulan

Setelah terjadi gempa utama yang bermagnitudo besar, lempeng bumi yang telah bergerak karena saling bertumbukan atau bergesekan membutuhkan waktu untuk kembali ke posisi stabil. Pergerakan kembalinya lempeng bumi ke posisi stabil setelah gempa utama ini yang menyebabkan gempa susulan. Kekuatan gempa susulan biasanya lebih kecil dibandingkan gempa utama. Walaupun kekuatan gempa lebih kecil, namun dapat merusak bangunan-bangunan yang rangkanya telah rusak akibat gempa utama. Oleh karena itu setelah terjadi gempa, selama beberapa waktu kita tidak disarankan untuk masuk ke dalam bangunan dan menunggu di ruang terbuka, karena dikhawatirkan masih terjadi gempa susulan.

b. Tsunami

Pada tanggal 28 September 2018, Indonesia dikejutkan dengan berita terjadinya tsunami di Palu, Sulawesi Tengah. Gelombang besar, setinggi 6 meter, menyapu

bersih kawasan pemukiman, dari dekat pantai sampai ke kota Palu. Lebih dari dua ribu nyawa tidak tertolong. Banyak bangunan rusak termasuk berbagai fasilitas umum dan rumah warga. Pengungsi pada saat itu tercatat 82.775 orang. Tsunami ini terjadi pada malam hari, setelah terjadi gempa besar berkekuatan 7,4 M. Kurang dari sepuluh menit sejak gempa mengguncang, terjadilah tsunami (<https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-45795714>).

Sebelum tsunami Palu, tsunami besar juga pernah terjadi di Aceh pada akhir tahun 2004 setelah gempa sangat besar berkekuatan 9,3 M yang menelan korban nyawa lebih dari dua ratus ribu orang (<https://nasional.kompas.com/read/2019/12/26/10570861/5-fakta-gempa-dan-tsunami-aceh-tragedi-yang-terjadi-15-tahun-lalu?page=all>). Episentrum gempa ini terletak di lepas pantai barat Sumatera. Tsunami yang diperkirakan mencapai ketinggian 30 meter menyapu daratan hingga 12 km dari bibir pantai di Aceh. Jarak episentrum ke Banda Aceh adalah sejauh 250 km. Inilah tsunami yang paling banyak memakan korban jiwa yang pernah terjadi di Indonesia. Diperkirakan energi tsunami ini 23.000 kali lebih besar dibandingkan bom atom yang terjadi di Hiroshima, Jepang. Beberapa wilayah lain yang juga mengalami tsunami adalah Kepulauan Andaman di India, Phuket di Thailand, dan juga di Srilangka (Rickard, et al., 2009 p.302).

Tsunami dapat terjadi saat episentrum gempa terletak di dasar laut sehingga menyebabkan gelombang besar. Walaupun pada awalnya gelombang yang terjadi hanya setinggi 2 meter, namun dengan pergerakan yang sangat cepat hingga 800km/jam, saat mencapai perairan dangkal, ketinggian gelombang meningkat pesat. Gelombang yang sangat cepat ini memiliki energi yang sangat tinggi untuk menghancurkan apapun yang dilewatinya.



Gambar 6.17 Akibat gempa bumi di Aceh 26 Desember 2004.

Sumber: www.voaindonesia.com/Eva.M.
(diunduh tanggal 6 Desember 2020)



Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Buatlah tabel berisi daftar kata yang kamu pelajari pada subbab 6.3 ini.
2. Carilah informasi mengenai struktur bangunan yang tahan gempa.
3. Jepang adalah salah satu negara yang menggunakan tenaga nuklir sebagai sumber energi listrik. Terdapat 21 Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang menyebar di beberapa kota di negara ini. Pada tanggal 11 Maret 2011 terjadi gempa bumi dan tsunami besar di Jepang yang mengakibatkan bencana nuklir Fukushima. Carilah informasi mengenai kerusakan yang terjadi di PLTN Fukushima pada waktu tersebut. Seperti apa akibat yang ditimbulkan dan bagaimana pemerintah Jepang mengatasi hal ini?

D. Gunung Berapi

Seperti telah disebutkan pada subbab sebelumnya, Indonesia termasuk dalam wilayah cincin gunung api Pasifik. Perhatikanlah persebaran gunung api di Indonesia pada gambar berikut ini. Pernahkah kamu berkunjung ke salah satu gunung berapi yang ada dalam peta ini? Apakah ada yang terletak di provinsi tempat kamu tinggal? Apakah status gunung berapi tersebut?



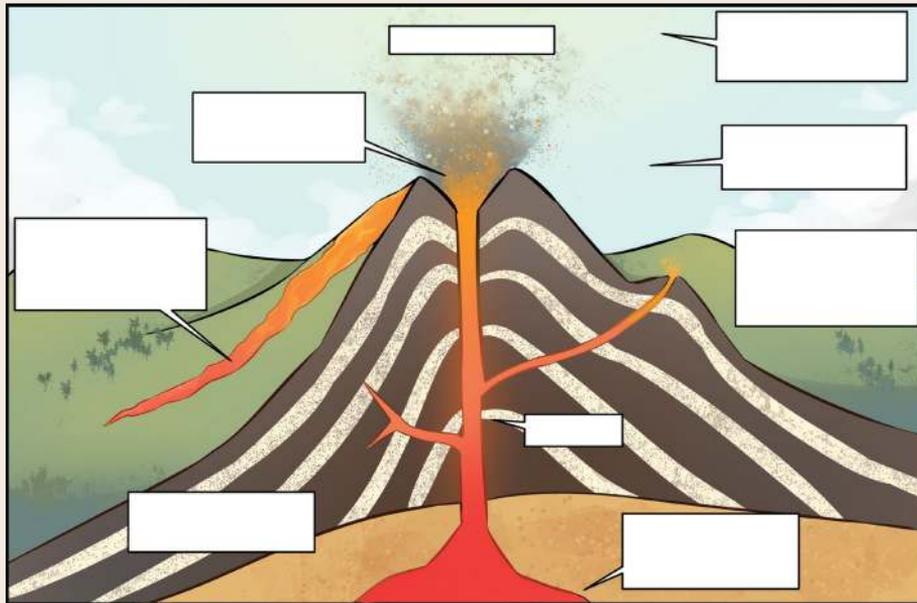
Gambar 6.18 Peta gunung api di Indonesia beserta keterangan tipe gunung

Indonesia memiliki sekitar 500 gunung berapi yang 127 di antaranya berstatus aktif (Sumber: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/miliki-127-gunung-api-aktif-jadikan-indonesia-laboratorium-gunung-api-dunia>). Oleh karena itu penting bagi kita untuk mengenal karakternya gunung berapi agar kita bisa hidup damai berdampingan dengan gunung berapi. Mari kita mulai dengan aktivitas memberikan label pada struktur di dalam gunung berapi dari gambar di bawah ini.

Ayo Rancang Aktivitas 6.5

Ayo Labeli Bagian-bagian Gunung Berapi

Di dalam buku catatanmu, buatlah sketsa gambar seperti di bawah ini, kemudian berikan label untuk setiap bagian di dalam gunung berapi.



Gambar 6.19 Struktur gunung berapi.

Kebanyakan gunung berapi terletak pada batas lempeng tektonik karena terbentuk dari pergerakan lempeng secara konvergen. Tekanan akibat tumbukan lempeng mendorong lelehan batuan (magma) ke atas. Magma terdapat dalam gunung berapi, karena berbentuk cairan, magma akan menyebar dan menembus batuan, celah-celah, atau tanah di sekitarnya untuk naik ke permukaan bumi. Magma yang naik ke permukaan bumi disebut sebagai lava.

Pada saat letusan terjadi, keluarlah lava, debu, dan awan yang sangat panas, serta gas hidrogen sulfida, peristiwa ini disebut sebagai erupsi gunung berapi. Suhu lava tergantung pada warnanya. Lava berwarna hitam memiliki suhu kurang dari 500°C, lava warna merah memiliki suhu 500-900°C, warna oranye memiliki suhu 900-1.000°C, lava kuning lebih panas yaitu antara 1.000-1.150°C, dan yang paling panas adalah lava berwarna putih dengan suhu lebih dari 1.150°C (Rickard, et al, 2009 p.309). Perhatikan gambar erupsi beberapa gunung di bawah ini. Menurut kamu berapa sajakah suhu lavanya masing-masing?



Gunung Sinabung
(Agustus 2020)



Gunung Merapi
(Februari 2020)

Gambar 6.20 Erupsi beberapa gunung berapi di Indonesia.

Sumber: Antara/Sastrawan Ginting (2020); www.tribunnews.com/VolcanoYT; nasional.tempo.co/ Firdia Lisnawati (2018); www.kompas.com/PVMBG-BG-KESDM (2020)



Gunung Agung
(Mei 2019)



Gunung Ile Lewotowok
(November 2020)

Selain dua kasus tsunami yang dideskripsikan pada subbab 6.3, tsunami besar juga pernah terjadi di Indonesia pada bulan Agustus tahun 1883 di Pulau Krakatau yang terletak di antara Pulau Jawa dan Sumatera. Tsunami ini terjadi karena letusan gunung berapi yang bernama Krakatau. Suara letusan gunung berapi ini terdengar hingga radius 5.000 km. Tsunami setinggi 40 meter terjadi kemudian setelah letusan awal yang membawa magma keluar. Gunung berapi mulai runtuh dan lahar turun menyentuh air laut menghasilkan gumpalan uap panas yang membawa aliran lava ini hingga 25 mil (40 km) dengan kecepatan sangat tinggi. Letusan gunung Krakatau juga menyebabkan suhu global mengalami penurunan karena debunya menutupi atmosfer bumi.

Manfaat Memiliki Banyak Gunung Berapi

Memiliki banyak gunung berapi tidak selalu berarti bencana, sesungguhnya ada beberapa manfaat yang diperoleh dengan adanya gunung berapi, antara lain:

- Banyak sumber mineral dalam bentuk batuan bijih logam yang terletak pada batas lempeng. Sumber mineral ini berasal dari bagian magma yang sudah mengeras. Mineral logam yang biasanya dihasilkan pada gunung berapi yang sudah tidak aktif lagi yaitu tembaga, emas, perak, timbal, dan seng.
- Sumber energi berupa minyak bumi yang berasal dari fosil yang mengalami dekomposisi dalam jangka waktu berjuta-juta tahun sehingga membentuk hidrokarbon dan membentuk minyak bumi. Kandungan ini banyak terdapat pada daerah batas antara lempeng karena adanya kondisi tekanan dan panas yang sesuai untuk pembentukan minyak bumi.

- Tidak hanya berupa minyak bumi, sumber energi lain yang dapat dimanfaatkan adalah gas bumi atau yang disebut sebagai energi geotermal. Bentuk energi ini dapat menjadi alternatif sumber energi karena kandungan energi minyak bumi di negara kita sudah mulai menipis. Di-harapkan kalianlah yang akan memanfaatkan kekayaan gas bumi bagi pengembangan sumber energi baru di Indonesia.
- Materi yang dikeluarkan oleh gunung berapi, termasuk debu vulkanik akan terdekomposisi dan mengalami perubahan sehingga lama-kelamaan membentuk tanah yang paling subur di bumi ini. Tanah hasil erupsi gunung berapi dapat menghasilkan panen yang melimpah sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat di sekitar gunung berapi.
- Gunung berapi juga menyuguhkan keindahan alam sebagai salah satu daya tarik pariwisata suatu daerah. Faktanya, Indonesia yang memiliki banyak gunung berapi menjadi wilayah yang digemari sebagai tempat penelitian tentang kegunungapian.



Mari Uji Kemampuan Kalian

1. Deskripsikanlah hubungan antara gunung berapi dan gempa bumi!
2. Bayangkan jika di daerah tempatmu tinggal, ada sebuah gunung berapi yang terlihat menunjukkan aktivitas erupsi dalam beberapa hari ke depan. Sebagai seorang seismolog, kamu harus membuat presentasi untuk menjelaskan kepada para kepala desa agar masyarakat di sekitar gunung berapi segera mengungsi.