



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA  
2023

# **DASAR-DASAR TEKNIK GEOLOGI PERTAMBANGAN**

**Semester 2**

**Masfut Mustahar  
Akhmad Syaripudin**

**SMK/MAK KELAS X**

**Hak Cipta pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia**  
Dilindungi Undang-Undang

Penafian: Buku ini disiapkan oleh Pemerintah dalam rangka pemenuhan kebutuhan buku pendidikan yang bermutu, murah, dan merata sesuai dengan amanat dalam UU No. 3 Tahun 2017. Buku ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. Buku ini merupakan dokumen hidup yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan yang dialamatkan kepada penulis atau melalui alamat surel buku@kemdikbud.go.id diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.

**Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan**  
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

**Penulis**

Masfut Mustahar  
Akhmad Syaripudin

**Penelaah**

Very Susanto  
Aperta Ledy Alam

**Penyelia/Penyelaras**

Supriyatno  
Wijanarko Adi Nugroho  
Putri F. Wijayanti  
Khofifa Najma Iftitah  
Firman Arapenta Bangun

**Kontributor**

Cahya Nugraha  
Abdul Hakim

**Ilustrator**

Ade Prihatna (kover, isi, dan ikon)  
Sitti Aulia (isi)

**Editor**

Dwi Pajar Ratriningsih  
Khofifa Najma Iftitah

**Desainer**

Sitti Aulia

**Penerbit**

Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi

**Dikeluarkan oleh**

Pusat Perbukuan  
Komplek Kemendikbudristek Jalan RS. Fatmawati, Cipete, Jakarta Selatan  
<https://buku.kemdikbud.go.id>

**Cetakan Pertama, 2023**

ISBN 978-623-194-516-7 (no.jil.lengkap PDF)  
978-623-194-518-1 (jil.2 PDF)

Isi buku ini menggunakan huruf Noto Serif 11/17 pt, Steve Matteson.  
xx, 268 hlm.: 17,6 x 25 cm.



# Kata Pengantar

Pusat Perbukuan; Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi memiliki tugas dan fungsi mengembangkan buku pendidikan pada satuan Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, termasuk Pendidikan Khusus. Buku yang dikembangkan saat ini mengacu pada Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini memberikan keleluasaan bagi satuan/program pendidikan dalam mengimplementasikan kurikulum dengan prinsip diversifikasi sesuai dengan kondisi satuan pendidikan, potensi daerah, dan peserta didik.

Pemerintah dalam hal ini Pusat Perbukuan mendukung implementasi Kurikulum Merdeka di satuan pendidikan dengan mengembangkan buku siswa dan buku panduan guru sebagai buku teks utama. Buku ini dapat menjadi salah satu referensi atau inspirasi sumber belajar yang dapat dimodifikasi, dijadikan contoh, atau rujukan dalam merancang dan mengembangkan pembelajaran sesuai karakteristik, potensi, dan kebutuhan peserta didik. Adapun acuan penyusunan buku teks utama adalah Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 033/H/KR/2022 tentang Perubahan Atas Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 008/H/KR/2022 tentang Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka.

Sebagai dokumen hidup, buku ini tentu dapat diperbaiki dan disesuaikan dengan kebutuhan dan perkembangan keilmuan dan teknologi. Oleh karena itu, saran dan masukan dari para guru, peserta didik, orang tua, dan masyarakat sangat dibutuhkan untuk pengembangan buku ini di masa yang akan datang. Pada kesempatan ini, Pusat Perbukuan menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan buku ini, mulai dari penulis, penelaah, editor, ilustrator, desainer, dan kontributor terkait lainnya. Semoga buku ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta didik dan guru dalam meningkatkan mutu pembelajaran.

Jakarta, Maret 2023

Kepala Pusat,

Supriyatno

NIP 196804051988121001



# Prakata



Segala puji bagi Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan buku ini.

Geologi merupakan salah satu disiplin ilmu pengetahuan yang digunakan untuk mengetahui proses-proses yang terjadi di bumi. Adapun teknik pertambangan merupakan salah satu aplikasi bidang geologi di bidang pemanfaatan sumber daya alam.

Buku teks Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan Semester 2 ini merupakan kelanjutan dari buku teks sebelumnya, yaitu Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan Semester 1. Buku ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi peserta didik untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dalam bidang geologi pertambangan. Materi-materi yang disajikan di buku ini merupakan materi dasar yang diharapkan dapat mendukung peserta didik pada fase berikutnya.

Kami sadar bahwa penulisan buku ini bukan merupakan buah hasil kerja keras kami sendiri, ada banyak pihak yang terlibat dalam menyelesaikan buku ini. Pada kesempatan ini, kami menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan buku ini. Buku yang kami buat masih belum bisa dikatakan sempurna. Maka dari itu, kami meminta dukungan dan masukan dari para pembaca, agar ke depannya kami bisa lebih baik lagi di dalam menulis sebuah buku.

Jakarta, Maret 2023

Penulis



# Daftar Isi



Kata Pengantar .....	iii
Prakata .....	iv
Daftar Isi .....	v
Daftar Gambar .....	viii
Daftar Tabel .....	xvii
Ada Apa di Dalam Buku Ini? .....	xviii

## Bab 1

Ruang Lingkup Geologi .....	1
A. Apa Itu Geologi? .....	3
B. Interior Bumi .....	5
C. Waktu Geologi .....	10
Uji Kompetensi .....	17
Pengayaan .....	18
Refleksi .....	18

## Bab 2

Proses Geologi dan Klasifikasi Bentang Alam .....	19
A. Proses Geologi .....	21
B. Klasifikasi Bentang Alam .....	40
Uji Kompetensi .....	53
Pengayaan .....	54
Refleksi .....	54

## Bab 3

Deformasi Kerak Bumi .....	55
A. Deformasi Batuan .....	58
B. Struktur Geologi .....	61
Uji Kompetensi .....	71
Pengayaan .....	72
Refleksi .....	72



## Bab 4

<b>Mineral dan Batuan</b> .....	<b>73</b>
A. Mineral .....	75
B. Batuan .....	85
Uji Kompetensi .....	105
Pengayaan.....	106
Refleksi .....	106

## Bab 5

<b>Geologi Lapangan</b> .....	<b>107</b>
A. Peralatan Geologi Lapangan .....	109
B. Pengamatan Lapangan .....	129
Uji Kompetensi .....	136
Pengayaan.....	138
Refleksi .....	138

## Bab 6

<b>Gambar Teknik Geologi</b> .....	<b>139</b>
A. Konsep Peta .....	141
B. Komponen Peta .....	149
C. Peta Topografi .....	155
D. Peta Geologi.....	159
Uji Kompetensi .....	170
Pengayaan.....	173
Refleksi .....	174

## Bab 7

<b>Teknik Dasar Penambangan</b> .....	<b>175</b>
A. Pemilihan Metode Penambangan .....	177
B. Pemboran dalam Aktivitas Penambangan.....	181
C. Konsep Dasar Peledakan di Tambang.....	189
Uji Kompetensi .....	203
Pengayaan.....	203
Refleksi .....	204



# Bab 8

## Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup (K3LH)

<b>Pertambangan dan Budaya Kerja Industri.....</b>	<b>205</b>
A. Konsep K3LH dalam Pertambangan .....	207
B. Alat Pelindung Diri Daerah Pertambangan .....	216
C. Rambu-Rambu K3LH Daerah Pertambangan.....	221
D. Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan (SMKP) ..	227
E. Budaya Kerja Industri.....	230
Uji Kompetensi .....	232
Pengayaan.....	233
Refleksi .....	233
<b>Glosarium .....</b>	<b>234</b>
<b>Indeks .....</b>	<b>245</b>
<b>Daftar Pustaka .....</b>	<b>249</b>
<b>Daftar Sumber Gambar .....</b>	<b>253</b>
<b>Profil Pelaku Perbukuan .....</b>	<b>261</b>
Profil Penulis .....	261
Profil Penulis .....	262
Profil Penelaah .....	263
Profil Penelaah .....	264
Profil Editor .....	265
Profil Editor .....	266
Profil Ilustrator .....	267
Profil Desainer .....	268



# Daftar Gambar



## Bab 1

Gambar 1.1	Peta konsep ruang lingkup geologi.....	2
Gambar 1.2	Perbedaan kecepatan gelombang gempa pada kedalaman tertentu yang mengindikasikan adanya perbedaan jenis media yang dilalui oleh gelombang gempa.....	6
Gambar 1.3	Struktur interior bumi.....	7
Gambar 1.4	Skala waktu geologi.....	10
Gambar 1.5	Prinsip-prinsip dasar geologi yang digunakan untuk menentukan umur relatif. ....	12
Gambar 1.6	Tiga jenis ketidakselarasan yang dapat diamati dari penampang melintang <i>Grand Canyon</i> . ....	13
Gambar 1.7	Diagram yang menunjukkan kondisi geologi bawah permukaan dan tahapan sejarah geologi yang membentuknya.....	15

## Bab 2

Gambar 2.1	Peta konsep proses geologi dan klasifikasi bentang alam.....	20
Gambar 2.2	Distribusi lempeng tektonik yang terdapat di permukaan bumi.....	23
Gambar 2.3	Batas divergen yang membentuk punggung tengah samudra di Samudra Atlantik. ....	24
Gambar 2.4	Batas konvergen samudra-samudra yang membentuk busur kepulauan vulkanik. ....	25
Gambar 2.5	Batas konvergen samudra-benua yang membentuk busur magmatik. ....	26



Gambar 2.6	Proses pembentukan Pegunungan Himalaya yang merupakan contoh batas konvergen benua. ....	27
Gambar 2.7	Proses pembentukan Sesar San Andreas yang merupakan contoh batas transform yang terbentuk di benua. ....	28
Gambar 2.8	Distribusi gunung api di dunia, sebagian besar terletak sekitar Pasifik dan membentuk jalur gunung api ( <i>ring of fire</i> ). ....	29
Gambar 2.9	Proses pelapukan mekanik akibat pelepasan beban.....	32
Gambar 2.10	Air yang membeku di celah-celah batuan akan mendesak tubuh batuan dan mengakibatkan pecahnya batuan. ....	33
Gambar 2.11	Pohon yang tumbuh di celah batuan, akarnya akan semakin besar dan mendesak tubuh batuan sehingga rekahan pada batuan menjadi semakin lebar.....	34
Gambar 2.12	Proses pelapukan mengulit bawang yang menghasilkan bentuk konsentris (membulat).....	36
Gambar 2.13	Diagram blok beberapa tipe gerakan massa. ....	39
Gambar 2.14	Bentuk bentang alam struktural. (A) <i>messa</i> , (B) <i>butte</i> , (C) <i>cuesta</i> , (D) <i>hogback</i> , (E) perbukitan sinklin, (F) perbukitan monoklin, (G) gawir sesar, dan (H) <i>triangular facet</i> .....	41
Gambar 2.15	Bentuk bentang alam vulkanik yang dihasilkan dari proses erupsi. (A) gunung api perisai, (B) gunung api strato, (C) <i>cinder cone</i> , (D) kaldera.....	42
Gambar 2.16	Bentuk bentang alam vulkanik yang dihasilkan dari proses intrusi. (A) sumbat lava, (B) jenjang gunung api, dan (C) perbukitan intrusi. ....	43
Gambar 2.17	Bentuk bentang alam fluvial. (A) meander, (B) sungai teranyam, (C) teras sungai, dan (D) kipas aluvial.....	45
Gambar 2.18	Contoh bentang alam pesisir yang dipengaruhi oleh proses erosi adalah tebing laut, paparan erosi, dan gerbang laut. ....	46



Gambar 2.19 Contoh bentang alam pesisir yang dipengaruhi oleh proses pengendapan, yaitu pantai (kiri) dan bura (kanan). .....	47
Gambar 2.20 Bentuk bentang alam eolian. (A) lantai gurun, (B) cekungan deflasi, (C) gump pasir bintang atau <i>star dune</i> , (D) gump pasir melintang atau <i>transversal dune</i> , (E) <i>barchan dune</i> . ....	48
Gambar 2.21 Diagram skematik bentang alam karst. ....	50
Gambar 2.22 Bentuk bentang alam karst. (A) <i>polje</i> , (B) <i>doline</i> , (C) kerucut karst, (D) menara karst, (E) gua karst. ....	51
Gambar 2.23 Bentuk bentang alam glasial. (A) lembah glasial, (B) <i>cirque</i> , (C) <i>arate</i> , (D) <i>moraine</i> , (E) <i>drumline</i> .....	52

## Bab 3

Gambar 3.1 Peta konsep deformasi kerak bumi.....	56
Gambar 3.2 Ilustrasi dua mobil yang bertabrakan. ....	57
Gambar 3.3 Lapisan batuan sedimen yang terdeformasi di Palmdale, California. ....	58
Gambar 3.4 Deformasi batuan akibat berbagai jenis tegasan (arah panah menunjukkan arah tegasan utama).....	59
Gambar 3.5 Kurva A merupakan regangan yang terjadi pada batuan yang bersifat <i>ductile</i> , kurva B merupakan regangan yang terjadi pada batuan yang bersifat <i>brittle</i> . ....	60
Gambar 3.6 Geometri lipatan. ....	62
Gambar 3.7 Ilustrasi <i>strike</i> dan <i>dip</i> pada perlapisan batuan dengan <i>strike/dip</i> N 20° E/ 30°. ....	63
Gambar 3.8 Blok model berbagai jenis lipatan. ....	64
Gambar 3.9 Geometri dari kekar gerus, kekar ekstensi, dan kekar rilis. ....	66
Gambar 3.10 Ilustrasi yang memperlihatkan blok <i>hanging wall</i> yang berada di atas kepala penambang dan blok <i>foot wall</i> yang berada di kakinya.....	66
Gambar 3.11 Blok diagram dari beberapa jenis sesar.....	67



## Bab 4

Gambar 4.1	Peta konsep mengenal mineral dan batuan.....	74
Gambar 4.2	Granit yang tersusun atas beberapa mineral. ....	75
Gambar 4.3	Deret reaksi Bowen yang menunjukkan urutan pembentukan mineral dari proses pembekuan magma..	77
Gambar 4.4	Mineral korundum yang memiliki kenampakan warna yang berbeda, batu permata rubi (berwarna merah), dan safir (berwarna biru).....	79
Gambar 4.5	Cerat pada mineral pirit (A) dan mineral hematit (B).....	80
Gambar 4.6	(A) kilap logam pada pirit, (B) kilap kaca pada kuarsa, (C) kilap mutiara pada talk, (D) kilap damar pada sfarelit.....	80
Gambar 4.7	Kuku jari yang memiliki kekerasan 2,5 dapat menggores gipsum yang memiliki kekerasan 2 (A) tetapi tidak dapat menggores kalsit yang memiliki kekerasan 3 (B). ....	82
Gambar 4.8	Berbagai macam bentuk mineral (A) menjarum, (B) kubik, (C) roset, (D) botryoidal, (E) fibrous. ....	82
Gambar 4.9	Mineral muskovit yang memiliki satu arah belahan (kiri) dan mineral kalsit yang memiliki tiga arah belahan. ....	83
Gambar 4.10	Pecahan tidak beraturan pada mineral garnet (kiri) dan pecahan konkoidal pada mineral kuarsa (kanan). ....	83
Gambar 4.11	Siklus batuan yang menggambarkan proses pembentukan tiga jenis batuan. ....	85
Gambar 4.12	Diagram penampang batuan beku dalam. ....	88
Gambar 4.13	Struktur batuan beku luar, (A) kekar tiang, (B) lava bantal, (C) vesikuler, (D) lava tali, (E) blok lava. ....	89
Gambar 4.14	Tekstur faneritik pada granit (A), porfiritik pada porfiri granit (B), dan afanitik pada riolit (C). ....	91



Gambar 4.15 Kenampakan dari beberapa struktur sedimen, (A) perlapisan, (B) laminasi, (C) silang-siur, (D) <i>graded bedding</i> , (E) <i>flute mark</i> , (F) gelembur gelombang, (G) <i>slump</i> , (H) <i>burrow</i> . .....	95
Gambar 4.16 Tekstur pemilahan pada batuan sedimen. (A) pemilahan buruk, (B) pemilahan sedang, (C) pemilahan baik. ....	96
Gambar 4.17 Derajat kebundaran butiran sedimen. (A) batuan breksi yang memiliki fragmen menyudut, (B) batuan konglomerat dengan fragmen membundar. ....	97
Gambar 4.18 Ilustrasi yang menunjukkan lingkungan pembentukan batuan metamorf. ....	100
Gambar 4.19 Ilustrasi yang menunjukkan metamorfisme regional yang menghasilkan struktur foliasi. ....	102
Gambar 4.20 Klasifikasi beberapa jenis batuan metamorf.....	104

## Bab 5

Gambar 5.1 Peta konsep geologi lapangan.....	108
Gambar 5.2 Silva (a), Brunton (b), Meridian (c), dan Chaix Universelle (d).....	111
Gambar 5.3 Bagian-bagian kompas geologi tipe brunton (A) dan tipe silva (B).....	112
Gambar 5.4 Prosedur kerja penentuan lokasi menggunakan kompas geologi (tipe Brunton).....	115
Gambar 5.5 Prosedur kerja pengukuran kemiringan lereng menggunakan kompas geologi (tipe Brunton). ....	117
Gambar 5.6 Penggambaran simbol <i>strike/dip</i> . (a) N 60° E/45° dan (b) N 240° E/30°. ....	117

Gambar 5.7	Prosedur kerja mengukur kedudukan lapisan batuan menggunakan kompas geologi (tipe Brunton).....	119
Gambar 5.8	<i>Global Positioning System</i> .....	121
Gambar 5.9	Palu batuan sedimen (A) dan palu batuan beku (B).....	123
Gambar 5.10	<i>Loupe</i> .....	124
Gambar 5.11	Buku catatan lapangan.....	126
Gambar 5.12	Berbagai jenis pita ukur. ....	127
Gambar 5.13	Ilustrasi ketebalan lapisan (kiri); ilustrasi pengukuran ketebalan lapisan menggunakan tongkat Jacob (kanan). ....	127
Gambar 5.14	Batuan yang ditetesi dengan larutan HCl (di dalam lingkaran kuning). Batuan A tidak menghasilkan buih sedangkan batuan B menghasilkan buih.....	129
Gambar 5.15	Contoh sketsa lapangan.....	133
Gambar 5.16	Foto yang diambil dari dekat (A, B) dan foto yang diambil dari jarak jauh (C,D).....	135
Gambar 5.17	Peta topografi Gunung Mujil dan sekitarnya, Kecamatan Nanggulan.....	137

## Bab 6

Gambar 6.1	Peta konsep gambar teknik geologi.....	140
Gambar 6.2	Peta atlas.....	143
Gambar 6.3	Peta tematik penggunaan lahan. ....	144
Gambar 6.4	Peta chart rute penerbangan.....	145
Gambar 6.5	Foto udara.....	146
Gambar 6.6	Peta digital.....	147
Gambar 6.7	Muka peta.....	148
Gambar 6.8	Garis biru yang saling berpotongan menunjukkan <i>grid</i> peta.....	149



Gambar 6.9 Contoh judul peta geologi. ....	150
Gambar 6.10 Contoh skala garis dan skala angka yang tercantum pada peta RBI (Rupa Bumi Indonesia).....	150
Gambar 6.11 Tanda arah yang tercantum pada peta RBI. ....	150
Gambar 6.12 Contoh keterangan peta yang tercantum pada peta RBI. ....	151
Gambar 6.13 Contoh peta inset yang tercantum pada peta RBI. ....	152
Gambar 6.14 Contoh proses pembuatan peta yang tercantum pada peta RBI.....	152
Gambar 6.15 Contoh pembuat peta yang tercantum pada peta RBI.....	153
Gambar 6.16 Contoh proyeksi sistem koordinat yang tercantum pada peta RBI.....	154
Gambar 6.17 Keterangan garis kontur pada peta rupa bumi. ....	157
Gambar 6.18 Contoh nilai interval/selang kontur pada peta RBI. ....	158
Gambar 6.19 Nilai kontur 700 dan 750 merupakan indeks kontur. ....	158
Gambar 6.20 Kondisi geologi (strata horizontal) yang sama ditunjukkan dalam tampilan peta (atas) dan dalam diagram blok (bawah) di tiga wilayah dengan topografi yang sangat berbeda.....	163
Gambar 6.21 Tata letak keterangan pinggir pada peta geologi. ....	164
Gambar 6.22 Singkatan huruf satuan kronostratigrafi yang digunakan pada peta geologi. ....	165
Gambar 6.23 Simbol unsur-unsur geologi dalam peta geologi. ....	166
Gambar 6.24 Contoh pemakaian tata warna untuk satuan peta dalam peta geologi.....	167
Gambar 6.25 Contoh penampang yang tercantum pada Peta Geologi lembar Buton. ....	168
Gambar 6.26 Peta kemajuan tambang dan daerah yang dilakukan reklamasi di PT. Sugih Alamnugroho.....	169



## Bab 7

Gambar 7.1	Peta konsep teknik dasar penambangan. ....	176
Gambar 7.2	Karakteristik spasial endapan Skarn. ....	178
Gambar 7.3	Indikasi bidang patahan pada <i>seam</i> batu bara.....	179
Gambar 7.4	Penggunaan <i>jackleg drill</i> pada tambang bawah tanah. ..	183
Gambar 7.5	<i>Wagon drill</i> . ....	184
Gambar 7.6	<i>Crawler drill</i> .....	185
Gambar 7.7	Arah lubang bor tegak dan arah lubang bor miring.....	187
Gambar 7.8	Pola pemboran sejajar.....	188
Gambar 7.9	Pola pemboran selang-seling.....	188
Gambar 7.10	<i>Burden</i> dan spasi.....	189
Gambar 7.11	Salah satu jenis bahan peledak untuk pertambangan. ...	190
Gambar 7.12	Klasifikasi bahan peledak menurut Ash (1962).....	191
Gambar 7.13	Pengklasifikasian bahan peledak industri menurut Mike Smith (1988).....	192

## Bab 8

Gambar 8.1	Peta konsep K3LH pertambangan dan budaya kerja industri.....	206
Gambar 8.2	Kerusakan lingkungan akibat bocornya tanggul penampungan limbah batubara Kolam Tuyak di Kecamatan Malinau Selatan.....	212
Gambar 8.3	Kerusakan lingkungan akibat tambang emas ilegal yang mengakibatkan kebun sagu seluas 40 hektare rusak karena tercemar merkuri.....	214
Gambar 8.4	Longsor yang terjadi di areal pertambangan tanah <i>clay</i> di Gunung Sariak, Padang.....	214
Gambar 8.5	Kerusakan lahan akibat penambangan timah.....	215



Gambar 8.6 Sungai di Magetan tercemari limbah tambang pasir ilegal.....	215
Gambar 8.7 Contoh pelindung kepala atau <i>safety helmet</i> .....	216
Gambar 8.8 Contoh kacamata yang digunakan di area pertambangan. ....	217
Gambar 8.9 Contoh pakaian pelindung apron yang digunakan saat pengelasan dalam pekerjaan konstruksi atau saat pemotongan <i>coring</i> di <i>wellsite</i> . ....	218
Gambar 8.10 Contoh pakaian kerja yang digunakan di area tambang.	218
Gambar 8.11 Contoh sarung tangan yang digunakan dalam aktivitas pertambangan. ....	219
Gambar 8.12 Contoh sepatu <i>safety</i> yang digunakan di area pertambangan. ....	220
Gambar 8.13 Contoh pelindung wajah yang digunakan pada aktivitas penambangan. ....	220
Gambar 8.14 Respirator.....	221
Gambar 8.15 Contoh rambu peringatan.....	222
Gambar 8.16 Contoh rambu larangan. ....	223
Gambar 8.17 Contoh rambu perintah.....	223
Gambar 8.18 Contoh rambu petunjuk. ....	223
Gambar 8.19 Contoh penempatan rambu jalan tambang/produksi (a) Di tanggul jalan (b) Di jalan penunjang.....	226
Gambar 8.20 Penerapan 5R di tempat kerja. ....	231



# Daftar Tabel



Tabel 1.1	Isotop Radioaktif yang Biasa Digunakan dalam Penanggalan Radiometrik .....	16
Tabel 2.1	Klasifikasi Gerakan Massa Tanah dan Batuan .....	38
Tabel 4.1.	Skala Mohs .....	81
Tabel 4.2	Klasifikasi Batuan Beku Berdasarkan Komposisi Mineral dan Tekstur Batuan .....	92
Tabel 4.3	Klasifikasi Batuan Sedimen Klastik Berdasarkan Skala Wentworth .....	98
Tabel 4.4	Klasifikasi Batuan Sedimen Nonklastik .....	99
Tabel 5.1	Daftar Peralatan Lapangan .....	110
Tabel 7.1	Pengklasifikasian Bahan Peledak menurut Anon (1977) .....	192
Tabel 7.2	Jarak Aman Minimum untuk Lokasi Gudang Bahan Peledak Peka Detonator.....	199
Tabel 8.1	Ketinggian Penempatan Rambu.....	226



# Ada Apa di Dalam Buku Ini?



Di dalam buku ini, kalian akan menemukan gambar-gambar sebagai penanda kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan. Cermati gambar-gambar berikut ini beserta artinya.

	<b>Tujuan Pembelajaran</b>	Gambar ini menunjukkan tujuan pembelajaran dan materi pokok yang akan kalian pelajari
	<b>Pemantik</b>	Gambar ini menunjukkan pertanyaan pemantik untuk mengarahkan pemikiran peserta didik pada topik pembelajaran
	<b>Peta Konsep</b>	Gambar ini menunjukkan peta konsep pembelajaran



	<b>Kata Kunci</b>	<p>Gambar ini menunjukkan kata kunci berupa istilah baru yang perlu kalian cermati</p>
	<b>Rangkuman</b>	<p>Gambar ini menunjukkan rangkuman materi pelajaran pada setiap bab</p>
	<b>Refleksi</b>	<p>Gambar ini menunjukkan umpan balik atas pembelajaran yang sudah kalian terima</p>
	<b>Uji Kompetensi</b>	<p>Gambar ini menunjukkan aktivitas evaluasi pembelajaran</p>
	<b>Pengayaan</b>	<p>Gambar ini menunjukkan aktivitas pengayaan untuk memperkaya ilmu</p>





## Tugas

Gambar ini menunjukkan tugas yang harus dikerjakan di setiap akhir subbab



## Diskusi

Gambar ini menunjukkan adanya aktivitas diskusi setelah selesai mempelajari suatu subbab



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan  
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis : Masfut Mustahar dan Akhmad Syaripudin  
ISBN : 978-623-194-516-7 (no.jil.lengkap PDF)  
978-623-194-518-1 (jil.2 PDF)

# Bab 1

# Ruang Lingkup Geologi



## Pemantik



Bumi adalah planet tempat kita tinggal saat ini dan di masa yang akan datang. Penting memastikan bahwa bumi dapat tetap menjadi tempat yang baik untuk ditinggali. Untuk itu, kita perlu memahami bagaimana bumi bekerja.

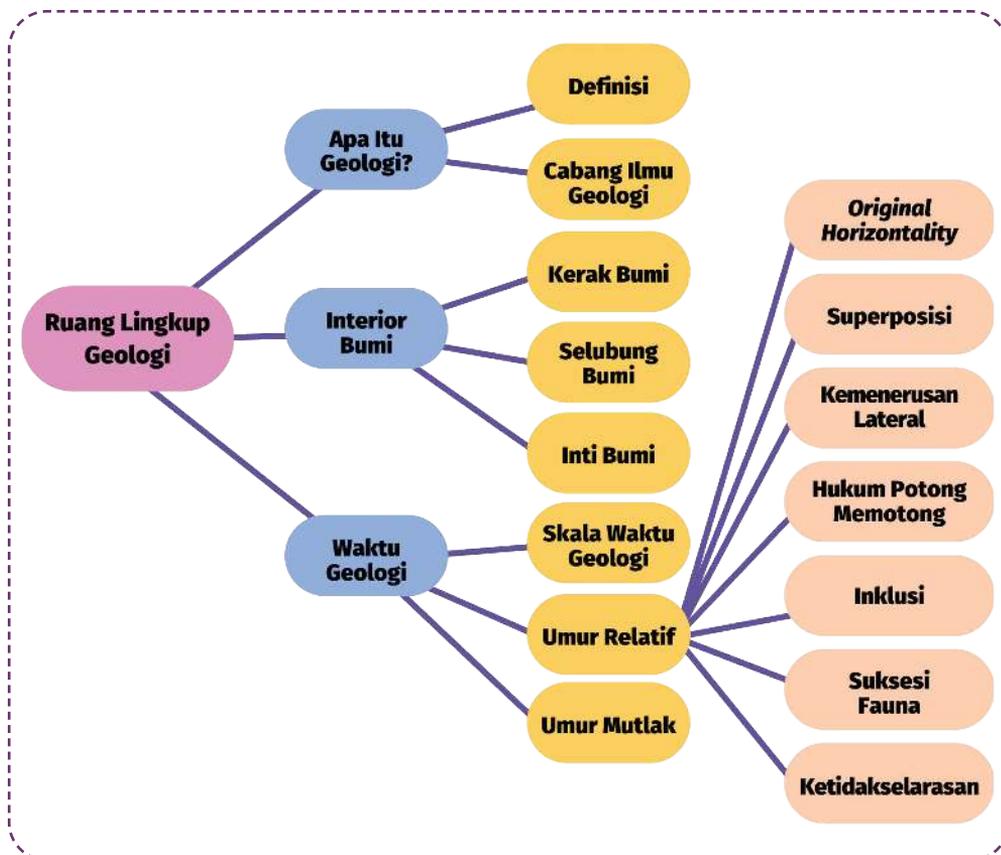


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi dan melakukan aktivitas yang terdapat pada bab ini, kalian diharapkan mampu memahami ruang lingkup geologi meliputi menjelaskan definisi dan cabang ilmu geologi, menjelaskan susunan interior bumi, membedakan antara umur absolut dan relatif, serta menggunakan prinsip-prinsip geologi untuk menentukan urutan peristiwa geologi.



## Peta Konsep



Gambar 1.1 Peta konsep ruang lingkup geologi.





## Kata Kunci

geologi, kerak bumi, selubung bumi, inti bumi, litosfer, astenosfer, mesosfer, skala waktu geologi, umur relatif, umur mutlak, *uniformitarianism*, *original horizontality*, superposisi, hukum potong-memotong, kemenerusan lateral, inklusi, suksesi fauna, ketidakselarasan

Menjelajahi dan berinteraksi dengan alam membawa seseorang ke pertanyaan mendasar tentang alam dan cara kerjanya. Bagaimana gunung terbentuk? Kapan gempa akan terjadi? Bagaimana minyak bumi terbentuk? Di mana kita dapat menemukan batu bara? Ahli geologi berusaha untuk menjawab pertanyaan ini dan pertanyaan lain tentang bumi, sejarah, dan sumber dayanya.

## A. Apa Itu Geologi?

Secara etimologi, kata geologi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *geos* yang berarti bumi dan *logos* yang berarti ilmu. Adapun secara terminologi, geologi merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang sejarah, material pembentuk, dan proses-proses yang membentuk bumi. Seseorang yang mempelajari geologi disebut sebagai *geologist* atau ahli geologi/geologiwan.

Cakupan pembahasan dari geologi sangatlah luas, sehingga geologi dapat dibagi menjadi cabang-cabang ilmu yang lebih rinci. Adapun beberapa cabang ilmu geologi di antaranya:

### 1. Kristalografi

Studi yang mempelajari tentang geometri dari kristal terutama perkembangan, pertumbuhan, kenampakan bentuk luar, struktur dalam (internal), dan sifat-sifat fisik lainnya.



## 2. Mineralogi

Studi yang mempelajari tentang mineral, meliputi sifat fisik, sifat kimia, cara terdapatnya, cara terjadinya (geneses), dan kegunaannya.

## 3. Petrologi

Studi yang mempelajari tentang batuan (batuan beku, batuan piroklastik, batuan sedimen, dan batuan metamorf) meliputi komposisi, klasifikasi, dan proses pembentukannya.

## 4. Geomorfologi

Studi yang mempelajari bentuk permukaan bumi dan proses-proses yang membentuknya.

## 5. Paleontologi

Studi yang mempelajari tentang kehidupan di masa lampau (fosil).

## 6. Geologi struktur

Studi yang mempelajari perihal bentuk arsitektur kerak bumi yang telah mengalami deformasi (lipatan, patahan, dan kekar) dan proses yang menyebabkannya.

## 7. Sedimentologi

Studi yang mempelajari batuan sedimen dan proses-proses yang membentuknya meliputi klasifikasi, asal mula, dan interpretasi endapan pada batuan tersebut.

## 8. Stratigrafi

Studi yang mempelajari gambaran serta hubungan antarlapisan batuan dan dengan batuan lainnya dalam ruang dan waktu geologi.



## 9. Geologi sejarah

Studi yang secara khusus mempelajari tentang sejarah bumi dan peristiwa-peristiwa yang pernah terjadi di bumi dari masa lalu hingga masa sekarang.

## 10. Vulkanologi

Studi yang mempelajari tentang gunung api, meliputi proses vulkanisme dan produk yang dihasilkannya.

Seiring dengan perkembangannya, ilmu geologi berkembang menjadi ilmu terapan yang digunakan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidup dan menyelesaikan berbagai persoalan, seperti energi, mineral, lingkungan, dan kebencanaan. Ilmu terapan geologi di antaranya geologi teknik, hidrogeologi, geologi minyak dan gas bumi, geologi batu bara, geologi lingkungan, geotermal, geologi pertambangan, geofisika, geokimia, dan lain-lain.

## B. Interior Bumi

---

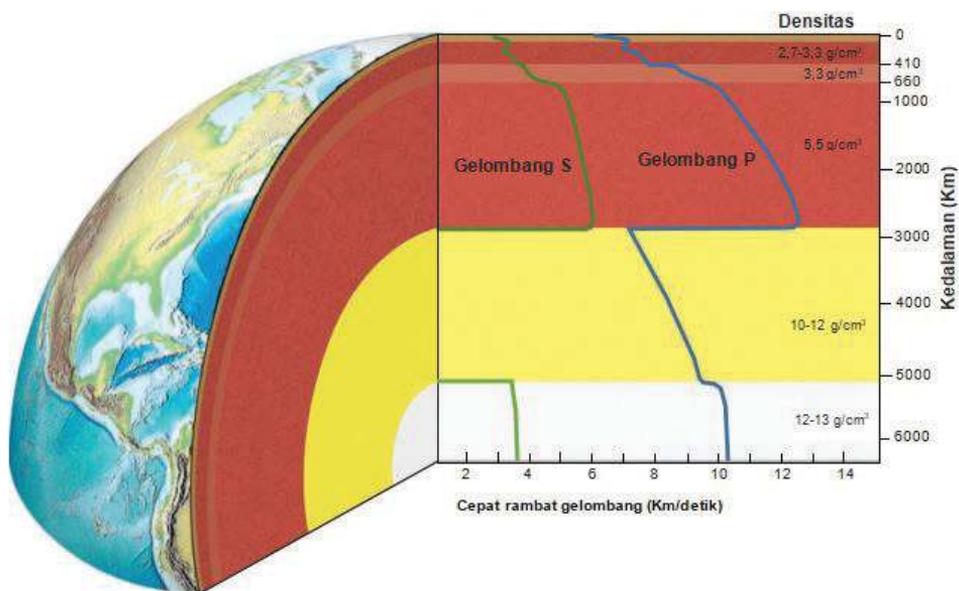
Pernahkah kalian mengamati sebuah telur rebus? Pada saat kalian membelah telur tersebut menjadi dua bagian, kalian akan mendapati bagian tipis dari cangkang telur, bagian putih telur, dan bagian kuning telur. Lalu, bagaimana dengan struktur lapisan dalam bumi? Apakah bumi memiliki lapisan-lapisan seperti telur rebus atau bagian dalam bumi hanya tersusun oleh satu lapisan yang homogen?

Mengetahui struktur lapisan bumi bukanlah hal yang mudah, bumi memiliki jari-jari 6.731 km. Kegiatan penambangan terdalam hanya mencapai kedalaman 3,6 km yang berada di Afrika Selatan. Kegiatan pengeboran terdalam yang pernah dilakukan hanya sekitar 12 km yang berada di Rusia. Artinya, para ahli geologi hanya baru dapat mengetahui sebagian kecil dari struktur lapisan bumi.

Pada tahun 1906, Richard Dixon Oldham seorang ahli geologi dari Inggris menggunakan data kegempaan untuk mengidentifikasi struktur



lapisan bumi. Pada saat terjadi gempa bumi yang besar, getaran yang dihasilkan oleh gempa tersebut akan terekam oleh stasiun pengamatan gempa di seluruh dunia. Oldham menemukan bahwa waktu tempuh perambatan gelombang yang dihasilkan oleh gempa bumi ternyata bervariasi dan tidak sesuai dengan hasil perhitungan berdasarkan antara jarak tempuh dan waktu tempuh gelombang (Gambar 1.2). Waktu tempuh perambatan gelombang sangat dipengaruhi oleh densitas dari media yang dilaluinya, sehingga disimpulkan ketidaksesuaian tersebut diakibatkan karena gelombang gempa merambat dalam media yang memiliki densitas yang berbeda-beda.

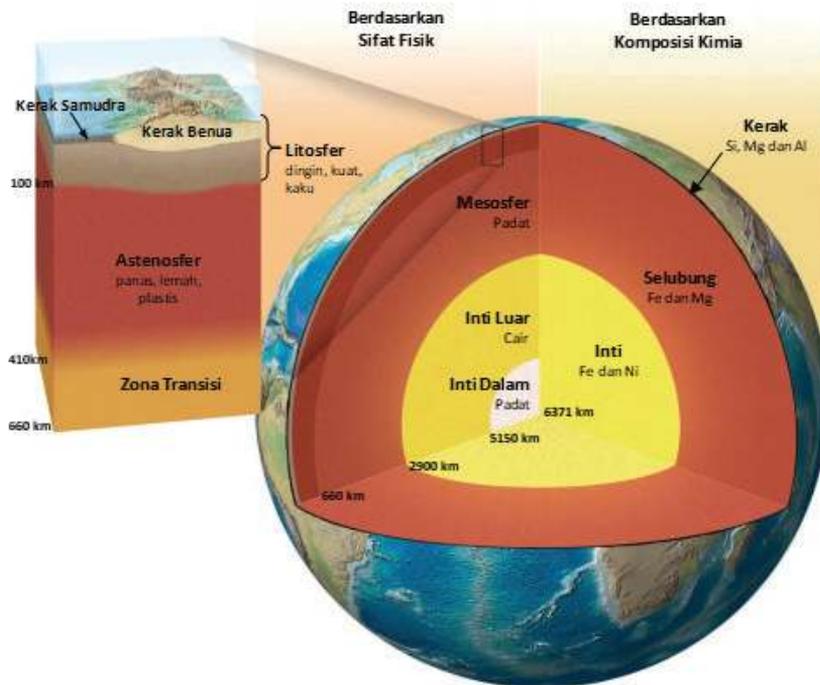


Gambar 1.2 Perbedaan kecepatan gelombang gempa pada kedalaman tertentu yang mengindikasikan adanya perbedaan jenis media yang dilalui oleh gelombang gempa.

Sumber: Tasa (2017)

Berdasarkan data dari berbagai penelitian, para ahli geologi membuat model struktur dalam (interior) bumi. Batas dari setiap lapisan ditandai dengan bidang diskontinuitas yang menandakan perbedaan komposisi ataupun sifat fisik yang berbeda tetapi komposisinya sama. Berdasarkan komposisi kimianya, interior bumi dari bagian terluar ke dalam terdiri atas kerak bumi (*crust*), selubung bumi (*mantle*), dan inti

bumi (*core*). Adapun berdasarkan sifat fisiknya, interior bumi dari bagian terluar terdiri atas litosfer, astenosfer, mesosfer, inti luar, dan inti dalam (Gambar 1.3).



Gambar 1.3 Struktur interior bumi.  
Sumber: Tasa (2017)

**Kerak (*crust*)** merupakan lapisan terluar bumi yang tersusun atas batuan, yaitu tempat kita berdiri saat ini. Terdapat dua jenis kerak, yaitu kerak samudra (*oceanic crust*) dan kerak benua (*continental crust*). Kerak memiliki ketebalan yang bervariasi. Kerak samudra memiliki ketebalan rata-rata 8 kilometer sedangkan kerak benua memiliki ketebalan rata-rata 45 kilometer. Ketebalan kerak bumi dibandingkan dengan kedalaman bumi itu sendiri, seperti cangkang telur yang tipis dan mudah hancur. Komposisi penyusun kerak bumi juga sangat bervariasi di setiap lokasi. Sebesar 95% kerak bumi tersusun atas batuan beku dan batuan metamorf, sedangkan lapisan kerak paling luar umumnya tersusun atas batuan sedimen. Kerak samudra tersusun atas batuan basaltik yang kaya akan unsur silika (Si) dan magnesium (Mg), memiliki massa jenis sekitar  $3 \text{ g/cm}^3$ . Kerak benua tersusun atas batuan granitik yang kaya



akan unsur silika (Si) dan aluminium (Al) dengan ketebalan mencapai 70 kilometer. Massa jenis kerak benua lebih ringan dibandingkan kerak samudra, yaitu  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Secara umum, batuan penyusun kerak bumi memiliki massa jenis yang lebih ringan dibandingkan lapisan bumi di bawahnya. Pada tahun 1909 Andrija Mohorovicic seorang ahli geofisika menjumpai adanya bidang perubahan atau diskontinuitas seismik yang ditandai dengan perubahan kecepatan gelombang gempa, perubahan kecepatan gelombang gempa tersebut menunjukkan adanya perbedaan masa jenis dan komposisi. Batas diskontinuitas tersebut dikenal dengan **Bidang Moho** atau *Mohorovicic*.

**Selubung bumi (mantle)** merupakan lapisan yang berada di bawah kerak bumi hingga kedalaman 2.900 kilometer. Lapisan ini merupakan bagian terbesar penyusun bumi, yaitu mencapai 82% dari volume bumi. Berdasarkan data dari xenolit, meteorit, dan studi seismologi, ahli geologi yakin bahwa selubung bumi tersusun atas besi (Fe) dan magnesium (Mg). Selubung bagian atas tersusun atas peridotit, jenis batuan beku yang berbeda dengan penyusun kerak bumi. Massa jenis berkisar antara  $3,3 \text{ g/cm}^3$  pada bagian dekat dengan kerak bumi dan  $5,7 \text{ g/cm}^3$  pada bagian dekat dengan inti bumi. Berdasarkan sifat fisiknya, selubung bumi dapat dibagi tiga bagian, yaitu litosfer, astenosfer, dan mesosfer.

Litosfer (**lapisan batuan**) merupakan bagian lapisan bumi yang mencakup seluruh kerak bumi hingga selubung bumi bagian atas. Sifatnya dingin, kuat, dan kaku. Memiliki ketebalan 100 kilometer hingga 250 kilometer di lokasi yang tersusun oleh kerak benua. Di bawah litosfer hingga kedalaman 410 kilometer terdapat lapisan astenosfer (**lapisan lemah**). Keseimbangan antara suhu dan tekanan mengakibatkan material penyusun astenosfer mendekati titik leburnya, sehingga astenosfer bersifat panas, lemah, dan plastis atau mudah terdeformasi. Pada kedalaman 410 kilometer hingga 660 kilometer dikenal sebagai zona transisi antara lapisan astenosfer dan mesosfer. Mesosfer (**lapisan menengah**) terletak pada kedalaman 660 kilometer hingga 2.900 kilometer. Peningkatan tekanan pada lapisan selubung bagian bawah menyebabkan peningkatan kuat batuan secara bertahap. **Beno**



**Gutenberg**, seorang ahli gempa asal Jerman menemukan batas bidang antara selubung bumi dan inti bumi yang ditandai dengan penurunan kecepatan gelombang gempa. Batas bidang diskontinuitas ini disebut dengan **bidang Gutenberg**.

**Inti bumi (core)** merupakan lapisan terdalam dari interior bumi. Inti bumi terletak pada kedalaman 2.900 kilometer hingga pusat bumi (6.371 kilometer). Material inti bumi tersusun atas besi (Fe) dan nikel (Ni). Dengan komposisinya tersebut, inti bumi memiliki massa jenis berkisar  $11 \text{ g/cm}^3$  hingga  $14 \text{ g/cm}^3$ . Berdasarkan sifat fisiknya, inti bumi dapat dibedakan menjadi **inti luar (outer core)** dan **inti dalam (inner core)**.

**Inti luar** terletak pada kedalaman di bawah 2.900 kilometer hingga 5.150 kilometer. Berdasarkan hasil studi seismologi, lapisan ini tidak merambatkan gelombang S, sehingga disimpulkan bahwa inti luar berupa fasa cair. Temperatur berkisar antara  $4.000^\circ \text{C}$  di dekat selubung bumi hingga  $5.700^\circ \text{C}$  di dekat inti bagian dalam. Panas yang tinggi dan tekanan yang sedikit lebih rendah menyebabkan nikel dan besi meleleh sehingga lelehan besi dan nikel tersebut akan bergerak di sekitar inti dalam yang sifatnya padat dan menghasilkan medan magnet bumi. **Inti dalam** terletak di bawah 5.150 km. Inti dalam berupa fasa padat dengan suhu sekitar  $6.000^\circ \text{C}$ . Meskipun suhunya lebih tinggi dibanding inti luar, akan tetapi inti dalam berupa fasa padat sedangkan inti luar berupa fasa cair. Hal ini disebabkan kondisi tekanan yang sangat tinggi.



## Aktivitas 1.1

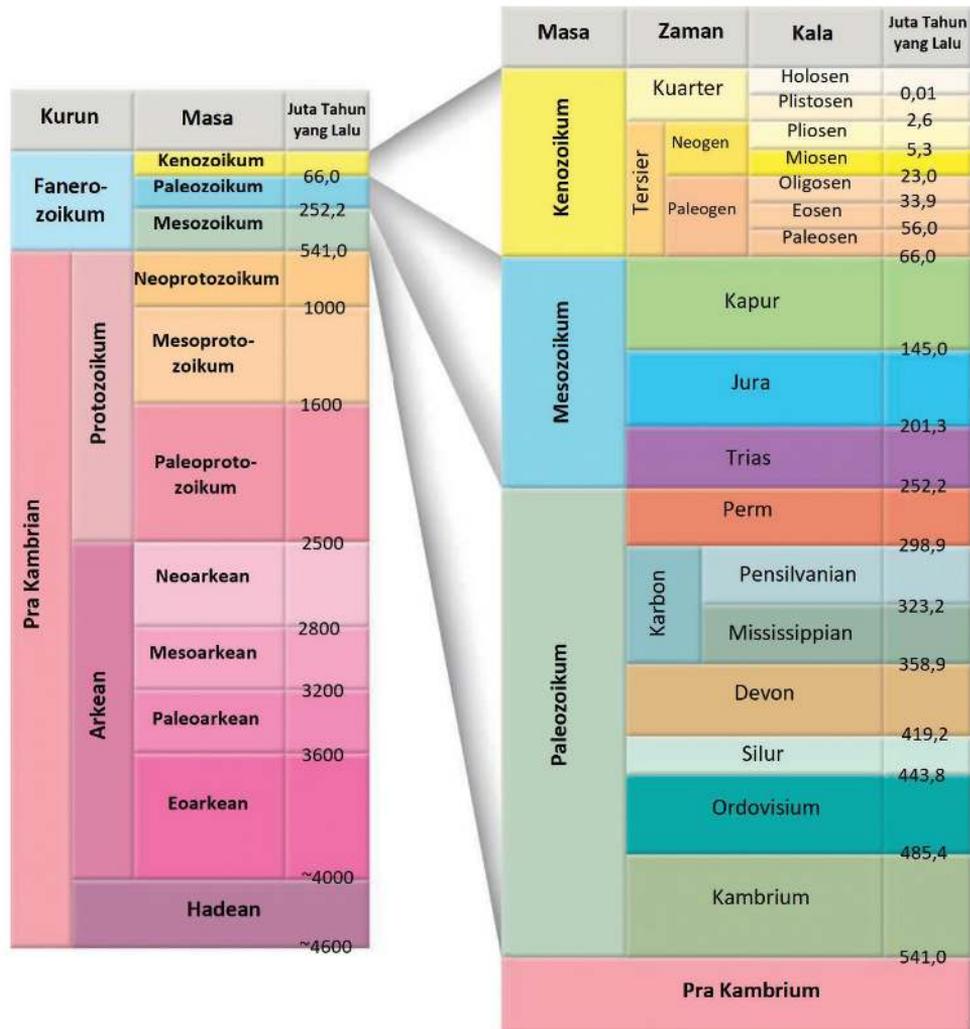
### Manfaat Mempelajari Geologi

Setelah mempelajari mengenai apa itu geologi dan struktur lapisan bumi, diskusikan bersama teman kalian, mengapa geologi menjadi ilmu yang penting untuk dipelajari?

Tulis hasil diskusi kalian dalam bentuk laporan sederhana. Kemudian, presentasikan hasilnya di depan kelas.



## C. Waktu Geologi



Gambar 1.4 Skala waktu geologi.

Sumber: Tasa (2017)

Akhir abad ke 18 dianggap sebagai awal dari geologi modern, pada masa itu seorang fisikawan yang berasal dari Skotlandia bernama **James Hutton** dalam bukunya *Theory of The Earth* menyatakan sebuah gagasan, yaitu **The Present is The Key to The Past**. Hutton berpendapat bahwa proses-proses fisika, kimia, dan biologi yang membentuk permukaan bumi seperti yang kita lihat saat ini juga berlangsung sejak terbentuknya bumi. Kemudian,

gagasannya tersebut dikenal dengan prinsip ***uniformitarianism***. Pendapat Hutton menunjukkan bahwa geologi sangat erat hubungannya dengan waktu. Seorang ahli geologi tidak hanya mengkaji bagaimana dan di mana suatu objek geologi terbentuk, tetapi juga mengkaji waktu atau kapan objek geologi tersebut terbentuk.

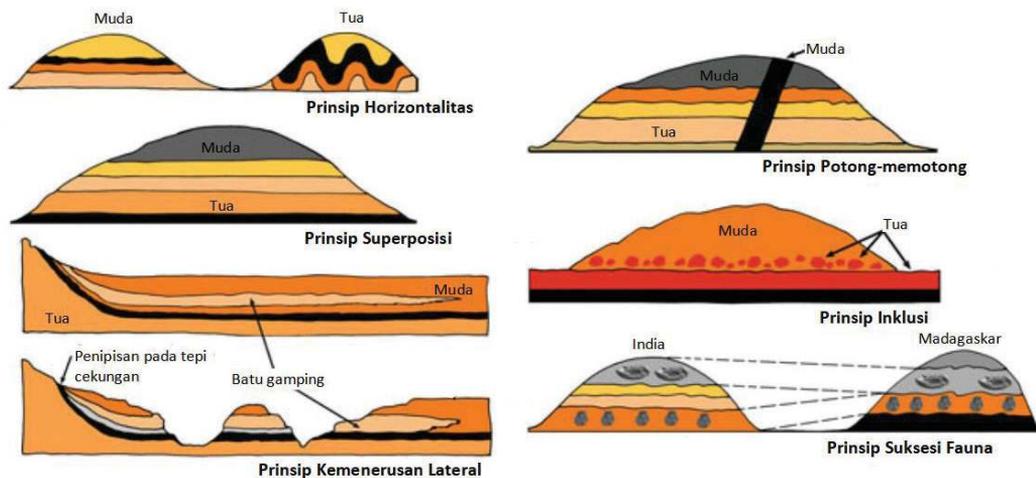
*International Commission on Stratigraphy* (ICS) menyusun suatu kolom atau skala waktu geologi yang merupakan standar urutan peristiwa geologi di bumi. Kolom tersebut disusun berdasarkan kesamaan fosil indeks dan korelasi batuan dari seluruh benua. Skala waktu geologi memungkinkan para ahli geologi untuk menemukan hubungan antara peristiwa geologi, kondisi lingkungan, dan bentuk kehidupan yang telah terfosilkan dalam batuan. Skala tersebut membagi 4,6 miliar tahun sejarah bumi ke dalam kelompok satuan waktu yang berbeda. Satuan waktu dari terbesar ke terkecil yang digunakan dalam skala waktu geologi, yaitu kurun (*eon*), masa (*era*), zaman (*period*), dan kala (*epoch*). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.4.

Seperti seorang sejarawan, ahli geologi berusaha untuk mengetahui suatu urutan peristiwa dari objek geologi yang diamatinya. Pentarikan atau *dating* merupakan istilah yang digunakan untuk menentukan umur geologi. Terdapat dua metode yang umum digunakan untuk menentukan umur geologi, yaitu umur relatif dan umur mutlak.

## 1. Umur relatif

Penentuan umur relatif didasarkan pada urutan kronologis suatu batuan atau peristiwa geologi yang terjadi di bumi. Dikatakan sebagai umur relatif karena penentuan umurnya hanya membandingkan suatu batuan lebih tua atau lebih muda dibandingkan dengan batuan lainnya tanpa mengetahui umur pasti (dalam satuan waktu) dari batuan tersebut. Coba kalian perhatikan Gambar 1.5. Ada enam prinsip dasar geologi yang digunakan dalam penentuan umur relatif, yaitu:



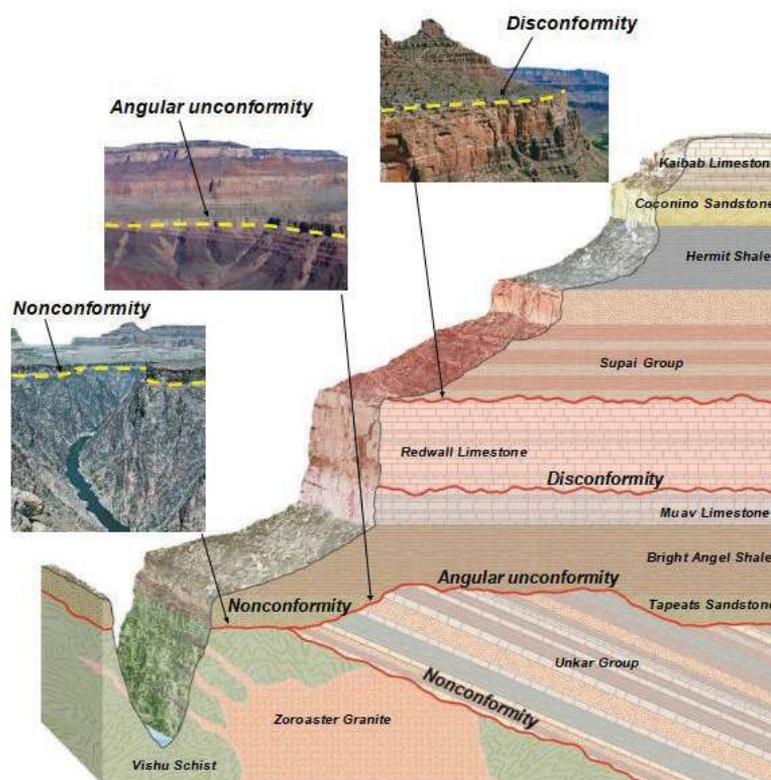


Gambar 1.5 Prinsip-prinsip dasar geologi yang digunakan untuk menentukan umur relatif.  
Sumber: Sreepat Jain (2014)

- **Prinsip horizontalitas (*original horizontality*)**, prinsip ini menyatakan bahwa pada awalnya lapisan sedimen pada umumnya diendapkan dalam posisi horizontal.
- **Prinsip superposisi (*superposition*)**, prinsip ini diperkenalkan oleh Nicolas Steno, seorang ahli geologi dan anatomi asal Denmark. Secara sederhana, prinsip ini menyatakan bahwa pada suatu urutan perlapisan batuan sedimen dalam keadaan normal (belum terdeformasi), batuan di lapisan bawah akan lebih tua dibandingkan batuan di lapisannya.
- **Prinsip kemenerusan lateral (*lateral continuity*)**, prinsip ini menyatakan bahwa pengendapan lapisan batuan sedimen akan menyebar secara mendatar dan akan menipis atau menghilang pada tepi cekungan.
- **Prinsip potong-memotong (*crosscuttingc*)**, prinsip ini dikemukakan oleh James Hutton. Batuan yang dipotong/diterobos oleh batuan lainnya memiliki umur batuan yang lebih tua daripada batuan yang memotongnya.
- **Prinsip inklusi (*inclusion*)**, menyatakan bahwa suatu tubuh batuan yang mengandung fragmen dari batuan yang lain akan selalu lebih muda daripada tubuh batuan yang menghasilkan fragmen.

- **Prinsip suksesi fauna (*faunal succession*)**, prinsip ini dikemukakan oleh William Smith. Fosil yang terdapat pada lapisan batuan paling bawah memiliki umur lebih tua dibandingkan fosil yang berada di lapisan batuan paling atas.

Urutan dari suatu perlapisan batuan sering kali tidak menerus (selaras), hal ini dikarenakan proses pengangkatan dan erosi sehingga mengakibatkan sebagian lapisan batuan hilang. Hilangnya lapisan batuan yang tererosi mewakili waktu geologi tertentu yang hilang. Jika kemudian terjadi proses pengendapan kembali pada lokasi tersebut maka lapisan batuan yang jauh lebih muda akan terbentuk dan menghasilkan bidang ketidakselarasan (*unconformity*). Jeda umur lapisan batuan yang diakibatkan oleh ketidakselarasan disebut hiatus.



Gambar 1.6 Tiga jenis ketidakselarasan yang dapat diamati dari penampang melintang *Grand Canyon*.

Sumber: Miller dan Tarbuck (2017)



Berdasarkan Gambar 1.6. terdapat tiga jenis ketidakselarasan , yaitu:

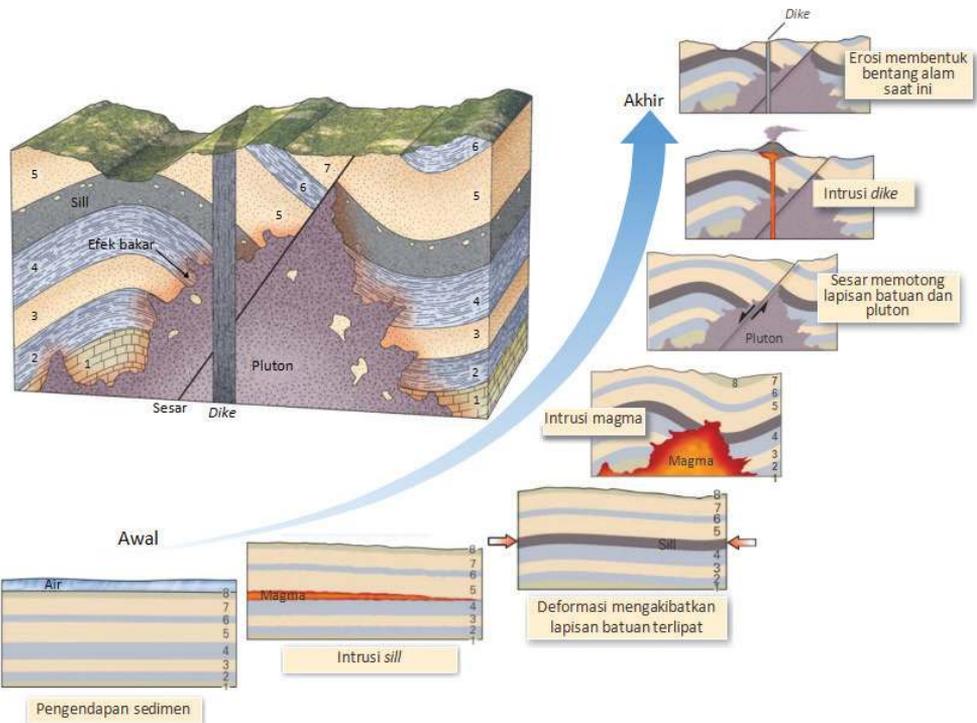
- a. *Angular unconformity*, merupakan bidang erosi yang terbentuk antara lapisan batuan sedimen yang telah terdeformasi (miring) dengan batuan sedimen di atasnya yang masih horizontal, sehingga membentuk sudut di antara keduanya.
- b. *Nonconformity*, merupakan bidang erosi antara lapisan batuan sedimen yang lebih muda dengan batuan beku atau batuan metamorf yang lebih tua di bawahnya.
- c. *Disconformity*, merupakan bidang erosi antara batuan sedimen yang lebih tua dengan batuan sedimen yang lebih muda, dengan kedudukan sejajar.

Ahli geologi menerapkan prinsip-prinsip geologi untuk menginterpretasikan rangkaian peristiwa dalam urutan umur relatif yang telah menghasilkan batuan, struktur, dan bentang alam suatu wilayah yang disebut sebagai sejarah geologi.

Sebagai contoh, kalian dapat menggunakan prinsip-prinsip geologi untuk menentukan umur relatif dari batuan dan sejarah geologi dari diagram blok pada Gambar 1.7. Berikut sejarah geologi dari diagram blok tersebut secara berturut-turut dari awal hingga akhir.

- a. Proses pengendapan sedimen secara berurutan dari lapisan 1 sampai 8.
- b. Selanjutnya, terjadi intrusi magma yang memotong sejajar perlapisan (*sill*).
- c. Kemudian, lapisan batuan yang sudah terbentuk mengalami deformasi dan menghasilkan perlipatan.
- d. Intrusi magma menghasilkan batuan beku dalam (*pluton*).
- e. Kemudian, lapisan batuan sedimen dan pluton terpotong oleh sesar.
- f. Intrusi magma (*dike*) memotong semua lapisan batuan.
- g. Proses yang terakhir, yaitu erosi permukaan yang menghasilkan bentang alam pada lokasi tersebut.





Gambar 1.7 Diagram yang menunjukkan kondisi geologi bawah permukaan dan tahapan sejarah geologi yang membentuknya.

Sumber: Marshak, 2013

## 2. Umur mutlak

Umur mutlak atau absolut merupakan umur geologi yang dinyatakan dalam satuan waktu. Prinsip penentuan umur mutlak, yaitu menggunakan peluruhan radioaktif dari isotop unsur beberapa mineral dalam batuan yang kecepatan peluruhannya sudah diketahui dalam satuan waktu paruh (*half time*). Waktu paruh merupakan waktu yang dibutuhkan untuk meluruhkannya setengah inti isotop, dengan cara membandingkan jumlah atom unsur yang tersisa (*parent isotope*) dengan atom unsur yang dihasilkan oleh proses peluruhan tersebut (*daughter isotope*). Dari sekian banyak isotop radioaktif yang terdapat di alam, hanya beberapa saja yang dapat digunakan untuk penentuan umur mutlak (Tabel 1.1). Isotop dengan waktu paruh yang sangat panjang, seperti rubidium-87, torium-232, dan dua isotop uranium digunakan untuk batuan yang



sangat tua. Sebaliknya, untuk batuan yang lebih muda digunakan isotop dengan waktu paruh lebih pendek, seperti karbon-14.

Tabel 1.1 Isotop Radioaktif yang Biasa Digunakan dalam Penanggalan Radiometrik

Parent Isotope	Waktu Paruh	Daughter Isotope	Efektivitas Penentuan Umur
Potassium-40	1,3 miliar tahun	Argon-40	> 100.000 tahun
Uranium-238	4,5 miliar tahun	Timbal-206	> 10 juta tahun
Uranium-235	713 juta tahun	Timbal-207	> 10 juta tahun
Thorium-232	14,1 miliar tahun	Timbal-208	> 10 juta tahun
Rubidium-87	49 miliar tahun	Strontium-87	> 10 juta tahun
Karbon-14	5.730 tahun	Nitrogen-14	100 - 40.000 tahun

Sumber: Carlson, dkk. (2009)



## Aktivitas 1.2

### Menentukan Urutan Peristiwa Geologi

Gunakan prinsip-prinsip geologi untuk menentukan urutan peristiwa geologi dari gambar potongan melintang di bawah ini.

	Muda	Peristiwa dan Prinsip Geologi
Tua		







## Pengayaan

Jika kalian tertarik dengan materi ini dan ingin mendalaminya lebih jauh, berikut tautan yang dapat diakses.



<https://pubs.usgs.gov/gip/earthq1/>

Situs web dari USGS (*United States Geological Survey*) ini berisi tentang materi gempa bumi yang dapat dikaitkan dengan interior bumi.



<https://pubs.usgs.gov/gip/geotime/contents.html>

Situs web dari USGS (*United States Geological Survey*) ini berisi tentang materi waktu geologi.



## Refleksi

Setelah membaca materi dan melakukan berbagai aktivitas pada bab ini, berikan tanda centang (√) pada bagian yang sudah kalian kuasai atau tanda silang (x) pada materi yang belum dikuasai.

No.	Materi	Kompetensi (√/x)
1.	Geologi dan cabang ilmu geologi	
2.	Interior bumi	
3.	Waktu geologi	
4.	Aplikasi prinsip-prinsip geologi untuk menentukan urutan peristiwa geologi	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan  
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis : Masfut Mustahar dan Akhmad Syaripudin  
ISBN : 978-623-194-516-7 (no.jil.lengkap PDF)  
978-623-194-518-1 (jil.2 PDF)

## Bab 2

# Proses Geologi dan Klasifikasi Bentang Alam



### Pemantik

Pernahkah kalian datang ke pantai dan mengamati butiran pasir yang terbawa ombak? Atau, pernahkah kalian mendaki gunung dan melihat lereng-lereng gunung yang terkikis oleh air? Proses-proses tersebut merupakan sebagian proses yang bekerja di bumi dan menyebabkan perubahan dari bentuk permukaan bumi.



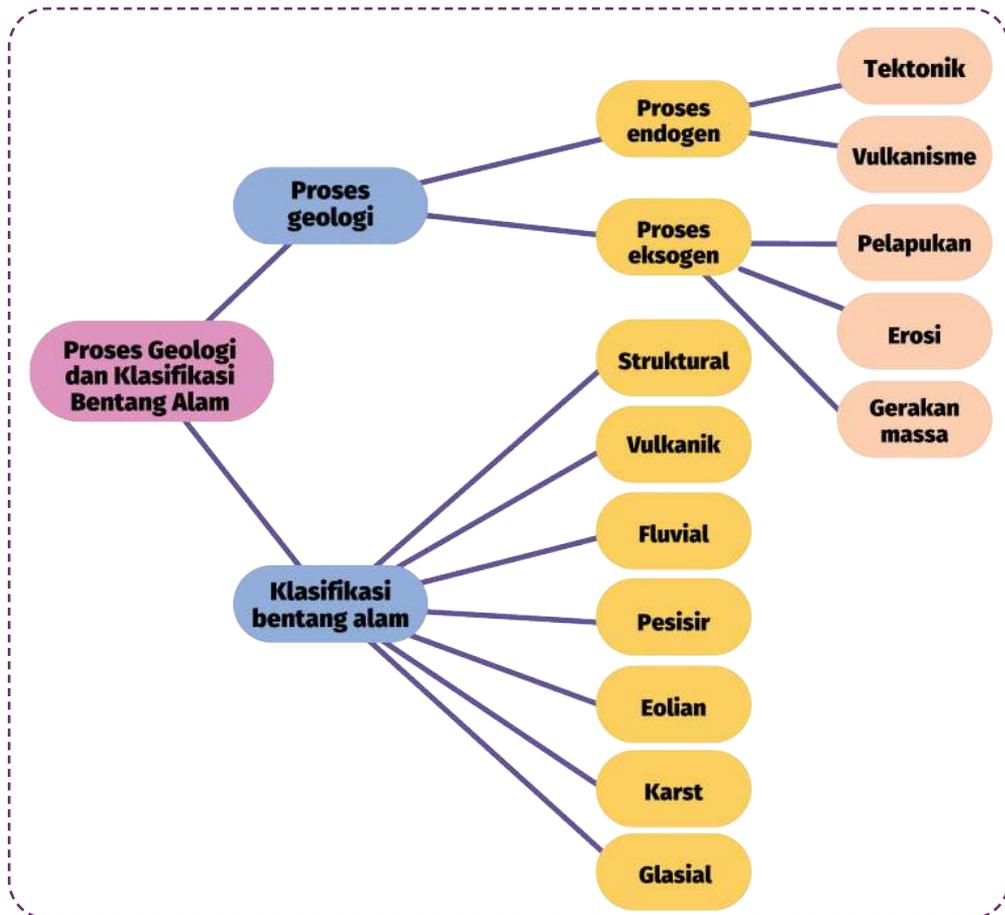


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi dan melakukan aktivitas yang terdapat pada bab ini diharapkan kalian dapat memahami proses geologi dan klasifikasi bentang alam yang meliputi menjelaskan jenis proses geologi endogen, menjelaskan jenis proses geologi eksogen, mengklasifikasikan bentang alam berdasarkan proses pembentukannya.



## Peta Konsep



Gambar 2.1 Peta konsep proses geologi dan klasifikasi bentang alam.





## Kata Kunci

tektonik, vulkanisme, pelapukan, erosi, pergerakan massa, geomorfologi, bentang alam, struktural, vulkanik, fluvial, pesisir, eolian, karst, glasial

Bumi adalah planet yang dinamis. Bumi terus berubah selama 4,6 miliar tahun keberadaannya. Ukuran, bentuk, dan distribusi geografis benua dan cekungan samudra telah berubah sepanjang waktu. Tektonik dan vulkanisme mengakibatkan pengangkatan dan pembentukan pegunungan. Pegunungan dan perbukitan terkikis oleh kekuatan angin, air, dan es membentuk bentang alam yang beragam. Ahli geologi menggunakan prinsip *uniformitarianism* untuk memahami perubahan yang terjadi di bumi. Proses-proses yang saat ini terjadi seperti gunung meletus, tsunami, dan gempa bumi sejatinya juga terjadi pada masa lampau.

## A. Proses Geologi

Selby (1985) menjelaskan bahwa terdapat dua sumber tenaga penyebab proses geologi, yaitu proses endogen dan proses eksogen. Proses endogen adalah proses yang berasal dari dalam, seperti tektonik dan vulkanisme. Adapun proses eksogen adalah proses yang berasal dari luar, seperti pelapukan, erosi, dan gerakan tanah. Kombinasi dari dua proses tersebut menyebabkan perubahan bentuk dari permukaan bumi secara terus-menerus.

### 1. Proses endogen

#### a. Tektonik

Pada tahun 1912, Alfred Wegener, seorang ahli meteorologi asal Jerman mengemukakan suatu hipotesa mengenai adanya satu benua besar (*supercontinent*) yang disebut **Pangea** (berasal dari bahasa Yunani yang



berarti semua daratan). Kemudian, *supercontinent* tersebut kemudian pecah menjadi benua-benua yang lebih kecil pada 200 juta tahun yang lalu. Hipotesis Wegener tersebut dikenal dengan **teori apungan benua (*continental drift*)**. Harry Hess, seorang ahli geologi di Universitas Princeton mengemukakan hipotesis pergerakan lantai samudra. Hipotesisnya tersebut sangat bertentangan dengan ide-ide awal dari Wegener yang berpikir bahwa dasar samudra tidak bergerak saat benua melewatinya. Kemudian, teori Hess tersebut dikenal dengan **teori pemekaran samudra (*seafloor spreading*)**.

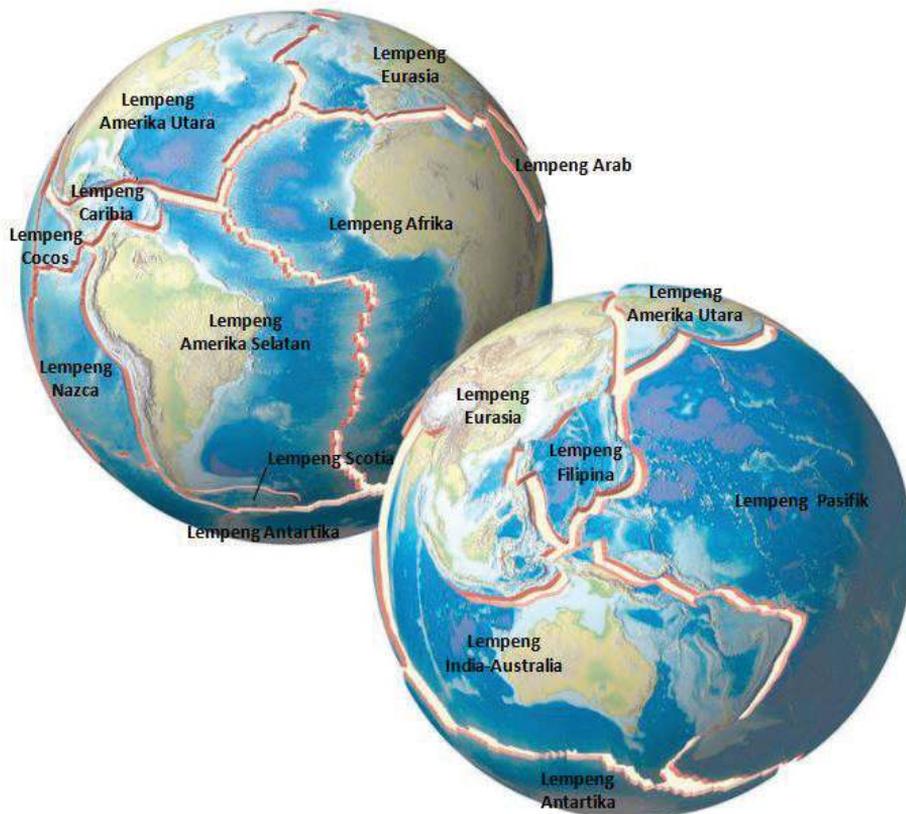
Pada awal tahun 1960-an, mulai berkembang **teori tektonik lempeng**. Teori tersebut lahir dari pemikiran terhadap teori-teori sebelumnya dan dikuatkan dengan ditemukannya bukti-bukti yang terkait. Konsep utama dari teori tektonik lempeng, yaitu permukaan bumi terbagi oleh lempeng-lempeng dengan ukuran berbeda-beda yang relatif bergerak satu sama lain dengan kecepatan yang lambat. Teori tektonik lempeng telah mengubah pemikiran tentang dinamika bumi, karena dapat menjelaskan berbagai fenomena geologi, seperti gempa bumi dan letusan gunung api. Tektonik adalah ilmu yang mempelajari pergerakan dan deformasi litosfer dalam skala global. Kata tektonik berasal dari bahasa Yunani, yaitu *tekton* yang berarti pembangun.

Pada bab sebelumnya, kalian telah mengetahui bahwa lapisan terluar bumi, yaitu litosfer, yang tersusun atas kerak bumi dan selubung bumi bagian atas. Litosfer terdiri atas lempeng-lempeng dengan bentuk dan ukuran berbeda-beda yang bergerak konstan satu sama lain yang disebut sebagai lempeng litosfer (*lithospheric plate*). Lempeng litosfer yang ditumpangi kerak benua disebut lempeng benua, sedangkan litosfer yang ditumpangi kerak samudra disebut lempeng samudra. Terdapat tujuh lempeng (*plate*) utama, yaitu lempeng Eurasia, India Australia, Pasifik, Amerika Utara, Amerika Selatan, Afrika, dan Antartika (Gambar 2.2).

Pergerakan dari setiap lempeng akan menghasilkan interaksi antarlempeng yang terjadi di sepanjang batas lempeng. Biasanya, interaksi antarlempeng dicirikan dengan adanya aktivitas gempa bumi



dan vulkanisme yang menghasilkan gunung api. Terdapat tiga jenis batas lempeng yang dibedakan berdasarkan jenis pergerakannya, yaitu batas divergen, konvergen, dan transform.

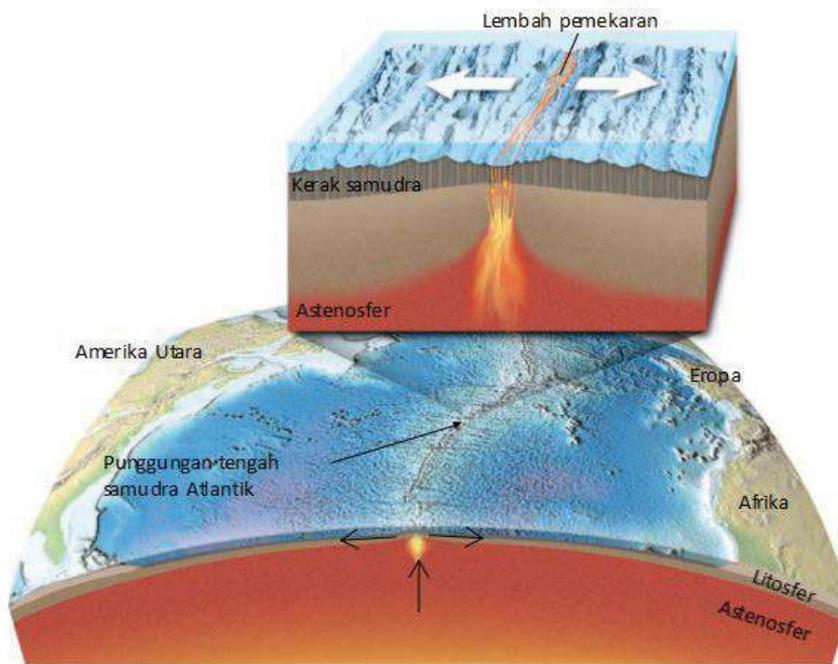


Gambar 2.2 Distribusi lempeng tektonik yang terdapat di permukaan bumi.  
Sumber: Tasa (2012)

**Batas divergen** merupakan batas antara dua lempeng yang bergerak saling menjauh. Umumnya, pemekaran lempeng terjadi di samudra. Lempeng samudra yang saling menjauh akan menyebabkan peregangan dan penipisan pada bagian kerak bumi sehingga material dari selubung bumi akan naik dan membentuk lantai samudra baru. Pergerakan lempeng yang saling menjauh akan menghasilkan punggung tengah samudra dengan lembah pemekaran (*rift valley*) sebagai pusatnya. Lantai samudra yang baru akan mendorong lantai samudra yang lama menjauhi



pusat pemekaran, seperti yang terjadi di Samudra Atlantik (Gambar 2.3). Mekanisme tersebut dikenal sebagai pemekaran lantai samudra (*sea floor spreading*). Pemekaran lempeng juga dapat terbentuk di lempeng benua, seperti di *The great rift valley* yang terdapat di Afrika Timur.



Gambar 2.3 Batas divergen yang membentuk punggungan tengah samudra di Samudra Atlantik.  
Sumber: Tasa (2012)

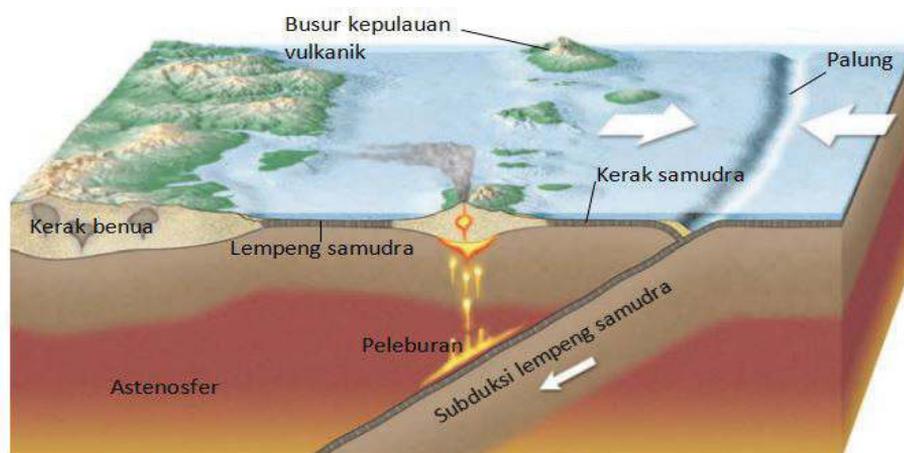
**Batas konvergen** merupakan batas antarlempeng yang bergerak saling mendekat. Litosfer baru selalu terbentuk di batas divergen, akan tetapi luas permukaan bumi selalu tetap. Keseimbangan terjadi ketika lempeng samudra yang lebih tua masuk ke selubung bumi. Pada saat dua lempeng saling bertumbukan akan menyebabkan salah satu lempeng tertekuk ke bawah dan menyusup di bawah yang lain hingga masuk ke selubung bumi. Proses tersebut terjadi di sepanjang batas konvergen dan disebut dengan subduksi. Karakteristik batas konvergen dipengaruhi oleh jenis lempeng yang bertumbukan. Batas konvergen dapat terbentuk di antara dua lempeng samudra (samudra-samudra), antara lempeng



samudra dan lempeng benua (samudra-benua), dan antara dua lempeng benua (benua-benua).

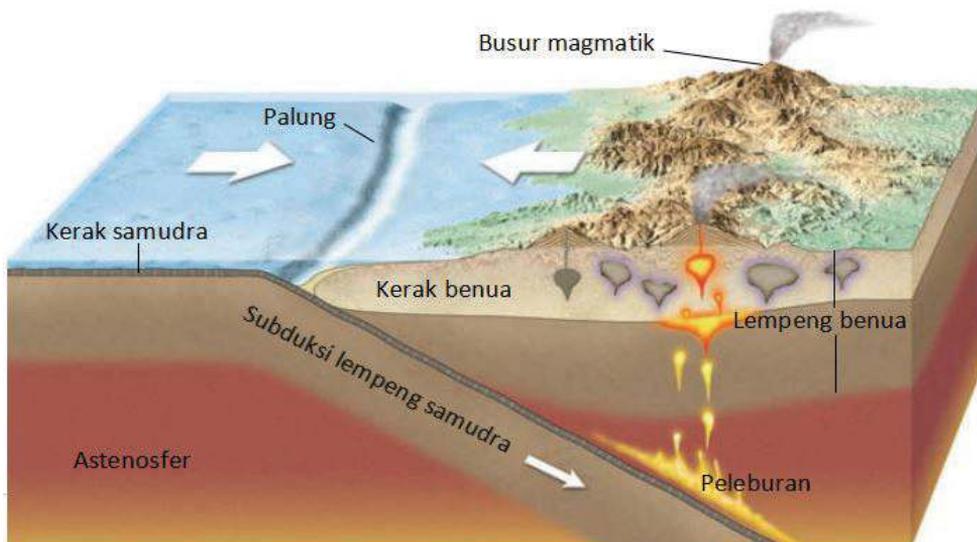
**Batas konvergen samudra-samudra**, pada saat dua lempeng samudra saling bertumbukan, salah satu lempeng akan menyusup di bawah yang lain (subduksi) membentuk palung laut di sepanjang batas samudra-samudra (Gambar 2.4). Lempeng samudra yang turun ke selubung bumi akan mengalami peleburan dan menghasilkan magma yang bersifat andesitik sampai basaltik. Magma yang memiliki massa jenis lebih kecil dibandingkan selubung bumi akan naik ke permukaan dan menghasilkan gunung api yang terbentuk di lantai samudra. Proses vulkanik yang berlangsung dalam waktu panjang akan membentuk busur kepulauan vulkanik (*volcanic island arc*), seperti kepulauan Filipina dan Jepang.

Sebagiannya akan bercampur dengan kerak benua menghasilkan magma yang bersifat intermediet dan keluar ke permukaan melalui rekahan batuan untuk menghasilkan rantai gunung berapi andesitik (juga disebut busur vulkanik). Contoh dari batas lempeng samudra-benua Pegunungan Bukit Barisan yang terdapat di Pulau Sumatra dan rangkaian gunung api yang ada di Pulau Jawa.



Gambar 2.4 Batas konvergen samudra-samudra yang membentuk busur kepulauan vulkanik.  
Sumber: Tasa (2012)

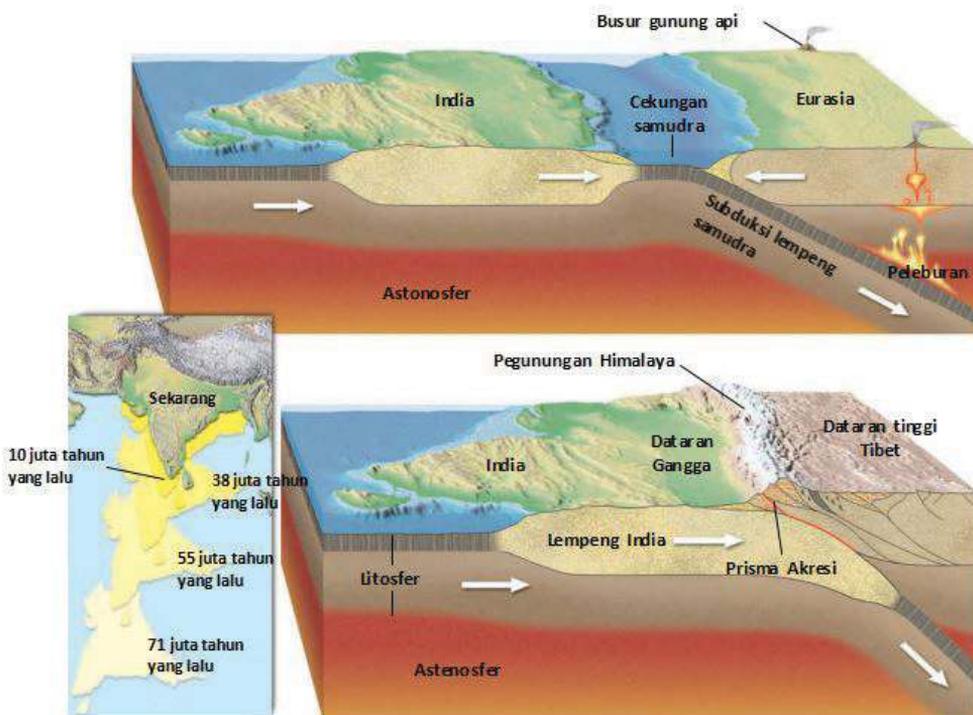
**Batas konvergen samudra-benua**, lempeng samudra memiliki massa jenis yang lebih berat dibandingkan lempeng benua, sehingga ketika lempeng samudra dan lempeng benua saling bertabrakan maka lempeng samudra akan tersubduksi di bawah lempeng benua di sepanjang batas lempeng samudra-benua (Gambar 2.5). Sama seperti pada batas lempeng samudra-samudra, lempeng samudra yang turun membentuk palung laut. Magma yang dihasilkan dari proses subduksi akan naik hingga di bawah kerak benua. Magma tersebut dapat mendingin dan mengkristal sehingga membentuk batuan beku plutonik.



Gambar 2.5 Batas konvergen samudra-benua yang membentuk busur magmatik.  
Sumber: Tasa (2012)

**Batas konvergen benua-benua**, dua lempeng benua yang saling mendekat pada awalnya dipisahkan oleh dasar samudra (lempeng samudra) yang mengalami subduksi dengan salah satu lempeng benua. Proses subduksi yang berlangsung menyebabkan lempeng benua semakin mendekat ke lempeng benua yang lain hingga akhirnya bertabrakan atau *collision* (Gambar 2.6). Lempeng benua memiliki massa jenis yang lebih ringan dibandingkan selubung bumi, sehingga ketika dua lempeng benua saling bertabrakan tidak ada lempeng yang mengalami subduksi, tetapi tertekan, terdeformasi, dan terangkat ke

atas membentuk pertumbuhan benua yang disebut sebagai prisma akresi (*accretionary wedge*). Batas lempeng benua-benua ditandai dengan terbentuknya pegunungan baru yang tersusun atas batuan sedimen terdeformasi bercampur dengan fragmen kerak samudra. Pegunungan Himalaya yang merupakan gunung tertinggi di dunia merupakan hasil dari tumbukan antara Lempeng India dengan Lempeng Eurasia.



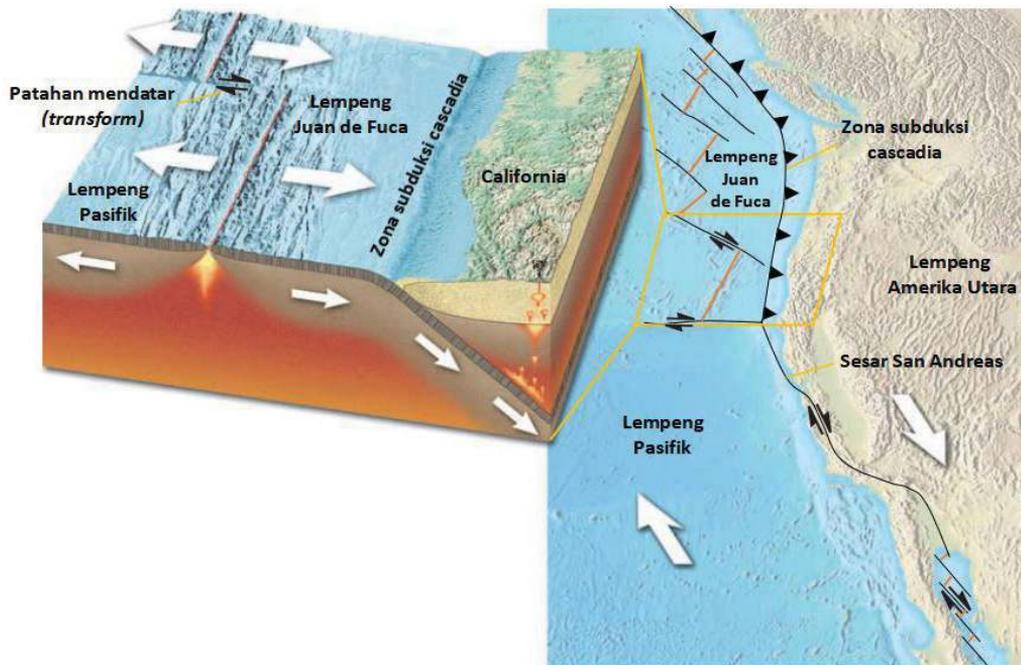
Gambar 2.6 Proses pembentukan Pegunungan Himalaya yang merupakan contoh batas konvergen benua.

Sumber: Tasa (2012)

**Batas transform** merupakan batas antara lempeng yang bergerak saling berpapasan, tanpa memperlihatkan terjadinya pembentukan atau perusakan kerak bumi. Batas transform dicirikan dengan adanya patahan mendatar yang memiliki panjang hingga beberapa ribu kilometer dan sering terjadi gempa dangkal. Arah pergerakan sesar mendatar sejajar dengan arah pergerakan lempeng, sesar mendatar tersebut menghubungkan segmen-segmen punggung tengah samudra. Umumnya, batas transform terjadi di lempeng samudra. Salah satu batas



transform yang berada di benua, yaitu Sesar San Andreas di California yang memisahkan Lempeng Pasifik dengan Lempeng Amerika Utara (Gambar 2.7). Di Indonesia salah satu sesar mendatar yang cukup terkenal, yaitu Sesar Semangko yang berada di Pulau Sumatra.



Gambar 2.7 Proses pembentukan Sesar San Andreas yang merupakan contoh batas transform yang terbentuk di benua.

Sumber: Tasa (2012)

## b. Vulkanisme

Bronto (2010) menyatakan bahwa setiap magma yang keluar ke permukaan bumi disebut dengan gunung api (*volcano*). Vulkanisme merupakan proses yang terkait dengan keluarnya magma ke permukaan bumi melalui rekahan-rekahan batuan. Magma yang keluar sampai ke permukaan bumi disebut lava. Magma merupakan suatu cairan silikat pijar yang memiliki suhu tinggi. Komposisi magma dikontrol oleh unsur-unsur yang sangat berlimpah di bumi, yaitu Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, H, dan O. Proses pembentukan magma sangat berkaitan dengan proses tektonisme. Hal tersebut dapat dilihat bahwasannya penyebaran

gunung api tidaklah acak, melainkan mengikuti jalur tertentu yang berasosiasi dengan batas lempeng. Sebagian besar gunung api terbentuk di batas lempeng konvergen membentuk jalur gunung api, contohnya Sirkum Pasifik. Sirkum Pasifik merupakan jalur gunung api aktif yang membentuk cincin api (*ring of fire*) yang mengelilingi Cekungan Pasifik, dimana dikontrol oleh zona subduksi dari tiga lempeng besar yang membentuk Cekungan Pasifik (Gambar 2.8). Jalur gunung api lainnya, yaitu Sabuk Mediterania yang menjadi batas antara Eropa dan Afrika.



Gambar 2.8 Distribusi gunung api di dunia, sebagian besar terletak sekitar Pasifik dan membentuk jalur gunung api (*ring of fire*).

Sumber: Tasa (2017)

Tipe aktivitas gunung api juga dipengaruhi oleh tipe batas lempeng. Pada batas lempeng divergen, aktivitas vulkanisme yang terjadi merupakan erupsi efusif dari magma basaltik (basa). Magma yang keluar dari batas lempeng divergen dihasilkan dari peleburan parsial selubung bumi. Umumnya, aktivitas vulkanisme pada batas lempeng divergen dapat dijumpai di punggung tengah samudra. Magma basa yang keluar akan menghasilkan aliran lava basal, terkadang dijumpai membentuk struktur lava bantal (*pillow lava*). Islandia merupakan salah satu dari sedikit tempat di bumi dengan punggung tengah samudra terlihat di atas permukaan laut. Vulkanisme di Islandia sebagian besar bersifat efusif, didominasi oleh letusan magma basaltik yang relatif cair.



Hampir semua gunung berapi yang lebih besar dan terkenal di dunia terletak di batas lempeng konvergen, pada batas lempeng konvergen lempeng samudra tersubduksi ke dalam selubung bumi. Batas lempeng konvergen samudra-samudra akan menghasilkan rangkaian busur kepulauan, sedangkan pada batas lempeng konvergen benua-samudra akan menghasilkan busur magmatik. Proses pembentukan magma pada batas konvergen terjadi ketika subduksi lempeng samudra melepaskan air ke astenosfer sehingga menurunkan suhu lelehnya. Ketika astenosfer terhidrasi maka sebagian astenosfer akan meleleh membentuk magma.

Magma yang dihasilkan mengandung lebih banyak air secara signifikan daripada magma yang dihasilkan pada batas lempeng yang berbeda. Magma yang dihasilkan di sepanjang batas konvergen berkomposisi andesitik (intermediet). Magma intermediet lebih kaya akan silika dari pada magma basa, sehingga lebih kental dan memiliki kandungan gas lebih tinggi. Di busur vulkanik benua yang memiliki kerak tebal, magma dapat berevolusi menjadi riolit, yang bahkan lebih kental daripada andesit. Kombinasi lava kental dan uap air dalam jumlah besar inilah yang menghasilkan letusan eksplosif.

Meskipun pada umumnya gunung api di dunia terletak di sepanjang batas lempeng, namun aktivitas vulkanisme juga dapat terbentuk di tengah lempeng yang jauh dari batas lempeng (*intraplate volcanism*). Aktivitas vulkanisme tersebut disebabkan oleh adanya material yang berasal dari selubung bumi disebut *mantel plume* yang keluar ke permukaan. Manifestasi permukaan dari aktivitas vulkanisme tersebut disebut *hot spot*. Vulkanisme *hot spot* dikaitkan dengan sejumlah besar magma basaltik. Erupsi lava basal di Hawaii yang menghasilkan gunung berapi perisai merupakan contoh vulkanisme *hot spot*. *Hot spot* yang terbentuk di bawah kerak samudra dapat menghasilkan *flood basalt*, seperti di Kolombia dan Siberia.





## Aktivitas 2.1

### Bagaimana Lempeng Tektonik Bergerak?

Setelah kalian mempelajari mengenai proses asal endogen, coba diskusikan bersama teman kalian mengenai topik berikut.

1. Bagaimana mekanisme pergerakan lempeng bumi atau apa yang menyebabkan lempeng bumi bergerak?
2. Bagaimana kaitan antara batas lempeng dengan peristiwa gempa bumi, seperti gempa yang terjadi di Cianjur atau Turki baru-baru ini?

Tulis hasil diskusi kalian dalam bentuk laporan sederhana dan presentasikan di depan kelas!

## 2. Proses eksogen

### a. Pelapukan

Pada saat batuan tersingkap ke permukaan maka batuan tersebut akan bersentuhan (kontak) langsung dengan udara, air, dan organisme. Proses tersebut akan menyebabkan pelapukan pada tubuh batuan. Menurut Huggett (2017), pelapukan (*weathering*) merupakan proses hancurnya batuan karena proses mekanik (disintegrasi) dan perubahan kimiawi (dekomposisi). Intensitas proses pelapukan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu jenis dan struktur batuan, topografi, iklim, dan makhluk hidup (hewan, tumbuhan, manusia). Sebagai contoh, batu pasir kuarsa akan lebih sukar lapuk dibanding batu lanau, atau jenis batuan yang sama pada daerah dengan iklim tropis mengalami proses pelapukan lebih cepat dibandingkan daerah beriklim subtropis.

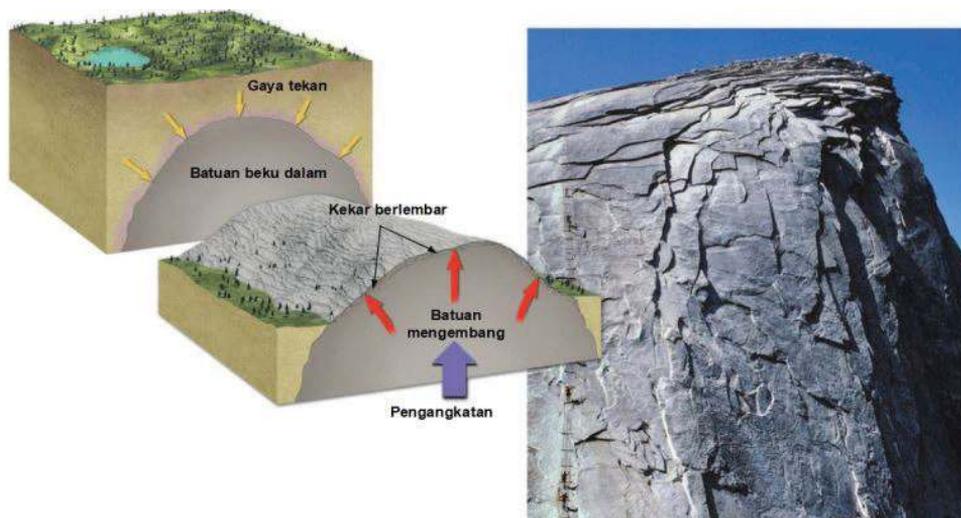
Proses pelapukan dapat dibagi menjadi dua yaitu, pelapukan fisika atau mekanik dan pelapukan kimia. Beberapa ahli juga menambahkan jenis pelapukan yang ketiga, yaitu pelapukan biologis. Akan tetapi, apabila dilihat lebih lanjut pelapukan biologis termasuk ke dalam pelapukan mekanik dan kimia.



## 1) Pelapukan mekanik

Pelapukan mekanik (*mechanical weathering*) atau disebut juga pelapukan fisika (*physical weathering*) merupakan proses pelapukan yang menyebabkan perubahan fisik dari batuan. Pelapukan mekanik akan mengubah ukuran dari tubuh batuan menjadi lebih kecil tanpa mengubah komposisi kimia batuan. Perubahan fisik dari batuan tersebut dapat disebabkan oleh pelepasan tekanan, pembekuan es, pertumbuhan kristal garam, pemuaian dan penyusutan panas, serta aktivitas organisme.

Perubahan fisik batuan yang semula masif dapat terjadi akibat hilangnya lapisan penutup (tanah atau batuan) di atasnya. Hilangnya lapisan penutup tersebut mengakibatkan hilangnya gaya tekan (*confining pressure*) sehingga batuan seolah mengembang dan menghasilkan rekahan yang sejajar bidang permukaan batuan (Gambar 2.9).



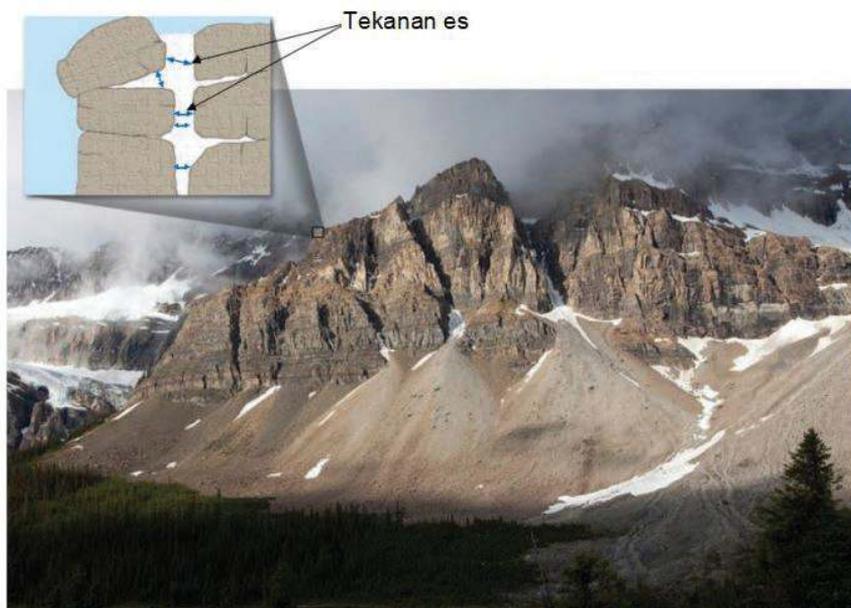
Gambar 2.9 Proses pelapukan mekanik akibat pelepasan beban.

Sumber: Tasa (2012)

Pelapukan mekanik akibat tekanan es (*frost wedging*) terjadi ketika air masuk ke dalam bidang rekahan batuan, kemudian membeku. Proses pembekuan tersebut mengakibatkan peningkatan volume air. Volume yang bertambah menghasilkan tekanan pada dinding rekahan. Coba kalian perhatikan Gambar 2.10. Tubuh batuan akan pecah ketika proses tersebut terjadi berulang kali.

Air tanah atau air permukaan yang masuk ke dalam rekahan batuan mengandung ion yang dapat membentuk kristal garam. Pertumbuhan kristal garam akan menekan rekahan batuan sehingga mengakibatkan rekahan batuan menjadi semakin besar. Proses yang berlangsung secara terus-menerus akan mengakibatkan batuan pecah atau terdisintegrasi. Peristiwa ini sama dengan pelapukan yang diakibatkan oleh pembekuan es.

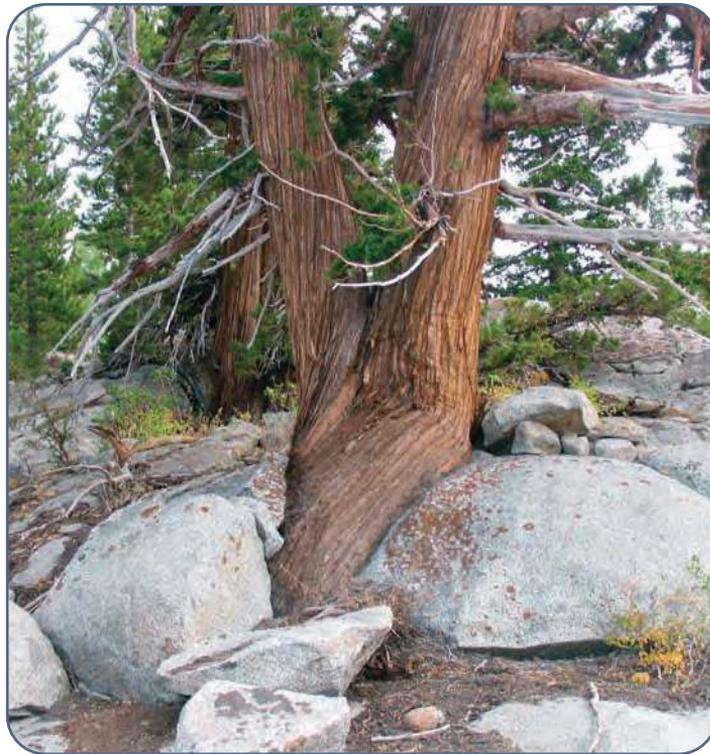
Batuan yang tersingkap di permukaan bumi akan mengalami pemuaihan dan penyusutan yang disebabkan oleh proses pemanasan dan pendinginan. Batuan merupakan konduktor panas yang buruk, sehingga mengakibatkan permukaan batuan akan lebih panas atau dingin dibandingkan bagian dalamnya. Proses tersebut akan menyebabkan permukaan batuan mengalami pemuaihan dan penyusutan lebih cepat dibandingkan bagian dalam batuan. Proses pemuaihan dan penyusutan tersebut akan mengakibatkan terbentuknya rekahan pada batuan. Proses ini terutama terjadi di daerah gurun yang memiliki variasi suhu hingga  $30^{\circ}\text{C}$  dalam satu harinya.



Gambar 2.10 Air yang membeku di celah-celah batuan akan mendesak tubuh batuan dan mengakibatkan pecahnya batuan.

Sumber: Miller (2017)

Pelapukan mekanik juga dapat disebabkan oleh aktivitas organisme, seperti tumbuhan, hewan penggali, dan manusia. Benih tumbuhan yang hidup pada celah batuan semakin lama akan semakin besar. Akar tanaman tersebut akan masuk ke dalam rekahan batuan dan mengakibatkan tekanan pada batuan sehingga secara perlahan batuan akan pecah (Gambar 2.11). Peristiwa tersebut sering kalian lihat pada trotoar jalan yang rusak akibat akar pohon yang besar.



Gambar 2.11 Pohon yang tumbuh di celah batuan, akarnya akan semakin besar dan mendesak tubuh batuan sehingga rekahan pada batuan menjadi semakin lebar.

Sumber: Carlson (2011)

## 2) Pelapukan kimia

Pelapukan kimia (*chemical weathering*) merupakan proses penghancuran batuan yang diakibatkan oleh perubahan kimia terhadap mineral pembentuk batuan. Pelapukan kimia akan menghasilkan mineral baru yang stabil di permukaan bumi. Proses pengubahan mineral tersebut diakibatkan oleh reaksi antara batuan



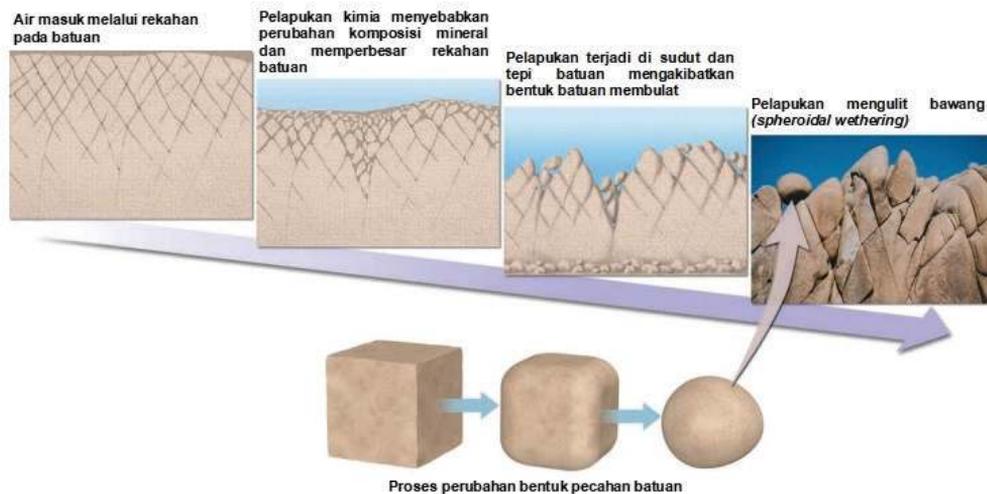
dengan unsur-unsur di atmosfer. Proses utama dalam pelapukan kimia, yaitu pelarutan, oksidasi, dan hidrasi.

Pelarutan merupakan proses dalam pelapukan kimia ketika ion mineral terpisah dalam sebuah substansi cair dan zat padatnya terlarut. Hal tersebut sama seperti ketika kalian mengaduk gula dalam secangkir air. Air merupakan media pelarut yang baik, tetapi tidak semua mineral dapat terlarut oleh air murni ( $H_2O$ ). Hal ini disebabkan karena gaya tarik molekul air tidak cukup kuat untuk memisahkan ikatan ion dalam mineral. Air yang bersifat asam akan lebih mudah mengakibatkan proses pelarutan pada mineral. Air ( $H_2O$ ) yang bereaksi dengan karbon dioksida ( $CO_2$ ) akan menghasilkan asam karbon dioksida atau *carbonic acid* (air yang bersifat asam).

Oksidasi dalam pelapukan kimia mengacu pada reaksi antara oksigen dengan mineral untuk membentuk gugus oksida atau hidroksida. Proses oksidasi yang mungkin sering kalian temui, yaitu besi yang berkarat. Mineral-mineral yang memiliki unsur besi (Fe) apabila teroksidasi akan menghasilkan mineral hematit yang berwarna merah bata atau limonit yang berwarna coklat. Reaksi hidrolisis merupakan reaksi kimia di mana ion  $H^+$  dan  $OH^-$  menggantikan ion dalam mineral. Kaolinit merupakan mineral lempung yang proses pembentukannya disebabkan oleh reaksi hidrolisis pada mineral kalium feldspar.

Di alam, pelapukan mekanik dan pelapukan kimia bekerja secara bersamaan (Gambar 2.12). Pelapukan mekanik yang mengakibatkan batuan pecah menjadi ukuran yang lebih kecil menyebabkan peningkatan luas permukaan pada batuan. Umumnya, pelapukan kimia hanya bekerja pada bagian luar atau permukaan batuan, sehingga reaksi kimia yang terjadi akan semakin cepat jika luas permukaannya bertambah.





Gambar 2.12 Proses pelapukan mengulit bawang yang menghasilkan bentuk konsentris (membulat).

Sumber: Tasa (2017)

## b. Erosi

Proses pelapukan mengakibatkan pecahnya batuan menjadi bagian yang lebih kecil, tetapi tidak memindahkannya dari batuan induk. Proses terlepasnya pecahan batuan yang diikuti pemindahan (transportasi) ke tempat lain yang lebih rendah oleh media gerak disebut erosi. Air, angin, dan es/gletser merupakan agen alamiah (media gerak) yang menyebabkan proses erosi. Agen erosi dapat membawa pecahan batuan dan tanah hasil pelapukan sejauh ribuan kilometer dari batuan sumbernya untuk kemudian diendapkan di tempat yang lebih rendah.

Air merupakan agen erosi yang sangat kuat dibanding agen erosi yang lain. Erosi oleh air bahkan terjadi sebelum air mengalir. Butiran air hujan yang jatuh ke permukaan tanah menyebabkan partikel tanah terlempar ke segala arah. Kemudian, air hujan yang mengalir membawa partikel tersebut. Aliran air di permukaan akan membentuk alur-alur dengan ukuran yang bervariasi. Di daerah pantai dan pesisir, erosi yang terjadi disebabkan oleh gelombang laut. Air laut mendapatkan energinya dari angin yang bertiup di atas permukaan membentuk gelombang laut.

Erosi oleh angin disebabkan oleh angin yang berembus. Udara akan mengalir ketika terjadi perbedaan suhu. Pada suhu rendah, tekanan udara lebih tinggi daripada daerah bersuhu lebih tinggi sehingga udara akan mengalir sebagai angin. Erosi oleh angin banyak terjadi pada daerah yang beriklim kering (*arid*).

Gletser adalah masa es yang terbentuk dari salju yang turun di permukaan bumi dan bergerak ke bawah karena pengaruh gravitasi. Selain di daerah kutub atau daerah lintang tinggi, gletser juga dapat terbentuk di daerah ekuator pada ketinggian di atas 4.000 meter dari permukaan laut.

### c. Gerakan massa

Menurut Karnawati (2005), gerakan massa (*mass wasting*) atau lebih dikenal dengan longsor adalah pergerakan massa tanah atau batuan penyusun lereng menurun atau keluar lereng, sebagai akibat terganggunya tanah atau batuan penyusun lereng tersebut. Gerakan massa memiliki kesamaan dengan erosi, yaitu adanya proses pelepasan tanah atau batuan dari massa batuan yang disertai proses perpindahan. Perbedaan di antara keduanya, yaitu proses pelepasan tanah atau batuan pada erosi dikontrol oleh media gerak seperti air atau angin, sedangkan pada gerakan massa lebih dikontrol oleh gravitasi bumi.

Gerakan massa dapat terjadi akibat interaksi pengaruh antara beberapa kondisi yang meliputi morfologi (kelerengan), struktur geologi, jenis batuan, air tanah, dan tata guna lahan. Kondisi tersebut mengakibatkan kecenderungan atau potensi gerakan massa pada suatu lereng, namun belum mengalami pergerakan. Gerakan massa baru benar terjadi, ketika ada faktor pemicu, seperti hujan dan getaran yang diakibatkan oleh aktivitas manusia maupun gempa. Gerakan massa tanah dan batuan dapat diklasifikasikan berdasarkan mekanisme pergerakan dan jenis material yang bergerak (Tabel 2.1).



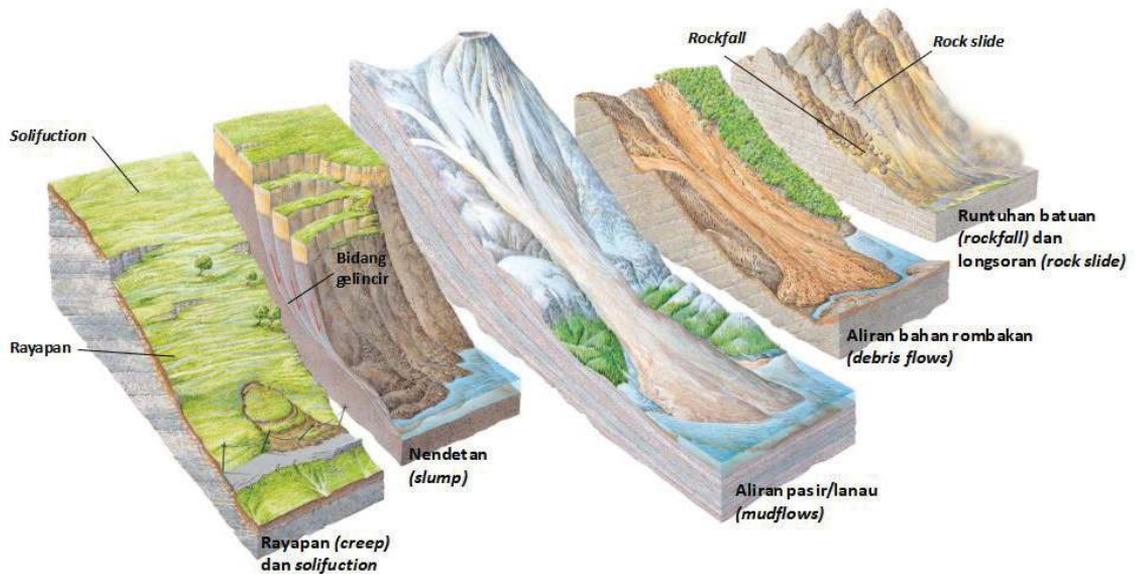
Tabel 2.1 Klasifikasi Gerakan Massa Tanah dan Batuan

Jenis Gerakan Tanah		Karakteristik
Runtuhan	Runtuhan batuan ( <i>rockfall</i> )	Gerak pecahan batuan berukuran kecil atau besar yang terlepas dari batuan dasar yang terjadi pada tebing yang terjal.
Gelinciran	Nendetan ( <i>slump</i> )	Gerak perlahan hingga sedang tubuh batuan atau tanah di sepanjang bidang lengkung (rotasi).
	LongSORAN ( <i>rock slide</i> )	Bergesernya material batuan ke bawah dengan cepat melalui bidang perlapisan, kekar, atau bidang lemah lainnya.
Aliran	Aliran pasir/lanau basah ( <i>mudflow</i> )	Aliran material berukuran halus dengan kandungan air yang sangat banyak.
	Aliran tanah ( <i>earthflow</i> )	Gerakan massa regolit yang kaya akan lempung dengan kecepatan lambat hingga sedang pada lereng bukit.
	Aliran bahan rombakan ( <i>debris flow</i> )	Aliran campuran fragmen batuan, tanah, lumpur, dan air secara cepat.
	<i>Solifluction</i>	Gerakan material berbutir kasar yang sangat lambat dan hanya terjadi pada elevasi yang tinggi dan suhu dingin.
	Rayapan ( <i>creep</i> )	Gerakan material tanah atau batuan yang sangat lambat, sehingga sulit untuk diamati.
Kompleks		Campuran dari dua atau lebih jenis gerakan lambat-sangat cepat.

Sumber: Monroe dkk, 2007

Coba, kalian perhatikan Gambar 2.13. Gambar diagram blok tersebut menunjukkan beberapa jenis gerakan massa.





Gambar 2.13 Diagram blok beberapa tipe gerakan massa.  
 Sumber: Marshak (2013)



## Aktivitas 2.2

### Mengamati Proses Eksogen

Setelah kalian mempelajari proses eksogen, coba amati proses eksogen yang ada di sekitar kalian. Kemudian, catat hasil pekerjaan kalian pada tabel berikut.

No.	Objek yang Diamati	Jenis Proses Eksogen	Media atau Agen



## B. Klasifikasi Bentang Alam

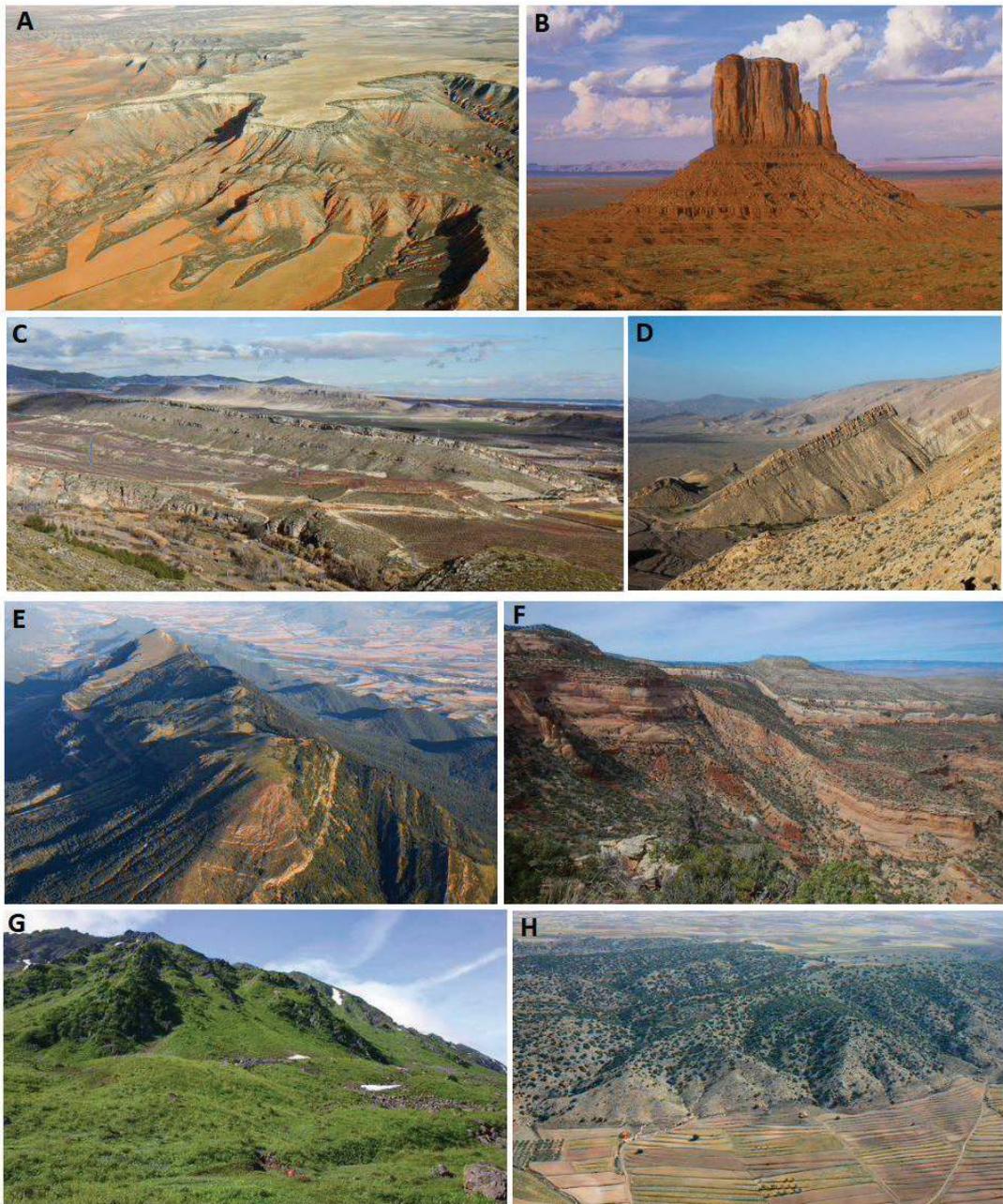
Geomorfologi adalah cabang ilmu geologi yang mempelajari bentuk permukaan bumi dan proses yang membentuknya. Ahli geologi mempelajari geomorfologi tidak hanya untuk mengetahui morfogenetik dan morfokronologi dari suatu bentang alam, akan tetapi juga untuk mendapatkan informasi yang dapat digunakan untuk pengelolaan lingkungan terutama terkait kebencanaan.

Bentang alam adalah produk dari proses-proses geologi yang bekerja baik dari dalam atau luar bumi. Proses endogen menghasilkan aktivitas tektonik dan vulkanik yang membentuk bentang alam, sedangkan proses eksogen menyebabkan perubahan bentuk bentang alam akibat erosi dan pengendapan. Berdasarkan proses pembentukannya, bentang alam dibagi menjadi beberapa kelompok, yaitu bentang alam struktural, vulkanik, fluvial, pesisir, eolian, karst, dan glasial.

### 1. Bentang alam struktural

Bentang alam struktural adalah bentang alam yang dibentuk oleh proses tektonik yang meliputi proses pengangkatan, penurunan, dan perlipatan kerak bumi sehingga terbentuk struktur geologi tertentu. Pembentukan dan jenis struktur geologi lebih detail akan dibahas pada Bab 3. Bentuk bentang alam struktural di antaranya *mesa*, *butte*, *cueta*, *hogback*, perbukitan monoklin, perbukitan antiklin, perbukitan sinklin, gawir sesar, dan *triangular facet* (Gambar 2.14).





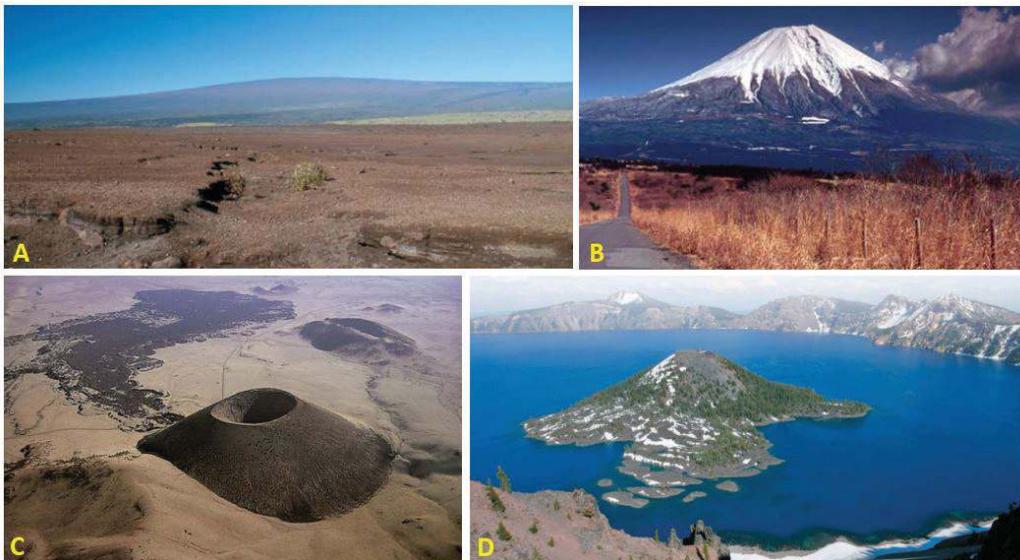
Gambar 2.14 Bentuk bentang alam struktural. (A) *mesa*, (B) *butte*, (C) *cuesta*, (D) *hogback*, (E) perbukitan sinklin, (F) perbukitan monoklin, (G) gawir sesar, dan (H) *triangular facet*.

Sumber: Gutierrez (2015)



## 2. Bentang alam vulkanik (gunung api)

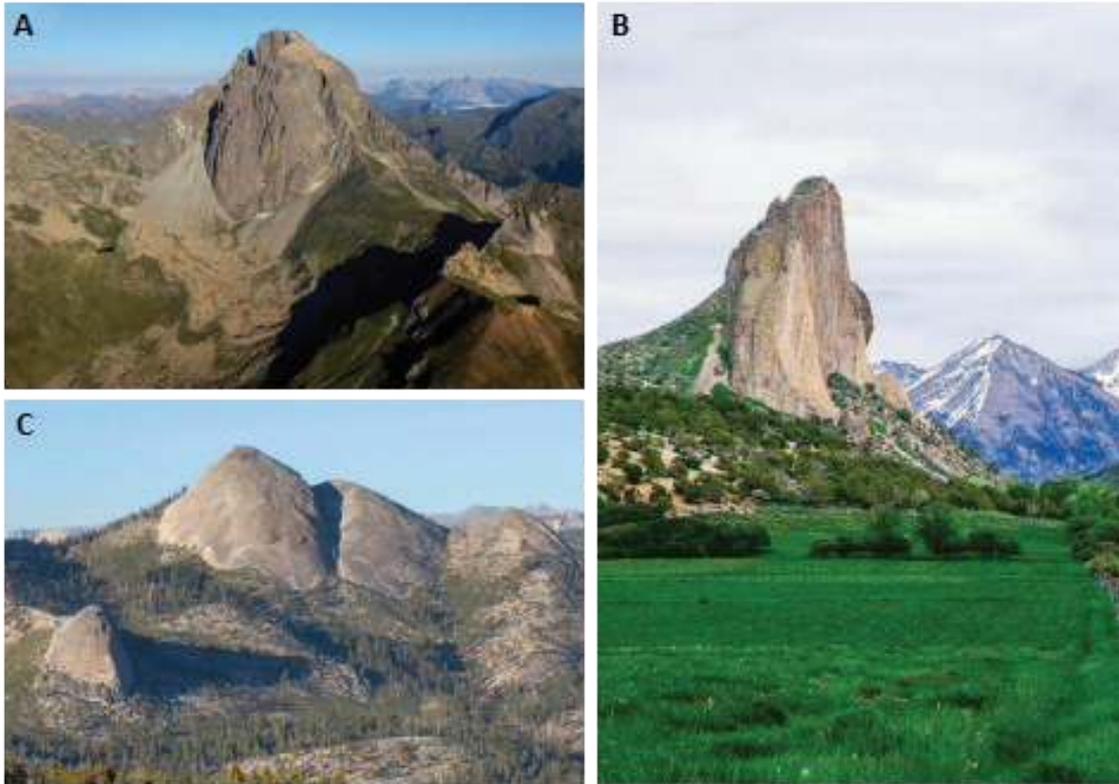
Proses pembentukan bentang alam vulkanik dikontrol oleh aktivitas vulkanisme. Magma yang mencapai permukaan bumi melalui gunung api disebut lava. Selain lava, gunung api juga mengeluarkan gas dan rempah gunung api, seperti pecahan batuan dan abu vulkanik. Proses keluarnya magma dan material lain dari gunung api disebut dengan erupsi. Berdasarkan jenis erupsinya, dari sebuah gunung api ada yang bersifat efusif (lelehan) dan eksplosif (letusan). Kekuatan dari erupsi gunung api sangat dipengaruhi oleh sifat magmanya. Erupsi efusif cenderung dihasilkan dari magma yang bersifat basa (basaltik). Magma basaltik memiliki viskositas yang rendah (encer) dengan kandungan gas rendah. Adapun erupsi eksplosif dihasilkan oleh magma yang bersifat asam (felsik). Magma felsik memiliki viskositas yang tinggi (kental) dengan kandungan gas tinggi. Proses erupsi tersebut akan menghasilkan bentuk gunung api yang berbeda, seperti gunung api perisai, gunung api strato, kerucut tefra (*cinder cone*), dan kaldera (Gambar 2.15).



Gambar 2.15 Bentuk bentang alam vulkanik yang dihasilkan dari proses erupsi. (A) gunung api perisai, (B) gunung api strato, (C) *cinder cone*, (D) kaldera.

Sumber: Marshak (2013)

Magma yang menerobos batuan ketika akan keluar ke permukaan bumi dapat membeku di bawah permukaan bumi (batuan beku intrusi). Proses erosi menyebabkan batuan beku yang terbentuk akan tersingkap ke permukaan dan membentuk bentang alam vulkanik, seperti sumbat lava (*volcanic plug*), jenjang gunung api (*volcanic neck*), dan perbukitan intrusi (Gambar 2.16).



Gambar 2.16 Bentuk bentang alam vulkanik yang dihasilkan dari proses intrusi. (A) sumbat lava, (B) jenjang gunung api, dan (C) perbukitan intrusi.

Sumber: (A) dan (C) Gutierrez, 2015; (B) Matthews, 2015

### 3. Bentang alam fluvial

Bentang alam fluvial merupakan bentuk permukaan bumi yang dihasilkan oleh aliran air permukaan. Kata fluvial berasal dari bahasa latin, yaitu *fluvius* yang artinya sungai. Bentang alam fluvial mencakup area yang sangat luas, mulai dari aliran sungai kecil hingga daerah



aliran sungai (*drainage basin*) yang besar. Contohnya, Sungai Kapuas di Kalimantan Barat yang memiliki panjang 1.143 kilometer dengan luas daerah aliran sungai (DAS) mencapai lebih dari 100.000 km<sup>2</sup> atau Sungai Amazon yang luas DAS-nya hampir seluas Benua Australia, yaitu sekitar 7.050.000 km<sup>2</sup>.

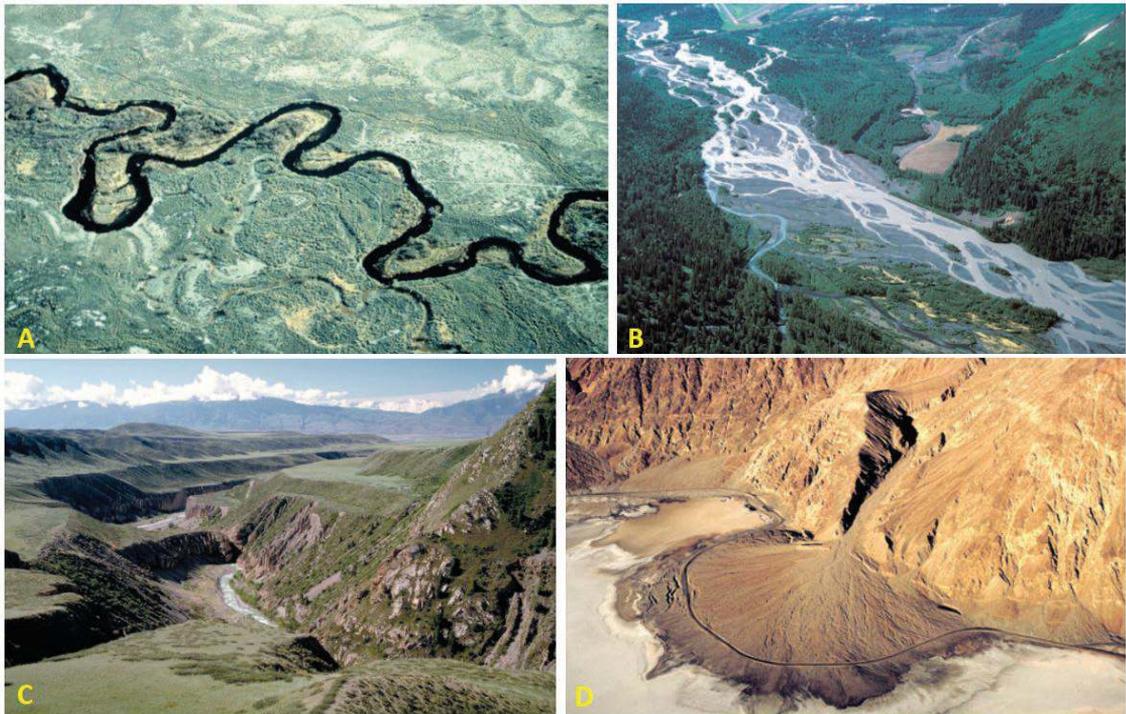
Aliran sungai mengambil peran besar dalam perubahan bentuk permukaan bumi, aliran sungai mengalirkan air dan sedimen secara terus-menerus dari daerah yang tinggi ke daerah yang lebih rendah. Proses eksogen yang dilakukan oleh air dapat terjadi di mana-mana, terkecuali di daerah dengan iklim kering (*arid*) dan daerah kutub.

Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi akan masuk (infiltrasi) ke permukaan tanah dan sebagiannya mengalir sebagai air permukaan atau air limpasan. Air limpasan akan menyebabkan erosi tanah dan batuan, erosi yang berlangsung terus-menerus akan membentuk alur-alur kecil hingga berkembang menjadi aliran sungai.

Secara umum, bentang alam fluvial dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bentang alam yang dipengaruhi oleh erosi dan pengendapan. Proses erosi dan pengendapan dipengaruhi oleh keseimbangan antara kekuatan aliran dan kekuatan yang dibutuhkan untuk mengangkut sedimen. Ketika suplai sedimen melebihi kekuatan aliran maka akan terjadi proses pengendapan.

Contoh dari bentang alam fluvial yang diakibatkan oleh proses erosi, di antaranya *rill*, *gullies*, *potholes*, air terjun, dan aliran sungai (sungai meander, sungai teranyam). Adapun contoh dari bentang alam fluvial yang diakibatkan oleh proses pengendapan, yaitu dataran banjir, kipas aluvial, teras sungai, gosong sungai (*channel bar* dan *point bar*), dan tanggul alam. Coba, kalian perhatikan Gambar 2.17 yang menunjukkan beberapa bentuk bentang alam fluvial.





Gambar 2.17 Bentuk bentang alam fluvial. (A) meander, (B) sungai teranyam, (C) teras sungai, dan (D) kipas aluvial.

Sumber: Miller (2017)

#### 4. Bentang alam pesisir

Tujuh puluh persen permukaan bumi ditutupi oleh air (lautan) yang membentuk batas antara lautan dan daratan. Pesisir adalah daerah di mana daratan dan lautan bertemu, mulai dari batas pasang surut terendah menuju arah darat sampai batas tertinggi yang mendapat pengaruh gelombang laut (ombak). Daerah pesisir dapat dibagi menjadi beberapa zona, yaitu pantai, perairan dangkal, dan lepas pantai. Batas antara zona tersebut berubah sepanjang waktu tergantung dari pengaruh gelombang dan pasang surut air laut. Posisi pantai mengalami perubahan yang signifikan selama zaman kuarter. Perubahan garis pantai tersebut dipengaruhi oleh suplai sedimen dari daratan, pengangkatan akibat proses tektonik dan proses glasiasi.



Bentang alam pesisir dibentuk oleh proses pelapukan, erosi, transportasi, dan sedimentasi oleh ombak dan pasang surut. Selain itu, perkembangan terumbu karang juga berpengaruh terhadap pembentukan bentang alam pesisir. Ombak adalah gelombang di permukaan air yang berhubungan dengan perpindahan energi dari angin ke air laut. Ombak yang bergerak ke arah pantai, gerakannya menjadi lambat menyebabkan puncak gelombang menjadi semakin rapat. Hal ini juga menyebabkan tinggi dan sudut lereng ombak bertambah yang selanjutnya gelombang tersebut condong ke depan menjadi pecah dan berbuih menghantam pantai. Hantaman ombak akan mengakibatkan abrasi/erosi, material hasil erosi tersebut akan diendapkan secara selektif. Material yang berukuran halus akan diendapkan di lepas pantai, sedangkan material berukuran pasir dan kerikil tertinggal membentuk pantai.

Secara umum, bentang alam pesisir dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bentang alam yang dipengaruhi oleh erosi dan pengendapan. Contoh bentang alam pesisir yang diakibatkan oleh proses erosi, di antaranya tebing laut (*sea cliff*), gua laut (*sea cave*), tiang laut (*sea stack*), gerbang laut (*sea arch*), tebing bergantung (*notch*), teluk (*bay*), tanjung (*headland*), dan paparan erosi (*wave cut platform*). Coba, kalian perhatikan Gambar 2.18 berikut.



Gambar 2.18 Contoh bentang alam pesisir yang dipengaruhi oleh proses erosi adalah tebing laut, paparan erosi, dan gerbang laut.

Sumber: Scarle (2017)

Adapun contoh bentang alam pesisir yang diakibatkan oleh proses pengendapan, di antaranya pantai (*beach*), beting gisik (*beach ridges*), bura (*spit*), delta, dan tombolo. Coba, kalian perhatikan Gambar 2.19 berikut.



Gambar 2.19 Contoh bentang alam pesisir yang dipengaruhi oleh proses pengendapan, yaitu pantai (kiri) dan bura (kanan).

Sumber: Gutierrez (2015)

## 5. Bentang alam eolian

Bentang alam eolian adalah bentang alam yang pembentukannya dipengaruhi oleh aktivitas angin. Umumnya, bentang alam ini terbentuk di daerah beriklim kering (*arid*), seperti gurun pasir. Lingkungan gurun dicirikan dengan curah hujan yang rendah (kurang dari 300 mm) dan tutupan vegetasi yang jarang atau tidak ada. Kondisi lingkungan yang ekstrem di daerah gurun memiliki dampak yang signifikan terhadap proses pembentukan permukaan bumi pada daerah tersebut. Rendahnya curah hujan berdampak pada proses eksogen, seperti pelapukan. Ketersediaan air yang terbatas mengakibatkan permukaan yang gundul atau vegetasi yang tidak merata.

Pengaruh angin terhadap pembentukan permukaan bumi sangatlah kecil dibandingkan air. Tetapi, pada daerah yang tidak memiliki vegetasi atau tutupan vegetasinya rendah dapat memberikan dampak yang signifikan. Efektivitas angin terhadap pembentukan permukaan bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu energi angin yang berembus sepanjang tahun, vegetasi yang jarang, dan pasokan pasir.



Gambar 2.20 Bentuk bentang alam eolian. (A) lantai gurun, (B) cekungan deflasi, (C) gumpuk pasir bintang atau *star dune*, (D) gumpuk pasir melintang atau *transversal dune*, (E) *barchan dune*.

Sumber: Gutierrez (2015)



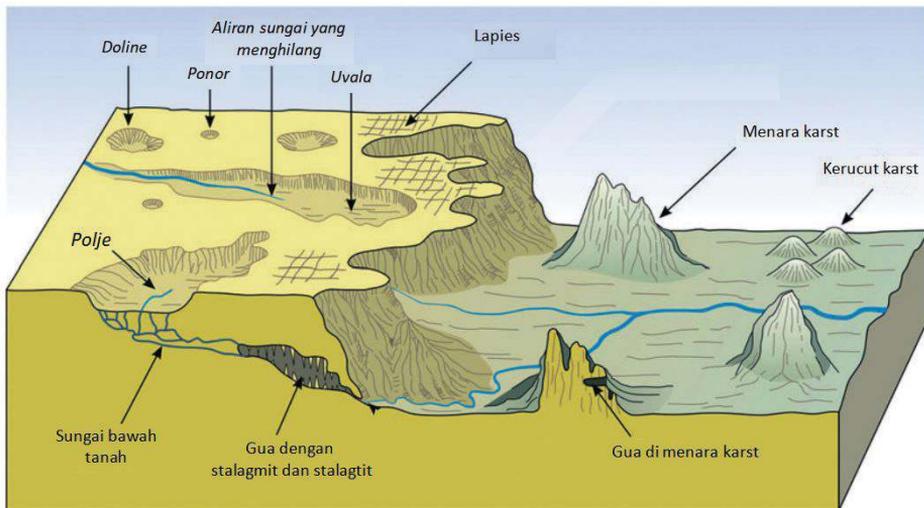
Pada bentang alam eolian, angin berperan sebagai agen erosi, transportasi, dan pengendapan. Erosi angin melibatkan dua proses, yaitu deflasi dan abrasi. Perbedaan di antara keduanya, yaitu abrasi berlangsung tanpa pengaruh butir pasir sedangkan deflasi melibatkan butiran pasir dalam proses pengikisan. Bentuk bentang alam eolian yang dihasilkan dari proses pengikisan, yaitu cekungan deflasi (*blow out/ deflation hollow*), lantai gurun (*desert pavement*), *vantivact*, dan *yardang*. Proses transportasi butiran pasir dapat terjadi dengan mekanisme muatan dasar (*bed load*) dan muatan layang (*suspended load*). Pengendapan butiran pasir oleh angin menghasilkan bentuk bentang alam eolian dengan berbagai bentuk dan ukuran. Secara umum, hasil pengendapan dibedakan menjadi gumpuk pasir (*sand dunes*) dan endapan debu (*loess*). Gambar 2.20 menunjukkan beberapa bentuk bentang alam eolian.

## 6. Bentang alam karst

Bentang alam karst adalah bentang alam yang dibentuk oleh proses pelarutan batuan oleh air dan membentuk topografi dan pola pengaliran yang khas. Biasanya, topografi pada daerah karst biasanya menunjukkan adanya bukit-bukit kecil dengan lereng tidak terlalu terjal dan bentuk membulat, sedangkan pola pengaliran pada daerah karst sering dijumpai aliran sungai yang menghilang (masuk ke bawah permukaan tanah dan membentuk sungai bawah tanah). Umumnya, bentang alam karst terbentuk pada daerah yang tersusun oleh batu gamping. Proses pelarutan akan bertambah kuat apabila air sebagai pelarut mengandung karbon dioksida yang berasal dari udara maupun sisa tumbuhan yang telah membusuk (ingat kembali materi pelapukan kimia).

Proses karstifikasi (pembentukan bentang alam karst) menghasilkan berbagai bentuk bentang alam, mulai dari yang berukuran kecil (karst minor) hingga besar (karst mayor) dan ada yang terbentuk di permukaan (eksokarst) ataupun di bawah permukaan (endokarst) (Gambar 2.21). Bentuk dari eksokarst di antaranya berupa lapies (*karren*), *doline*, *uvala*, *polje*, kerucut karst, dan menara karst. Adapun bentuk dari endokarst adalah berupa gua karst.



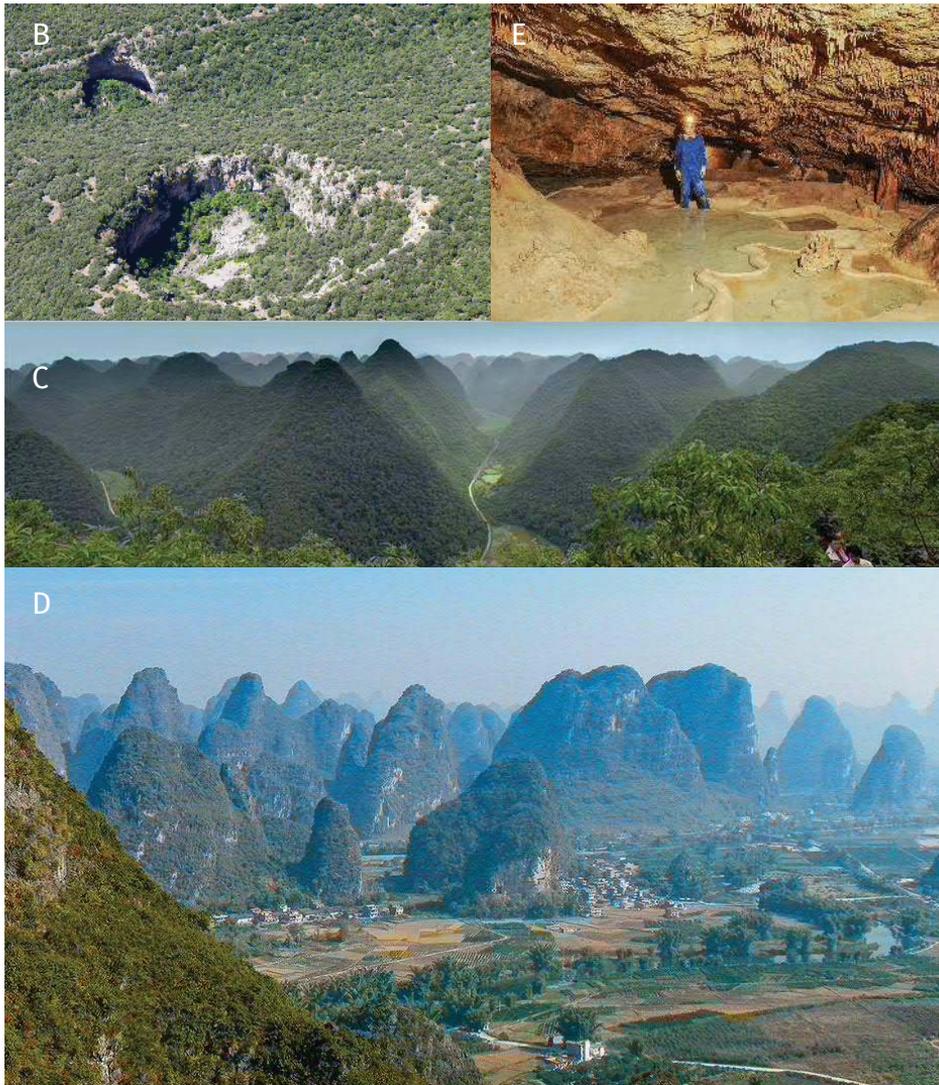


Gambar 2.21 Diagram skematik bentang alam karst.

Sumber: Huggett (2017)

Coba, kalian perhatikan Gambar 2.22. Gambar tersebut menunjukkan beberapa bentuk bentang alam karst.





Gambar 2.22 Bentuk bentang alam karst. (A) *pothole*, (B) *doline*, (C) kerucut karst, (D) menara karst, (E) gua karst.

Sumber: Gambar (A) dan (B) Gutierrez, 2015; Gambar (C) Williams, 2015; Gambar (D) Weatherson, 2015; Gambar (E) Gordillo, 2015.

## 7. Bentang alam glasial

Gaya dan proses dari gletser mempunyai peranan penting dalam pembentukan permukaan bumi pada daerah tertentu. Bentang alam glasial adalah bentuk permukaan bumi yang dibentuk akibat kerja dari gletser. Gletser berperan sebagai media erosi, transportasi, dan sedimentasi. Pada umumnya, gletser mengandung banyak pecahan

batuan yang berasal dari tepi atau dasar lembah karena proses pengikisan yang kuat. Gletser dan pecahan batuan yang ada di dalamnya akan mengakibatkan pengikisan ketika gletser bergerak. Bentuk bentang alam glasial yang dipengaruhi oleh proses pengikisan di antaranya *ffjord*, lembah glasial, *cirque*, dan *arate*. Pecahan batuan yang dibawa oleh gletser akan diendapkan dan membentuk bentang alam tersendiri, seperti *moraine*, *erratic*, *drumline*, dan *esker*. Gambar 2.23 menunjukkan bentuk bentang alam glasial.



Gambar 2.23 Bentuk bentang alam glasial. (A) lembah glasial, (B) *cirque*, (C) *arate*, (D) *moraine*, (E) *drumline*.

Sumber: Gambar (A) - (D) Gutierrez, 2015; gambar (E) Mir, 2015.





## Aktivitas 2.3

### Potensi Bentang Alam

Setelah kalian mempelajari mengenai klasifikasi bentang alam, coba diskusikan bersama teman kalian mengenai potensi positif (sumber daya) dan negatif (bencana) apa yang terdapat dari setiap kelompok bentang alam. Catat hasil diskusi kalian dan presentasikan hasilnya di depan kelas..



## Uji Kompetensi

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!**

1. Pergerakan lempeng tektonik menghasilkan batas-batas antarlempeng. Jelaskan tiga tipe batas lempeng beserta contohnya!
2. Umumnya, proses vulkanisme umumnya terjadi di batas lempeng. Jelaskan karakteristik vulkanisme yang terdapat di batas lempeng konvergen, batas lempeng divergen, dan di tengah lempeng (*interplate*)!
3. Erosi dan pelapukan merupakan proses eksogen yang menyebabkan perubahan bentuk permukaan bumi. Jelaskan perbedaan antara erosi dan pelapukan!
4. Sebutkan bentang alam yang proses pembentukannya dipengaruhi oleh proses endogen!
5. Sebutkan bentang alam yang proses pembentukannya dipengaruhi oleh proses eksogen!





## Pengayaan

Jika kalian tertarik dengan materi ini dan ingin mendalaminya lebih jauh, berikut tautan yang dapat diakses.



<https://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/dynamic.html>

Situs web dari USGS (*United States Geological Survey*) ini berisi tentang materi tentang lempeng tektonik.



## Refleksi

Setelah membaca materi dan melakukan berbagai aktivitas pada bab ini, berikan tanda centang (✓) pada bagian yang sudah kalian kuasai atau tanda silang (x) pada materi yang belum dikuasai.

No.	Materi	Kompetensi (✓/x)
1.	Proses geologi endogen	
2.	Proses geologi eksogen	
3.	Klasifikasi bentang alam	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan  
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis : Masfut Mustahar dan Akhmad Syaripudin  
ISBN : 978-623-194-516-7 (no.jil.lengkap PDF)  
978-623-194-518-1 (jil.2 PDF)

## Bab 3

# Deformasi Kerak Bumi



### Pemantik

Pergerakan lempeng bumi tidak dapat diamati secara langsung, karena terjadi secara perlahan dan jauh di bawah permukaan bumi. Akan tetapi, hasil dari proses pergerakan lempeng tersebut dapat kita amati pada batuan yang mengalami deformasi dan tersingkap di permukaan bumi.



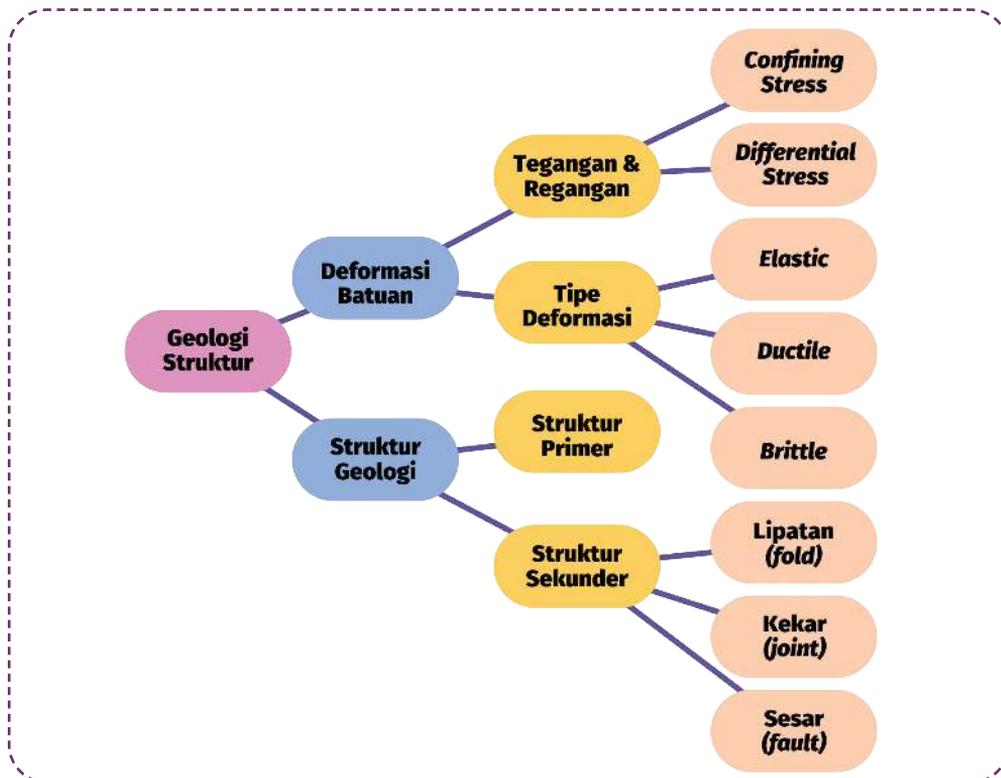


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi dan melakukan aktivitas yang terdapat pada bab ini, kalian diharapkan mampu memahami deformasi kerak bumi yang meliputi menjelaskan jenis tegasan, membedakan tipe deformasi, dan mengidentifikasi jenis struktur geologi di lapangan.



## Peta Konsep



Gambar 3.1 Peta konsep deformasi kerak bumi.

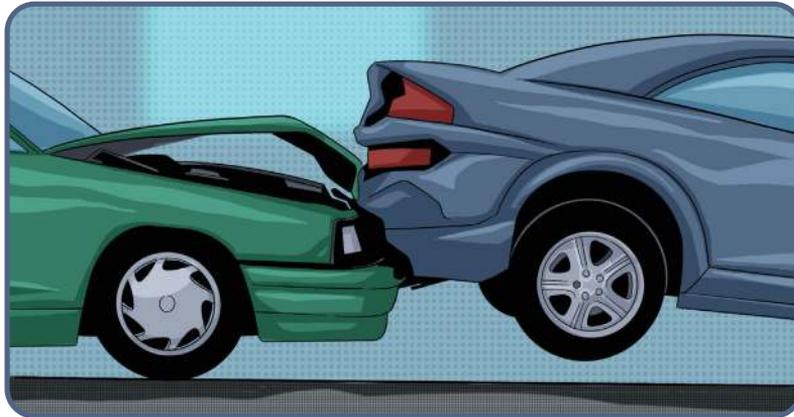


## Kata Kunci

deformasi, *brittle*, *ductile*, kekar, sesar/patahan, lipatan



Pernahkah kalian mengamati dua buah mobil yang saling bertabrakan? Apa yang terjadi dengan badan mobil yang terbuat dari logam? Apa yang terjadi dengan kaca mobil?



Gambar 3.2 Ilustrasi dua mobil yang bertabrakan.

Ketika dua mobil bertabrakan, energi kinetik dari mobil tersebut akan berubah menjadi gaya tekan yang mengakibatkan bagian badan mobil yang terbuat dari logam menjadi penyok dan kaca mobil menjadi retak hingga pecah. Batuan yang berada di litosfer akan mengalami hal serupa (terlipat atau patah) saat lempeng-lempeng bumi saling berinteraksi (konvergen, divergen, transform). Proses yang menyebabkan perubahan bentuk, ukuran, dan posisi secara permanen pada batuan disebut deformasi. Geologi struktur adalah cabang ilmu geologi yang mempelajari bentuk arsitektur batuan yang telah terdeformasi dan proses yang menyebabkannya. Mempelajari geologi struktur dapat membantu penentuan jenis tegasan yang bekerja di dalam kerak bumi pada masa lalu. Informasi ini sangat penting dalam bidang perminyakan, pertambangan, geotermal, ataupun pembangunan infrastruktur. Batuan yang mengalami deformasi dapat menjadi cebakan untuk mineral berharga ataupun minyak dan gas bumi. Memahami batuan yang telah terdeformasi juga bermanfaat untuk membuat rekayasa teknik pada suatu rancangan konstruksi bangunan, seperti bendungan atau terowongan sehingga dihasilkan rancangan yang aman.

## A. Deformasi Batuan

### 1. Tegasan (*stress*) dan regangan (*strain*)

Pada saat proses pembentukan batuan sedimen, material sedimen akan diendapkan membentuk suatu lapisan horizontal. Coba, kalian ingat kembali hukum *original horizontality*. Ketika kita menjumpai perlapisan pada batuan sedimen sudah miring atau terlipat, hal tersebut menandakan bahwa batuan telah mengalami deformasi. Coba, kalian perhatikan Gambar 3.3 berikut.



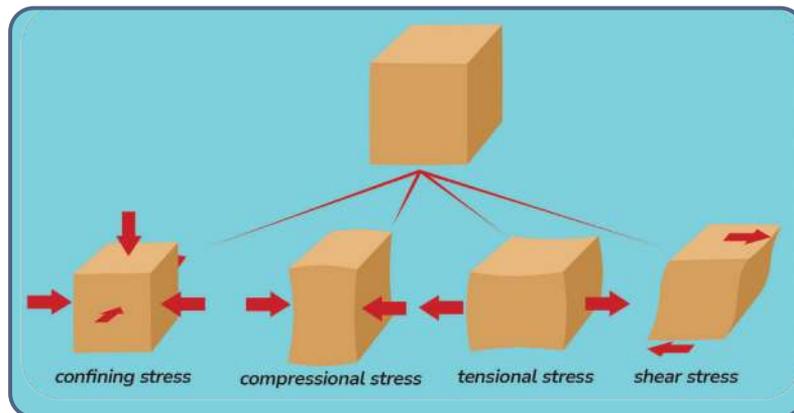
Gambar 3.3 Lapisan batuan sedimen yang terdeformasi di Palmdale, California.  
Sumber: C.C. Plumer (2016)

Batuan dapat terlipat atau patah disebabkan oleh adanya tegasan (*stress*) yang bekerja pada batuan. Tegasan dapat diartikan sebagai gaya yang bekerja pada permukaan per satuan luas. Pada saat intensitas tegasan lebih besar dibandingkan kekuatan batuan, batuan akan mengalami regangan (*strain*). Regangan dan deformasi merupakan terminologi yang sama untuk menyatakan batuan yang telah mengalami perubahan bentuk (distorsi) dan ukuran (dilatasi) akibat tegasan. Terdapat dua jenis tegasan yang bekerja pada batuan, yaitu *confining stress* dan *differential stress*.

*Confining stress* merupakan tegasan dengan besaran sama dari segala arah. Batuan yang terdapat di litosfer akan dibatasi oleh batuan

lain yang ada di sekitarnya dan ditekan secara merata oleh massa batuan yang ada di atasnya. Hal tersebut sama seperti tekanan air yang kalian rasakan ketika menyelam ke dalam air. Semakin dalam kalian menyelam, semakin besar tekanan air ke semua bagian tubuh. *Confining stress* akan menyebabkan perubahan volume batuan, contohnya proses kompaksi pada batuan sedimen.

*Differential stress* terjadi ketika tegasan yang bekerja pada batuan memiliki besaran yang berbeda pada setiap arah. *Differential stress* inilah yang dapat menyebabkan perubahan pada batuan (deformasi). Berdasarkan arah gayanya, *differential stress* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *tensional stress*, *compressional stress*, dan *shear stress* (Gambar 3.4). *Tensional stress* memiliki arah gaya yang berlawanan dan sifatnya menarik (*stretch*) batuan. *Compressional stress* arah gayanya berhadapan dan bersifat menekan atau memampatkan batuan. Adapun *shear stress* bekerja saling sejajar, namun berlawanan arah dan menyebabkan pergeseran.



Gambar 3.4 Deformasi batuan akibat berbagai jenis tegasan (arah panah menunjukkan arah tegasan utama).

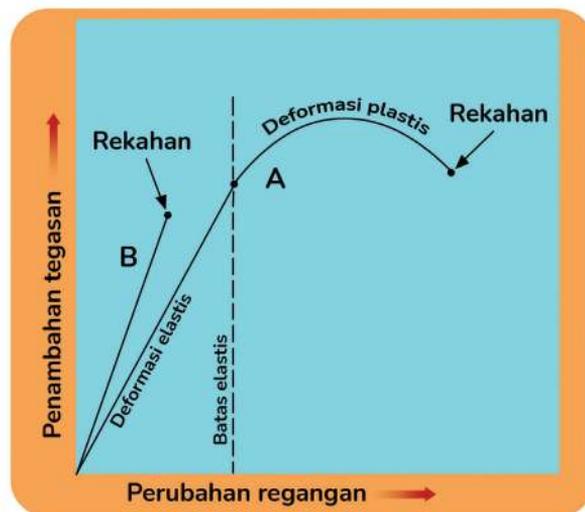
## 2. Tipe deformasi

Cara batuan merespon *differential stress* tidak hanya dipengaruhi oleh besar dan jenis tegasan yang bekerja pada batuan, akan tetapi juga dipengaruhi oleh sifat batuan itu sendiri. Setiap batuan memiliki respon yang berbeda ketika terkena tegasan. Terdapat tiga bentuk deformasi, yaitu *elastic deformation*, *ductile deformation*, dan *brittle deformation*.

**Elastic deformation** adalah deformasi sementara atau tidak permanen. Pada saat tegasan dihilangkan maka batuan akan kembali ke bentuk semula. Hal tersebut serupa dengan karet gelang yang ditarik. Karet akan meregang saat ditarik, namun kembali ke bentuk semula ketika dilepaskan. Setiap batuan memiliki batas elatisitas. Ketika batas elatisitas terlampaui maka deformasi yang terjadi pada batuan akan terbentuk secara permanen. Hasil dari deformasi elastis tidak pernah dijumpai di alam karena batuan akan kembali ke bentuk semula.

**Ductile deformarmation** atau *plastic deformation* merupakan deformasi yang terjadi ketika batas elatisitas batuan telah terlampaui. Batuan akan mengalami perlipatan tanpa mengalami patahan. Dalam kehidupan sehari-hari, kita melihat deformasi *ductile* pada sebuah besi yang dipukul atau tanah liat yang dikreasikan menjadi beragam bentuk.

**Brittle deformarmation** merupakan deformasi yang terjadi ketika tegasan yang bekerja pada batuan melebihi batas elastis dan batas plastis batuan. Tegasan tersebut akan mengakibatkan rekahan atau retakan (*fracture*) pada batuan. Kaca yang pecah karena dipukul dengan palu merupakan contoh deformasi *brittle* dalam kehidupan sehari-hari. Tipe deformasi yang terjadi pada batuan tersebut diilustrasikan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Kurva A merupakan regangan yang terjadi pada batuan yang bersifat *ductile*, kurva B merupakan regangan yang terjadi pada batuan yang bersifat *brittle*.

Tipe deformasi yang terjadi pada batuan dipengaruhi oleh temperatur, *confining pressure*, laju deformasi, dan komposisi batuan. Pada saat temperatur dan *confining pressure* rendah tetapi laju deformasi tinggi, batuan akan cenderung bersifat getas (*brittle*). Adapun pada saat temperatur dan *confining pressure* tinggi tetapi laju deformasi rendah, batuan akan cenderung bersifat liat (*ductile*). Komposisi mineral dan kandungan air pada batuan dapat memengaruhi sifat plastisitas batuan. Pada umumnya, mineral seperti kuarsa, olivin, dan garnet bersifat getas (*brittle*) sedangkan mineral seperti mika dan lempung bersifat liat (*ductile*). Tingginya kandungan air dalam batuan akan meningkatkan sifat plastisitas batuan. Hal tersebut dikarenakan kandungan air dalam batuan akan memperlemah ikatan kima antarmineral.



### Aktivitas 3.1

#### Mengidentifikasi Jenis Tegasan dalam Kehidupan Sehari-hari

Sebutkan jenis tegasan dan tipe deformasi yang terjadi pada objek atau kegiatan pada tabel berikut.

Objek atau Aktivitas	Jenis Tegasan	Tipe Deformasi
Sebotol minuman ringan (soda) yang menggelembung		
Kardus yang rusak karena diduduki		
Karet yang ditarik kedua ujungnya		
Besi yang ditempa		
Tali pancing yang putus karena ditarik ikan		
Pecahnya kaca mobil akibat kecelakaan		

## B. Struktur Geologi

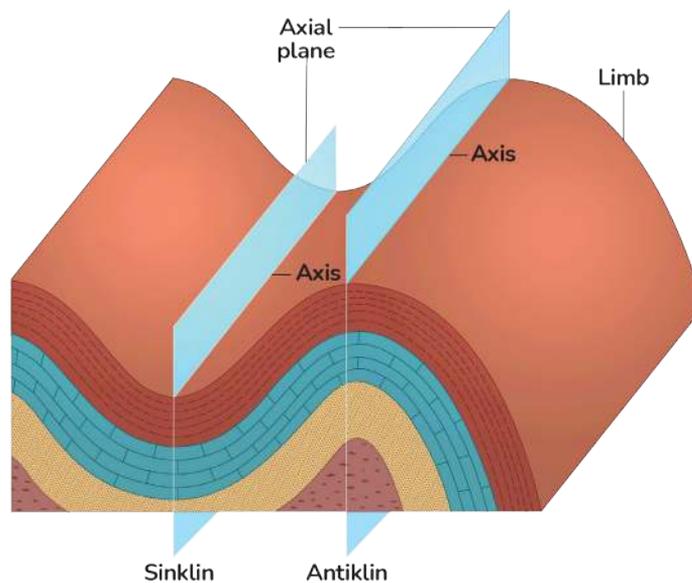
Secara umum terdapat dua jenis struktur geologi, yaitu struktur primer dan struktur sekunder. Struktur primer merupakan struktur yang terbentuk pada saat batuan terbentuk, seperti struktur perlapisan pada



batuan sedimen dan kekar kolom pada batuan beku. Adapun struktur sekunder adalah struktur yang terbentuk setelah batuan terbentuk disebabkan gaya yang bekerja pada batuan. Contoh struktur sekunder, yaitu kekar lipatan (*fold*), kekar (*joint*), dan sesar (*fault*). Ahli geologi lebih sering menggunakan terminologi struktur batuan untuk struktur primer dan struktur geologi untuk struktur sekunder. Pada bab ini akan dibahas mengenai struktur sekunder, sedangkan pembahasan mengenai struktur primer akan dibahas lebih lanjut pada Bab 4.

## 1. Lipatan (*fold*)

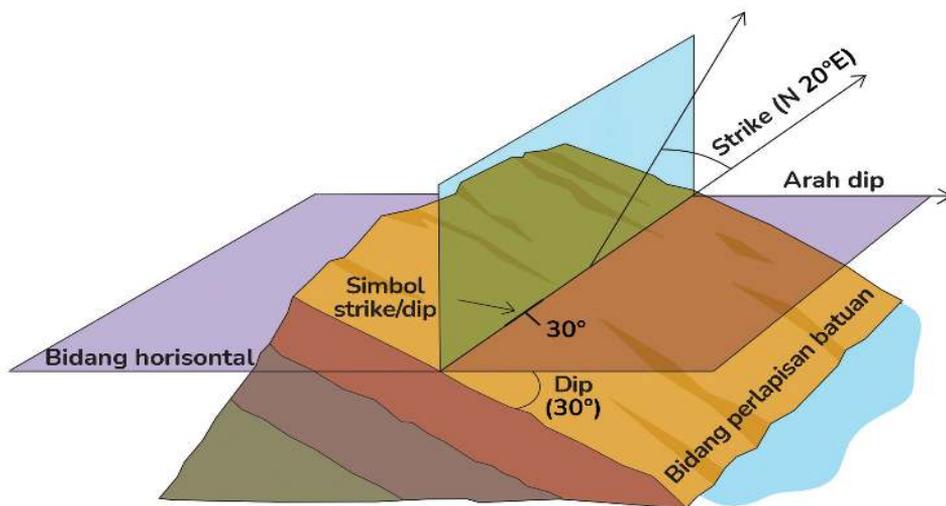
Deformasi *ductile* yang terjadi pada batuan akan mengakibatkan perubahan bentuk dan ukuran batuan. Perubahan tersebut menghasilkan lengkungan pada perlapisan batuan. Perlapisan batuan yang melengkung disebut lipatan (*fold*). Pada umumnya, lipatan terbentuk karena tegasan *compressional*. Akan tetapi, lipatan juga dapat terbentuk karena intrusi batuan beku atau injeksi garam (*diapir*). Sebagai ilustrasi proses pembentukan lipatan, yaitu selembar kertas atau penggaris mika yang ditekan dari kedua sisi yang berlawanan, kertas atau penggaris mika tersebut akan membentuk sebuah lipatan.



Gambar 3.6 Geometri lipatan.

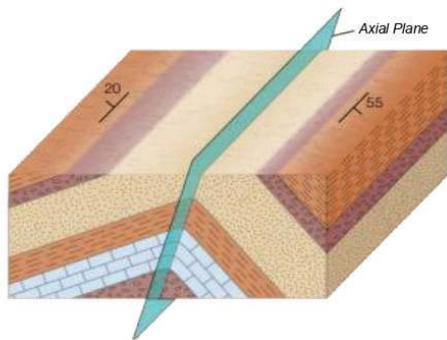
Geometri dari sebuah lipatan diperlihatkan pada Gambar 3.6 di atas. *Axis* atau sumbu lipatan merupakan garis maksimum pelengkungan pada suatu permukaan batuan yang terlipat. *Axial plane* atau bidang sumbu merupakan bidang imajiner yang dibentuk melalui garis sumbu lipatan. *Limb* atau sayap lipatan merupakan lapisan batuan yang miring membentuk lipatan.

Kedudukan perlapisan batuan yang miring dinyatakan dengan *strike/dip*. *Strike* atau jurus merupakan kecenderungan arah (azimut) dari garis yang dibentuk antara bidang horisontal imajiner dengan bidang perlapisan batuan. Adapun *dip* merupakan sudut yang dibentuk antara bidang perlapisan batuan dengan bidang horizontal imajiner yang diukur tegak lurus terhadap jurus (Gambar 3.7).

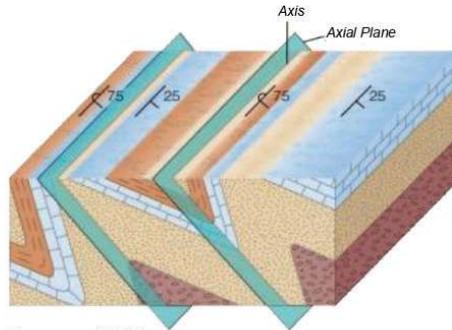


Gambar 3.7 Ilustrasi *strike* dan *dip* pada perlapisan batuan dengan *strike/dip* N 20° E/ 30°.

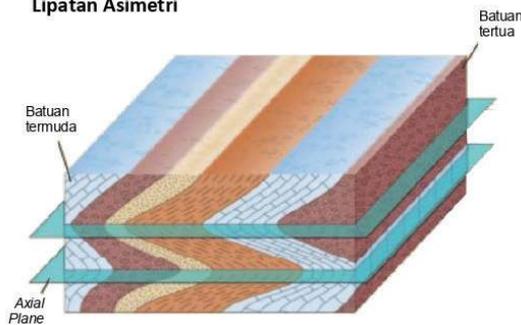
Lipatan dijumpai dalam berbagai bentuk dan ukuran. Secara umum, terdapat dua bentuk lipatan, yaitu antiklin dan sinklin. Sinklin adalah lipatan yang berbentuk cekung (*concave*), sedangkan antiklin merupakan lipatan yang berbentuk cembung (*convex*). Coba, kalian perhatikan kembali Gambar 3.6.



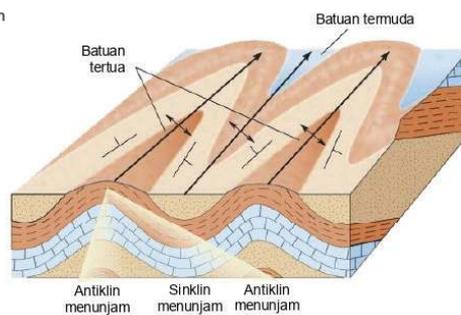
**Lipatan Asimetri**



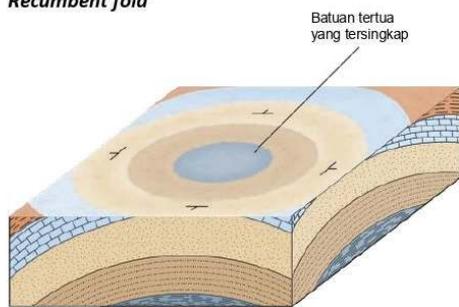
**Overtuned fold**



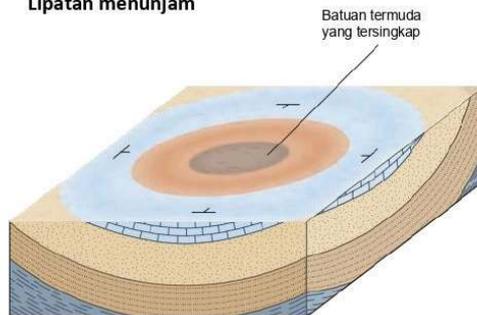
**Recumbent fold**



**Lipatan menunjam**



**Dome**



**Basin**

Gambar 3.8 Blok model berbagai jenis lipatan.

Sumber: James S. Monroe dkk (2007)

Coba, kalian perhatikan Gambar 3.8. Berdasarkan geometrinya, lipatan juga dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

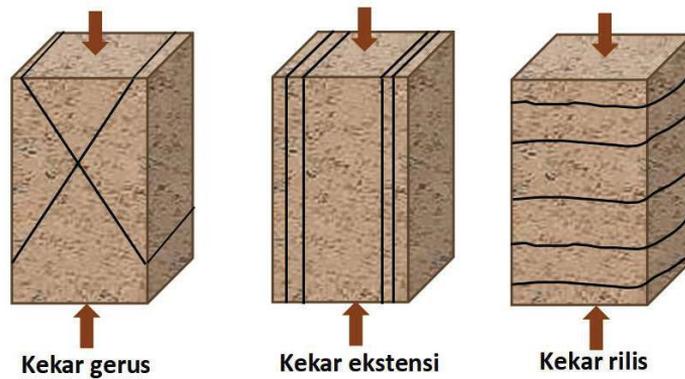
- Lipatan simetri merupakan lipatan yang kedua sayapnya memiliki nilai kemiringan (*dip*) yang sama.

- Lipatan asimetri merupakan lipatan yang salah satu sayapnya memiliki nilai kemiringan yang lebih besar dibandingkan sayap lainnya.
- *Overtuned fold* merupakan lipatan yang memiliki bidang sumbu miring dan arah kemiringan kedua sayapnya sama.
- *Recumbent fold* merupakan lipatan yang memiliki bidang sumbu lipatan horizontal.
- Lipatan menunjam merupakan lipatan yang memiliki bidang sumbu lipatan menunjam.
- Kubah (*dome*) merupakan bentuk lipatan seperti antiklin yang memiliki arah kemiringan lapisan batuan menyebar dari satu titik.
- *Basin* merupakan bentuk lipatan seperti sinklin yang memiliki arah kemiringan lapisan batuan menuju ke satu titik.

## 2. Kekar (*joint*)

Deformasi *brittle* akan menghasilkan rekahan pada batuan. Kekar atau *joint* didefinisikan sebagai rekahan pada batuan yang tidak mengalami pergeseran. Rekahan pada batuan seringkali menjadi tempat mengalirnya fluida. Mineral-mineral yang dibawa oleh fluida tersebut dapat mengalami kristalisasi dan mengisi rekahan pada batuan. Rekahan batuan yang telah terisi mineral disebut urat (*vein*). Mineral kalsit dan kuarsa merupakan mineral yang sering dijumpai sebagai *vein*. Banyak endapan mineral berharga yang dijumpai dalam bentuk *vein*.

Berdasarkan proses pembentukannya kekar dibagi menjadi dua, yaitu kekar gerus (*shear joint*) yang terbentuk dari hasil tegasan kompresi (*compressive stress*) dan kekar tarik (*tension joint*) yang terbentuk akibat tegasan tarikan (*tension stress*). Kekar tarik dibedakan menjadi *extension joint* dan *release joint*. Geometri dari kekar gerus (*shear joint*), kekar ekstensi (*tension joint*), dan kekar rilis (*release joint*) ditunjukkan Gambar 3.9 berikut.

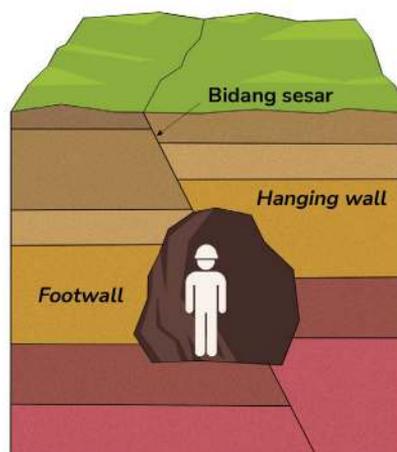


Gambar 3.9 Geometri dari kekar gerus, kekar ekstensi, dan kekar rilis.

### 3. Sesar (*fault*)

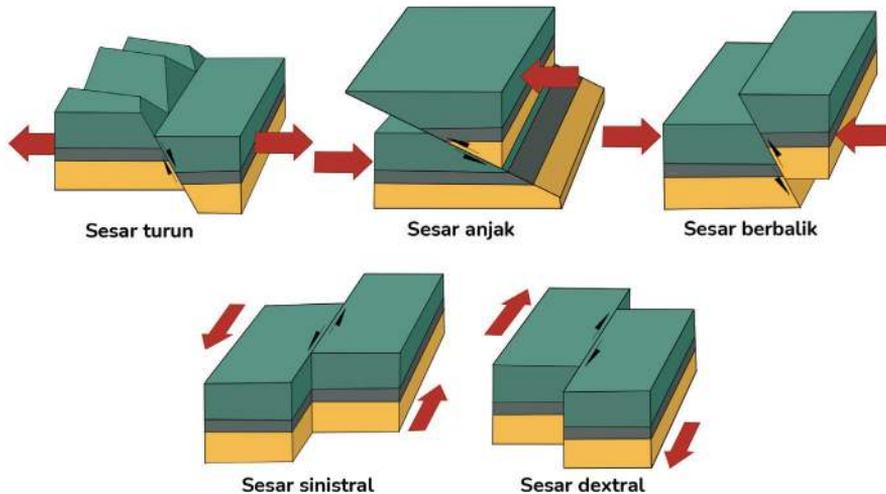
Sesar atau patahan merupakan rekahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran melalui bidang rekahannya. Pergeseran yang terjadi dapat hanya dalam beberapa sentimeter hingga ratusan kilometer.

Sesar dapat diklasifikasikan berdasarkan gerak relatif dari satu blok batuan terhadap blok batuan lainnya. Penggunaan istilah gerak relatif dikarenakan pada dasarnya tidak dapat diketahui blok mana yang bergerak. Blok yang berada di bawah bidang sesar disebut *foot wall*, sedangkan yang berada di atas bidang sesar disebut *hanging wall*. Coba, kalian perhatikan Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Ilustrasi yang memperlihatkan blok *hanging wall* yang berada di atas kepala penambang dan blok *foot wall* yang berada di kakinya.

Pergeseran salah satu blok batuan di sepanjang bidang rekahan batuan membuat salah satu blok bergerak relatif turun, naik, atau mendatar. Berdasarkan pergerakan bloknya, sesar diklasifikasikan menjadi sesar turun, sesar naik, dan sesar mendatar. Coba, kalian perhatikan Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Blok diagram dari beberapa jenis sesar.

**Sesar turun** atau sesar normal (*normal fault*) terbentuk akibat *tensional stress* yang bekerja pada batuan. Pada saat batuan mengalami peregangan, blok *hanging wall* bergerak turun searah dengan kemiringan bidang sesar karena pengaruh gravitasi. Sesar turun dapat dikenali dari pergerakan blok *hanging wall* yang bergerak relatif turun terhadap blok *foot wall*.

**Sesar naik** disebabkan oleh *compressional stress*. Gaya yang menekan batuan mengakibatkan blok *hanging wall* bergerak relatif ke atas terhadap blok *foot wall*. Pergerakan blok tersebut sejajar dengan bidang sesar. Sesar naik yang memiliki kemiringan bidang sesar kurang dari  $30^\circ$  disebut sesar anjak (*thrust fault*), sedangkan apabila kemiringan bidang sesarnya lebih dari  $45^\circ$  disebut sesar berbalik (*reverse fault*).

**Sesar mendatar** atau *strike slip fault* dihasilkan dari *shear stress* yang bekerja pada batuan. Tegangan tersebut mengakibatkan pergerakan

horizontal dan sejajar terhadap bidang sesarnya. Pergerakan lateralnya ditentukan dengan melihat blok yang bergerak mendekati ke arah pengamat. Jika kalian berdiri di atas bidang sesar dan blok sebelah kiri yang bergerak mendekati maka disebut sesar mendatar kiri (*left lateral slip fault*) atau sesar sinistral, sedangkan apabila blok sebelah kanan yang bergerak mendekati maka disebut sesar mendatar kanan (*right lateral slip fault*) atau sesar dextral.

Identifikasi jenis sesar di lapangan dapat dilakukan dengan mengamati pergeseran (*offset*) lapisan batuan. Kenampakan lain seperti cermin sesar, gores garis (*slickensides*), breksi sesar, lipatan seretan (*deag fold*) juga dapat digunakan untuk identifikasi jenis sesar. Selain pengamatan langsung di lapangan, keberadaan sesar juga dapat diidentifikasi dari peta topografi, foto udara, atau citra satelit.



### Aktivitas 3.2

#### Mengidentifikasi Jenis Struktur Geologi

Tentukan nama struktur geologi, jenis tegasan, dan tipe deformasi dari masing-masing gambar pada tabel berikut.

Struktur Geologi	Nama Struktur Geologi	Jenis Tegasan	Tipe Deformasi
 <p>Sumber: Aabha Singh (2015)</p>			



Struktur Geologi	Nama Struktur Geologi	Jenis Tegasan	Tipe Deformasi
 <p data-bbox="302 729 553 756">Sumber: Masfut Mustahar (2013)</p>			
 <p data-bbox="302 1098 553 1124">Sumber: Diane H. Carlson (2016)</p>			
 <p data-bbox="302 1501 516 1528">Sumber: T.R.K Chetty (2006)</p>			



Struktur Geologi	Nama Struktur Geologi	Jenis Tegasan	Tipe Deformasi
 <p data-bbox="262 721 473 745">Sumber: E.J. Tarbuck (2012)</p>			
 <p data-bbox="262 1074 512 1098">Sumber: Diane H. Carlson (2016)</p>			
 <p data-bbox="262 1451 497 1475">Sumber: John S. Shelton (2012)</p>			



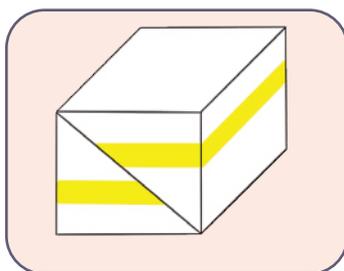
Struktur Geologi	Nama Struktur Geologi	Jenis Tegasan	Tipe Deformasi
 <p data-bbox="302 691 511 711">Sumber: Marli Miller (2012)</p>			



## Uji Kompetensi

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!**

1. Buatlah sketsa tiga jenis tegasan. Kemudian jelaskan regangan yang dihasilkan dari setiap tegasan tersebut!
2. Mengapa ada batuan yang terlipat sedangkan batuan yang lain patah? Jelaskan!
3. Apa perbedaan antiklin dan sinklin! Lengkapi dengan sketsa!
4. Jelaskan persamaan dan perbedaan antara kekar dan sesar/patahan!
5. Perhatikan gambar berikut.



- Lengkapi diagram balok tersebut dengan menentukan *hanging wall-foot wall* dan anak panah pergerakan relatifnya!
- Tentukan jenis struktur geologi pada diagram balok tersebut!
- Apakah jenis tegasan yang membentuk struktur geologi tersebut?



## Pengayaan

Jika kalian tertarik dengan materi ini dan ingin mendalaminya lebih jauh, berikut tautan yang dapat diakses.



[www.see.leeds.ac.uk/structure/learnstructure/](http://www.see.leeds.ac.uk/structure/learnstructure/)



## Refleksi

Setelah membaca materi dan melakukan berbagai aktivitas pada bab ini, berikan tanda centang (✓) pada bagian yang sudah kalian kuasai atau tanda silang (x) pada materi yang belum dikuasai.

No.	Materi	Kompetensi (✓/x)
1.	Jenis tegasan	
2.	Tipe deformasi	
3.	Jenis struktur geologi	

KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan  
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis : Masfut Mustahar dan Akhmad Syaripudin  
ISBN : 978-623-194-516-7 (no.jil.lengkap PDF)  
978-623-194-518-1 (jil.2 PDF)

# Bab 4

# Mineral dan Batuan



## Pemantik

Apakah kalian menyadari bahwa hampir semua peralatan yang kita gunakan sehari-hari terbuat dari unsur-unsur yang terkandung dalam mineral pada batuan? Mulai dari pasta gigi hingga *smartphone* yang kalian gunakan, semua menggunakan unsur-unsur yang diekstrak dari mineral dan batuan dalam pembuatannya.



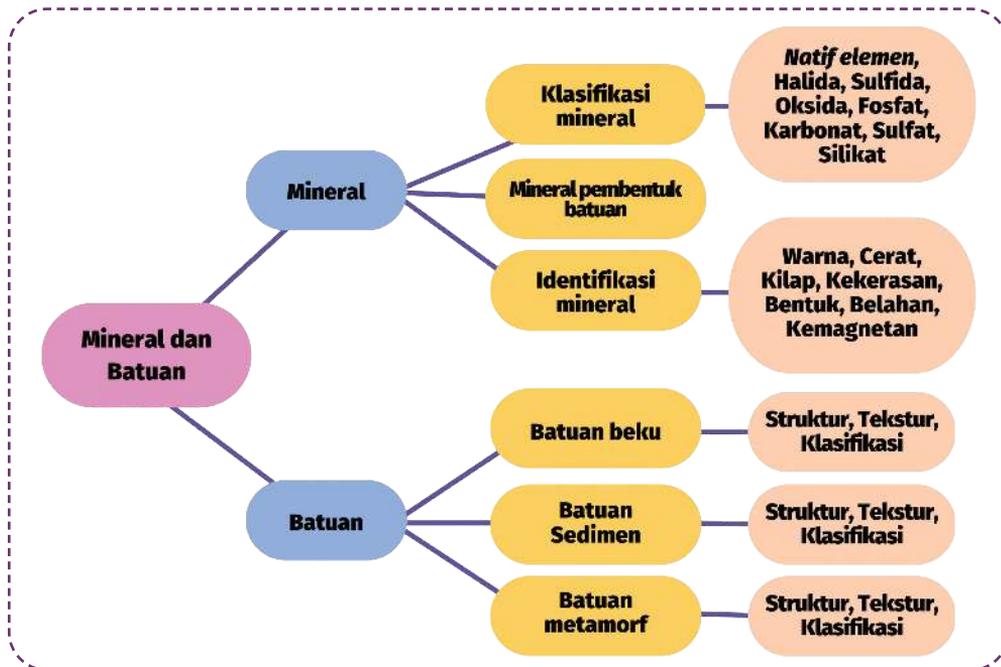


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi dan melakukan aktivitas yang terdapat pada bab ini, kalian diharapkan mampu memahami mineral dan batuan yang meliputi melakukan identifikasi mineral berdasarkan sifat fisik mineral, melakukan identifikasi batuan beku, melakukan identifikasi batuan sedimen, dan melakukan identifikasi batuan metamorf.



## Peta Konsep



Gambar 4.1 Peta konsep mengenal mineral dan batuan.



## Kata Kunci

mineral, skala Mohs, deret reaksi Bowen, siklus batuan (rock cycle), magma, batuan beku, sedimentasi, batuan sedimen, metamorfisme, batuan metamorf



Ambillah seongkah batu, lalu amati batu tersebut! Mungkin kalian, akan melihat bintik-bintik kecil berwarna dan sedikit berkilau seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.2 Granit yang tersusun atas beberapa mineral.  
Sumber: Tarbuck (2017)

Bintik berwarna tersebut merupakan mineral. Batuan adalah sebuah agregat mineral. Beberapa batu mungkin hanya mengandung satu jenis mineral, tetapi sebagian besar mengandung dua hingga lima jenis mineral yang melimpah, bahkan lebih.

## A. Mineral

Definisi mineral menurut UU Pertambangan dan Mineral No.3 Tahun 2020 adalah senyawa anorganik yang terbentuk di alam, yang memiliki sifat fisik dan kimia tertentu serta susunan kristal teratur atau gabungannya yang membentuk batuan, baik dalam bentuk lepas ataupun padu. Komposisi kimia dan susunan kristal merupakan dua sifat paling penting dari mineral, keduanya membedakan mineral dengan objek padat yang lain. Bahan padat yang tidak memiliki struktur kristal atau amorf tidak dapat dikatakan sebagai mineral, meskipun kriteria lainnya terpenuhi. Padatan tersebut dikelompokkan dalam kelompok mineraloid, contohnya gelas alamiah, opal, dan resin.

## 1. Klasifikasi mineral

Pada tahun 2013, *International Mineralogist Association (IMA)* mencatat terdapat lebih dari 5.000 jenis mineral yang terdapat di kerak bumi. Banyaknya jumlah mineral yang ada membuat para ahli perlu melakukan pengelompokan. Berdasarkan komposisi kimia dan struktur atomnya, mineral dibagi menjadi 8 kelompok, yaitu:

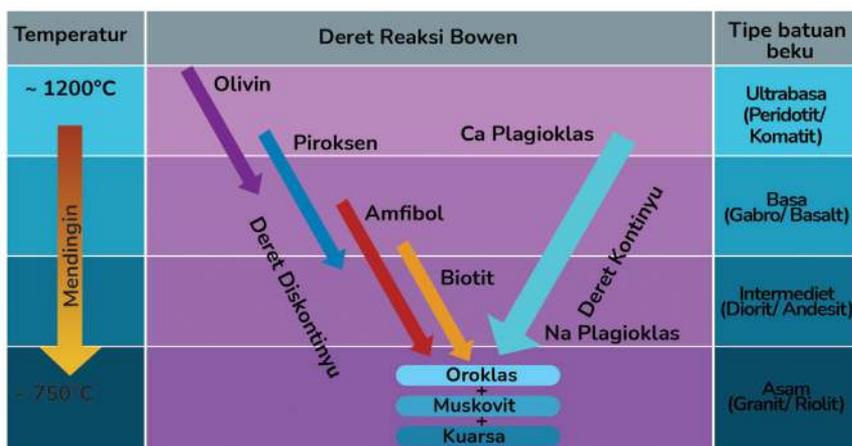
- Unsur murni (*natif element*) merupakan unsur tunggal yang dapat terbentuk secara alami tanpa berikatan dengan anion lain. Terdapat sekitar 20 unsur yang termasuk *natif element*. Contohnya tembaga (Cu), emas (Au), perak (Ag), arsenik (As), grafit (C), intan (C), dan belerang (S).
- Sulfida merupakan kelompok mineral dengan anion belerang ( $S^{2-}$ ) yang berikatan dengan unsur logam, seperti Fe, Cu, Zn, Pb, Ni, Co. Kelompok mineral sulfida merupakan sumber bijih utama yang dijumpai pada logam. Contohnya mineral pirit ( $FeS_2$ ), kalkopirit ( $CuFeS_2$ ), galena (PbS), dan sfarelit (ZnS).
- Halida merupakan kelompok mineral dengan anion unsur halogen (fluorin, klorin, bromin, dan iodin). Contohnya mineral halit (NaCl), silvit (KCl), dan fluorit ( $CaF_2$ ).
- Oksida dan hidroksida. Kelompok oksida merupakan kelompok mineral dengan anion oksigen ( $O^{2-}$ ) yang berikatan dengan unsur logam. Contohnya mineral hematite ( $Fe_2O_3$ ) dan magnetite ( $Fe_3O_4$ ). Adapun kelompok hidroksida merupakan mineral dengan ion hidroksil (OH<sup>-</sup>), contohnya limonit ( $FeO(OH)$ ).
- Karbonat merupakan kelompok mineral dengan anion karbonat ( $CO_3^{2-}$ ) yang berikatan dengan unsur lain, seperti kalsium, natrium, uranium, besi, aluminium, mangan, tembaga, dan timbal. Kelompok mineral karbonat yang paling sering dijumpai, yaitu mineral kalsit ( $CaCO_3$ ) dan dolomit ( $CaMg(CO_3)_2$ ). Azurit ( $Cu_3(OH)(CO_3)_2$ ) dan malasit ( $Cu_2(OH)_2(CO_3)_2$ ) merupakan mineral karbonat pembawa tembaga.



- Sulfat merupakan kelompok mineral dengan anion sulfat ( $\text{SO}_4$ )<sup>2-</sup> yang berikatan dengan unsur lain. Contohnya gipsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ), dan barit ( $\text{BaSO}_4$ ).
- Fosfat merupakan kelompok mineral dengan anion fosfat ( $\text{PO}_4$ )<sup>3-</sup> yang berikatan dengan unsur lain. Contoh mineral fosfat, yaitu apatit, monsanit, dan xenotim. Monsanit dan xenotim merupakan kelompok mineral fosfat yang berikatan dengan unsur tanah jarang, biasanya mineral tersebut ditemukan sebagai mineral asosiasi pada penambangan timah.
- Silikat merupakan kelompok mineral dengan anion silikat ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup>. Kelompok mineral silikat merupakan kelompok mineral yang paling banyak menyusun kerak bumi. Contohnya kuarsa, olivin, felspar, biotit, muskovit, kaolinit.

## 2. Mineral pembentuk batuan

Terdapat ribuan mineral yang terdapat di kerak bumi, namun hanya beberapa yang tersebar secara umum dan terakumulasi membentuk batuan. Mineral pembentuk batuan merupakan kumpulan mineral yang sangat umum ditemui dalam berbagai jenis batuan. Mineral-mineral tersebut merupakan kumpulan mineral yang menentukan komposisi kimia ruah (*bulk chemistry*) dari batuan dan menentukan bagaimana batuan diklasifikasikan.



Gambar 4.3 Deret reaksi Bowen yang menunjukkan urutan pembentukan mineral dari proses pembekuan magma.

Umumnya, batuan beku tersusun oleh mineral olivin, piroksen, hornblenda, biotit, plagioklas, alkali felspar, muskovit, dan kuarsa. Mineral-mineral tersebut merupakan mineral yang terdapat pada deret reaksi Bowen (Gambar 4.3). Deret reaksi Bowen merupakan deret yang menunjukkan pembentukan mineral saat magma mengalami kristalisasi akibat proses penurunan suhu. Pada batuan sedimen, mineral kalsit, dolomit, felspar, kuarsa, dan muskovit merupakan mineral yang paling sering hadir. Adapun pada batuan metamorf, selain mineral-mineral yang sudah disebutkan, garnet, kyanit, silimanit, dan andalusit merupakan mineral yang sering hadir.

### 3. Identifikasi mineral

Bagaimana seorang ahli geologi mengidentifikasi mineral di lapangan? Setiap mineral memiliki komposisi kimia dan struktur kristal tertentu. Misalnya, halit atau garam selalu terdiri atas natrium (Na) dan klorida (Cl) dalam perbandingan satu banding satu dengan atom-atom yang disusun secara kubik. Akan tetapi, ketika kalian mengamati halit, komposisi kimia dan struktur kristalnya tidak akan terlihat. Komposisi kimia dan struktur kristal dapat diketahui menggunakan uji laboratorium, tetapi analisis tersebut mahal dan membutuhkan waktu lama. Umumnya, ahli geologi mengidentifikasi mineral dengan pengamatan visual dan tes sederhana. Sifat fisik mineral, seperti warna, kilap, cerat, kekerasan, bentuk, belahan, pecahan, dan kemagnetan dapat digunakan untuk mengidentifikasi mineral.

#### a. Warna

Warna mineral merupakan kenampakan warna visual dari sebuah mineral pada saat mineral tersebut terkena sinar. Warna adalah sifat mineral yang paling jelas, tetapi umumnya tidak dapat diandalkan untuk identifikasi. Warna pada mineral dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti komposisi kimia, adanya pengotor pada mineral, struktur kristal, dan ikatan atom. Contohnya mineral korundum pada umumnya berwarna putih, akan tetapi ketika terdapat pengotor berupa kromium,



mineral korundum akan berwarna merah dan dikenal sebagai rubi. Namun, apabila pengotornya berupa besi dan titanium warna mineral korundum menjadi biru tua yang dikenal dengan safir (Gambar 4.4).

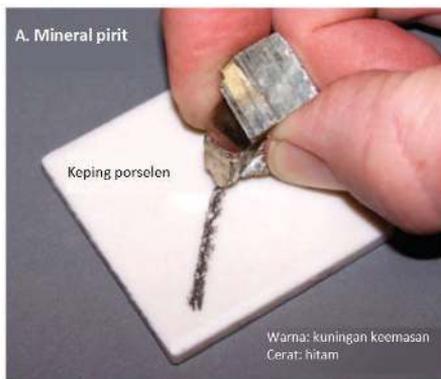


Gambar 4.4 Mineral korundum yang memiliki kenampakan warna yang berbeda, batu permata rubi (berwarna merah), dan safir (berwarna biru).

Sumber: Murck dan Skinner (2012)

### b. Cerat/gores (*streak*)

Cerat adalah warna gores mineral dalam bentuk serbuk halus. Cerat mineral didapatkan dengan cara menggoreskan mineral pada keping porselen atau *streak plate*. Warna bekas goresan yang tertinggal di keping porselen tersebut merupakan cerat (Gambar 4.5). Cerat suatu mineral mungkin memiliki warna yang sama dengan warna mineral, tetapi juga mungkin berbeda. Cerat dianggap lebih dapat digunakan untuk identifikasi mineral, karena lebih konstan daripada warna yang muncul pada permukaan mineral. Sebagai contoh, mineral pirit yang berwarna kuning keemasan memiliki cerat berwarna hitam, mineral hematit yang berwarna abu-abu memiliki cerat berwarna coklat kemerahan.



Gambar 4.5 Cerat pada mineral pirit (A) dan mineral hematit (B).  
Sumber: Busch (2015)

### c. Kilap (*luster*)

Kilap merupakan kenampakan atau kesan yang dihasilkan dari permukaan mineral saat memantulkan cahaya. Kilap yang dihasilkan dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu kilap logam (*metallic*) dan nonlogam (*nonmetallic*) (Gambar 4.6). Mineral dengan kilap logam memantulkan cahaya atau kesan seperti benda logam. Umumnya, mineral yang memiliki kilap logam merupakan mineral yang mempunyai ikatan logam, seperti emas, tembaga, pirit, galena, dan kalkopirit. Mineral dengan pantulan cahaya atau kesan bukan seperti benda logam disebut memiliki kilap nonlogam. Kilap mineral tersebut disamakan dengan benda yang umum dijumpai seperti kilap kaca, intan, damar, lilin, tanah, sutra, dan mutiara.



Gambar 4.6 (A) kilap logam pada pirit, (B) kilap kaca pada kuarsa, (C) kilap mutiara pada talk, (D) kilap damar pada sfarelit.

Sumber: Murck dan Skinner (2012)

#### d. Kekerasan (*hardness*)

Kekerasan adalah ketahanan mineral terhadap goresan atau abrasi. Kekerasan relatif dari mineral dinyatakan dalam skala Mohs (Tabel 4.1). Skala ini diperkenalkan oleh ahli mineral asal Jerman Friedrich Mohs. Skala Mohs 1 menunjukkan mineral paling lunak yang diwakili oleh mineral talk, sedangkan skala 10 menunjukkan mineral paling keras yang diwakili mineral intan.

Tabel 4.1. Skala Mohs

Skala Mohs	Mineral	Kekerasan Beberapa Benda
1	Talk	Kuku = 2,5 Kawat tembaga = 3,5 Kaca, paku besi, pisau lipat = 5,5 Kikir = 6,5
2	Gypsum	
3	Kalsit	
4	Fluorit	
5	Apatit	
6	Felspar	
7	Kuarsa	
8	Topas	
9	Korundum	
10	Intan	

Nilai kekerasan mineral dapat diketahui dengan menggoreskan mineral yang sudah diketahui nilai kekerasannya pada mineral yang diuji. Apabila mineral tersebut tergores, berarti memiliki kekerasan yang lebih rendah dibanding mineral yang menggores. Beberapa benda yang umum kalian jumpai juga dapat digunakan untuk melakukan uji kekerasan, seperti kuku jari (kekerasan 2,5), kawat tembaga (kekerasan 3,5), paku besi, ujung pisau lipat dan kaca (kekerasan 5,5), kikir (kekerasan 6,5). Sebagai contoh, apabila kalian memiliki mineral yang tidak dapat digores oleh kuku jari tetapi tergores oleh uang tembaga maka kekerasan mineral tersebut antara 2,5 - 3 (Gambar 4.7).

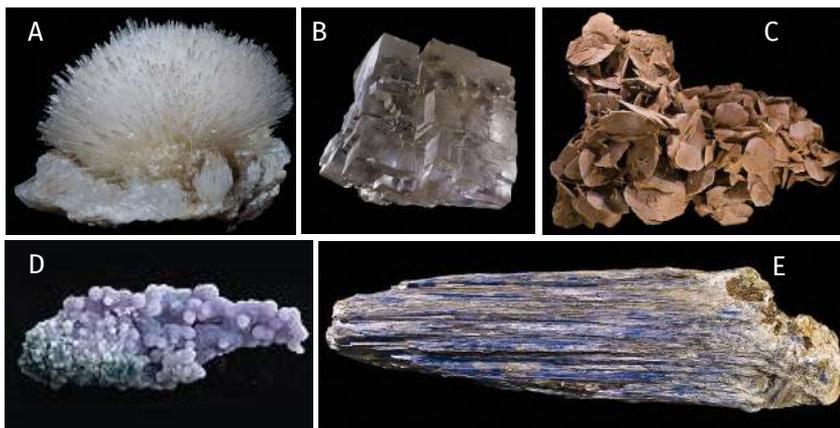




Gambar 4.7 Kuku jari yang memiliki kekerasan 2,5 dapat menggores gipsum yang memiliki kekerasan 2 (A) tetapi tidak dapat menggores kalsit yang memiliki kekerasan 3 (B).  
Sumber: Ludman dan Marshak (2019)

### e. Bentuk (*habit*)

Bentuk kristal adalah kecenderungan dari mineral untuk berulang kali tumbuh dengan karakteristik unik tertentu. Penentuan bentuk sangat bermanfaat untuk identifikasi mineral. Hal ini dikarenakan pada umumnya, mineral akan menunjukkan bentuk yang sama baik dalam butiran dengan ukuran besar atau kecil. Beberapa bentuk mineral di antaranya, bentuk *roset* yang menyerupai bunga mawar, *botryoidal* yang memiliki bentuk seperti buah anggur, *acicular* (menjarum) berbentuk menyerupai jarum yang panjang, *fibrous* memiliki bentuk seperti rambut, *micaceous* (memika) memiliki bentuk menyerupai kertas yang ditumpuk. Gambar 4.8 menunjukkan beberapa bentuk atau habit mineral.

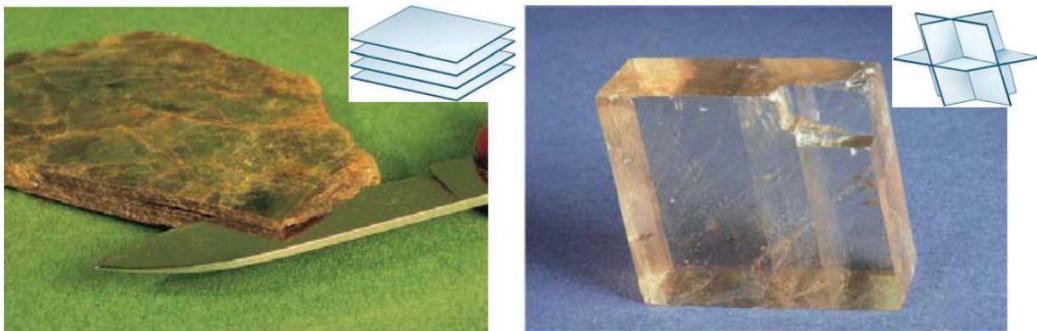


Gambar 4.8 Berbagai macam bentuk mineral (A) menjarum, (B) kubik, (C) roset, (D) botryoidal, (E) fibrous.  
Sumber: Didier Descouens dan J.J Harrison/ en.wikipedia.org (2023)



#### f. Belahan (*cleavage*) dan pecahan (*fracture*)

Belahan merupakan kecenderungan mineral untuk pecah di sepanjang bidang yang paralel dengan zona lemah ikatan atomnya. Belahan pada mineral akan mengikuti arah datar, yakni saat atom-atom tidak mempunyai ikatan yang kuat. Tidak semua mineral memiliki sifat belahan, sehingga digunakan istilah sangat sempurna, sempurna, tidak sempurna dan tidak muncul dalam klasifikasi belahan mineral. Gambar 4.9 menunjukkan bentuk belahan pada mineral muskovit dan kalsit.



Gambar 4.9 Mineral muskovit yang memiliki satu arah belahan (kiri) dan mineral kalsit yang memiliki tiga arah belahan.

Sumber: Marshak, 2013

Pecahan terjadi ketika tidak ada zona lemah di antara ikatan atomnya. Pecahan menggambarkan bentuk permukaan antara atom penyusun mineral saat dihancurkan. Hasil pecahan mineral dapat berbentuk tidak beraturan (*irregular*) atau konkoidal (seperti pecahan kaca) (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Pecahan tidak beraturan pada mineral garnet (kiri) dan pecahan konkoidal pada mineral kuarsa (kanan).

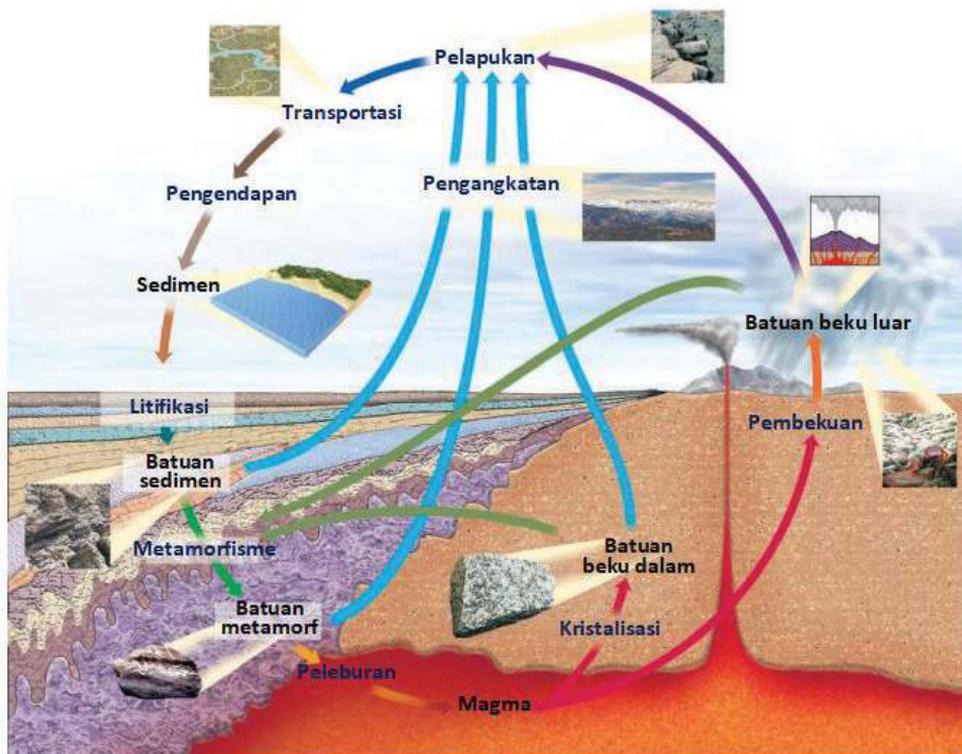
Sumber: Marshak, 2013





## B. Batuan

Bagi orang awam mempelajari batuan mungkin bukanlah hal yang menarik, tetapi bagi kalian yang belajar geologi, batuan merupakan objek yang menarik untuk dipelajari. Pemahaman mengenai batuan penyusun kerak bumi dapat memberikan gambaran mengenai proses yang terjadi pada lapisan bumi sejak bumi terbentuk sampai sekarang. Batuan juga menyediakan berbagai macam mineral logam atau nonlogam yang dapat dimanfaatkan oleh manusia, seperti mineral tembaga untuk pembuatan kabel listrik, mineral talk yang digunakan untuk industri kosmetik dan farmasi.



Gambar 4.11 Siklus batuan yang menggambarkan proses pembentukan tiga jenis batuan.  
Sumber: Monroe, dkk (2007)

Batuan didefinisikan sebagai padatan yang terbentuk secara alami dan tersusun oleh satu atau lebih mineral tertentu. Secara umum, batuan yang menyusun kerak bumi dikelompokkan menjadi tiga jenis,



yaitu batuan beku (*igneous rock*), batuan sedimen (*sedimentary rock*) dan batuan metamorf (*metamorphic rock*). Pengelompokan tersebut didasarkan pada proses pembentukan atau genesa dari masing-masing batuan. Proses pembentukan dari tiga jenis batuan tersebut dapat dijelaskan melalui siklus batuan (*rock cycle*) (Gambar 4.11). Siklus batuan atau daur batuan juga menggambarkan keterkaitan proses pembentukan antara ketiga jenis batuan tersebut.

Secara sederhana, siklus batuan dapat dijelaskan dari proses pembekuan magma. Magma yang mengalami proses pendinginan akan menghasilkan batuan beku. Proses tersebut dapat terjadi di bawah permukaan ataupun di atas permukaan bumi. Batuan yang tersingkap di permukaan akan mengalami proses pelapukan. Kemudian, batuan yang telah tererosi tertransportasi oleh agen transportasi seperti air dan angin untuk kemudian diendapkan sebagai sedimen. Selanjutnya, material sedimen akan mengalami proses litifikasi membentuk batuan sedimen. Batuan sedimen dapat terbentuk dari batuan beku, batuan metamorf, ataupun batuan sedimen lain. Batuan akan mengalami pemalihan akibat pengaruh tekanan dan suhu yang tinggi (metamorfisme). Proses metamorfisme akan mengakibatkan batuan yang sudah ada sebelumnya menjadi batuan baru yang berbeda dengan batuan asalnya. Batuan tersebut dikenal dengan batuan metamorf. Apabila tekanan dan suhu yang bekerja pada batuan melebihi titik lebur batuan, batuan metamorf akan meleleh (*melting*) membentuk magma kembali.

## 1. Batuan Beku

Batuan beku atau *igneous rock* berasal dari bahasa latin, yaitu *ignis* yang berarti api. Batuan beku merupakan batuan utama yang menyusun litosefer, yaitu sekitar 65%. Batuan beku memberikan informasi mengenai proses kimia dan fisika yang terjadi di dalam bumi. Sejak zaman dahulu, batuan beku telah dimanfaatkan sebagai bahan bangunan. Selain itu, batuan beku juga menjadi batuan yang membawa unsur-unsur logam, seperti emas, tembaga, dan nikel.



Secara umum, batuan beku terbentuk dari proses pendinginan atau pembekuan magma. Proses pembekuan magma akan menyebabkan magma yang berupa fasa cair mengalami kristalisasi. Ciri utama dari batuan beku, yaitu adanya kristal-kristal mineral yang saling mengunci (*interlocking*). Berdasarkan tempat pembentukannya, batuan beku dapat dibedakan menjadi batuan beku luar (ekstrusif) dan batuan beku dalam atau intrusif (plutonik).

Batuan beku luar atau ekstrusif disebut juga batuan beku vulkanik, yaitu batuan beku yang terbentuk dari proses pembekuan lava. Lava merupakan magma yang keluar ke permukaan bumi melalui rekahan atau kubang kepundan gunung api. Proses pembekuan batuan beku luar relatif cepat karena kontak langsung dengan udara atau air. Proses pembentukan batuan beku dalam terjadi di bawah permukaan bumi dengan waktu pendinginan yang relatif lambat. Tubuh batuan beku dalam memiliki bentuk dan ukuran yang beragam. Berdasarkan kedudukannya terhadap perlapisan batuan yang diterobosnya, batuan beku dalam dapat dibagi menjadi dua, yaitu konkordan dan diskordan (Gambar 4.12). Konkordan adalah kenampakan tubuh batuan beku dalam yang sejajar dengan perlapisan batuan di sekitarnya. Adapun jenisnya meliputi:

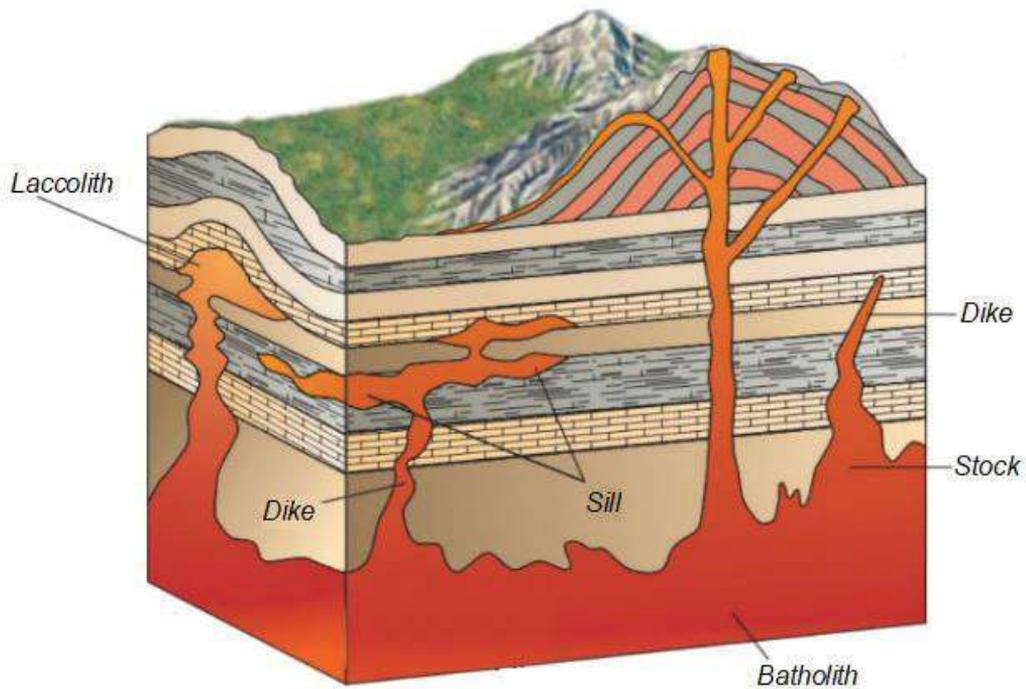
- *Sill*, merupakan tubuh batuan beku dalam yang sejajar terhadap perlapisan batuan yang diterobosnya.
- *Laccolith*, merupakan tubuh batuan beku dalam seperti *sill* tetapi berbentuk kubah.
- *Lapolith*, merupakan tubuh batuan beku dalam yang memiliki bentuk seperti *laccolith* tetapi bagian atas dan bawahnya berbentuk cekung.

Diskordan adalah kenampakan tubuh batuan beku dalam yang memotong perlapisan batuan di sekitarnya. Adapun jenisnya meliputi:

- *Batholith*, merupakan tubuh batuan beku dalam (*pluton*) yang berukuran sangat besar (lebih dari 100 kilometer).
- *Stock*, merupakan tubuh batuan beku dalam seperti *batholith* tetapi ukurannya lebih kecil (tidak lebih dari 10 kilometer).



- *Dike*, merupakan tubuh batuan beku dalam yang memotong perlapisan batuan di sekitarnya, memiliki bentuk tabular dengan ketebalan beberapa sentimeter hingga beberapa kilometer. Disebut juga dengan batuan korok atau gang.



Gambar 4.12 Diagram penampang batuan beku dalam.  
Sumber: Murck dan Skinner (2012)

### a. Struktur batuan beku

Setiap jenis batuan akan memperlihatkan kenampakan batuan beku yang berbeda di lapangan, disebut dengan struktur batuan beku. Struktur pada batuan beku menunjukkan kondisi saat batuan beku tersebut terbentuk. Coba, kalian perhatikan Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Struktur batuan beku luar, (A) kekar tiang, (B) lava bantal, (C) vesikuler, (D) lava tali, (E) blok lava.

Sumber: Marshak (2013)

Berikut beberapa contoh struktur batuan beku.

- Kekar tiang (*columnar joint*) merupakan tubuh batuan beku yang berbentuk seperti kumpulan tiang atau kolom memanjang dengan permukaan berbentuk hexagonal, terbentuk saat proses pembekuan. Rekahan-rekahan yang merupakan sumbu panjang kolom memiliki arah tegak lurus terhadap bidang pendinginannya.
- Lava bantal (*pillow lava*) merupakan tubuh batuan beku yang bentuknya menyerupai bantal yang saling tumpang tindih. Struktur lava bantal terbentuk ketika lava yang panas mengalami pembekuan yang sangat cepat di dalam tubuh air.

- Vesikuler merupakan kenampakan lubang-lubang pada batuan beku akibat pelepasan gas yang terjebak pada magma saat proses pembekuan.
- Amigdaloidal merupakan struktur vesikuler yang terisi oleh mineral sekunder seperti kalsit.
- Lava tali (*ropy lava*) merupakan kenampakan tubuh batuan beku yang menyerupai pilinan talu. Terbentuk dari lava Pahoehoe di Hawaii.
- Blok lava merupakan kenampakan tubuh batuan beku yang permukaannya sangat kasar dan berbentuk bongkah-bongkah.

## b. Tekstur batuan beku

Tekstur merupakan kenampakan fisik atau karakteristik fisik dari suatu batuan yang meliputi hubungan antara ukuran, bentuk, dan susunan mineral. Tekstur pada batuan beku akan memberikan informasi mengenai lama waktu proses pembekuan magma. Tekstur batuan beku yang harus dideskripsikan di antaranya:

### 1) Tingkat kristalisasi

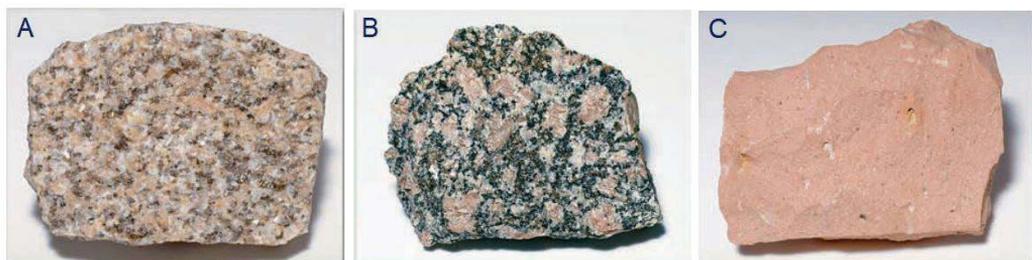
- Holokristalin adalah batuan beku yang hampir seluruhnya tersusun atas massa kristal mineral.
- Hipokristalin adalah batuan beku yang tersusun atas massa kristal dan gelas atau kaca.
- Holohialin adalah batuan beku yang hampir seluruhnya tersusun atas massa gelas atau kaca (amorf). Tekstur ini terbentuk ketika magma membeku dengan sangat cepat karena bersentuhan langsung dengan udara atau air.

### 2) Ukuran butir atau granularitas

- Faneritik adalah batuan beku yang tersusun atas mineral yang berukuran relatif sama dan mudah dibedakan satu sama lain dengan mata telanjang. Proses pembekuannya berlangsung relatif lambat dan terjadi jauh di bawah permukaan bumi (plutonik).



- Porfiritik adalah batuan beku yang tersusun atas fenokris yang tertanam pada massa dasar. Ukuran mineral penyusun batuanannya memiliki ukuran yang berbeda. Fenokris memiliki ukuran yang relatif besar dan dapat diamati dengan mata, sedangkan massa dasar memiliki ukuran yang relatif kecil. Fenokris terbentuk pada kondisi magma yang membeku secara perlahan, sedangkan massa dasar menunjukkan bahwa sebagian magma yang mulai membeku bergerak naik dengan cepat.
- Afanitik adalah batuan beku yang tersusun atas mineral yang berukuran halus, tidak dapat dibedakan dengan mata telanjang. Proses pembekuannya berlangsung relatif cepat dan terjadi di atas permukaan bumi (vulkanik).



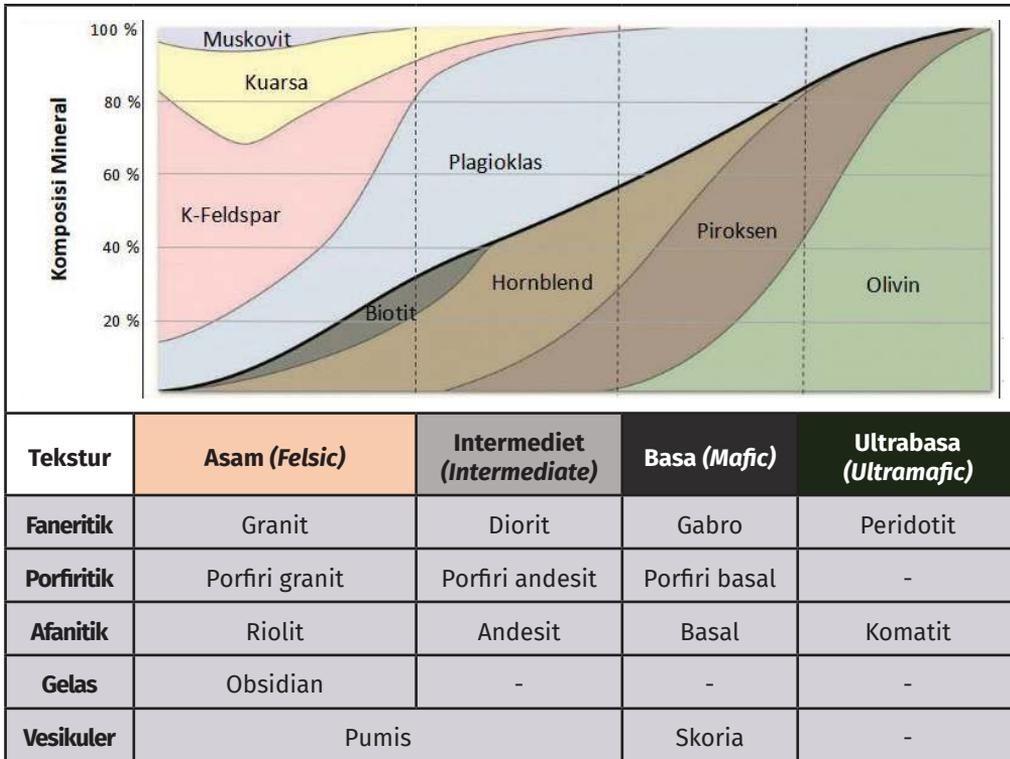
Gambar 4.14 Tekstur faneritik pada granit (A), porfiritik pada porfiri granit (B), dan afanitik pada riolit (C).

Sumber: Tarbuck dkk (2017)

### c. Klasifikasi batuan beku

Batuan beku memiliki banyak jenis, pengelompokan yang paling sederhana, yaitu berdasarkan tekstur dan komposisi mineralnya. Tekstur batuan sangat berkaitan dengan sejarah pendinginan magma, sedangkan komposisi mineral berkaitan dengan jenis magmanya. Tabel 4.2 menunjukkan klasifikasi batuan beku berdasarkan persentasi komposisi mineral penyusun batuan beku dan teksturnya. Batuan dengan komposisi mineral sama tetapi memiliki tekstur berbeda maka akan memiliki nama yang berbeda, contohnya granit dan riolit.

Tabel 4.2 Klasifikasi Batuan Beku Berdasarkan Komposisi Mineral dan Tekstur Batuan



Sumber: Tarbuck, dkk. 2017



## Aktivitas 4.2

### Identifikasi Batuan Beku

Ambillah beberapa sampel batuan beku. Kemudian, lakukan deskripsi batuan beku dengan menentukan warna, struktur, tekstur, komposisi, dan nama batuan. Gunakan tabel berikut untuk mencatatkan hasil pekerjaan kalian.



No. Sampel	Warna	Struktur	Tekstur	Komposisi Mineral	Nama Batuan Beku	Foto Sampel
			Tingkat kristalisasi: Granularitas:			
			Tingkat kristalisasi: Granularitas:			
			Tingkat kristalisasi: Granularitas:			
			Tingkat kristalisasi: Granularitas:			

## 2. Batuan Sedimen

Kata sedimen berasal dari bahasa Latin, yaitu *sedimentum* yang berarti pengendapan. Pembentukan batuan sedimen diawali dengan proses pelapukan batuan beku, batuan metamorf, dan batuan sedimen lain yang tersingkap di permukaan. Kemudian, batuan yang telah lapuk akan tererosi, tertransportasi, dan terendapkan di tempat yang lebih rendah. Pengendapan material sedimen secara terus-menerus menyebabkan proses pembebanan (*burial*). Kemudian, dilanjutkan proses litifikasi, yaitu proses saat material sedimen mengalami perubahan kimia dan fisika untuk menjadi batuan sedimen. Proses utama dalam litifikasi adalah kompaksi dan sementasi. Beban akumulasi sedimen akan menyebabkan hubungan antarbutir menjadi lebih lekat dan air yang mengisi pori-pori butiran sedimen akan terdesak keluar, proses ini disebut dengan kompaksi. Keluarnya air dari pori-pori menyebabkan



material yang terlarut di dalamnya mengendap dan merekat (menyemen) butiran sedimen. Rangkaian proses pembentukan batuan sedimen tersebut dikenal dengan proses sedimentasi.

Batuan sedimen merupakan batuan yang tersebar paling banyak atau tersingkap di permukaan bumi sekitar 75%, walaupun volumenya hanya sekitar 7,9% dari total batuan penyusun kerak bumi. Batuan sedimen memiliki peran penting dalam geologi, karena merekam sejarah peristiwa geologi di masa lampau.

### a. Struktur batuan sedimen

Struktur batuan sedimen adalah kenampakan fisik dari batuan sedimen. Struktur batuan sedimen dapat memberikan informasi mengenai kondisi proses sedimentasi, seperti lingkungan pengendapan. Pada umumnya, material sedimen diangkut oleh media air dan angin yang kemudian diendapkan secara bertahap, sehingga akan membentuk struktur berlapis. Adanya struktur perlapisan inilah yang membedakan antara batuan sedimen dengan batuan lainnya. Batas antara satu lapisan dengan lapisan lainnya disebut bidang perlapisan.

Boggs (1987) membagi struktur sedimen menjadi struktur sedimen anorganik dan organik. Struktur sedimen anorganik dibedakan menjadi struktur sedimen yang terbentuk sebelum pengendapan (*pre-deposition*), pada saat pengendapan (*syn-deposition*), dan setelah pengendapan (*post-deposition*). Struktur yang terbentuk sebelum proses pengendapan di antaranya *channel*, *scour*, *tool mark*, *flute mark* dan *grove mark*. Struktur yang terbentuk saat proses pengendapan antara lain perlapisan, laminasi, lapisan bergradasi (*graded bedding*), silang-siur (*cross bedding*), dan gelembur gelombang (*ripple mark*). Struktur sedimen yang terbentuk setelah pengendapan meliputi *slump*, konvolute, dan *load cast*. Struktur sedimen organik terbentuk oleh aktivitas organisme, contohnya *burrow*, *trails*, *plant rootlets*, dan *footprints*. Bentuk dari beberapa struktur sedimen tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.15.





Gambar 4.15 Kenampakan dari beberapa struktur sedimen, (A) perlapisan, (B) laminasi, (C) silang-siur, (D) *graded bedding*, (E) *flute mark*, (F) gelembur gelombang, (G) *slump*, (H) *burrow*.

Sumber: McCann (2019)

## b. Tekstur batuan sedimen

Salah satu cara untuk mempelajari batuan sedimen adalah dengan melihat teksturnya. Tekstur batuan sedimen sangat berkaitan dengan proses pengendapan, ukuran bentuk, tatanan dan kemas komponen penyusunnya. Tekstur pada batuan sedimen nonklastik merupakan hasil pengendapan melalui reaksi kima. Tekstur yang paling umum berkembang, yaitu tekstur kristalin yang disusun oleh agregat kristal-kristal mineral yang saling mengunci (*interlocking*).

Tekstur batuan sedimen klastik sangat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk butir serta hubungan antarbutir. Berikut beberapa tekstur batuan sedimen klastik:

- Pemilahan (*sorting*) merupakan keragaman ukuran butir penyusun batuan sedimen. Batuan sedimen yang memiliki ukuran butir seragam dikatakan memiliki pemilahan yang baik (*well sorted*), sedangkan yang ukuran butirnya sangat bervariasi/beragam dikatakan memiliki pemilahan buruk (*poorly sorted*) (Gambar 4.16).

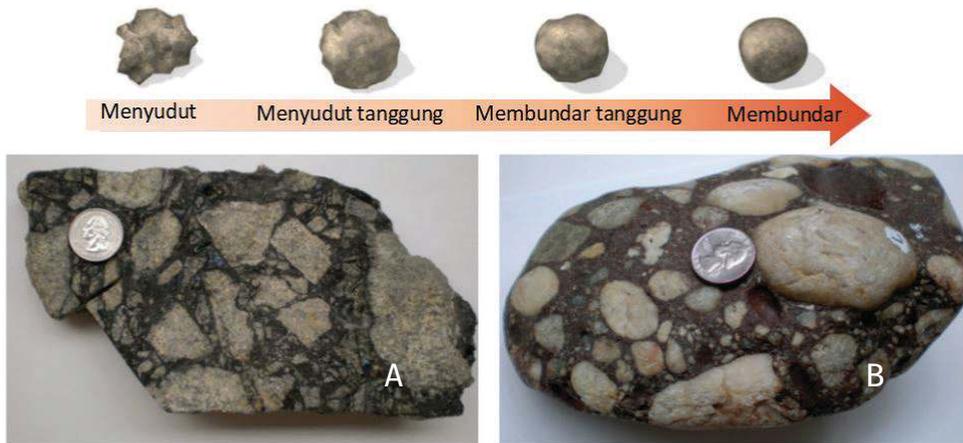


Gambar 4.16 Tekstur pemilahan pada batuan sedimen. (A) pemilahan buruk, (B) pemilahan sedang, (C) pemilahan baik.

Sumber: Ludaman dan Marshak (2019)

- Kemas (*fabric*) merupakan susunan komponen penyusun batuan sedimen klastik. Apabila butiran penyusun batuan sedimen saling bersentuhan dikatakan memiliki kemas tertutup dan jika tidak saling bersentuhan dikatakan memiliki kemas terbuka.
- Derajat kebundaran (*roundness*) merupakan tingkat kebundaran dari suatu material penyusun batuan sedimen, ditunjukkan oleh pengikisan yang terjadi pada bagian luar butiran. Derajat

kebundaran material penyusun batuan sedimen ditunjukkan pada Gambar 4.17. Derajat kebundaran butiran sedimen dapat digunakan untuk memperkirakan jarak transportasi sedimen, semakin jauh jarak transportasi maka akan menghasilkan bentuk butiran yang membulat (*rounded*) dan sebaliknya bentuk butir yang menyudut (*angular*) menunjukkan jarak transportasi yang relatif dekat.



Gambar 4.17 Derajat kebundaran butiran sedimen. (A) batuan breksi yang memiliki fragmen menyudut, (B) batuan konglomerat dengan fragmen membulat.

Sumber: Ludaman dan Marshak (2019)

- Ukuran butir material penyusun batuan sedimen dinyatakan dengan skala Wentworth (Tabel 4.5). Ukuran butir sedimen sangat berhubungan dengan kecepatan media pembawanya. Semakin besar kecepatannya maka semakin besar ukuran butiran yang dapat diendapkan.

### c. Klasifikasi batuan sedimen

Berdasarkan proses pembentukannya, batuan sedimen dapat dibedakan menjadi batuan sedimen klastik dan batuan sedimen nonklastik. Batuan sedimen klastik terbentuk dari rombakan batuan lain yang tertransportasi dan terendapkan pada suatu cekungan. Batuan sedimen nonklastik terbentuk dari proses kimia atau proses biologi selama proses sedimentasi.

Batuan sedimen klastik diklasifikasikan berdasarkan ukuran butir atau partikel penyusunnya (Tabel 4.3). Butiran yang berukuran lebih besar dari 2 milimeter disebut fragmen, sedangkan yang kurang dari 2 milimeter disebut matriks. Fragmen dan matriks diikat oleh semen. Umumnya, mineral karbonat, silika, dan oksida besi menjadi semen pada batuan sedimen.

Tabel 4.3 Klasifikasi Batuan Sedimen Klastik Berdasarkan Skala Wentworth

Ukuran Butir (mm)	Nama Butiran	Nama Batuan	
> 256	Bongkah	<b>Konglomerat</b> (untuk fragmen yang membundar) <b>Breksi</b> (untuk fragmen yang menyudut)	
64 - 256	Berangkal		
4 - 64	Kerakal		
2 - 4	Kerikil		
1 - 2	Pasir	<b>Batu pasir</b>	
1/2 - 1			Sangat kasar
1/4 - 1/5			Kasar
1/8 - 1/4			Menengah
1/16 - 1/8			Halus
1/256 - 1/16	Lantau	<b>Batu lanau</b>	
< 1/256	Lempung	<b>Batu lempung</b>	

Batuan sedimen nonklastik diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya (Tabel 4.4). Batuan sedimen nonklastik dibagi menjadi dua kelompok, yaitu terbentuk secara anorganik dan biokimia. Berdasarkan komposisinya, batuan anorganik dikelompokkan menjadi batuan yang bersifat karbonatan, silikaan, hasil evaporasi yang mengandung halit, dan gipsum. Kelompok batuan biokimia dibagi menjadi batuan yang bersifat karbonatan, silikaan, dan karbonan.



Tabel 4.4 Klasifikasi Batuan Sedimen Nonklastik

Kelompok	Komposisi	Nama Batuan
Anorganik	$\text{CaCO}_3$	Batu gamping kristalin, travertin
	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Dolomit
	Halit ( $\text{NaCl}$ )	Batu garam
	Gypsum ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	Batu gipsum
Biokimia	$\text{CaCO}_3$	Batu gamping terumbu
	Kuarsa ( $\text{SiO}_2$ )	Rijang
	Sisa tumbuhan yang terubah	Batu bara



### Aktivitas 4.3

#### Identifikasi Batuan Sedimen

Ambillah beberapa sampel batuan sedimen. Kemudian, lakukan deskripsi batuan sedimen dengan menentukan warna, struktur, tekstur, komposisi, dan nama batuan. Gunakan tabel berikut untuk mencatatkan hasil pekerjaan kalian.

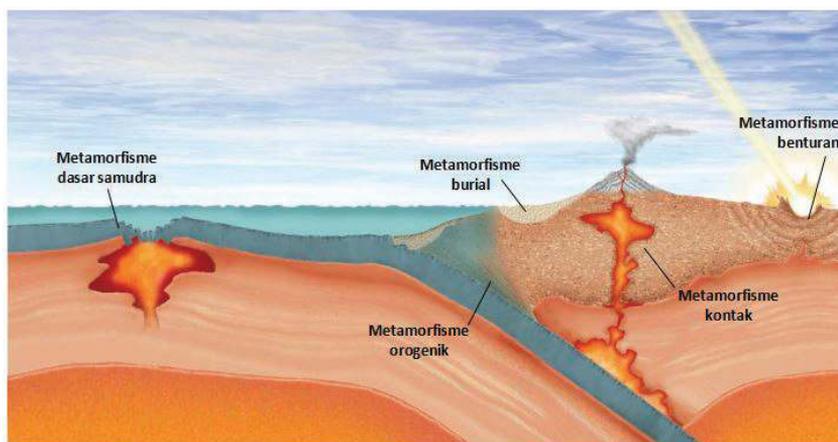
No. Sampel	Warna	Struktur	Tekstur	Komposisi	Nama Batuan Sedimen	Foto Sampel
			Pemilahan: Kemas: Derajat kebundaran: Ukuran butir:	Fragmen Matriks: Semen:		
			Pemilahan: Kemas: Derajat kebundaran: Ukuran butir:	Fragmen: Matriks: Semen:		
			Pemilahan: Kemas: Derajat kebundaran: Ukuran butir:	Fragmen: Matriks: Semen:		



### 3. Batuan Metamorf

Batuan metamorf disebut juga batuan malihan atau ubahan. Batuan metamorf terbentuk dari proses metamorfisme batuan lain. Proses metamorfisme merupakan perubahan himpunan mineral dan tekstur batuan dalam keadaan padat pada suhu di atas 200°C dan tekanan 300 Mpa (mega pascal). Penyebab suatu batuan mengalami proses metamorfisme, yaitu mineral penyusun batuan akan stabil pada kisaran suhu, tekanan, dan kondisi kimia tertentu. Jika faktor-faktor tersebut berubah secara drastis, mineral penyusun batuan akan berubah secara kimia yang akan menghasilkan mineral baru yang lebih stabil. Selain suhu dan tekanan, proses metamorfisme juga dipengaruhi oleh faktor lain, seperti komposisi batuan asal (protolit), larutan fluida, dan waktu.

Secara umum, tipe metamorfisme dibagi berdasarkan tatanan geologinya, yaitu metamorfisme regional dan metamorfisme lokal (Gambar 4.18). Metamorfisme regional merupakan jenis metamorfisme yang terjadi pada daerah yang sangat luas, biasanya berkaitan dengan batas lempeng konvergen. Pada metamorfisme ini dipengaruhi oleh suhu dan tekanan yang tinggi, sehingga umumnya memperlihatkan adanya penjajaran mineral (foliasi). Metamorfisme regional dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu metamorfisme timbunan (*burial*), orogenik, dan dasar samudra.



Gambar 4.18 Ilustrasi yang menunjukkan lingkungan pembentukan batuan metamorf.

Sumber: Monroe, dkk. (2007)



Metamorfisme lokal terjadi pada daerah yang sempit. Metamorfisme lokal dapat dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu metamorfisme kontak, metamorfisme dinamik atau kataklastik, metamorfisme hidrotermal, dan metamorfisme benturan (*impact*). Metamorfisme kontak adalah metamorfisme yang dominan dipengaruhi oleh suhu, biasanya terjadi pada daerah yang dekat dengan intrusi batuan beku. Metamorfisme dinamik dipengaruhi oleh faktor tekanan yang dominan, umumnya terjadi di zona patahan. Metamorfisme hidrotermal terjadi akibat aktivitas larutan hidrotermal, suhu dan komposisi larutan hidrotermal menjadi faktor pengontrol pada metamorfisme ini. Metamorfisme benturan atau *impact* terjadi akibat adanya benturan meteorit di atas permukaan bumi, metamorfisme ini dipengaruhi oleh suhu dan tekanan yang tinggi dan terjadi dalam waktu singkat.

Batuan metamorf merupakan batuan yang keberadaannya terbatas pada suatu daerah dengan kondisi geologi tertentu, seperti sabuk pegunungan, batas benua, dan daerah tektonik aktif. Batuan metamorf digunakan oleh para ahli geologi untuk mempelajari dinamika bumi seperti proses tektonik. Batuan metamorf juga merupakan sumber mineral logam-logam ekonomis dan batu mulia.

### a. Struktur batuan metamorf

Struktur batuan metamorf merupakan kenampakan batuan yang diekspresikan oleh ukuran, bentuk, dan orientasi mineral penyusun batuan metamorf. Struktur batuan metamorf dapat dibagi menjadi dua, yaitu foliasi dan non foliasi.

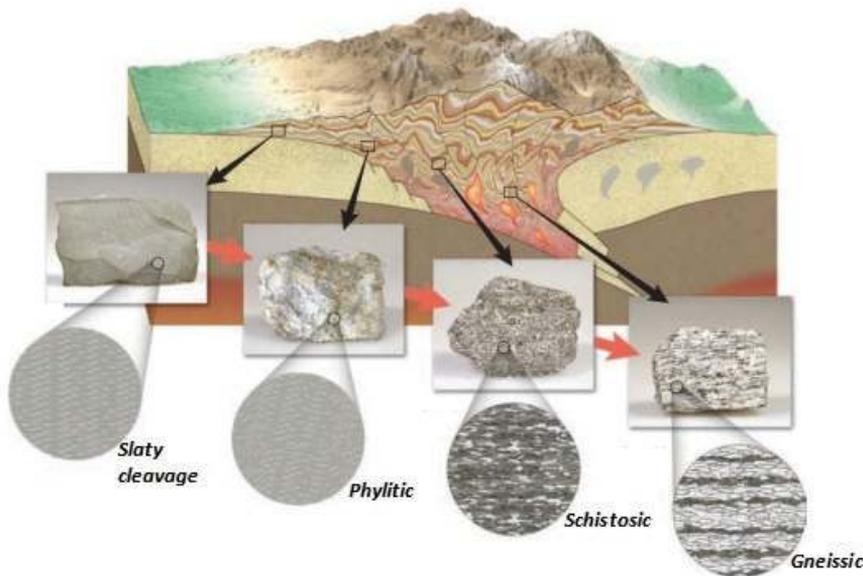
#### 1) Foliasi

Pada umumnya, metamorfisme berlangsung di bawah *differential stress*. Kondisi tersebut mengakibatkan mineral-mineral pipih, seperti klorit dan mika membentuk orientasi penjajaran yang tegak lurus terhadap arah tekanan. Penjajaran tersebut membentuk struktur planar yang disebut foliasi (Gambar 4.19). Foliasi berasal dari bahasa latin, yaitu *folium* yang berarti daun. Batuan yang memiliki struktur foliasi akan memperlihatkan kenampakan seperti



lembaran-lembaran daun. Adapun struktur yang terdapat pada batuan metamorf foliasi, yaitu:

- *Slaty cleavage* merupakan struktur foliasi yang menunjukkan bidang belah planar yang sangat rapat. Umumnya tersusun oleh mineral pipih yang sangat halus.
- *Phylitic* merupakan struktur foliasi yang kenampakannya hampir sama dengan struktur *slaty cleavage*, tetapi mulai terlihat kristal-kristal granular.
- *Schistosis* merupakan struktur foliasi yang menunjukkan adanya perselingan penjajaran mineral pipih dan mineral granular.
- *Gneissic* merupakan struktur foliasi yang menunjukkan penjajaran mineral pipih dan granular, akan tetapi penjajaran mineral granular tidak menerus.



Gambar 4.19 Ilustrasi yang menunjukkan metamorfisme regional yang menghasilkan struktur foliasi.

Sumber: Lutgen dan Tarbuck, 2012



## 2) Nonfoliasi

Struktur nonfoliasi ditunjukkan dengan kenampakan tidak berlembar atau berlapis. Pada umumnya tersusun oleh mineral equidimensional atau berbutir. Adapun struktur yang terdapat pada batuan metamorf nonfoliasi, yaitu:

- *Granulose* atau *hornfelsic* tersusun oleh mineral yang berukuran relatif sama.
- *Cataclastic* terbentuk oleh pecahan batuan atau mineral yang berukuran kasar dan umumnya membentuk kenampakan breksiasi.
- *Milonitik* dihasilkan akibat penggerusan mekanik pada metamorfisme kataklastik. Tersusun oleh mineral-mineral berbutir halus.
- *Porpyroblast* tersusun atas mineral berukuran besar yang tertanam pada mineral berukuran halus.

### b. Tekstur batuan metamorf

Berdasarkan kenampakan tekstur batuan asalnya, batuan metamorf dapat dibagi menjadi dua, yaitu kristaloblastik dan *palimset* atau *relict*. Kristaloblastik merupakan tekstur batuan metamorf yang sudah tidak memperlihatkan tekstur batuan asalnya lagi. Penamaannya menggunakan akhiran kata blastik, seperti lepidoblastik (mineralnya berbentuk pipih), nematoblastik (mineralnya berbentuk kristalin), dan granoblastik (mineralnya berbentuk granular).

Jika tekstur batuan asalnya masih terlihat atau tersisa termasuk dalam kelompok *palimset* atau tekstur sisa. Penamaannya menggunakan awalan *blasto*, seperti blasto fitik (tekstur ofitik), blasto porfiritik (tekstur porfiritik), blasto psefitik (batuan sedimen berbutir kerikil), blasto psamatik (batuan sedimen berbutir pasir), dan blasto pelitik (batuan sedimen berukuran lempung).



### c. Klasifikasi batuan metamorf

Berbeda dengan batuan beku yang menggunakan tekstur dan komposisi mineral untuk penamaannya dan batuan sedimen yang menggunakan ukuran butir untuk penamaannya, batuan metamorf menggunakan beberapa parameter untuk penamaan atau klasifikasinya, di antaranya struktur, batuan asal (protolit) dan himpunan mineralnya. Gambar 4.20 menunjukkan klasifikasi batuan metamorf berdasarkan struktur dan batuan asalnya.

Nama Batuan Metamorf	Struktur	Protolit
Slate	Foliasi	Batulanau dan serpih
Filit		Batulanau, serpih, dan slate
Sekis		Batulanau, serpih, dan filit
Gneis		Serpih, granit, dan batulanau
Marmar	Non foliasi	Batugamping
Kuarsit		Batupasir kuarsa
Hornfels		Semua batuan berbutir halus

Gambar 4.20 Klasifikasi beberapa jenis batuan metamorf.

Sumber: Tarbuck dan Lutgens (2017)





## Aktivitas 4.4

### Identifikasi Batuan Metamorf

Ambillah beberapa sampel batuan metamorf. Kemudian, lakukan deskripsi batuan metamorf dengan menentukan warna, struktur, tekstur, komposisi, nama batuan metamorf, jenis batuan asal, dan tipe metamorfisme. Gunakan tabel berikut untuk mencatatkan hasil pekerjaan kalian.

No. Sampel	Warna	Struktur	Tekstur	Komposisi Mineral	Nama Batuan Metamorf	Batuan Asal	Tipe Metamorfisme	Foto Sampel



## Uji Kompetensi

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

1. Sebutkan dan jelaskan 3 sifat fisik mineral yang dapat digunakan untuk identifikasi mineral!
2. Gambarkan dan jelaskan proses pembentukan batuan (siklus batuan)!
3. Jelaskan bagaimana kalian dapat membedakan antara batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf!
4. Suatu batuan memiliki tekstur faneritik dan holokristalin. Tersusun atas mineral kuarsa, ortoklas, plagioklas, hornblend dan biotit. Sebutkan nama batuan tersebut dan jelaskan proses pembentukan batuan tersebut!



5. Sebutkan masing-masing 3 nama batuan sedimen klastik dan sedimen nonklastik!



### Pengayaan

Jika kalian tertarik dengan materi ini dan ingin mendalaminya lebih jauh, berikut tautan yang dapat diakses.



<https://cmgds.marine.usgs.gov/data/seds/bedforms/animation.html>

Situs web dari USGS (*United States Geological Survey*) ini berisi tentang animasi pembentukan struktur sedimen.



### Refleksi

Setelah membaca materi dan melakukan berbagai aktivitas pada bab ini, berikan tanda centang (✓) pada bagian yang sudah kalian kuasai atau tanda silang (x) pada materi yang belum dikuasai.

No.	Materi	Kompetensi (✓/x)
1.	Identifikasi mineral berdasarkan sifat fisik mineral	
2.	Identifikasi batuan beku	
3.	Identifikasi batuan sedimen	
4.	Identifikasi batuan metamorf	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan  
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis : Masfut Mustahar dan Akhmad Syaripudin  
ISBN : 978-623-194-516-7 (no.jil.lengkap PDF)  
978-623-194-518-1 (jil.2 PDF)

# Bab 5 Geologi Lapangan



## Pemantik

Lapangan bagi seorang ahli geologi merupakan tempat untuk mengumpulkan data melalui observasi pada singkapan batuan yang dijumpai. Peralatan apa saja yang digunakan dan bagaimana cara seorang ahli geologi untuk mengumpulkan data lapangan?



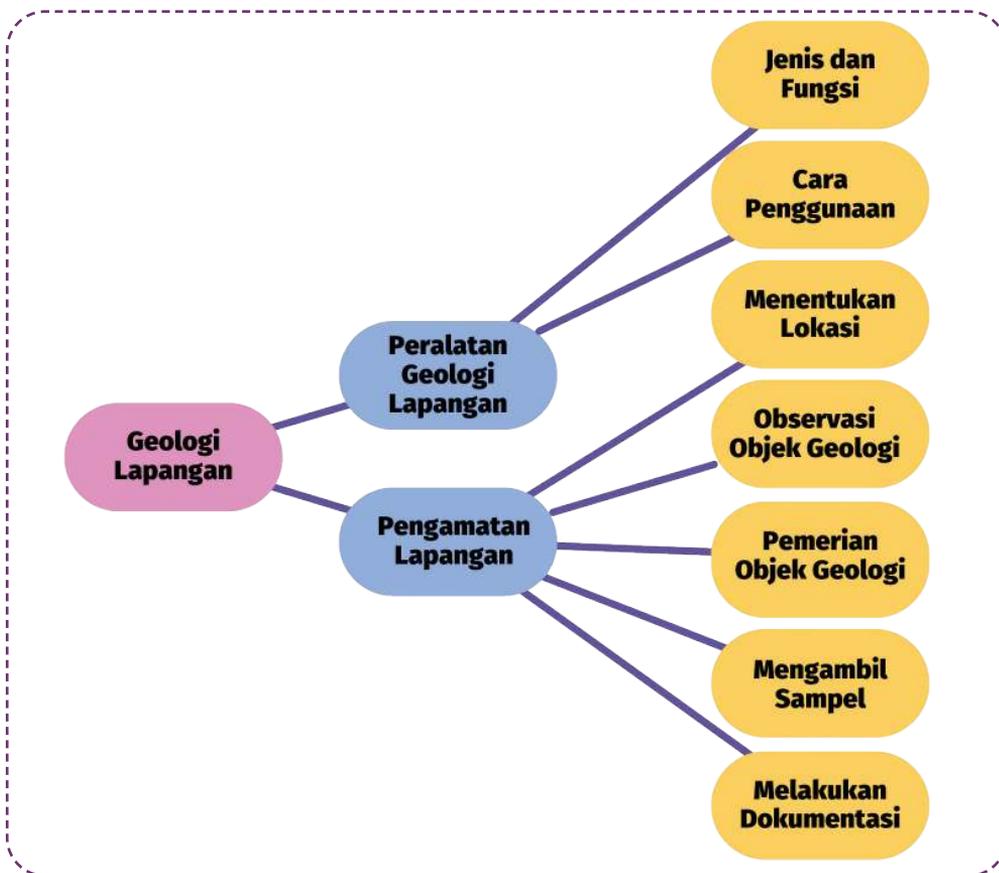


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi dan melakukan aktivitas yang terdapat pada bab ini, kalian diharapkan mampu memahami geologi lapangan, yang meliputi menjelaskan jenis dan fungsi peralatan-peralatan geologi lapangan, melakukan prosedur pengamatan, dan akuisisi data geologi pada sebuah singkapan.



## Peta Konsep



Gambar 5.1 Peta konsep geologi lapangan.





## Kata Kunci

geologi lapangan, kompas geologi, GPS, singkapan, pengamatan lapangan

Setiap profesi memiliki peralatan tertentu untuk membantu dalam menyelesaikan pekerjaannya. Seorang montir mobil akan menggunakan obeng, tang, kunci ring, dan peralatan lainnya untuk dapat memperbaiki mobil yang rusak. Setiap peralatan memiliki fungsi dan cara penggunaannya sendiri-sendiri. Begitu juga seorang ahli geologi (*geologist*) yang memiliki tugas mengumpulkan data geologi lapangan. Data tersebut didapatkan melalui observasi lapangan pada singkapan batuan. Informasi yang didapatkan melalui kegiatan tersebut di antaranya jenis batuan, struktur geologi, stratigrafi, dan geomorfologi. Informasi tersebut digunakan oleh ahli geologi untuk berbagai tujuan, seperti memperkirakan daerah rawan bencana geologi dan mengetahui potensi sumber daya geologi pada suatu daerah. Dalam melaksanakan tugasnya, seorang ahli geologi perlu melengkapi dirinya dengan berbagai peralatan lapangan.

## A. Peralatan Geologi Lapangan

Geologi lapangan adalah cara atau metode yang digunakan untuk mengumpulkan data geologi di lapangan. Sebelum melakukan kegiatan lapangan selain melakukan studi pustaka dan mengurus perizinan, mempersiapkan peralatan yang akan digunakan merupakan hal yang tidak kalah penting.

Pada dasarnya, peralatan yang akan digunakan bergantung pada jenis pekerjaan yang akan dilakukan atau data yang akan diambil. Namun, pada bab ini peralatan yang dimaksud, yaitu peralatan standar yang harus dibawa seorang ahli geologi ketika melakukan pemetaan geologi. Peralatan yang digunakan dalam kegiatan lapangan dapat dibagi menjadi



tiga jenis, yaitu peralatan dasar, peralatan tulis, dan peralatan pribadi. Berikut tabel daftar peralatan yang digunakan dalam kegiatan lapangan.

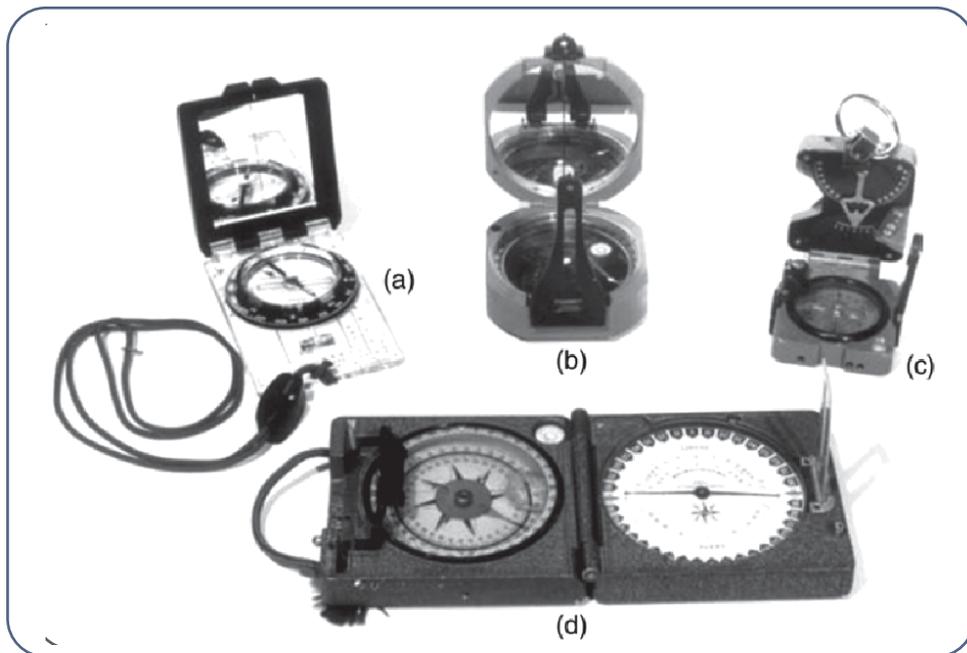
Tabel 5.1 Daftar Peralatan Lapangan

Peralatan Dasar	Peralatan Tulis	Peralatan Pribadi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peta dasar</li> <li>• Kompas geologi</li> <li>• Palu geologi</li> <li>• GPS (<i>Global Positioning System</i>)</li> <li>• Komparator butir</li> <li>• Lensa pembesar (<i>loupe</i>)</li> <li>• Larutan asam klorida (HCl)</li> <li>• Kantong contoh batuan</li> <li>• Pita ukur</li> <li>• Tongkat Jacob</li> <li>• <i>Clipboard</i></li> <li>• Kamera</li> <li>• Tas lapangan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buku catatan lapangan (<i>field notes</i>)</li> <li>• Pensil</li> <li>• Karet penghapus</li> <li>• Pensil warna</li> <li>• Penggaris</li> <li>• Busur derajat</li> <li>• Kertas label</li> <li>• Spidol <i>waterproof</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tas pinggang</li> <li>• Peralatan makan dan minum</li> <li>• Pisau saku</li> <li>• Jas hujan</li> <li>• Sepatu</li> <li>• <i>Wearpack</i> atau pakaian lapangan</li> <li>• Topi</li> <li>• Obat pribadi</li> <li>• Alat ibadah</li> </ul>

## 1. Kompas geologi

Apakah kalian pernah menggunakan kompas? Untuk keperluan apa kalian menggunakan kompas? Secara umum, kompas digunakan untuk menunjukkan arah mata angin. Kompas seperti ini disebut kompas pandu. Kompas geologi didesain tidak hanya untuk menunjukkan arah mata angin, tetapi juga dapat digunakan untuk mengukur besarnya sudut kemiringan (*klinometer*) dan menentukan posisi horizontal.

Terdapat banyak tipe kompas geologi yang terdapat di pasaran, seperti Silva (Swedia), Brunton (Amerika), Meridian (Swis) dan Chaix Universelle (Perancis). Perhatikan Gambar 5.2 berikut.



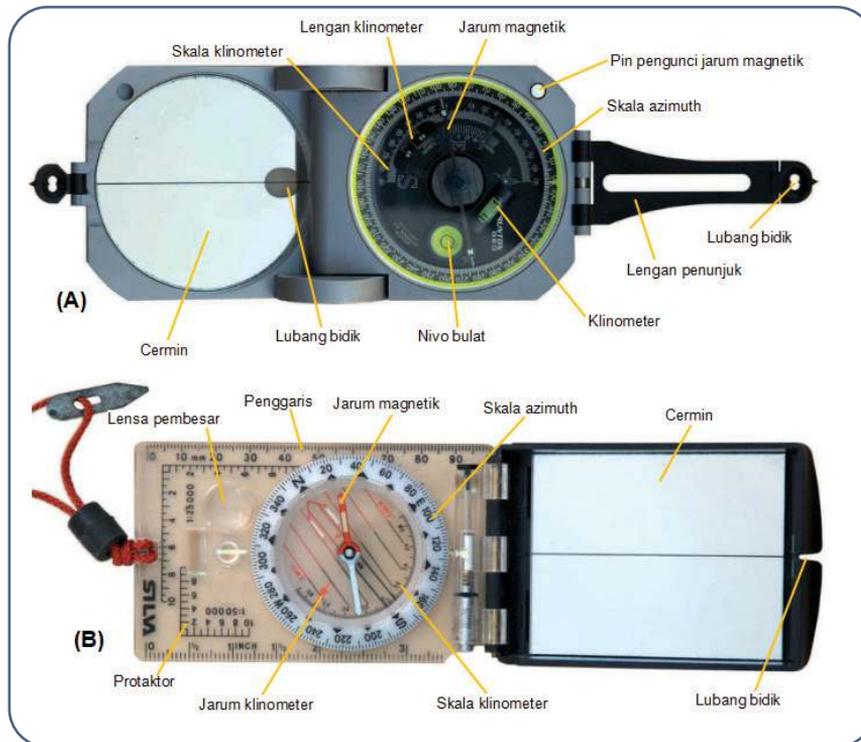
Gambar 5.2 Silva (a), Brunton (b), Meridian (c), dan Chaix Universelle (d).  
 Sumber: Barnes dkk (2004)

Kompas geologi memiliki tiga bagian utama, yaitu jarum kompas bermagnet, lingkaran pembagi derajat, dan klinometer. Coba kalian perhatikan Gambar 5.3. Jarum kompas merupakan batang baja berbentuk pipih yang diberi sifat magnet. Pada kedua ujungnya diberi tanda untuk menunjukkan arah Utara dan Selatan. Bagian ujung Utara jarum kompas selalu mengarah ke kutub Utara magnet bumi, bukan Utara sebenarnya (geografi). Besarnya sudut yang dibentuk oleh kedua posisi Utara tersebut disebut deklinasi. Besarnya deklinasi berbeda dari satu lokasi ke lokasi lain, dan selalu berubah secara teratur sepanjang waktu. Sebelum kompas digunakan perlu dilakukan koreksi deklinasi. Koreksi deklinasi dilakukan agar jarum kompas menunjukkan arah yang sesuai dengan arah Utara geografi. Koreksi deklinasi dilakukan dengan menggeser lingkaran derajat pada kompas menggunakan *declination adjusting screw* yang terdapat pada sisi kompas. Besarnya sudut deklinasi pada suatu wilayah dapat kalian lihat melalui tautan berikut.





<https://www.bmkg.go.id/geofisika-potensial/kalkulator-magnet-bumi.bmkg>.



Gambar 5.3 Bagian-bagian kompas geologi tipe brunton (A) dan tipe silva (B).  
Sumber: Coe (2010)

Pada umumnya, lingkaran pembagi derajat pada kompas geologi memiliki dua tipe, yaitu tipe azimuth dan tipe kuadran. Satu lingkaran pada tipe azimuth memiliki nilai  $0^{\circ}$  -  $360^{\circ}$  diukur dari arah Utara (*North*) ke arah Timur (*East*), tertulis berlawanan dengan arah putaran jarum jam. Adapun pada model kuadran dibagi menjadi 4 kuadran, yaitu (NE (*North-East*), NW (*North-West*), SW (*South-West*), dan SE (*South-East*)) di mana setiap kuadran memiliki nilai  $0^{\circ}$  -  $90^{\circ}$  diukur dari Utara (*North*) dan Selatan (*South*).



Klinometer merupakan bagian kompas yang berfungsi untuk mengukur kemiringan suatu bidang atau lereng. Bagian ini merupakan salah satu pembeda utama antara kompas pandu dan kompas geologi.

#### a. Menentukan lokasi (*shooting*)

Salah satu fungsi utama kompas geologi, yaitu untuk menentukan lokasi keberadaan. Penentuan lokasi dengan kompas geologi menggunakan metode reseksi, yaitu menentukan kedudukan/posisi di peta dengan dua atau lebih tanda medan yang dikenali dan diketahui posisinya pada peta. Gambar 5.4 berikut menunjukkan prosedur penggunaan kompas geologi untuk menentukan lokasi.

##### 1) Orientasi peta



- Orientasi peta dilakukan dengan memposisikan bagian Utara peta pada arah Utara sebenarnya di lapangan.



- Letakkan kompas geologi di atas peta, posisikan sisi panjang kompas sejajar dengan garis grid (Utara-Selatan). Putar peta bersamaan dengan kompas hingga jarum Utara (*N*) kompas menunjuk ke  $0^\circ$ .



## 2) Identifikasi objek (tanda medan)



- Identifikasi dua objek atau tanda medan (misalnya puncak bukit) yang dapat dikenali pada peta kerja dan juga dapat diamati dari lokasi kalian berdiri.

## 3) Mengukur azimut



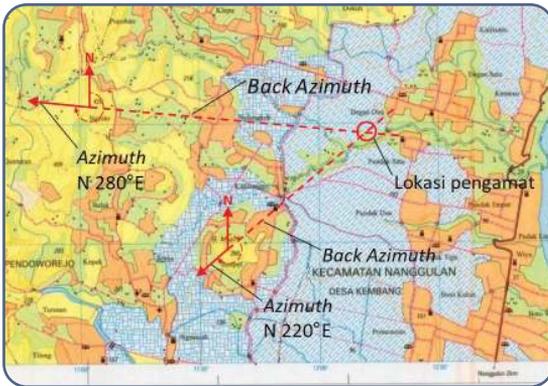
- Pegang kompas secara horizontal setinggi pinggang dengan membuka cermin sekitar  $135^\circ$  bagian belakang cermin menghadap ke arah kalian.
- Sejajarkan posisi kompas dengan objek yang diamati sehingga kalian dapat melihat objek tersebut melalui cermin. Pastikan kompas dalam posisi sejajar menggunakan nivo bulat.
- Baca nilai pada lingkaran pembagi derajat yang ditunjuk oleh jarum Utara kompas Nilai tersebut merupakan nilai azimut. Catat hasil pengukuran azimut dengan notasi  $N \dots^\circ E$ .



#### 4) Menentukan lokasi di peta



- Letakkan kompas di atas peta. Tempatkan sisi panjang kompas di atas objek pertama yang diamati. Putar kompas sampai jarum Utara kompas menunjukkan nilai pembacaan azimuth. Tarik garis sepanjang sisi kompas berlawanan dengan arah azimuth (*back azimuth*).
- Lakukan hal yang sama pada objek kedua.
- Perpotongan dua garis *back azimuth* merupakan lokasi kalian berada.
- Apabila lokasi kalian berada di tepi jalan atau tepi sungai yang tergambar di peta, perpotongan antara garis *back azimuth* dengan sungai atau jalan merupakan lokasi kalian berada.



Gambar 5.4 Prosedur kerja penentuan lokasi menggunakan kompas geologi (tipe Brunton).  
Sumber: Masfut Mustahar (2022)

#### b. Mengukur kemiringan lereng (*slope*)

Kompas geologi juga dapat digunakan untuk mengukur kemiringan lereng atau *slope*. Prosedur pengukuran kemiringan lereng menggunakan kompas geologi ditunjukkan pada Gambar 5.5 berikut.





- Buka kompas kurang lebih 45°, *long sight* dibuka dan tegakkan ujungnya (*peep sight*).



- Posisikan kompas secara vertikal dan pegang bagian cermin dengan tangan kiri.



- Bidik titik yang dituju melalui lubang *peep sight* dan *window in mirror*.



- Usahakan agar titik yang dibidik memiliki tinggi yang sama dengan mata pengamat. Kalian dapat menggunakan dua buah tongkat yang memiliki ketinggian yang sama untuk kemudian diletakkan pada dua lokasi (titik pengamat dan titik bidik) yang memiliki perbedaan elevasi.





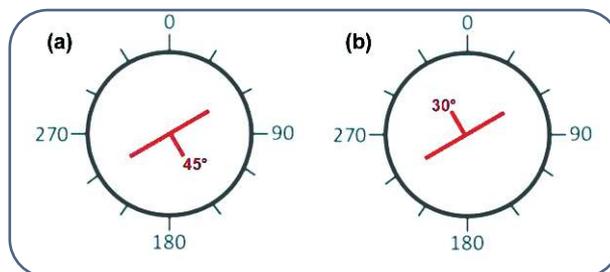
- Gerakkan lengan klinometer (pada bagian belakang kompas), hingga gelembung di nivo tabung horizontal (gunakan bantuan cermin untuk mengamati).
- Baca skala pada klinometer dan catat hasil pengukuran.

Gambar 5.5 Prosedur kerja pengukuran kemiringan lereng menggunakan kompas geologi (tipe Brunton).

Sumber: Masfut Mustahar (2022)

### c. Mengukur kedudukan perlapisan batuan

Kedudukan perlapisan batuan dinyatakan dengan *strike/dip*. Apakah kalian masih ingat dengan istilah *strike* dan *dip*? Coba lihat kembali materi mengenai lipatan pada Bab 3. Nilai *strike* dituliskan dengan notasi N ...°E. Hal tersebut berarti arah *strike* diukur dari Utara ke Timur (searah perputaran jarum jam), sedangkan nilai *dip* menggunakan satuan derajat untuk menunjukkan besarnya nilai kemiringan. *Strike/dip* pada peta geologi digambarkan dengan simbol seperti huruf “T”, di mana garis yang lebih panjang (garis horizontal dari “T”) menunjukkan *strike*, sedangkan garis yang lebih pendek (bagian tegak “T”) merupakan *dip*. Garis *dip* harus selalu dibuat tegak lurus dengan garis *strike* dan nilai kemiringan lapisan batuan dituliskan diujung garis *dip*. Coba kalian perhatikan Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Penggambaran simbol *strike/dip*. (a) N 60° E/45° dan (b) N 240° E/30°.



Berikut prosedur penggunaan kompas geologi untuk mengukur kedudukan perlapisan batuan.

### 1) Menentukan orientasi perlapisan



- Amati bidang perlapisan batuan dan tentukan orientasi dari perlapisan batuan tersebut.

### 2) Mengukur jurus (*strike*)



- Buka kompas secara penuh, pegang sisi kompas yang bertanda W dengan tangan kanan.



- Tempelkan sisi kompas yang bertanda E pada bidang perlapisan batuan. Kalian dapat menggunakan *clipboard* untuk memperpanjang bidang perlapisan apabila kompas tidak dapat diletakkan di atas bidang perlapisan. Pastikan kemiringan *clipboard* sama dengan kemiringan perlapisan batuan.





- Atur posisi kompas hingga horizontal dengan memposisikan gelembung pada nivo bulat tepat di tengah, pastikan seluruh sisi menempel pada bidang perlapisan.
- Buat garis lurus (garis potong antara bidang perlapisan dengan bidang dasar kompas) di atas bidang perlapisan.
- Nilai yang ditunjukkan jarum Utara kompas merupakan jurus (*strike*).

### 3) Mengukur kemiringan (*dip*)



- Ubah posisi kompas tegak pada sisi samping, letakkan kompas tegak lurus terhadap garis lurus. Pastikan bahwa skala klinometer berada pada sisi yang bersentuhan dengan perlapisan batuan.



- Gerakkan lengan klinometer (pada bagian belakang kompas), hingga gelembung di nivo tabung horizontal.
- Baca skala pada klinometer dan catat hasil pengukuran.

Gambar 5.7 Prosedur kerja mengukur kedudukan lapisan batuan menggunakan kompas geologi (tipe Brunton).

Sumber: Masfut Mustahar (2022)





## Aktivitas 5.1

### Menggunakan Kompas Geologi

Setelah kalian belajar cara penggunaan kompas geologi, sekarang coba praktikkan cara penggunaan kompas geologi untuk menentukan lokasi pada peta, mengukur bidang perlapisan batuan, dan mengukur slope. Catatlah hasil pengukurannya pada tabel berikut.

Menentukan Lokasi	
Objek/Tanda Medan yang Dibidik	Azimut
Mengukur Kedudukan Perlapisan Batuan	
Mengukur Slope	

## 2. Global Positioning System (GPS)

Ketepatan dalam menentukan posisi titik pengamatan di lapangan bagi seorang ahli geologi merupakan hal yang sangat penting. Kesalahan dalam penentuan posisi titik pengamatan dapat berakibat kesalahan dalam interpretasi atau pendugaan kondisi geologi dari daerah yang dipetakan. Penentuan posisi di lapangan dapat dilakukan menggunakan metode terestris atau ekstraterestris.



*Global Positioning System* merupakan metode penentuan posisi ekstraterestris yang menggunakan satelit GPS sebagai target pengukuran (Subagio, 2003). Teknologi ini pertama kali dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat pada tahun 1973. Selain satelit GPS milik Amerika Serikat, saat ini telah banyak dikembangkan teknologi serupa, seperti Beidou milik China, Glonass milik Rusia, IRNSS milik India, QZSS milik Jepang, dan Galileo milik Eropa. Istilah GPS sudah menjadi akronim untuk metode penentuan posisi berbasis satelit, istilah yang lebih tepat adalah GNSS. *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) merupakan teknologi penentuan posisi atau sistem navigasi yang terdiri atas kumpulan sistem satelit, seperti GPS, Beidou, Glonass, dan lain-lain. Gambar berikut menunjukkan beberapa tipe GPS.



Gambar 5.8 *Global Positioning System*.

Sumber: Masfut Mustahar (2022)

Prinsip kerja penentuan posisi dengan GPS merupakan pengukuran jarak dari titik yang akan ditentukan koordinatnya dengan satelit yang posisi/koordinatnya sudah diketahui. Paling sedikit diperlukan empat satelit untuk mendapatkan posisi/koordinat suatu titik. Ada beberapa jenis GPS, yaitu tipe navigasi, tipe pemetaan, dan tipe geodetik. Setiap tipe memiliki tingkat ketelitian yang berbeda-beda. Tipe navigasi memiliki





dan gagang palu dibuat menyatu. Sebagian gagang palu dibalut dengan karet sebagai pegangan tangan pada saat memukul. Coba, kalian perhatikan Gambar 5.9. Berikut beberapa jenis palu geologi yang sering digunakan.

- Palu batuan sedimen/*chisel edge* memiliki ujung seperti pahat pada salah satu sisi kepala palu dan sisi lainnya memiliki bentuk segi empat. Umumnya, palu tipe ini digunakan untuk batuan berlapis dan lunak (*softrock*).
- Palu batuan beku/*pointed tip* memiliki ujung runcing pada salah satu sisi kepala palu dan sisi lainnya memiliki bentuk segi empat. Umumnya, palu tipe ini digunakan untuk batuan yang keras (*hardrock*).
- *Crack hammer* memiliki ukuran lebih besar dibandingkan palu batuan beku dan palu batuan sedimen. Bagian kepala palu tipe ini memiliki bentuk segi empat membulat pada kedua sisinya. Palu ini digunakan untuk memecah batuan yang relatif sangat keras dan masif.



Gambar 5.9 Palu batuan sedimen (A) dan palu batuan beku (B).

Sumber: Masfut Mustahar (2022)

Palu geologi tidak boleh digunakan sebagai alat pahat karena dapat merusak bentuk dan fungsi dari palu itu sendiri. Pada saat menggunakan palu geologi harus sesuai dengan prosedur kerja.



## Prosedur kerja

- Pada saat akan memecah batuan, cari bagian batuan yang relatif mudah untuk dipecahkan, dilakukan dengan cara memukulkan palu secara perlahan. Bunyi yang dihasilkan akan menunjukkan bagian batuan yang sulit dipecah atau mudah dipecah.
- Gunakan sarung tangan dan kaca mata untuk menghindari pecahan batuan yang terpental saat palu dipukulkan ke batuan.
- Palu geologi tidak boleh digunakan sebagai pahat karena dapat merusak bentuk dan fungsi dari palu itu sendiri.

## 4. Lensa pembesar (*loupe*)

Lensa pembesar (*loupe*) atau lensa tangan (*hand lens*) merupakan alat yang sangat penting untuk mengamati mineral atau fosil pada batuan secara detail. Pada umumnya, *loupe* memiliki pembesaran 10x, 15x, dan 20x. Beberapa *loupe* juga dilengkapi dengan lampu LED untuk membantu saat pengamatan. Coba, kalian perhatikan Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 *Loupe*.

Sumber: Masfut Mustahar (2022)



## Prosedur kerja

- Pada saat akan digunakan, pastikan lensa dalam keadaan bersih. Apabila lensa kotor maka bersihkan dengan kain khusus untuk lensa.
- Pada saat akan melakukan pengamatan, pastikan kalian berada pada posisi nyaman, bisa dengan duduk atau berdiri.
- Amati contoh batuan tanpa menggunakan *loupe* terlebih dahulu untuk menemukan area yang menarik dan segar (*fresh*) atau tidak lapuk. Jika diperlukan, gunakan bantuan ujung jari sebagai penanda area yang akan diamati.
- Tempatkan *loupe* sekitar 0,5 cm dari mata, kemudian secara perlahan gerakkan contoh batuan (*hand specimen*) ke arah kalian. Apabila objek yang diamati berupa singkapan batuan, dekatkan diri kalian dan *loupe* ke arah singkapan hingga mendapatkan fokus pengamatan (biasanya sekitar 1 - 4 cm dari objek).

## 5. Buku catatan lapangan

Buku catatan lapangan merupakan buku yang digunakan untuk mencatat data geologi atau hasil deskripsi dari sebuah singkapan. Pada umumnya, buku ini berukuran A5 dengan sampul tebal (*hard cover*) dan kertas yang digunakan dapat berupa kertas tahan air (*waterproof*). Pada bagian dalamnya memiliki dua tampilan kertas yang berbeda. Biasanya, bagian halaman sisi kiri merupakan kertas polos atau milimeter. Bagian ini digunakan untuk membuat sketsa singkapan secara detail sebagai pelengkap foto. Adapun bagian halaman sisi kanan merupakan kertas bergaris. Bagian ini digunakan untuk mencatat data lapangan. Disarankan untuk pencatatan di buku catatan lapangan menggunakan pensil HB atau 2B. Coba, kalian perhatikan Gambar 5.11.





Gambar 5.11 Buku catatan lapangan.  
Sumber: Masfut Mustahar (2022)

## 6. Peta

Peta adalah gambaran objek alamiah atau buatan manusia di atas permukaan bumi yang diperkecil dengan skala tertentu. Peta merupakan salah satu peralatan wajib yang harus dibawa saat melakukan pekerjaan geologi lapangan. Peta digunakan sebagai panduan batasan area kerja dan juga untuk orientasi saat di lapangan. Pembahasan lebih lanjut terkait peta akan dibahas pada Bab 6 dalam buku ini.

## 7. Pita ukur dan tongkat Jacob

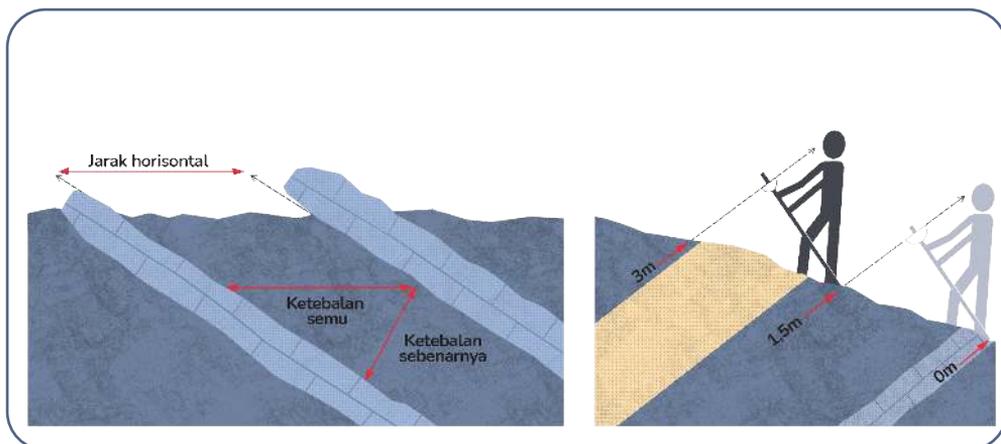
Dimensi dari sebuah singkapan dan ketebalan lapisan batuan merupakan data yang wajib diambil. Gambar 5.12 menunjukkan peralatan yang digunakan untuk mengukur dimensi dan tebal lapisan batuan. Pita ukur memiliki panjang yang bervariasi, di antaranya 3 m, 5 m, atau 30 m. Umumnya, bahan dari pita ukur terbuat dari plastik dan plat logam.





Gambar 5.12 Berbagai jenis pita ukur.  
Sumber: Coe (2010)

Pengukuran ketebalan lapisan menggunakan pita ukur akan mendapatkan nilai ketebalan semu. Hal ini dikarenakan pengukuran dilakukan tidak tegak lurus terhadap bidang perlapisan batuan. Nilai ketebalan sebenarnya dapat dihitung menggunakan persamaan trigonometri. Mengukur ketebalan lapisan sebenarnya langsung di lapangan dapat dilakukan dengan menggunakan tongkat Jacob. Perhatikan Gambar 5.13 berikut.



Gambar 5.13 Ilustrasi ketebalan lapisan (kiri); ilustrasi pengukuran ketebalan lapisan menggunakan tongkat Jacob (kanan).



## 8. Kantong contoh batuan (sampel)

Kantong contoh batuan (sampel) digunakan untuk menyimpan contoh batuan yang didapatkan di lokasi pengamatan. Contoh batuan tersebut digunakan untuk analisis lebih lanjut di laboratorium, seperti pengamatan petrografi atau mikrofosil. Umumnya, besarnya sampel batuan yang diambil berukuran segenggaman tangan (*hand specimen*). Adapun sampel batuan yang digunakan untuk keperluan khusus dapat diambil dengan ukuran lebih besar.

Kantong sampel terbuat dari bahan katun berwarna putih kusam dengan bagian sisi yang terbuka terdapat tali pengikat. Kalian juga dapat menggunakan kantong plastik *ziplock* sebagai alternatif apabila kantong sampel kain sulit didapatkan.

### Prosedur kerja

- Masukkan contoh yang diambil ke dalam kantong, usahakan dalam kondisi kering.
- Untuk kantong kain, tarik tali pengikat dan ikat dengan erat tetapi dengan ikatan yang mudah dilepaskan. Tulis lokasi, tanggal, dan kode sampel pada bagian luar kantong sampel menggunakan spidol permanen/*waterproof*.
- Untuk kantong plastik, pergunakan kantong rangkap. Tulis lokasi, tanggal, dan kode sampel pada kantong plastik yang berisi sampel. Buat juga tulisan yang sama pada kertas tebal berukuran 6 x 6 cm. Masukkan kantong berisi sampel dan kertas tersebut ke dalam kantong sampel kedua. Rekatkan *ziplock* dengan sempurna.

## 9. Larutan HCl

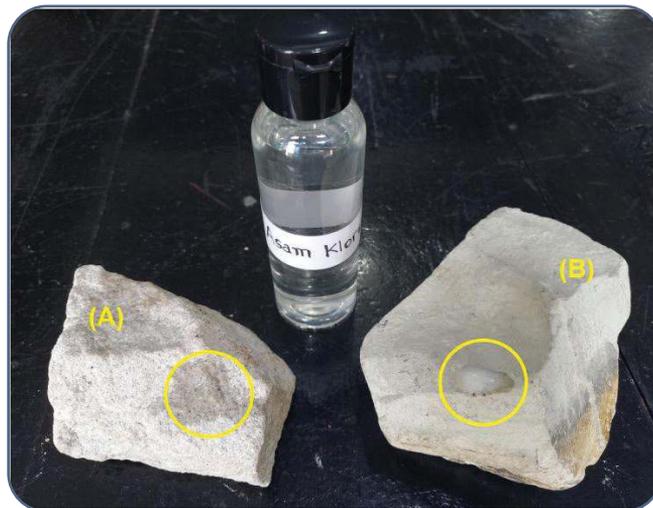
Larutan HCl (asam klorida) digunakan untuk mengetahui keterdapatannya mineral karbonat dalam batuan. Konsentrasi HCl yang digunakan sebesar 0,1 N. Cara pengenceran HCl, yaitu dengan menambahkan air



destilasi. Banyaknya air yang ditambahkan berpedoman pada rumus  $V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$ .

### Prosedur kerja

- Masukkan HCl 0,1 N ke dalam botol kecil (seperti botol tetes mata). Kalian dapat membelinya di toko bahan kimia. Berikan tulisan/kode pada botol tersebut.
- Teteskan larutan HCl di atas batuan. Pastikan meneteskan pada bagian yang masih segar atau tidak lapuk.
- Reaksi antara larutan HCl dan mineral karbonat dalam batuan akan menghasilkan buih dan bunyi “joss”. Buih dan bunyi tersebut merupakan gas  $CO_2$  yang dihasilkan saat reaksi kimia.



Gambar 5.14 Batuan yang ditetesi dengan larutan HCl (di dalam lingkaran kuning). Batuan A tidak menghasilkan buih sedangkan batuan B menghasilkan buih.

Sumber: Masfut Mustahar (2022)



## B. Pengamatan Lapangan

Pengamatan lapangan memerlukan ketekunan, kecermatan, dan pengalaman dalam mengumpulkan data geologi yang diperlukan. Saat melakukan pengamatan lapangan untuk pertama kalinya, kalian mungkin akan mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi objek geologi yang ada. Untuk itu, kalian harus memiliki pengetahuan dasar geologi yang baik.

Kegiatan geologi lapangan memiliki berbagai tujuan, seperti identifikasi struktur geologi, membuat peta geologi, membuat peta gerakan tanah, dan lain-lain. Sebelum pergi ke lapangan, kalian harus menentukan tujuan dari kegiatan lapangan yang akan dilakukan. Hal ini perlu dilakukan untuk membatasi jenis data yang akan diambil saat di lapangan sehingga kegiatan lebih efektif dan efisien. Setelah menentukan tujuan kegiatan lapangan, pertanyaan berikutnya, yaitu “Di mana dapat menjumpai objek geologi untuk diamati?”.

Wilayah Indonesia yang beriklim tropis mengakibatkan tingginya tingkat pelapukan dan vegetasi yang relatif lebat. Tentunya, dua hal tersebut akan menyulitkan dalam pengumpulan data geologi yang diperlukan. Umumnya, lokasi yang cukup ideal berada di dinding tebing sungai, lokasi pertambangan, tebing pantai, dan lokasi proyek pembangunan infrastruktur (jalan, terowongan, waduk, dan sebagainya). Umumnya, singkapan batuan pada lokasi tersebut masih dalam kondisi segar (*fresh*). Berikut kriteria lokasi yang dapat dijadikan tempat pengamatan.

1. Singkapan batuan yang relatif segar atau tidak lapuk.
2. Terdapat kontak antara dua jenis batuan.
3. Dijumpai struktur geologi yang jelas.
4. Pada lokasi dapat diamati morfologi sekitar.
5. Dijumpai fenomena geologi tertentu sesuai tujuan kegiatan lapangan, seperti lokasi longsoran, keterdapatn mata air, dan sebagainya.



Dalam melakukan pengamatan lapangan terdapat lima hal yang harus kalian lakukan, yaitu:

## 1. Menentukan lokasi

Saat melakukan pengamatan lapangan, seorang ahli geologi harus dapat mengetahui lokasinya berada. Menentukan lokasi pengamatan merupakan hal pertama yang harus dilakukan sebelum kegiatan lainnya. Ketepatan dalam menentukan lokasi pengamatan sangat berpengaruh terhadap hasil akhir dari tujuan kegiatan lapangan.

Penentuan lokasi dapat dilakukan menggunakan kompas atau GPS. Pada dasarnya, penentuan lokasi menggunakan GPS memiliki keunggulan lebih praktis dalam penggunaan dan memberikan informasi posisi dengan akurasi yang baik (3 - 5 m). Meskipun demikian, GPS juga memiliki kekurangan. Pada lokasi tertentu, seperti di lembah GPS akan sulit menerima sinyal dari satelit. Selain itu, GPS juga memerlukan sistem daya sehingga kalian perlu membawa baterai cadangan saat ke lapangan. Apabila GPS rusak, baterai habis atau GPS tidak terkoneksi dengan satelit, kalian dapat menggunakan metode kompas untuk menentukan lokasi.

Koordinat atau orientasi dari lokasi pengamatan yang sudah diketahui dicatat dalam buku catatan lapangan dan diplotkan pada peta secara tepat. Penetapan lokasi juga dapat dikaitkan dengan unsur alami atau buatan manusia yang dapat diketahui di lapangan ataupun di peta. Berikut beberapa contoh penulisan lokasi pada buku catatan lapangan.

- Lokasi 12 berada di alur Sungai Dengkeng di Barat Desa Jotangan, koordinat S:  $7^{\circ} 39' 50,14''$  dan E:  $110^{\circ} 45' 52,32''$ .
- Lokasi 09 berada pada tepi jalan Desa Kepuh, posisi N  $70^{\circ}$  E dari G.Pindul dan N  $250^{\circ}$  E dari G. Gajah.

## 2. Observasi objek geologi

- Kegiatan observasi merupakan kegiatan mengamati secara detail dan menyeluruh objek atau fenomena geologi yang ada di lapangan. Objek



geologi yang diamati tidak hanya sebatas singkapan batuan, akan tetapi dapat juga berupa kenampakan bentang alam, proses geomorfologi, dan sebagainya.

Ketika melakukan pengamatan, kalian dapat mengamati objek tersebut dari jauh terlebih dahulu sebelum mengamatinya dari dekat. Mengamati objek dari jauh bertujuan untuk mendapatkan gambaran umum terkait objek yang diamati, selain itu juga untuk melihat apakah terdapat objek geologi lain yang lebih baik. Kalian dapat membuat sketsa geologi saat melakukan pengamatan dari jauh. Setelah melakukan pengamatan dari jauh, lakukan pengamatan dari dekat untuk mendapatkan detail informasi dari objek yang diamati.

### 3. Pemerian objek geologi

Pemerian merupakan kegiatan mendeskripsikan objek geologi yang sedang diamati. Seorang ahli geologi harus mampu melihat fakta-fakta geologi di lapangan. Untuk itu, diperlukan pengetahuan dasar seperti petrologi, geologi struktur, dan pengetahuan dasar lainnya. Dengan demikian semua fakta geologi yang ada dapat tercatat dengan benar dan akurat. Kalian juga dapat menggunakan peralatan yang sesuai untuk melakukan pengukuran dan pengesanan. Pemerian geologi harus dilakukan dengan cermat dan teliti. Untuk mempermudah kegiatan pemerian, kalian dapat menggunakan beberapa pertanyaan berikut.

- Apa yang diamati?  
Pertanyaan ini berkaitan dengan objek geologi apa yang sedang diamati, misalnya singkapan batu gamping, sesar yang memotong batu pasir, perbukitan kerucut kars.
- Dalam keadaan bagaimana?  
Pertanyaan ini berkaitan dengan kondisi dari objek geologi yang diamati, misalnya lapuk lanjut, segar berwarna abu-abu, perbukitan terbiku kuat.
- Tersusun oleh apa?



Pertanyaan ini berkaitan dengan komponen penyusun dari objek geologi yang diamati, misalnya tersusun oleh fragmen andesit yang meruncing.

- **Seberapa?**

Pertanyaan ini berkaitan dengan persentase komponen penyusun batuan, ukuran/dimensi dan kedudukan batuan atau struktur geologi. Misalnya, batu pasir memiliki kedudukan N 30°E/45°; tebing memiliki ketinggian 10 m dengan kemiringan 50°; batuan tersusun atas mineral kuarsa 30%, plagioklas 20%, ortoklas 30%, dan biotit 20%.

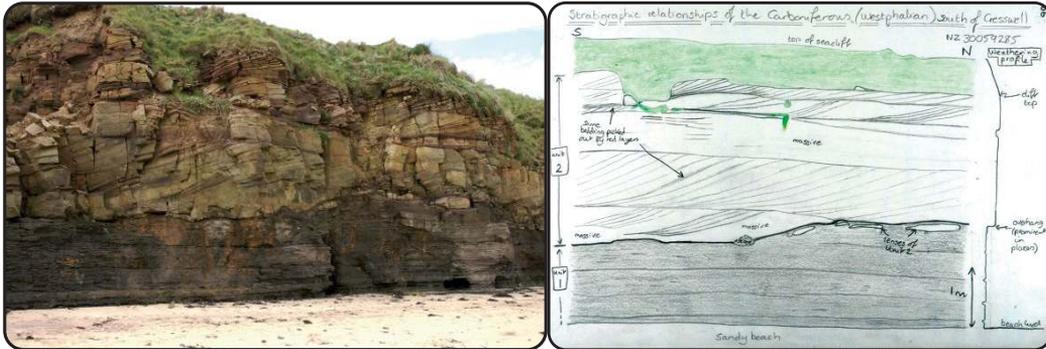
- **Bagaimana?**

Pertanyaan ini berkaitan dengan pendugaan atau interpretasi awal dari proses pembentukan objek geologi tersebut. Misalnya, intrusi andesit (*dike*) memotong perlapisan batu pasir, konglomerat menumpang secara selaras di atas batu pasir.

Kemudian, hasil pemerian dicatat dalam buku catatan lapangan. Catatan lapangan merupakan data utama bagi seorang ahli geologi, sehingga catatan lapangan harus dibuat secara sistematis dan jelas. Selain berisi informasi dari jawaban pertanyaan-pertanyaan di atas, catatan lapangan juga harus dilengkapi dengan informasi lain seperti tanggal pengamatan, nama lokasi, cuaca pada saat pengamatan, dan sketsa singkapan atau objek yang diamati.

Sketsa lapangan merupakan bagian penting dalam catatan lapangan. Sketsa lapangan merupakan catatan dalam bentuk grafis atau gambar. Coba kalian perhatikan Gambar 5.15. Pada umumnya, informasi dalam bentuk gambar lebih informatif daripada informasi dalam bentuk tulisan atau kata-kata. Sketsa yang dibuat harus dapat menonjolkan atau menunjukkan informasi yang signifikan, seperti struktur batuan, hubungan antarbatuan, geometri dari struktur geologi, kenampakan bentang alam, ataupun sketsa lokasi.





Gambar 5.15 Contoh sketsa lapangan.

Sumber: Coe (2010)

#### 4. Mengambil sampel

Pengambilan sampel bertujuan untuk pengujian lebih lanjut di laboratorium. Kualitas dan kuantitas sampel yang diambil bergantung pada jenis pengujian yang akan dilakukan. Contohnya, untuk pembuatan sayatan tipis diperlukan sampel batuan segar (*fresh*) seukuran genggam tangan (*hand specimen*).

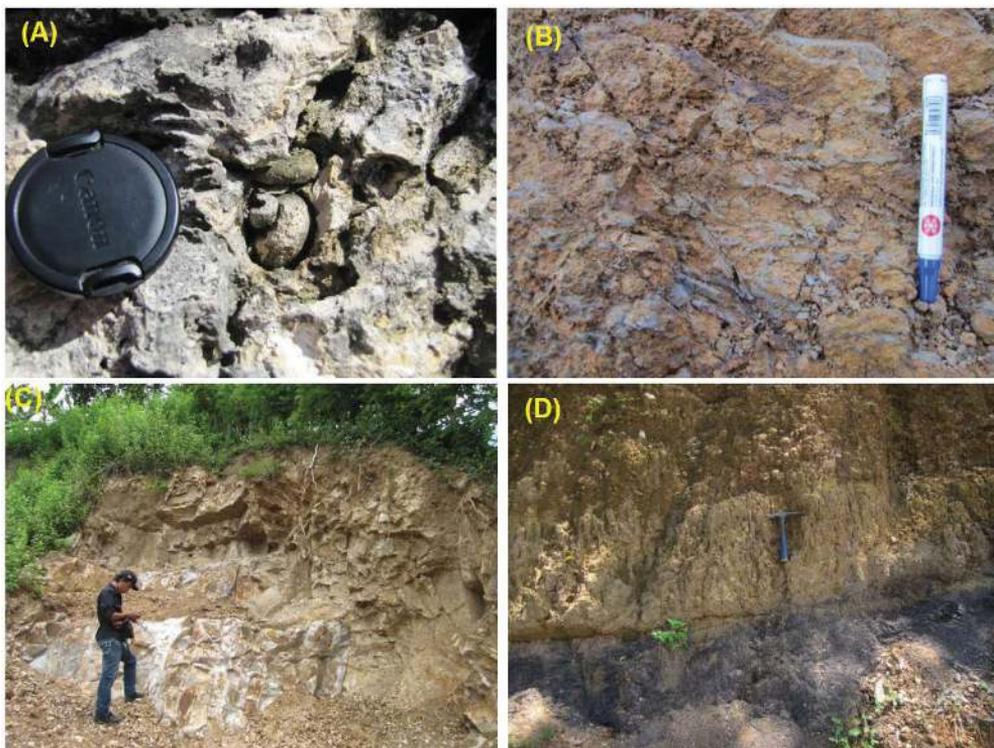
Penanganan sampel yang sudah diambil disesuaikan dengan standar prosedur penanganan sampel untuk pengujian tertentu. Contohnya, untuk pembuatan sayatan tipis cukup dimasukkan ke dalam kantong sampel dan diberikan kode sampel. Pengkodean sampel tidak memiliki kaidah khusus. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengkodean, yaitu konsistensi dalam penomoran. Salah satu contoh pengkodean sampel, yaitu menggunakan kombinasi tahun, kode nama pemilik atau proyek, dan nomor lokasi pengamatan. Misalnya, 22/MM/01 artinya sampel tersebut diambil pada tahun 2022 oleh Masfut Mustahar (MM) di lokasi pengamatan pertama.

#### 5. Melakukan dokumentasi

Pada dasarnya, pengambilan foto pada sebuah objek geologi bukanlah pengganti dari sketsa lapangan. Walaupun foto dapat memberikan gambaran secara nyata dari objek yang diamati, tetapi kalian tidak dapat memberikan keterangan khusus pada foto tersebut secara langsung

di lapangan. Hasil foto dan sketsa lapangan dapat digunakan untuk membantu melakukan interpretasi atau pendugaan saat pengolahan data di studio.

Saat melakukan dokumentasi, penggunaan pembanding perlu diperhatikan. Pembanding bermanfaat untuk memperkirakan ukuran atau dimensi sebenarnya dari objek yang difoto. Pembanding dapat berupa manusia, palu geologi, uang koin, atau benda lain yang memiliki ukuran standar. Foto yang diambil harus dapat merekam kondisi umum dan detail dari lokasi pengamatan. Pengambilan foto dapat dilakukan dari jarak jauh (*landscape*) dan dekat (*close up*). Coba kalian perhatikan Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Foto yang diambil dari dekat (A, B) dan foto yang diambil dari jarak jauh (C,D).  
Sumber: Masfut Mustahar (2013)





### Aktivitas 5.3

#### Melakukan Observasi Singkapan Geologi

Carilah 3 lokasi yang dapat dijadikan sebagai lokasi pengamatan geologi. Kemudian, lakukan pengamatan pada setiap lokasi dan buat catatan lapangan dari setiap lokasi tersebut.



### Uji Kompetensi

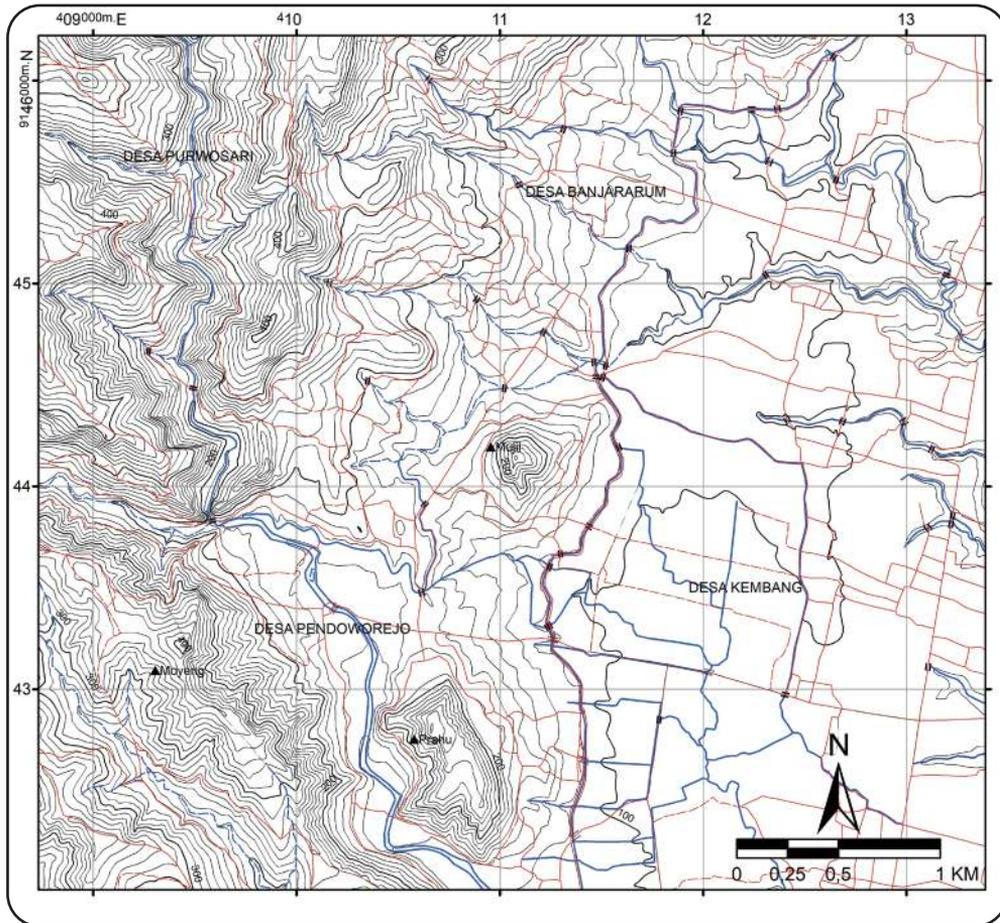
**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!**

1. Sebutkan 5 peralatan utama geologi lapangan beserta fungsinya!
2. Ubahlah data pengukuran kompas kuadran berikut ke dalam bentuk azimut!

Kuadran	Azimut
N 20° W	...
S 15° E	...
S 40° W	...
N 45° E	...

3. Jelaskan lokasi yang dapat dijadikan sebagai tempat pengamatan geologi!
4. Perhatikan gambar peta topografi Gunung Mujil dan sekitarnya, Kecamatan Nanggulan berikut.





Gambar 5.17 Peta topografi Gunung Mujil dan sekitarnya, Kecamatan Nanggulan.

Sumber: Masfut Mustahar (2022)

Kemudian, jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.

- Apabila didapatkan hasil bidikan (*shooting*) terhadap puncak Gunung Mujil adalah  $N 317^\circ E$  dan terhadap puncak Gunung Prahu adalah  $N 255^\circ E$ , tentukan lokasi pada peta!
- Tentukan nilai koordinat dari puncak Gunung Mujil!
- Pada titik 411980 mE; 9144860 mN dijumpai singkapan perlapisan batu pasir dengan kedudukan  $N 40^\circ E/45$ , gambarkan simbol *strike/dip* pada lokasi tersebut!





## Pengayaan

Perkembangan teknologi pada era 4.0 berkembang dengan sangat cepat, terutama dalam dunia digital. Saat ini, beberapa peralatan geologi lapangan seperti peta, GPS, dan kompas geologi telah tersedia dalam bentuk aplikasi. Setelah kalian memahami materi pada bab ini, silakan cari dan pelajari aplikasi ataupun teknologi yang dapat digunakan dalam kegiatan pengambilan data geologi pada sebuah singkapan.



## Refleksi

Setelah membaca materi dan melakukan berbagai aktivitas pada bab ini, berikan tanda centang (✓) pada bagian yang sudah kalian kuasai atau tanda silang (x) pada materi yang belum dikuasai.

No.	Materi	Kompetensi (✓/x)
1.	Jenis peralatan geologi lapangan	
2.	Penggunaan GPS	
3.	Penggunaan kompas geologi	
4.	Pembuatan catatan lapangan	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan  
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis : Masfut Mustahar dan Akhmad Syaripudin  
ISBN : 978-623-194-516-7 (no.jil.lengkap PDF)  
978-623-194-518-1 (jil.2 PDF)

# Bab 6

# Gambar Teknik Geologi



## Pemantik

Di dunia ini, manusia telah membuat banyak media informasi. Mengapa kita memerlukan sebuah peta dalam aktivitas yang berhubungan dengan geologi pertambangan?



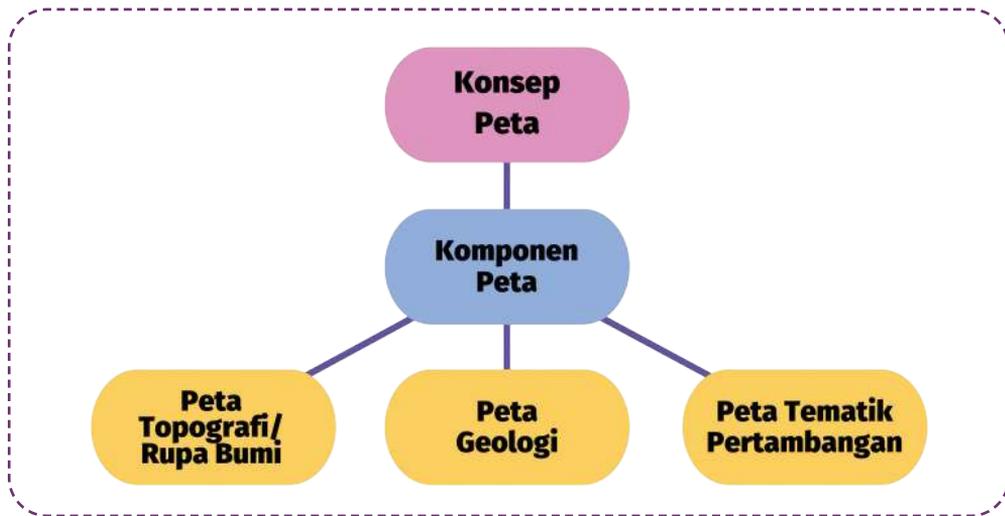


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi dan melakukan aktivitas yang terdapat pada bab ini, kalian diharapkan mampu memahami konsep peta dan tata letak peta, memahami komponen-komponen peta, memahami peta (peta topografi, peta geologi, peta tematik pertambangan).



## Peta Konsep



Gambar 6.1 Peta konsep gambar teknik geologi.



## Kata Kunci

kartografi, peta, topografi, kontur, penampang



Dalam geologi pertambangan, penggunaan peta sangat diperlukan, baik saat kegiatan eksplorasi maupun kegiatan eksploitasi. Peta merupakan sumber data dan informasi spasial yang dijadikan informasi dasar untuk melakukan kegiatan-kegiatan teknis berikutnya. Dalam semua kegiatan teknis, peta topografi atau peta rupa bumi menjadi peta dasar yang nantinya akan ditumpangkan dengan informasi lainnya. Dengan demikian, peta topografi dapat dikembangkan menjadi peta tematik, seperti peta geologi dan peta kegiatan dalam pertambangan, misal peta kemajuan tambang. Sebelum kita membahas lebih jauh mengenai peta topografi dan peta geologi, kita akan membahas terlebih dahulu mengenai hal-hal umum yang berkaitan dengan peta.

## A. Konsep Peta

Dalam mempelajari ilmu kebumihan, peta merupakan media yang sangat berguna, baik di lapangan maupun di studio, analog maupun digital. Dengan memahami sebuah peta berikut unsur-unsur yang ada di dalamnya, kita akan mendapatkan banyak informasi yang diperlukan dari suatu daerah. Banyak pengertian dari peta.

Menurut Utami (2019), peta adalah gambaran dari permukaan bumi dengan ukuran yang lebih kecil, biasanya dengan skala tertentu dan digambarkan di atas bidang datar dalam bentuk simbol-simbol yang sifatnya selektif melalui suatu sistem proyeksi tertentu. Untuk menggambar peta diperlukan beberapa informasi yang berkaitan dengan unsur-unsur bumi dan diperoleh dari survei lapangan secara langsung maupun tidak langsung menggunakan studi referensi yang selanjutnya dilakukan pengumpulan data, pengelompokan, kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk simbol-simbol tertentu sesuai dengan aturan dalam kartografi.

### 1. Fungsi Peta

Fitur peta yang paling penting, yaitu penunjuk arah dan melakukan navigasi. Bagaimanapun, sebagian besar peta yang digunakan masyarakat dibuat untuk membantu arah orientasi dan navigasi. Orang



menggunakan peta sebagai arah untuk pergi dari satu tempat ke tempat lain di sepanjang rute tertentu dan ingin memeriksa apakah mereka masih berada di jalur yang benar selama perjalanan mereka.

Dalam perkembangannya, peta menjadi informasi geospasial yang sangat penting. Peta tidak hanya menyajikan informasi arah, tetapi dapat menyajikan informasi lain yang tampak di permukaan bumi. Menurut Utami (2019), beberapa fungsi peta, yaitu:

- a. Menunjukkan arah dan posisi relatif di permukaan bumi.
- b. Memperlihatkan ukuran suatu objek dipermukaan bumi.
- c. Memperlihatkan bentuk objek sehingga dimensinya dapat ditentukan.
- d. Mengumpulkan data spasial untuk disajikan ke dalam media cetak atau elektronik.

Semua peta dibuat dengan tujuan tertentu. Berikut beberapa tujuan dan kegunaan peta.

- a. Memberikan informasi keruangan yang berkaitan dengan lokasi sebuah tempat.
- b. Menyimpan informasi keruangan suatu lokasi.
- c. Membantu dalam perencanaan suatu pekerjaan atau desain pekerjaan.
- d. Sebagai media pembelajaran.

## 2. Jenis Peta

Secara umum, jenis peta dapat dibagi menjadi 4 kategori yang dibedakan berdasarkan skala, isi, bentuk, dan sumber datanya.

### a. Jenis peta berdasarkan skala

Berdasarkan skala, peta dibedakan dalam lima jenis, yaitu:

- 1) Peta kadaster adalah peta berskala 1 : 100 – 1: 5000.
- 2) Peta skala besar adalah peta berskala < 1 : 5.000 – 1 : 250.000.
- 3) Peta skala sedang adalah peta berskala < 1:250.000–1 : 500.000.



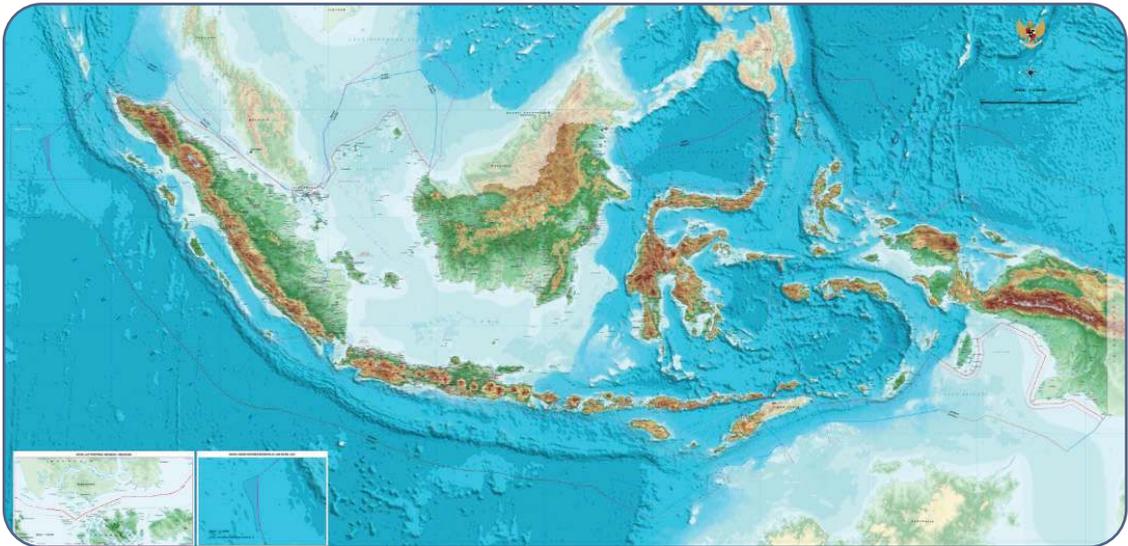
- 4) Peta skala kecil adalah peta berskala  $< 1:500.000 - 1 : 1.000.000$ .
- 5) Peta skala tinjau adalah peta berskala  $< 1 : 1.000.000$ .

Perlu ditekankan di sini, bahwa tidak ada kriteria angka tertentu yang membatasi jenis peta tersebut.

### **b. Jenis peta berdasarkan isi**

Berdasarkan isi, peta dibedakan dalam tiga jenis, yaitu:

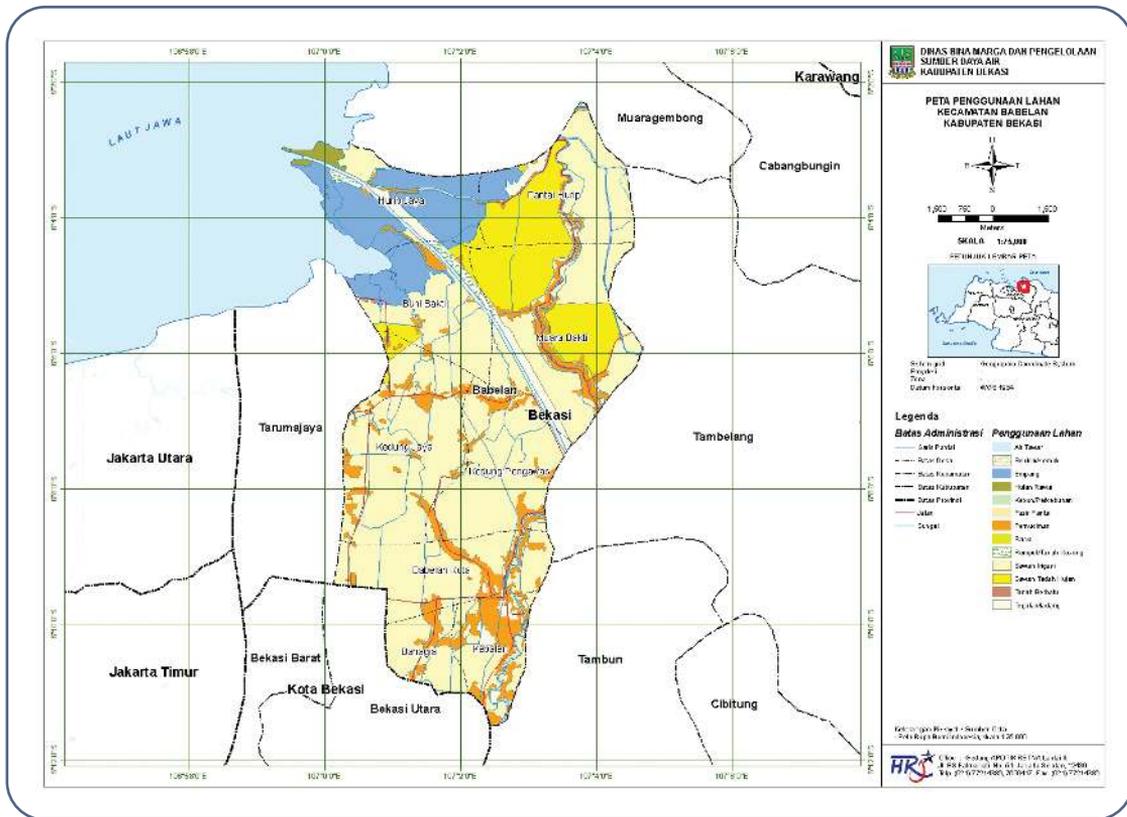
- 1) Peta umum adalah gambaran umum dari permukaan bumi, seperti gunung, sungai, permukiman, dan sebagainya. Contohnya peta topografi berskala besar dan peta berskala kecil seperti pada Gambar 6.2 berikut.



Gambar 6.2 Peta atlas.

Sumber: Peta Rupa Bumi Indonesia, BIG

- 2) Peta khusus adalah peta yang berisi gambaran sesuatu hal yang bersifat khusus, seperti penyebaran penduduk, curah hujan, dan penggunaan lahan. Jenis peta ini dapat dikelompokkan lagi sesuai dengan tema-nya, sehingga dikenal sebagai peta tematik, seperti pada Gambar 6.3 berikut.

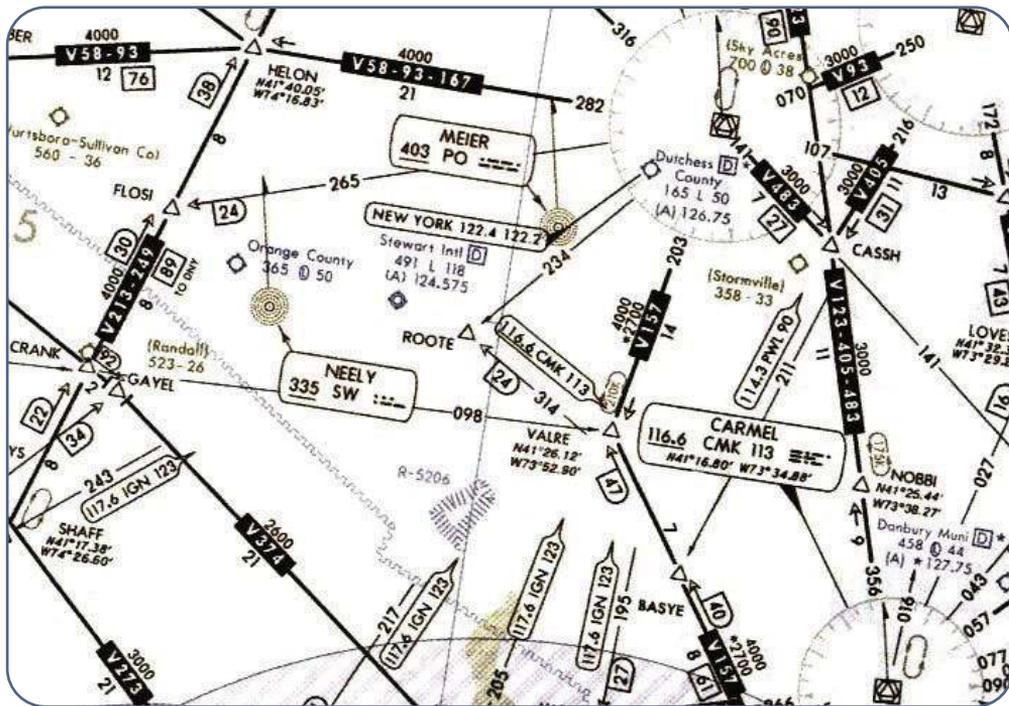


Gambar 6.3 Peta tematik penggunaan lahan.

Sumber: Akhmad Syaripudin, 2013.

- 3) Peta chart merupakan peta khusus yang dipergunakan hanya untuk kepentingan perjalanan, misal untuk navigasi laut dan penerbangan, Dalam peta tersebut juga digambarkan faktor-faktor yang sangat berpengaruh atau penting untuk diperhatikan bagi kepentingan keselamatan perjalanan, seperti terlihat pada Gambar 6.3.





Gambar 6.4 Peta chart rute penerbangan.  
 Sumber: aircraftengineering (2012)

### c. Jenis peta berdasarkan bentuk peta

Berdasarkan bentuk peta ada tiga jenis peta, yaitu:

#### 1) Peta analog

- Peta planimetri adalah peta berbentuk datar (dua dimensi) disebut juga peta garis yang dibuat pada suatu bidang datar menggunakan kertas ataupun bahan lain. Perbedaan warna atau simbol digunakan untuk membedakan kenampakan bentuk-bentuk permukaan bumi atau daratan dan perairan.
- Peta stereometri adalah peta berbentuk timbul (tiga dimensi) yang dibuat berdasarkan bentuk permukaan bumi yang sebenarnya. Peta ini memperlihatkan kenampakan permukaan bumi dengan relief yang jelas, misalnya kelokan aliran sungai, bukit dan gunung, dataran rendah, atau lembah yang dalam.



## 2) Peta foto

Peta foto adalah peta yang dihasilkan dari penggabungan beberapa foto udara atau mosaik foto udara yang dilengkapi dengan garis kontur, nama, dan keterangan. Objek pada peta digambarkan sesuai dengan wujud sebenarnya. Coba, kalian perhatikan Gambar 6.5 berikut.



Gambar 6.5 Foto udara.  
Sumber: Herdy Febriyana Putra (2022)

## 3) Peta digital

Peta digital adalah peta yang telah dikonversi ke dalam bentuk digital dan tersimpan dalam komputer atau gawai. Peta digital mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan peta analog, antara lain menggunakan komputer sehingga proses pembuatan dan atau revisi/pembaharuan (*updating*) peta dapat dilakukan dengan cepat dan hasilnya lebih baik, selain itu tidak memerlukan ruang penyimpanan karena semua tersimpan dalam *harddrive* di komputer. Data peta digital diperoleh dari beberapa cara, antara lain dari citra satelit, dijitasi foto udara dan atau peta garis, serta dari

hasil pengukuran dengan alat ukur terestris. Penggambaran peta digital dapat dilakukan menggunakan beberapa *software*, seperti ArcMap, MapInfo, Autocad, dan sebagainya (Utami, 2019). Berikut contoh peta digital yang dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM).



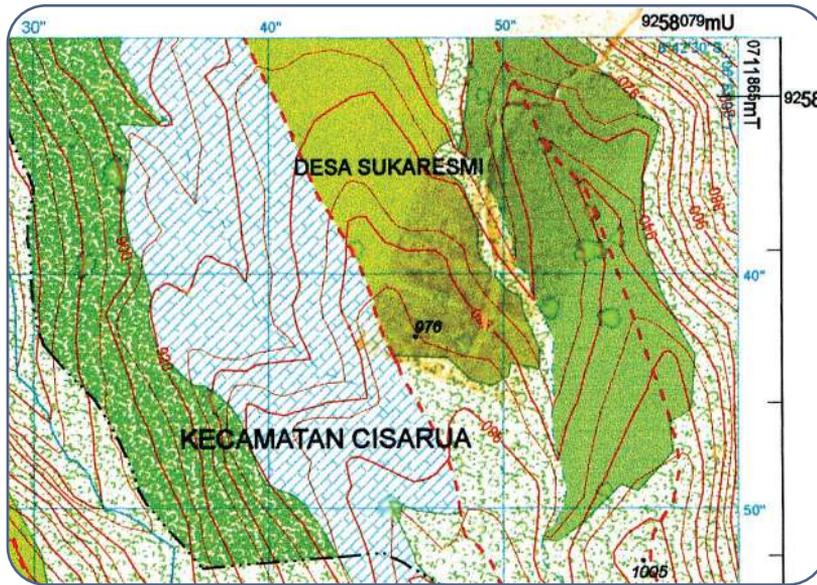
Gambar 6.6 Peta digital.  
Sumber: Kementerian ESDM (2022)

### 3. Tata Letak Peta

Peta yang baik harus dapat menyampaikan informasi yang dibutuhkan secara lengkap sehingga pengaturan data spasial dari berbagai elemen dan komponen peta harus teratur. Peta terdiri atas dua komponen utama, yaitu muka peta dan tepi peta.

#### a. Muka peta

Muka peta merupakan bagian peta yang memuat gambaran berbagai objek dan fenomena geografi yang ada di permukaan bumi. Pada muka peta tertera garis batas peta, bagian utama muka peta, dan *grid* sistem koordinat peta yang digunakan. Coba, kalian perhatikan Gambar 6.7 berikut.



Gambar 6.7 Muka peta.

Sumber: Bakosurtanal (2001)

### 1) Garis batas peta

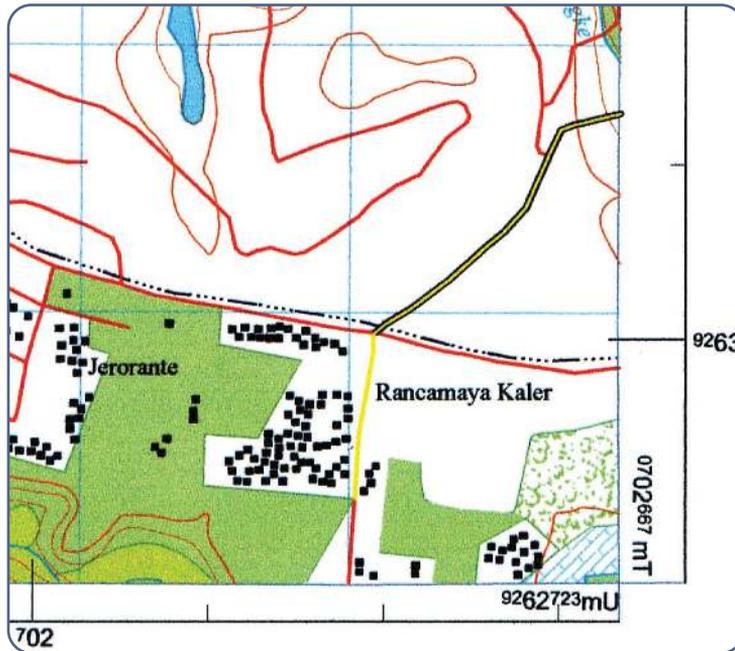
Garis batas peta merupakan batas lokasi yang terdapat dalam muka peta yang dapat dijadikan sebagai panduan dalam penomoran peta. Contohnya, peta rupa bumi yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial.

### 2) Bagian utama muka peta

Bagian utama muka peta merupakan bagian utama sebuah peta yang di dalamnya terdapat gambaran wilayah kajian yang berisi semua informasi spasial baik objek buatan manusia ataupun objek bentukan alami.

### 3) Grid sistem koordinat peta

*Grid* adalah sistem yang membagi area peta menjadi kotak-kotak, terdiri atas garis vertikal dan horizontal dengan jarak yang sama dan saling berpotongan tegak lurus sehingga membentuk jaringan kotak-kotak (kisi) yang membagi lembar peta menjadi bagian-bagian yang sama luas. *Grid* berhubungan dengan sistem koordinat yang digunakan pada peta tersebut. Coba, kalian perhatikan Gambar 6.8.



Gambar 6.8 Garis biru yang saling berpotongan menunjukkan *grid* peta.  
 Sumber: Bakosurtanal (2001)

## B. Komponen Peta

Peta yang baik harus dilengkapi dengan komponen-komponen standar peta, agar peta dapat dibaca, mudah dipahami, dan tidak membingungkan. Peta terdiri atas beberapa unsur yang berfungsi memberi informasi tertentu agar pembaca mudah memahaminya. Berikut unsur-unsur peta yang dimaksud.

### 1. Judul dan Nomor Peta

Judul peta merupakan isi utama sebuah peta yang ditampilkan. Biasanya, judul peta terletak di tengah atas atau di ujung kanan atas dengan penulisan menggunakan huruf kapital. Coba, kalian perhatikan Gambar 6.9. Peta geologi lembar Bandung pada gambar tersebut merupakan judul peta yang menampilkan kondisi geologi wilayah Bandung.

## PETA GEOLOGI LEMBAR BANDUNG, JAWA GEOLOGICAL MAP OF THE BANDUNG QUADRANGLE, JAWA

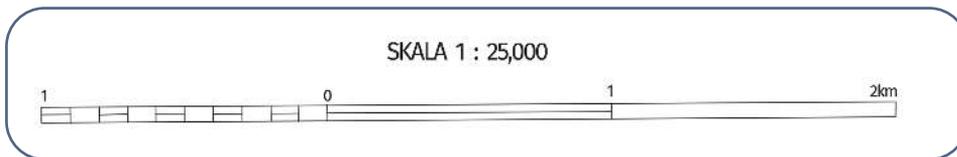
Oleh (By)  
P.H. SILITONGA  
2003

Gambar 6.9 Contoh judul peta geologi.

Sumber: Silitonga (2003)

### 2. Skala Peta

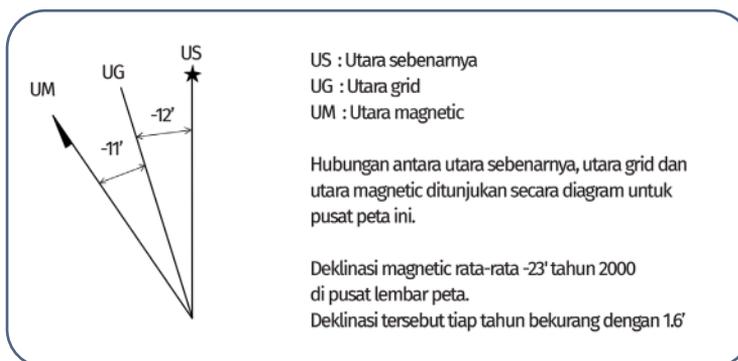
Skala peta merupakan perbandingan antara jarak pada peta dengan jarak sebenarnya di permukaan bumi. Skala peta terbagi menjadi tiga jenis, yaitu skala numerik (angka), skala garis dan skala verbal. Dari skala peta kita dapat mengetahui luas dan jarak sebenarnya suatu obyek di peta.



Gambar 6.10 Contoh skala garis dan skala angka yang tercantum pada peta RBI (Rupa Bumi Indonesia).

### 3. Tanda Arah

Dalam peta harus tercantum petunjuk arah yang digunakan untuk orientasi. Petunjuk arah ini berupa diagram arah mata angin, biasanya berupa tanda panah yang menunjukkan arah Utara ke atas. Perhatikan Gambar 6.11 berikut.



Gambar 6.11 Tanda arah yang tercantum pada peta RBI.

## 4. Keterangan/Legenda Peta

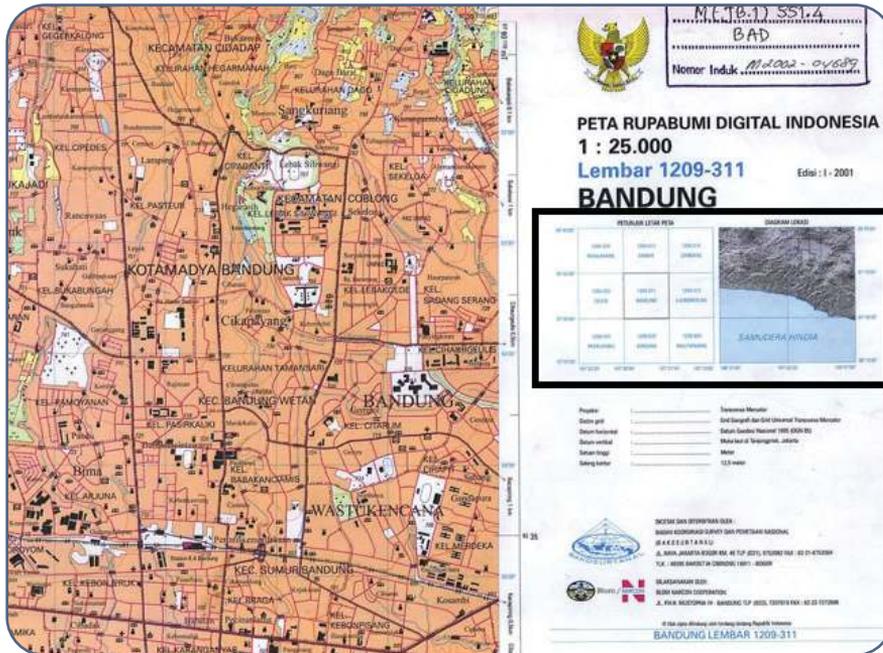
Legenda peta merupakan kumpulan penjelasan mengenai simbol-simbol yang digunakan pada suatu peta, sehingga mempermudah pembaca mengetahui maksud suatu simbol yang terdapat pada sebuah peta. Perhatikan contoh keterangan peta pada Gambar 6.12 berikut.

KETERANGAN	
<b>GEDUNG DAN BANGUNAN LAINNYA</b>	
	Bangunan
	Mesjid
	Gereja
	Pura
	Vihara
	Kuburan : Islam, Kristen
	Cina, Budha
<b>Kantor Pemerintah:</b>	
	Gubernur
	Walikota
<b>TUMBUH-TUMBUHAN</b>	
	Sawah
	Sawah Tadah Hujan
	Kebun/Perkebunan
	Hutan
	Semak/Belukar
	Tegal/Ladang
	Tanah Kosong/Rumput
	Hutan Rawa

Gambar 6.12 Contoh keterangan peta yang tercantum pada peta RBI.  
Sumber: Bakosurtanal (2001)

## 5. Peta Inset

Peta inset merupakan gambar peta yang tercantum di luar peta utama, tapi masih termasuk di dalam garis tepi peta dengan ukuran yang jauh lebih kecil dan digunakan untuk memperjelas suatu informasi pada peta utama. Perhatikan contoh peta inset pada Gambar 6.13 berikut.



Gambar 6.13 Contoh peta inset yang tercantum pada peta RBI.  
 Sumber : Bakosurtanal, 2001

## 6. Tahun Pembuatan Peta

Tahun pembuatan peta menunjukkan waktu peta tersebut dibuat. Pencantuman tahun pembuatan peta sebagai informasi kepada pengguna mengenai kapan peta tersebut dibuat. Hal ini dikarenakan data-data dapat berubah seiring berjalannya waktu. Dengan demikian, pengguna peta dapat mengetahui apakah peta tersebut masih relevan atau tidak. Perhatikan contoh tahun dan proses pembuatan peta pada Gambar 6.14 berikut.

Dibuat dicetak dan diedarkan oleh	: Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL)
Dikompilasi dari	: Foto Udara skala 1 : 50 000 tahun 1993/1994 secara Fotogrametri
Survey lapangan	: Tahun 1995
Catatan	: Peta ini bukan referensi resmi mengenai garis-garis batas administrasi nasional dan internasional. Jika terdapat kesalahan pada peta ini, harap memberitahukan kepada BAKOSURTANAL

Gambar 6.14 Contoh proses pembuatan peta yang tercantum pada peta RBI.  
 Sumber: Bakosurtanal (2001)

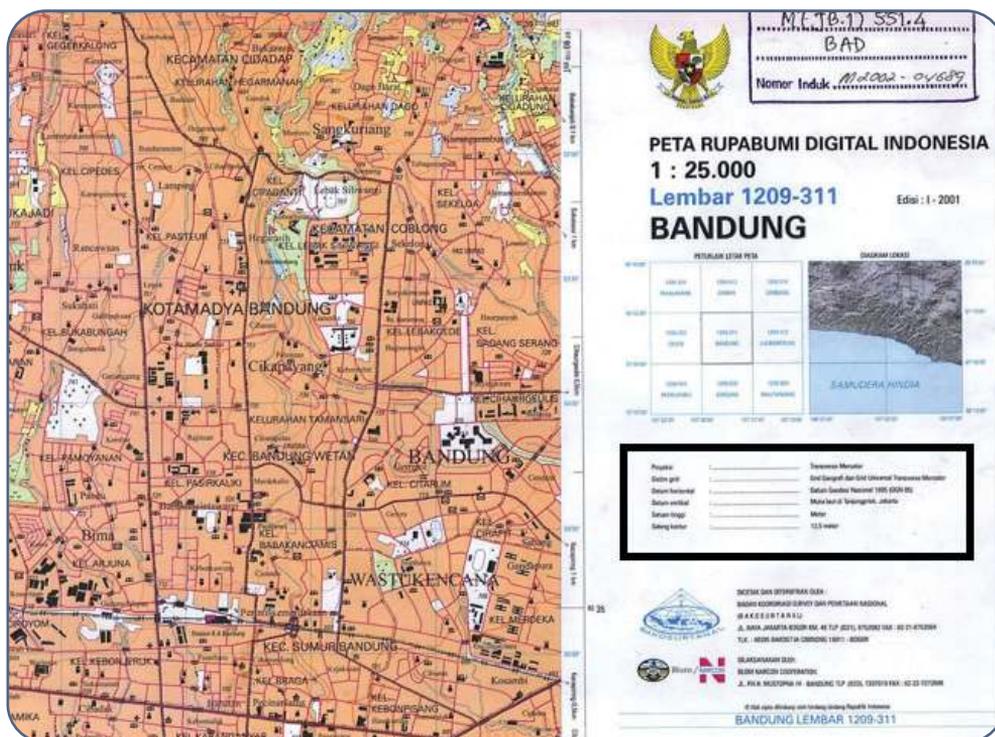




Sebaliknya, semakin cerah warnanya semakin tinggi dataran tersebut. Warna hijau menggambarkan dataran rendah, warna kuning menggambarkan dataran tinggi, sedangkan untuk laut menggunakan warna biru.

## 9. Sistem Koordinat

Untuk penentuan posisi di permukaan bumi sebuah peta diperlukan sebuah titik koordinat. Titik koordinat ini bergantung pada sistem proyeksi koordinat yang digunakan. Umumnya, peta yang beredar di Indonesia menggunakan dua sistem koordinat, yaitu sistem koordinat geografi (*Latitude & Longitude*) yang menggunakan satuan derajat, menit, dan detik serta sistem koordinat *Universal Tranverse Mercator* (UTM) yang menggunakan satuan meter. Contoh sistem proyeksi peta ditunjukkan pada Gambar 6.16 berikut.



Gambar 6.16 Contoh proyeksi sistem koordinat yang tercantum pada peta RBI

Sumber: Bakosurtanal, 2001

## C. Peta Topografi

Peta topografi disebut juga peta rupa bumi. Kata topografi berasal dari bahasa Yunani yaitu *topos* yang berarti tempat dan *graphi* yang berarti gambaran. Penggambaran sebuah tempat di permukaan bumi ini menggunakan garis-garis ketinggian atau dikenal sebagai garis kontur. Secara definisi, dapat dikatakan peta topografi sebagai peta yang menggambarkan permukaan bumi melalui garis-garis ketinggian tertentu. Dengan adanya garis kontur peta topografi dapat dikatakan seakan-akan memberikan gambaran wilayah permukaan bumi secara 3 dimensi (3D). Hal inilah yang sangat membantu dalam ilmu kebumiharian untuk mempelajari permukaan bumi sehingga dari garis kontur yang ada kita dapat menginterpretasikan bentuk permukaan bumi yang meliputi pola sungai, danau, laut, lembah, bukit, danau, kawah, pegunungan, dan bentukan alam lainnya.

Peta topografi mutlak digunakan dalam pekerjaan yang meliputi perencanaan pengembangan wilayah yang berhubungan dengan pemilihan lokasi atau dalam pekerjaan konstruksi. Khusus dalam kegiatan geologi, peta topografi digunakan sebagai peta dasar untuk pemetaan geologi, baik berskala regional ataupun detail. Peta topografi dipelajari sebagai tahap awal dari kegiatan lapangan untuk mempelajari kemungkinan-kemungkinan adanya unsur geologi, proses geologi yang dapat terjadi, serta bentuk bentang alam (morfologi). Peta topografi merupakan pencerminan dari keadaan geologi, terutama penyebaran batuan yang ada di daerah tersebut beserta struktur geologinya.

### 1. Garis Kontur

Dalam pembahasan peta topografi, kalian telah mengenal istilah garis kontur. Garis kontur atau garis tinggi adalah suatu garis khayal atau imajiner dalam suatu wilayah pada peta yang menghubungkan beberapa titik dengan ketinggian yang sama. Misalnya, suatu garis kontur memiliki nilai +25 meter, artinya semua tempat yang dilalui oleh garis tersebut mempunyai ketinggian yang sama, yaitu +25 meter.



Garis kontur memperlihatkan naik turunnya keadaan permukaan tanah atau topografi suatu wilayah. Dengan demikian, garis kontur memiliki fungsi sebagai berikut.

- Penanda ketinggian suatu wilayah.
- Penanda bentuk relief suatu bentang alam.
- Menghitung kemiringan lereng di suatu wilayah.
- Menghitung luas suatu galian.
- Menghitung luas genangan dan volume suatu bendungan.
- Menentukan rute sebuah rencana pembangunan jalan yang memiliki kemiringan tertentu.
- Membuat suatu potongan memanjang (penampang) suatu wilayah tertentu.

## 2. Sifat Garis Kontur

Garis kontur dalam sebuah peta topografi mempunyai karakteristik atau sifat khas, di antaranya:

- Setiap titik pada satu garis kontur mempunyai ketinggian yang sama.
- Garis kontur tidak bercabang dan tidak saling berpotongan satu dengan lainnya.
- Garis kontur membentuk suatu kurva tertutup.
- Garis kontur yang lebih rendah akan selalu mengelilingi garis kontur yang lebih tinggi.
- Garis kontur yang mempunyai jarak seragam menunjukkan daerah yang seragam.
- Garis kontur yang rapat menunjukkan daerah curam atau terjal, sedangkan garis kontur yang renggang menunjukkan daerah landai.
- Garis kontur yang membentuk huruf U menunjukkan sebuah punggung bukit.



- Garis kontur yang membentuk huruf V terbalik menunjukkan sebuah lembah atau jurang.

Perhatikan contoh keterangan garis kontur peta rupa bumi pada Gambar 6.17 berikut.



Gambar 6.17 Keterangan garis kontur pada peta rupa bumi.  
Sumber: Bakosurtanal (2001)

### 3. Interval/Selang Kontur

Salah satu sifat garis kontur, yaitu garis kontur yang lebih rendah akan mengelilingi garis kontur yang lebih tinggi. Pernyataan ini menggambarkan bahwa ada jarak antara garis kontur satu dengan yang lain. Jarak inilah yang dimaksud dengan interval kontur. Nilai dari interval kontur bergantung pada skala peta yang digunakan. Jadi, semakin besar skala peta maka informasi pada peta akan semakin teliti, sehingga interval kontur akan semakin mengecil. Interval kontur dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Interval kontur} = \frac{1}{2000} \times \text{Skala Peta}$$

Jika diketahui skala sebuah peta 1 : 50.000, maka interval konturnya adalah:

$$\text{Interval kontur} = \frac{1}{2000} \times 5000 = 25 \text{ meter}$$

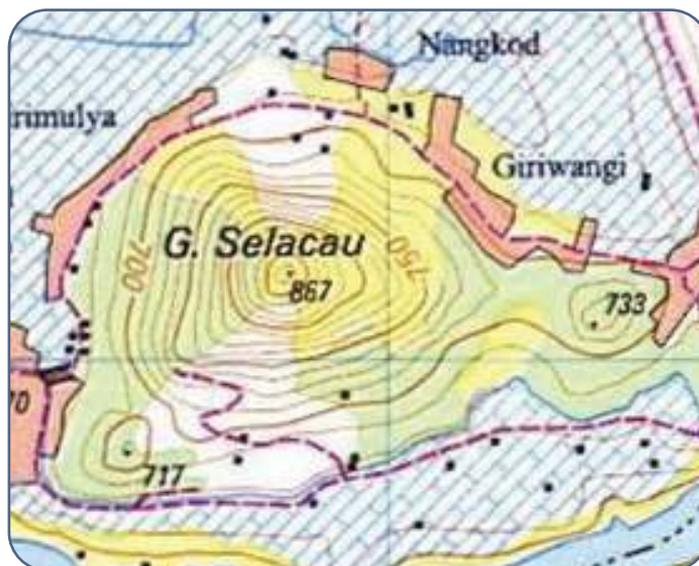
Keterangan interval kontur dalam suatu peta, ditunjukkan pada gambar 6.18 berikut.



Gambar 6.18 Contoh nilai interval/selang kontur pada peta RBI.  
Sumber: Bakosurtanal (2001)

#### 4. Indeks Kontur

Indeks kontur pada sebuah peta ditunjukkan dengan adanya garis kontur yang ditebalkan pada kelipatan tertentu, misalkan setiap kelipatan 5 meter, 10 meter, dan seterusnya. Perhatikan Gambar 6.19. Gambar tersebut menunjukkan potongan peta dari skala 1 : 25.000 dengan nilai indeks kontur tiap kelipatan 50 m.



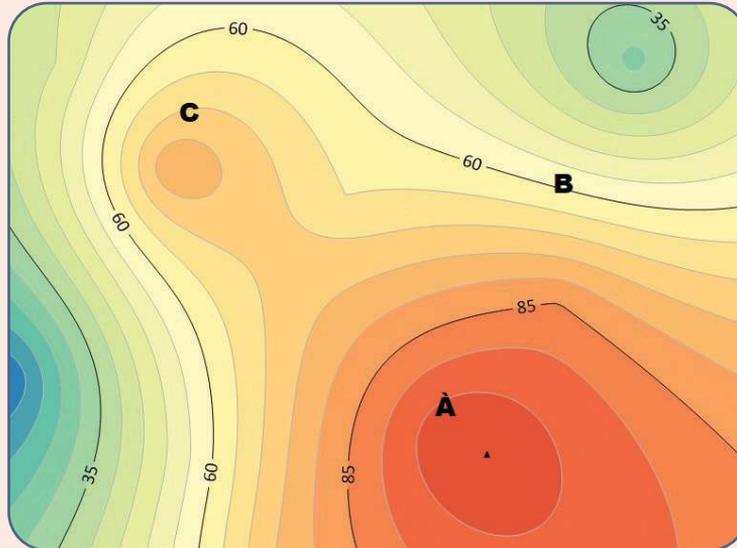
Gambar 6.19 Nilai kontur 700 dan 750 merupakan indeks kontur.  
Sumber: Bakosurtanal (2001)





## Aktivitas 6.1

Perhatikan gambar di bawah ini. Kemudian, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.



Sumber: Akhmad Syaripudin (2022)

1. Berapakah nilai garis kontur tertinggi?
2. Berapakah nilai garis kontur terendah?
3. Berapakah interval konturnya?
4. Berapakah ketinggian di titik A?
5. Berapakah ketinggian di titik B?
6. Jika skala peta 1 : 25.000, hitung jarak A ke C!
7. Mana rute yang lebih landai, apakah dari C - A atau B - A? Jelaskan!

## D. Peta Geologi

Peta geologi merupakan salah satu peta yang dibuat berdasarkan peta topografi untuk menggambarkan penyebaran batuan, kedudukan, unsur dan struktur geologi, serta hubungan antarsatuan batuan.



Peta geologi menunjukkan distribusi batuan di permukaan bumi, kontak antara berbagai jenis batuan (formasi geologi) yang berbeda, dan berbagai struktur yang terjadi pada batuan. Biasanya, hal tersebut ditumpangkan pada garis kontur topografi di area peta.

Menurut Standar Nasional Indonesia No.13-4691 tahun 1998 tentang penyusunan peta geologi, peta geologi adalah bentuk ungkapan data dan informasi geologi suatu daerah/wilayah/kawasan dengan tingkat kualitas berdasarkan skala. Peta geologi menggambarkan informasi sebaran dan jenis serta sifat batuan, umur, stratigrafi, stuktur, tektonika, fisiografi, dan sumber daya mineral serta energi. Peta geologi disajikan berupa gambar dengan warna, simbol dan corak atau gabungan ketiganya. Penjelasan berisi informasi, misalnya situasi daerah, tafsiran, dan rekaan geologi dapat diterangkan dalam bentuk keterangan pinggir.

- bentuk ungkapan data dan informasi geologi suatu daerah/wilayah/kawasan dengan tingkat kualitas berdasarkan skala.
- Peta geologi menggambarkan informasi sebaran dan jenis serta sifat batuan, umur, stratigrafi, stuktur, tektonika, fisiografi dan sumberdaya mineral serta energi.
- Peta geologi disajikan berupa gambar dengan warna, simbol dan corak atau gabungan ketiganya. Penjelasan berisi informasi, misalnya situasi daerah, tafsiran dan rekaan geologi, dapat diterangkan dalam bentuk keterangan pinggir.

## 1. Unsur-Unsur dalam Peta Geologi

Berikut beberapa hal yang berkaitan dengan peta geologi dikutip dari Standar Nasional Indonesia No.13-4691 tahun 1998 tentang penyusunan peta geologi.

- a. Skala peta merupakan skala perbandingan jarak di peta dengan jarak sebenarnya yang dinyatakan dengan angka atau garis atau gabungan keduanya.
- b. Peta geologi berskala 1 : 250.000 dan yang lebih besar (1 : 100.000, 1 : 50.000 dan seterusnya) disebut peta geologi skala besar, bertujuan



- menyediakan informasi geologi. Peta geologi berskala 1 : 50.000 menyajikan informasi yang lebih rinci daripada peta geologi berskala 1 : 100.000 dan seterusnya.
- c. Peta geologi berskala 1 : 500.000 dan yang lebih kecil (1 : 1.000.000, 1 : 2.000.000, dan 1 : 5.000.000) disebut peta geologi berskala kecil, bertujuan menyajikan tataan geologi regional dan sintesisnya.
  - d. Kualitas peta geologi dapat dibedakan atas peta geologi standar dan peta geologi tinjau/permulaan.
  - e. Peta geologi standar adalah peta geologi yang dalam penyajiannya memenuhi seperti persyaratan teknis yang tercantum dalam uraian 2 dengan proses pembuatan mengikuti seperti dalam unsur tambahan utama uraian 3.
  - f. Peta geologi tinjau/permulaan adalah peta geologi yang dalam penyajian dan pembuatannya belum seluruhnya mengikuti kaidah-kaidah peta geologi standar.
  - g. Peta geologi dibedakan atas peta geologi sistematis dan peta geologi tematik.
  - h. Peta geologi sistematis adalah peta geologi yang menyajikan data dasar geologi dengan nama dan nomor lembarnya mengacu pada SK Ketua Bakosurtanal No. 019.2.2/1/1975 atau SK Penggantinya.
  - i. Peta geologi tematik adalah peta geologi yang menyajikan data geologi untuk tujuan tertentu, misalnya peta geologi teknik, peta geologi kuarter.
  - j. Seluruh wilayah daratan Indonesia tercakup dalam peta geologi sistematis dari berbagai skala sebagai berikut.
    - a) 1007 lembar peta geologi skala 1:100.000.
    - b) 198 lembar peta geologi skala 1:250.000.
    - c) 76 lembar peta geologi skala 1:500.000.
    - d) 16 lembar peta geologi skala 1:1.000.000.
    - e) 2 lembar peta geologi skala 1:2.000.000.
    - f) 1 lembar peta geologi skala 1:5.000.000.



- k. Peta geologi diterbitkan oleh instansi pemerintah atau badan usaha yang ditunjuk pemerintah. Instansi yang berwenang menerbitkan peta geologi sistematik, yaitu Pusat Survei Geologi (sebelumnya bernama Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi), Badan Geologi, dan Kementerian ESDM R.I.

## 2. Fungsi Peta Geologi

Peta geologi merupakan alat penting yang digunakan ahli geologi untuk memahami bumi. Peta geologi digunakan untuk menyampaikan informasi tentang di mana pengukuran dicatat di lapangan, untuk menunjukkan umur, distribusi dan orientasi batuan, dan untuk menemukan fitur geologi penting seperti patahan. Meskipun peta geologi hanya menunjukkan apa yang tersingkap di permukaan bumi, peta tersebut digunakan sebagai alat untuk membantu ahli geologi untuk menginterpretasikan geologi bawah permukaan.

Ahli geologi menggunakan peta geologi sebagai alat untuk menjawab beberapa pertanyaan, seperti:

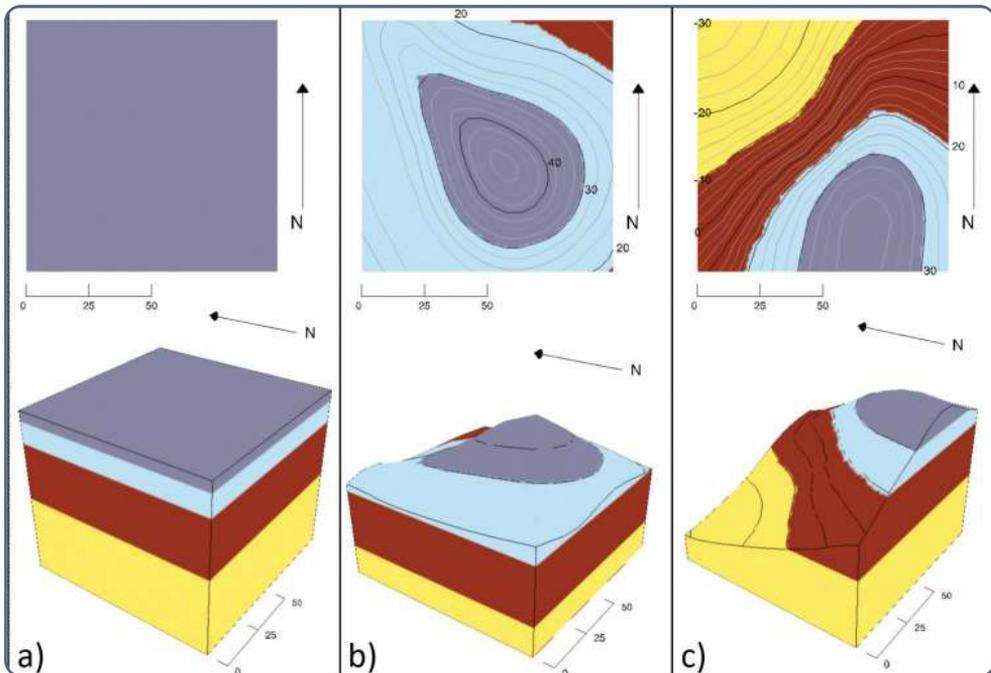
- Di mana kita dapat menemukan fitur geologis tertentu, seperti hamparan serpih yang kaya akan fosil atau kontak antara dua lapisan batuan yang menarik?
- Bagaimana sejarah geologi daerah ini, dan bagaimana perubahannya sepanjang waktu geologi?
- Apakah ada potensi bahaya geologi seperti gunung berapi, lubang runtuh, daerah rawan longsor, atau patahan, di daerah ini? Bagaimana informasi ini dapat disampaikan kepada publik?
- Di mana kita dapat menemukan endapan mineral atau sumber daya energi, dan bagaimana cara mengekstraknya dengan aman?
- Bagaimana kita bisa lebih memahami dan memvisualisasikan geologi di bawah permukaan bumi?



### 3. Penampang Geologi dan Topografi

Peta geologi digambar di atas peta dasar topografi agar mudah dikaitkan dengan bentang alamnya. Oleh karena itu, peta geologi menampilkan banyak fitur kartografi yang sama dengan peta topografi, termasuk garis kontur, skala peta, panah arah utara, dan legenda.

Pola peta pada peta geologi yang dapat kita amati di permukaan bumi dipengaruhi oleh topografi. Sebagai contoh, perhatikan tiga panel pada Gambar 6.20. Setiap panel menunjukkan tampilan pola kontur dan model blok yang sesuai untuk tiga area dengan topografi yang berbeda. Perhatikan bahwa kondisi geologi dengan strata dan kedudukannya, sama di ketiga panel. Ketiganya menunjukkan empat lapisan berbeda yang horizontal, dengan kemiringan  $0^\circ$ . Pola peta berbeda meskipun orientasi batuan yang sebenarnya tidak berubah. Gambar 6.20 menyatakan bagaimana peta geologi menunjukkan interaksi antara kondisi geologi dan topografi.

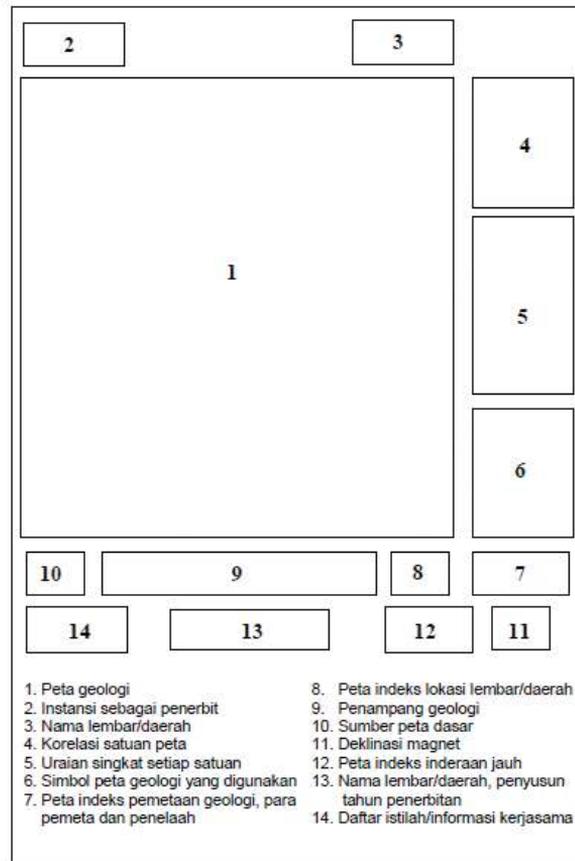


Gambar 6.20 Kondisi geologi (strata horizontal) yang sama ditunjukkan dalam tampilan peta (atas) dan dalam diagram blok (bawah) di tiga wilayah dengan topografi yang sangat berbeda.

Sumber: Siobhan McGoldrick (2020)

## 4. Tata Letak Peta Geologi

Dalam pembuatan peta geologi, sudah ditentukan mengenai tata letak unsur-unsur peta yang akan ditampilkan. Tata letak unsur-unsur peta geologi ini tercantum dalam SNI 13-44691 Tahun 1998 tentang penyusunan peta geologi. Tata letak yang dimaksud seperti dalam Gambar 6.21 berikut.



Gambar 6.21 Tata letak keterangan pinggir pada peta geologi.

Sumber: SNI 13-4691 (1998)

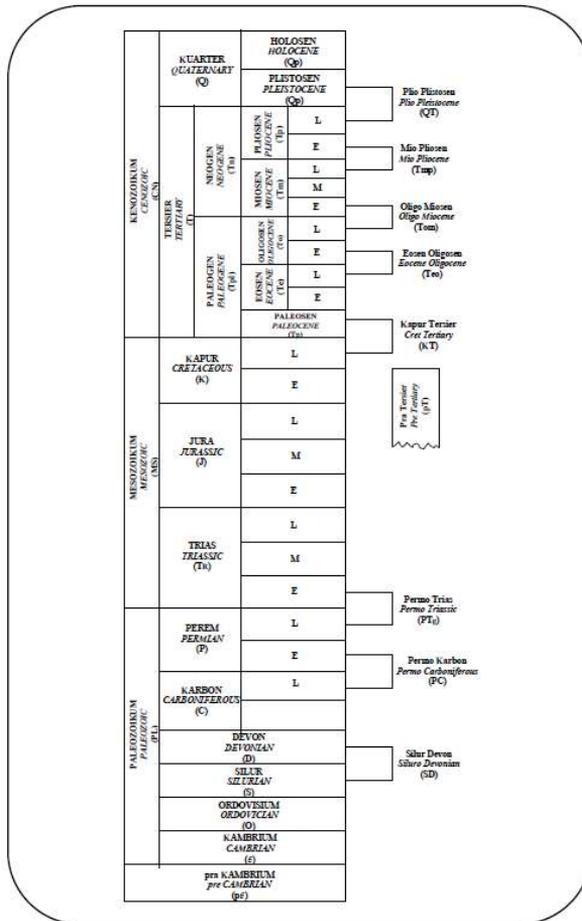
## 5. Simbol

Simbol dalam peta geologi digunakan untuk menggambarkan sesuatu hal. Simbol ini dapat berupa singkatan huruf, warna, simbol dan corak atau merupakan gabungan dari hal tersebut.

Untuk singkatan huruf, biasanya digunakan pada satuan kronostratigrafi, contohnya:

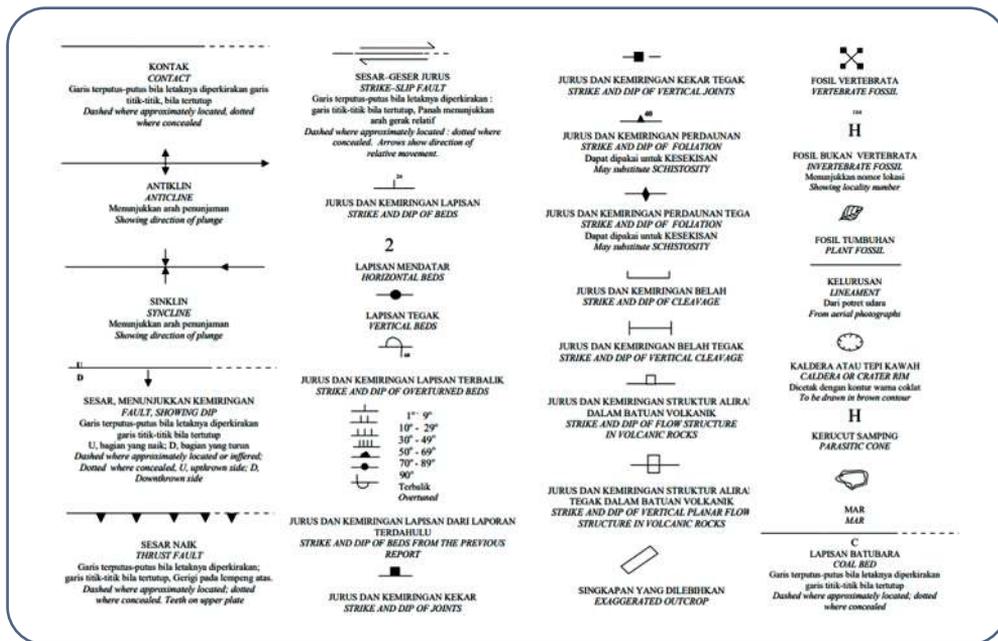
- Untuk huruf pertama (huruf kapital) menyatakan zaman, misal P untuk Perem, TR untuk Trias, dan T untuk Tersier.
- Untuk huruf kedua (huruf kecil) menyatakan kala, misalnya Tm berarti kala Miosen dalam zaman Tersier
- Untuk huruf ketiga (huruf kecil) menyatakan nama formasi atau satuan litologi, misalnya Tmc berarti Formasi Cipluk berumur Miosen.

Perhatikan Gambar 6.22 berikut. Gambar tersebut menunjukkan singkatan huruf satuan kronostratigrafi dalam peta geologi.



Gambar 6.22 Singkatan huruf satuan kronostratigrafi yang digunakan pada peta geologi.  
Sumber: SNI 13-4691 (1998)

Perhatikan Gambar 6.23 berikut. Gambar tersebut menunjukkan simbol unsur-unsur geologi dalam peta geologi.



Gambar 6.23 Simbol unsur-unsur geologi dalam peta geologi.

Sumber: SNI 13-4691 (1998)

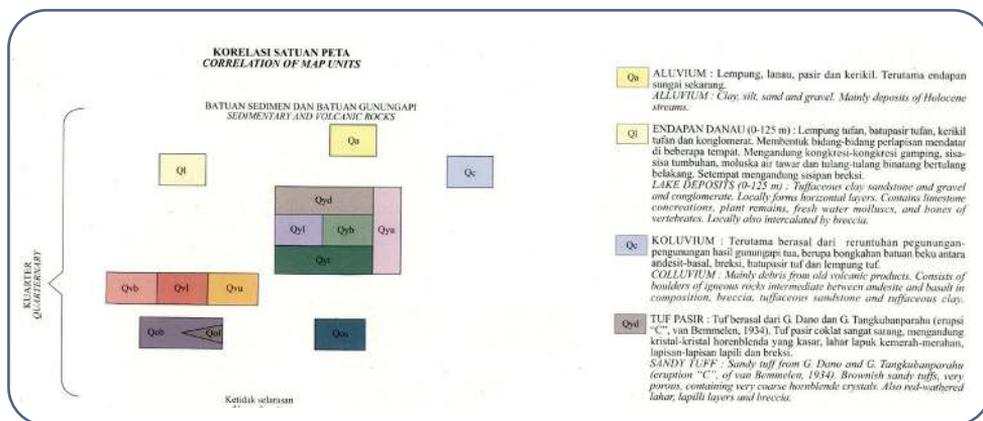
## 6. Tata Warna

Warna digunakan untuk membedakan satuan dalam peta geologi yang dipilih berdasarkan jenis batuan, umur satuan, dan satuan geokronologi. Menurut Standar Nasional Indonesia tentang Pembuatan Peta Geologi, berikut beberapa ketentuan penggunaan warna dalam peta geologi.

- Warna dasar yang digunakan, yaitu kuning, magenta (merah), dan sian (biru), serta gabungannya. Setiap warna dinyatakan dengan sandi 0, 1, 3, 5, 7, dan x, yaitu sandi derajat kekuatan warna atau persentase penyaringan pada proses kartografi.
- Warna yang dipilih untuk membedakan satuan batuan sedimen dan endapan permukaan sepenuhnya menganut sistem warna berdasarkan jenis dan umur. Untuk membedakan beberapa satuan seumur dapat digunakan corak.

- c. Batuan malihan dibedakan berdasarkan derajat dan fasies serat umur nisbi batuan pra malihan dan litologi. Tata warna batuan malihan sama dengan batuan sedimen atau menggunakan bakuan warna khusus.

Dalam peta geologi yang diedarkan oleh Pusat Survei Geologi, semua warna yang tertera dibuat berdasarkan formasi batuan, bukan berdasarkan jenis litologinya, seperti terlihat pada Gambar 6.24 berikut.



Gambar 6.24 Contoh pemakaian tata warna untuk satuan peta dalam peta geologi.  
Sumber: Sikumbang dkk (1995)



## Aktivitas 6.2



Untuk penjelasan lebih lengkap mengenai penyusunan peta geologi, kalian bisa baca di [https://drive.google.com/file/d/1nL5IWDjnEhhEXQg7kA\\_YhJpLldGvMdJm/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1nL5IWDjnEhhEXQg7kA_YhJpLldGvMdJm/view?usp=sharing)

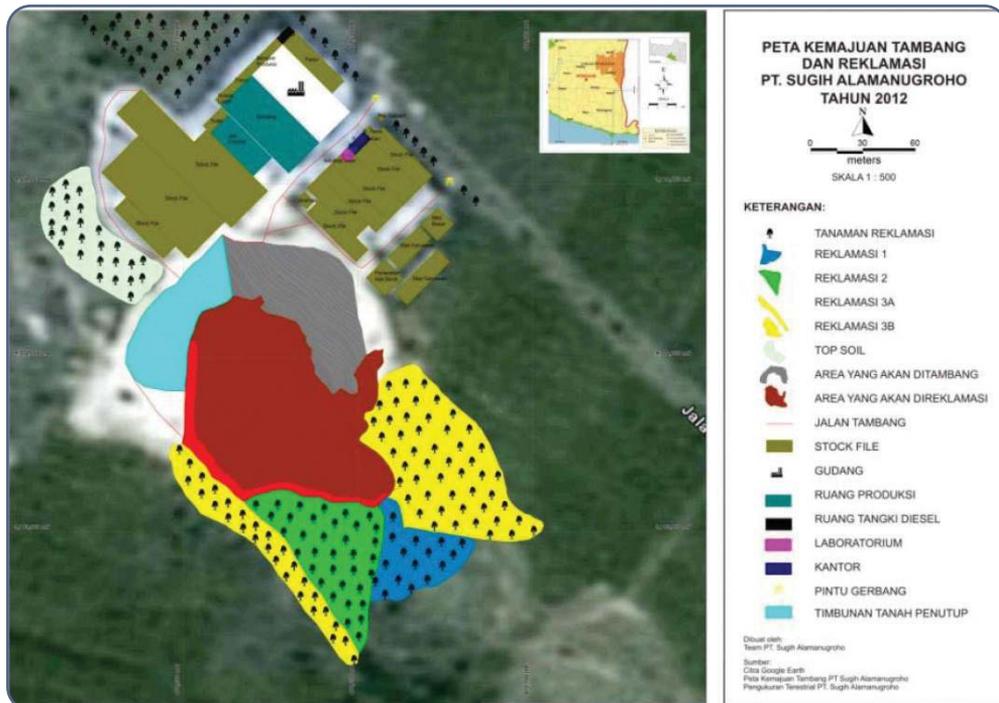
## 7. Membaca Peta geologi

Dalam pembacaan peta geologi, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:



## 8. Peta Tematik Pertambangan

Selain mengenal peta topografi/rupa bumi dan peta geologi, dalam aktivitas pertambangan juga dikenal beberapa peta tematik. Peta tematik juga dikenal sebagai peta khusus. Seperti namanya, peta tema ini dibuat dengan tujuan tertentu. Peta tematik adalah peta yang menunjukkan pola pemanfaatan ruang pada suatu lokasi tertentu sesuai dengan tujuan tertentu. Peta tematik dapat dikatakan sebagai peta yang menggambarkan satu pokok bahasan saja. Dalam industri pertambangan, peta tematik banyak dibuat dan digunakan untuk menyampaikan informasi keruangan tentang beberapa aktivitas yang sedang dilakukan sehingga nantinya akan memudahkan untuk melakukan analisis keruangan, seperti peta yang secara khusus menggambarkan kemajuan tambang pada suatu daerah tambang (Gambar 6.26) atau daerah mana yang sedang dilakukan reklamasi, peta lokasi lubang bor, peta *cut off grade* dan yang lainnya.



Gambar 6.26 Peta kemajuan tambang dan daerah yang dilakukan reklamasi di PT. Sugih Alamnugroho.

Sumber: Dulahim (2012)

Berikut ciri-ciri peta tematik.

- a. Memiliki tema khusus.
- b. Data yang digunakan berasal dari berbagai peta lain yang telah di-*overlay*.
- c. Informasi yang disampaikan hanya pada tema yang ditentukan.



### Uji Kompetensi

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!**

1. Peta topografi merupakan peta dasar yang tidak dapat dipisahkan dengan pekerjaan-pekerjaan geologi karena dengan peta tersebut dapat untuk menentukan....
  - a. penyebaran batuan
  - b. perencanaan penambangan
  - c. perancangan bangunan teknik sipil
  - d. mengetahui daerah banjir
  - e. jawaban a, b, c, d, benar
2. Untuk dapat membaca peta topografi dengan baik dan lancar, terlebih dahulu pahami simbol-simbol yang terdapat dalam peta topografi tersebut. Di bawah ini merupakan simbol dan notasi peta topografi, kecuali....
  - a. judul peta
  - b. nomor indeks peta
  - c. skala peta
  - d. legenda
  - e. kontur



3. Dalam peta topografi, kita bisa mendapatkan informasi mengenai bentukan alam. Di bawah ini yang bukan termasuk bentukan alam, yaitu ....
  - a. hutan
  - b. gunung
  - c. laut
  - d. sungai
  - e. bendungan
  
4. Di bawah ini merupakan pernyataan yang benar mengenai garis kontur, kecuali....
  - a. Garis kontur membentuk kurva tertutup.
  - b. Garis kontur yang lebih tinggi mengelilingi garis kontur yang lebih rendah.
  - c. Garis kontur tidak akan bercabang.
  - d. Garis kontur yang rapat menunjukkan daerah yang curam.
  - e. Garis kontur yang renggang menunjukkan daerah yang landai.
  
5. Apabila suatu peta memiliki skala 1 : 50.000, artinya....
  - a. 2 cm pada peta mewakili 50.000 cm di lapangan
  - b. 1 cm pada peta mewakili 100.000 cm di lapangan
  - c. 2 cm pada peta mewakili 5000 cm di lapangan
  - d. 1 cm pada peta mewakili 500.000 cm di lapangan
  - e. 2 cm pada peta mewakili 100.000 cm di lapangan



6. Bentuk bentang alam berupa kubah merupakan tonjolan dari sebagian permukaan bumi yang mempunyai kemiringan ke segala arah sama maka garis-garis konturnya memiliki ciri yang...
  - a. rapat
  - b. renggang
  - c. menyudut
  - d. silang siur
  - e. teratur
7. Salah satu hal penting dalam pekerjaan seorang ahli geologi, yaitu membuat peta geologi. Peta geologi dibuat berdasarkan hal-hal berikut, kecuali ....
  - a. singkapan batuan
  - b. topografi
  - c. vegetasi
  - d. *soil*
  - e. gaya endogen
8. Selain, dapat dibuat berdasarkan pada pengamatan langsung, pemetaan geologi juga dapat dibuat berdasarkan pada interpretasi ...
  - a. *waterpass*
  - b. *teodolith*
  - c. kompas geologi
  - d. sifat datar
  - e. foto udara
9. Peta geologi adalah suatu peta yang menunjukkan pola penyebaran gejala geologi yang berupa gejala ...
  - a. geokimia
  - b. geofisika



- c. geodinamika
  - d. geoteknik
  - e. geomorfologi
10. Dengan membaca peta geologi kita dapat memperoleh informasi tentang, kecuali....
- a. distribusi dari jenis batuan dan posisi batas batuan satu dengan yang lain
  - b. umur atau urutan pembentukan dari setiap batuan
  - c. kemiringan, lapisan, persesaran, perlipatan yang disajikan dalam simbol
  - d. lokasi daerah mineralisasi dan cadangan ekonomis
  - e. hasil karya manusia, seperti rumah, jalan raya, desa, kota



## Pengayaan

Untuk lebih memahami tentang peta geologi, unduh salah satu peta geologi yang dapat diakses pada tautan berikut.



<https://geologi.esdm.go.id/geomap>

Kemudian, pelajari apa saja informasi yang terkandung dalam peta geologi tersebut dan diskusikan bersama dengan kelompok kalian. Sajikan hasil diskusi kalian menggunakan aplikasi presentasi, kemudian presentasikan di depan kelas.



## Refleksi

Setelah membaca materi dan melakukan berbagai aktivitas pada bab ini, berikan tanda centang (✓) pada bagian yang sudah kalian kuasai, atau tanda silang (x) pada materi yang belum dikuasai.

No	Materi	Kompetensi (✓/ x)
1.	Konsep peta	
2.	Komponen peta	
3.	Peta topografi	
4.	Peta geologi dan peta tematik pertambangan	



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan  
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis : Masfut Mustahar dan Akhmad Syaripudin  
ISBN : 978-623-194-516-7 (no.jil.lengkap PDF)  
978-623-194-518-1 (jil.2 PDF)

# Bab 7

# Teknik Dasar Penambangan



## Pemantik



Dalam pemboran, mata bor menjadi komponen yang sangat penting. Mengapa intan menjadi bahan mata bor yang sangat diandalkan untuk menembus batuan?

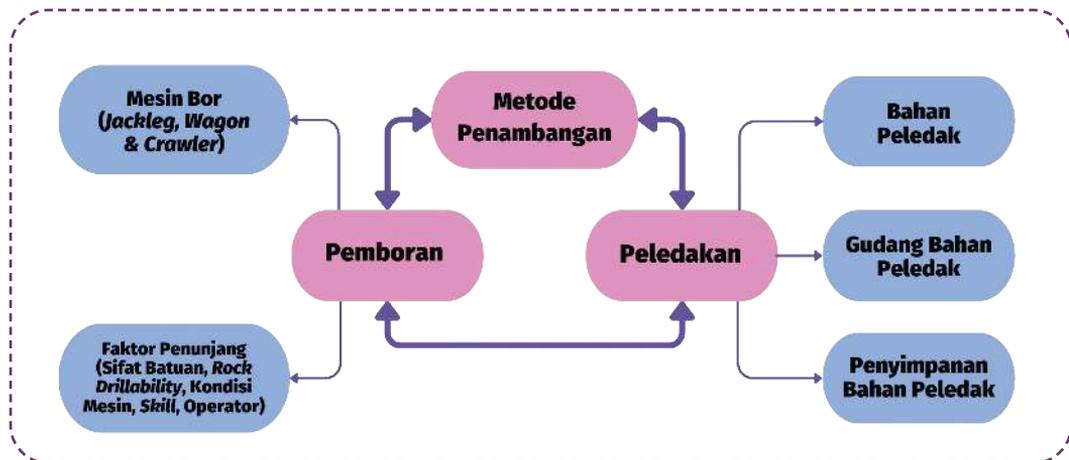


## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi dan melakukan aktivitas yang terdapat pada bab ini, kalian diharapkan mampu memahami dasar pemilihan metode penambangan, mesin bor dan peralatannya dalam proses penambangan, proses pemboran untuk pembuatan lubang ledak, konsep dasar peledakan di tambang, serta regulasi ruang lingkup peledakan di tambang.



## Peta Konsep



Gambar 7.1 Peta konsep teknik dasar penambangan.



## Kata Kunci

*jackleg drill, wagon drill, crawler drill, geometri pemboran, burden, spasi.*



Dalam kegiatan pertambangan, setelah tahapan studi kelayakan selesai, dimulailah kegiatan eksploitasi. Kegiatan eksploitasi merupakan suatu kegiatan untuk mengeluarkan bahan tambang dari dalam bumi atau memisahkan bahan tambang dari pengotornya. Jika bahan tambang berada di bawah permukaan perlu dilakukan pemboran yang bertujuan untuk membuat sejumlah lubang ledak dengan geometri dan pola pemboran tertentu pada massa batuan. Selanjutnya, lubang ledak tersebut diisi dengan sejumlah bahan peledak untuk meledakkan massa batuan sehingga dapat dilakukan pemisahan antara bahan tambang dari penutup atau pengotornya.

## A. Pemilihan Metode Penambangan

---

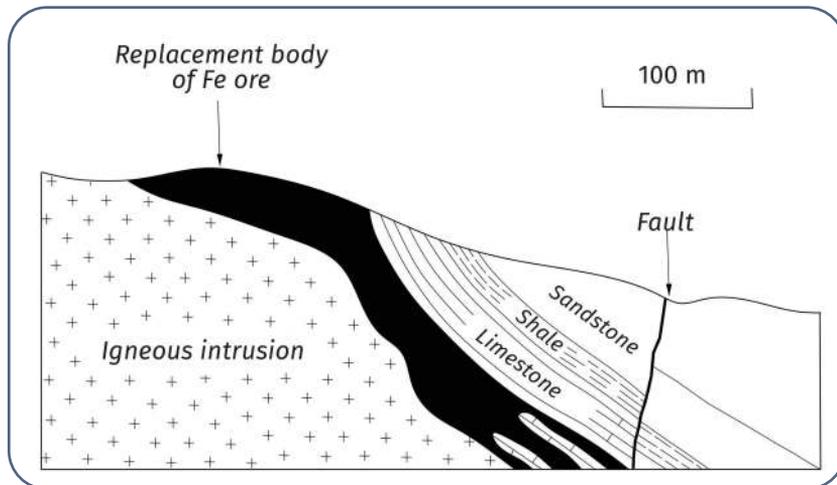
Di semester 1, kalian sudah mempelajari metode penambangan yang terdiri atas tambang terbuka dan tambang bawah tanah. Sebagai pembuka bab ini, kita akan membahas teknik dasar penambangan yang meliputi pemboran dan peledakan. Pemboran yang dibahas di sini merupakan pemboran yang dilakukan saat aktivitas eksploitasi.

Sebelum melangkah lebih jauh, kalian perlu mengetahui terlebih dahulu alasan apa yang mendasari pemilihan metode penambangan yang nantinya sangat berhubungan dengan jenis pemboran dan peledak yang digunakan. Pemilihan metode penambangan sangat berkaitan dengan beberapa faktor. Berikut akan dibahas mengenai faktor-faktor yang memengaruhi pemilihan metode penambangan.

### 1. Karakteristik Spasial Endapan

Karakteristik spasial merupakan faktor keruangan yang paling penting karena sangat berpengaruh dalam pemilihan suatu daerah. Karakteristik spasial endapan akan menentukan metode penambangan yang akan dilakukan, apakah tambang terbuka atau tambang bawah tanah, bagaimana dengan laju produksi, penanganan material, bentuk, dan sebagainya.

Dalam karakteristik spasial endapan terdapat beberapa aspek, meliputi ukuran atau dimensi, bentuk (*tabular, lenticular, massive* atau *irregular*), orientasi (*dip* atau inklinasi), serta kedalaman tambang.

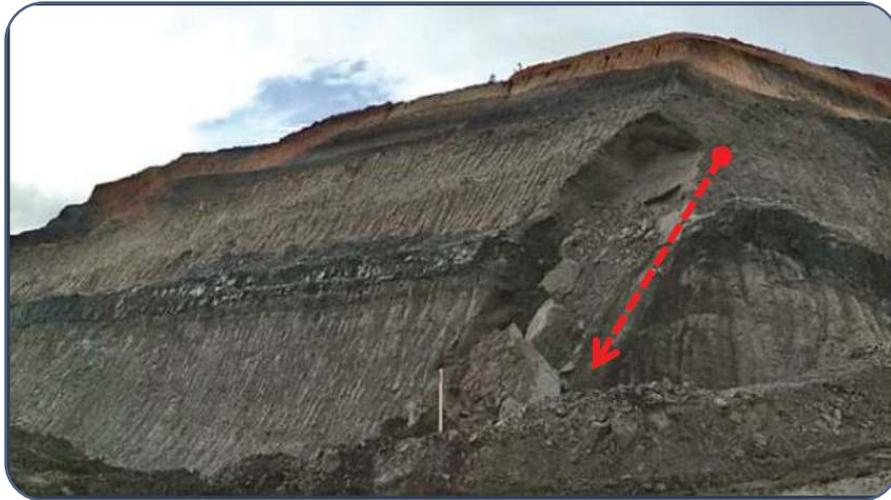


Gambar 7.2 Karakteristik spasial endapan Skarn.

## 2. Kondisi Geologi dan Hidrogeologi

Umumnya, proses penambangan mineral dan batu bara menggunakan model tambang terbuka. Struktur geologi menjadi faktor ketidakpastian yang sangat berpengaruh pada kestabilan lereng. Hal ini dikarenakan deformasi massa batuan cenderung memiliki perpindahan yang lebih cepat. Adapun dalam tambang bawah tanah, faktor kondisi geologi dan hidrogeologi sangat penting. Mengapa demikian? Hal ini dikarenakan karakteristik material geologi serta hidrogeologi berpengaruh pada konstruksi pendukung yang meliputi sistem penyangga dalam penambangan bawah tanah serta bagaimana bahan tambang tersebut dapat dikeluarkan dengan efektif, aman, dan ekonomis. Seringkali, penambangan bawah tanah melewati batas muka air tanah sehingga faktor hidrogeologi berpengaruh pada pembuatan sistem drainase dan pemipaan. Adapun mineralogi turut berpengaruh pada syarat pengolahan yang meliputi mineralogi petrologi, komposisi kimia,

struktur endapan, dan bidang lemah apakah kekar atau rekahan serta keseragaman.



Gambar 7.3 Indikasi bidang patahan pada *seam* batu bara.  
Sumber: Idham dkk (2021)

### 3. Sifat-sifat Geoteknik

Sifat geoteknik yang berpengaruh mencakup mekanika tanah dan mekanika batuan. Faktor ini berpengaruh terhadap pilihan penggunaan peralatan untuk mendukung sistem pertambangan. Sebagai acuan dalam sistem tambang terbuka dan pemilihan klas metode pertambangan bawah tanah.

Dalam sifat geoteknik, ada beberapa hal penting yang perlu diperhatikan, yaitu sifat fisik terkait bobot isi, *voids*, porositas, permeabilitas, dan lengas. Elastisitas juga penting untuk diperhatikan di antaranya kekuatan, modulus elastik, nisbah, dan lain-lain.

### 4. Konsiderasi Ekonomi

Faktor ini memengaruhi hasil, investasi, aliran kas, serta keuntungan perusahaan. Di dalamnya mencakup faktor cadangan (tonase serta kadar), umur tambang, produktivitas, dan perbandingan biaya metode penambangan yang cocok.

## 5. Faktor Teknologi

Teknologi berpengaruh pada pemilihan jenis penambangan yang akan digunakan secara ekonomis. Termasuk di dalamnya aspek perolehan tambang dan dilusi, yaitu jumlah *waste* yang dihasilkan dengan bijih.

Selain itu, fleksibilitas metode dengan perubahan kondisi, pemilihan metode untuk memisahkan bijih dan mineral ikutan, serta faktor konsentrasi atau dispersi pekerjaan, modal, pekerja, dan intensitas mekanisasi termasuk di dalam faktor teknologi yang turut memberikan pengaruh.

## 6. Faktor Lingkungan

Lingkungan menjadi salah satu prioritas dalam pemilihan sistem penambangan. Sebisa mungkin, aktivitas perusahaan tidak merusak lingkungan serta perlu memerhatikan ekosistem dan topografi untuk penambangan terbuka.

Nilai ekonomi serta situs hidrologi juga harus diperhatikan. Sebab biasanya aktivitas tambang akan memberi dampak perubahan pada semua aspek tersebut. Secara langsung, hal ini akan mengubah kehidupan masyarakat sekitar.

Apabila keenam faktor di atas diterapkan maka akan menjadi formulasi tepat dan aman bagi pelaksanaan penambangan. Namun, pada umumnya sering terjadi kendala teknis dikarenakan harus memadukan antara satu faktor dengan lainnya. Di balik semua kendala tersebut, jika semua faktor pendukung terpenuhi maka akan menghasilkan suatu proses yang berkesinambungan, menguntungkan perusahaan, lingkungan maupun masyarakat sekitar karena pemilihan sistem pertambangan sudah tepat.



## B. Pemboran dalam Aktivitas Penambangan

Setelah menentukan metode penambangan, selanjutnya akan dilakukan pekerjaan teknis untuk mengeluarkan bahan tambang. Tidak semua bahan galian muncul ke permukaan sehingga diperlukan pekerjaan lain berupa pengupasan tanah pucuk atau pembersihan lahan untuk membersihkan barang tambang dari penutup atau *waste*-nya.

Pemboran merupakan kegiatan pertama kali yang dilakukan dalam suatu operasi peledakan batuan. Kegiatan pemboran bertujuan untuk membuat sejumlah lubang ledak yang nantinya akan diisi dengan bahan peledak untuk selanjutnya dilakukan peledakan. Umumnya, pemboran untuk pembuatan lubang ledak ini dilakukan dengan mesin bor mekanik jenis *percussive*, *rotary*, atau *rotary-percussive*.

Dalam pemilihan alat bor untuk tambang terbuka dengan metode peledakan jenjang, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain jenis batuan, tinggi jenjang, diameter lubang ledak, kondisi lapangan, kedalaman lubang ledak, dan peraturan perundangan setempat. Berikut penjelasan singkat mengenai hal tersebut.

1. Jenis batuan, faktor ini menentukan pemilihan alat bor yang akan digunakan. Contohnya, mesin bor *percussive* atau *rotary crushing* digunakan untuk batuan yang keras sedangkan *rotary-cutting* digunakan untuk batuan sedimen.
2. Tinggi jenjang, parameter ini dihubungkan dengan ukuran lainnya. Tinggi jenjang ditentukan terlebih dahulu dan parameter lainnya disesuaikan atau ditentukan setelah mempertimbangkan aspek lainnya. Dalam tambang terbuka, diusahakan tinggi jenjang ditentukan terlebih dahulu menggunakan acuan pada alat bor yang tersedia.
3. Diameter lubang ledak, faktor penting dalam menentukan ukuran diameter lubang ledak, yaitu besarnya target produksi. Diameter yang lebih besar akan memberikan laju produksi yang tinggi. Faktor lainnya yang memengaruhi pemilihan ukuran diameter lubang



ledak, yaitu fragmentasi batuan yang diinginkan dan batasan getaran yang diizinkan.

4. Kondisi lapangan, hal ini berhubungan dengan area yang akan dilakukan pemboran. Apakah daerah datar atau berbukit? Hal ini nantinya akan berhubungan dengan sarana transportasi atau kemudahan bergerak mesin bor yang akan digunakan.
5. Kedalaman lubang ledak, hal ini berkaitan dengan penyesuaian tinggi jenjang yang ingin diterapkan. Untuk mendapatkan lantai jenjang yang rata diperlukan kedalaman lubang tembak yang lebih besar dari tinggi jenjang.
6. Peraturan perundangan setempat, hal ini berkaitan dengan dampak getaran yang dirasakan akibat peledakan di sekitar area tambang pada lokasi bangunan, gedung-gedung, atau pemukiman penduduk. Oleh sebab itu, perlu adanya izin dari pemerintah setempat dan pihak berwajib dalam melakukan peledakan. Dengan adanya izin ini, pihak-pihak yang melakukan peledakan dapat meminimalisir terjadinya getaran yang mengganggu bangunan-bangunan dan pemukiman penduduk di daerah tersebut.

## 1. Macam-Macam Mesin Bor

Dalam pemboran digunakan beberapa mesin bor untuk membuat lubang ledak, di antaranya:

### a. *Jackleg drill*

Mesin bor ini merupakan mesin bor *pneumatic* yang dilengkapi kaki hidraulis yang dapat diatur menyesuaikan dengan arah pemboran. Umumnya, mesin ini digunakan untuk mengebor batuan keras (*hard rock*). Kaki hidraulis memungkinkan operator melakukan pemboran dalam berbagai sudut. Panjang batang bor bervariasi mulai dari 60 cm hingga 4,8 m. Mata bor pada ujung batang terbuat dari baja kualitas tinggi yang harus diganti secara berkala akibat aus setelah digunakan melubangi batuan keras. Berat bor beserta kakinya dapat mencapai 60



kg. Mesin bor ini sering digunakan untuk membuat lubang tembak dan lubang untuk menyisipkan *rockbolt*.



Gambar 7.4 Penggunaan *jackleg drill* pada tambang bawah tanah.

Sumber: Underground Explorer/flicker.com (2016)

### b. *Wagon drill*

Mesin bor ini merupakan salah satu jenis dari *hammer drill* yang terdiri atas palu yang bergerak vertikal dan dipasang sepanjang peluncur yang terpasang pada kendaraan yang menyerupai truk atau traktor. Palu ini memukul-mukul suatu rangkaian batang bor yang pada ujungnya terpasang mata bor. Jenis *wagon drill* ringan dapat mencapai kedalaman rata-rata 30 meter hingga mencapai 50 - 60 meter. Adapun jenis *wagon drill* besar rata-rata dapat mencapai kedalaman 70 sampai 100 meter. Sampel yang didapatkan berupa serpihan batuan yang ditiup oleh udara yang dikompresikan melalui pipa bor dan ditangkap diluar oleh alat khusus yang disebut *cyclone sample chamber*. Kelemahan dari *wagon drill*, yaitu perolehan sampel yang kecil (5kg/m) karena diameter lubang yang didapatkan hanya sebesar 40 - 50 mm.





Gambar 7.5 *Wagon drill*.  
Sumber: Beaver/beaverengg.com (2009)

### c. *Crawler drill*

*Crawler drill* merupakan mesin bor otomatis yang memiliki biaya pengoperasian rendah dan desain ergonomi. Mesin bor ini memiliki mekanisme mobilisasi menggunakan perayap baja sehingga seluruh mesin mudah dipindahkan. Oleh karena jenis ini merupakan jenis perayap baja dan sangat tahan aus, mesin bor ini nyaman untuk konstruksi rig pengeboran di area tambang. Mesin bor ini mengadopsi mekanisme pengumpanan hidrolik untuk meningkatkan efisiensi pengeboran. *Crawler drill* juga dilengkapi pengukur tekanan di bagian bawah lubang untuk menunjukkan tekanan dan dengan mudah memahami situasi di dalam lubang. Mesin *crawler drill* digunakan untuk mengebor batuan di dalam tanah atau batuan pada suatu lereng. *Crawler drill* dapat membuat lubang antara 1" sampai 6". Setelah lubang dibuat, bahan peledak dimasukkan ke dalam lubang tersebut dengan cara dan kedalaman tertentu. *Crawler drill* juga dapat digunakan pada suatu lereng batuan karena mesin bor ini dapat membentuk sudut terhadap posisi vertikal.





Gambar 7.6 *Crawler drill.*

Sumber: phil\_berry/shutterstock.com (2019)

## 2. Faktor-faktor yang Memengaruhi Pemboran

Unjuk kerja suatu mesin bor dipengaruhi beberapa faktor berikut.

### a. Sifat batuan

Sifat batuan sangat berpengaruh pada penetrasi mata bor yang secara langsung berimbas pada pemilihan metode pemboran.

### b. *Rock drillability*

Drilabilitas batuan merupakan indikator mudah tidaknya mata bor melakukan penetrasi ke dalam batuan. Dalam hal ini yang harus di perhitungkan, yaitu bentuk penampang batuan yang akan dibor.

### c. Umur dan kondisi mesin bor

Umur dan kondisi mesin bor sangat berpengaruh karena semakin lama mesin bor digunakan maka kemampuan mesin bor akan semakin menurun.

#### d. Keterampilan operator

Keterampilan operator bergantung pada pengalaman kerja dan keterampilan masing-masing individu dalam mengoperasikan mesin bor dalam berbagai kondisi.

#### e. Geometri pemboran

Geometri pemboran mencakup lubang bor, kedalaman, dan kemiringan lubang tembak. Semakin besar diameter lubang yang akan dibuat maka penampang lubang yang harus ditembus juga semakin besar. Dengan demikian, faktor gesekan juga akan semakin besar sehingga sangat memengaruhi kinerja mesin bor karena kecepatan pemboran menjadi semakin lambat. Semakin dalam lubang bor maka gesekan antara batang bor dengan dinding lubang juga semakin besar sehingga akan menurunkan kinerja mesin bor. Geometri pemboran meliputi hal-hal di bawah ini.

##### 1) Diameter lubang bor

Pemilihan diameter lubang bor secara tepat pada suatu rancangan peledakan memerlukan dua bagian penilaian. Pertama, pertimbangan efek lubang bor terhadap fregmentasi, suara ledakan, batu terbang, dan getaran tanah. Kedua, pertimbangan faktor ekonomi dalam tahapan peledakan. Diameter lubang bor juga berpengaruh pada *burden* dan jumlah bahan peledak yang nantinya akan dipakai dalam masing-masing lubang bor.

##### 2) Kedalaman lubang bor

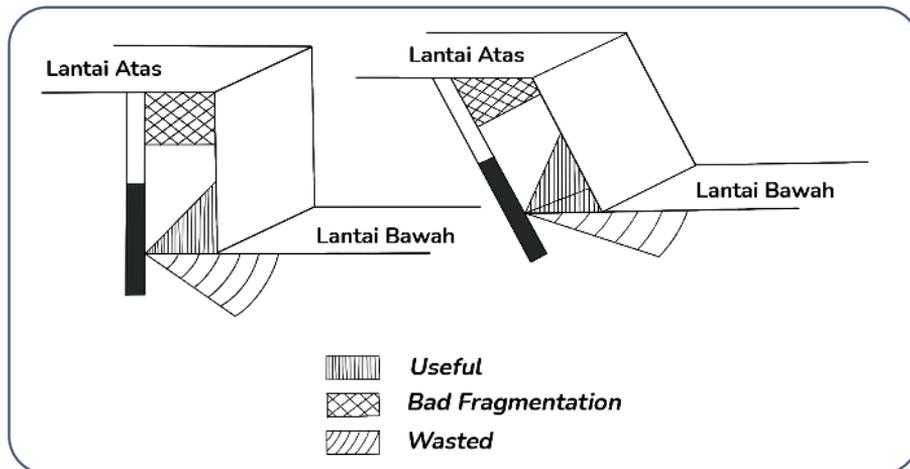
Kedalaman lubang bor disesuaikan dengan tinggi jenjang. Kedalaman lubang bor harus lebih tinggi dari tinggi jenjang agar mencegah tonjolan pada lantai jenjang.

##### 3) Arah lubang bor

Secara teori ada dua arah lubang bor, yaitu lubang bor tegak dan lubang bor miring. Pada rancangan peledakan yang menerapkan lubang bor tegak, gelombang tekan dipantulkan oleh bidang sehingga



kehilangan gelombang tekan akan cukup besar pada rantai jenjang bagian bawah. Hal ini dapat menyebabkan timbulnya tonjolan pada rantai jenjang. Adapun pada lubang bor miring akan membentuk bidang bebas lebih kuat sehingga mempermudah proses pecahnya batuan dan kehilangan gelombang tekan pada rantai jenjang menjadi lebih kecil.

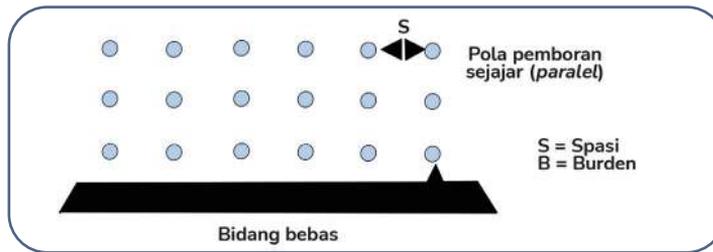


Gambar 7.7 Arah lubang bor tegak dan arah lubang bor miring.

#### 4) Pola pemboran

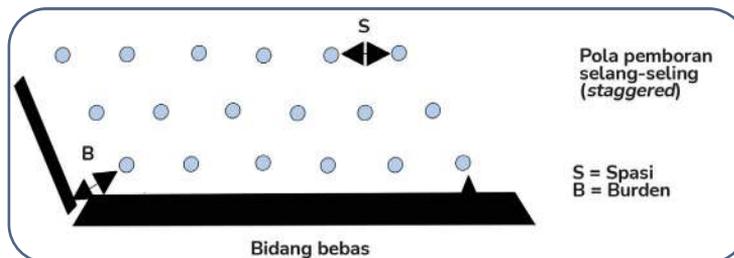
Pola pemboran merupakan faktor penting dalam pelaksanaan operasi peledakan. Berikut pola pemboran yang umum dipakai dalam kegiatan pemboran.

- Pola pemboran sejajar adalah pola penempatan lubang-lubang ledak yang sejajar pada setiap kolomnya. Pada pola bujur sangkar, ukuran spasi dan *burden* sama panjang. Pola yang tepat untuk pola pemboran ini, yaitu pola peledakan *V delay*. Adapun pola empat persegi panjang dengan ukuran spasi dalam satu baris lebih besar dari arah *burden* yang membentuk pola persegi panjang yang tidak terkena pengaruh ledakan cukup besar sehingga hasil fragmentasinya kurang baik.



Gambar 7.8 Pola pemboran sejajar.

- Pola pemboran selang-seling adalah penempatan lubang bor secara selang-seling pada setiap kolomnya. Pola ini lebih dikenal pola pemboran zig-zag.



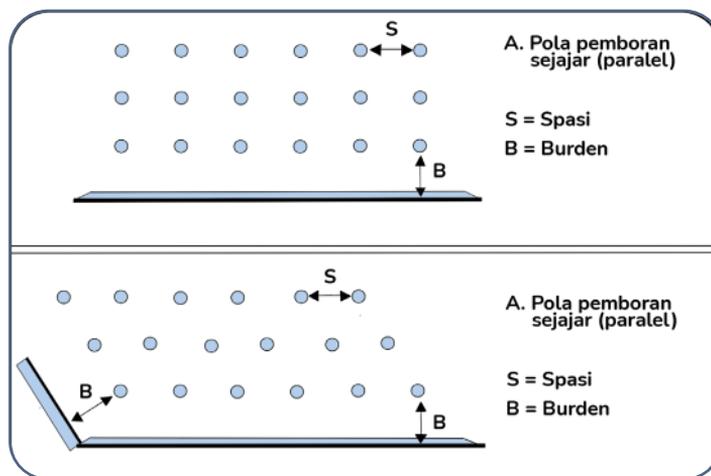
Gambar 7.9 Pola pemboran selang-seling.

### 5) *Burden*

*Burden* merupakan jarak tegak lurus antara lubang tembak terhadap bidang bebas yang paling dekat. *Burden* digunakan untuk menentukan geometri peledakan. Jarak *burden* yang baik, yaitu jarak yang memungkinkan energi dapat bergerak secara maksimal dari kolom isian menuju bidang bebas dan dipantulkan kembali dengan kekuatan yang cukup untuk melampaui kuat tarik batuan sehingga dapat terjadi penghancuran. Apabila peledakan dilakukan penerapan dengan jarak *burden* yang terlalu kecil maka akan mengakibatkan energi ledakan dengan mudah bergerak menuju bidang bebas sehingga menyebabkan terjadinya batuan terbang. Adapun jarak *burden* yang terlalu besar akan mengakibatkan energi tidak cukup kuat untuk mencapai bidang bebas sehingga pecahnya batuan akan menyebabkan terbentuknya bongkahan atau *boulder*.

## 6) Spasi

Spasi adalah jarak antara lubang tembak dalam satu baris dan diukur sejajar terhadap dinding teras (jenjang). Hal yang perlu diperhatikan dalam memperkirakan panjang spasi, yaitu apakah ada interaksi antara *charges* yang berdekatan. Apabila masing-masing lubang bor diledakkan sendiri-sendiri dengan interval waktu yang cukup panjang dan untuk memungkinkan setiap lubang bor meledak dengan sempurna maka tidak akan terjadi interaksi sehingga akan menyebabkan terjadinya efek yang kompleks. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penetapan spasi, yaitu pola peledakan yang ditetapkan, fregmentasi yang diinginkan, besarnya *burden*, dan *delay interval*.



Gambar 7.10 *Burden* dan spasi.

## C. Konsep Dasar Peledakan di Tambang

Operasi peledakan merupakan salah satu kegiatan pada aktivitas penambangan untuk melepaskan batuan dari massa batuan induknya yang harus dilakukan melalui suatu perencanaan. Perencanaan peledakan merupakan suatu tahapan pemberaian bahan galian yang dibuat untuk memperoleh suatu teknik peledakan yang ekonomis,

efisien, dan ramah lingkungan. Tujuan utamanya untuk mempersiapkan serangkaian bahan peledak dan aksesorisnya untuk mendapatkan ukuran fragmen yang tepat untuk proses selanjutnya dan memenuhi target produksi. Sebagai pengetahuan awal tentang peledakan, di bawah ini akan dibahas mengenai konsep bahan peledak, gudang bahan peledak, dan penyimpanan bahan peledak.

## 1. Bahan Peledak

Bahan peledak adalah suatu bahan kimia senyawa tunggal atau campuran berbentuk padat, cair, gas, atau campurannya yang apabila dikenai suatu aksi panas, benturan, gesekan, atau ledakan awal akan mengalami suatu reaksi kimia eksotermis sangat cepat yang hasil reaksinya sebagian atau seluruhnya berbentuk gas, disertai panas, dan tekanan sangat tinggi yang secara kimia lebih stabil.



Gambar 7.11 Salah satu jenis bahan peledak untuk pertambangan.

Sumber: PT.Pindad/pindad.com (2022)

Bahan peledak pada aktivitas pertambangan merupakan salah satu cara yang efektif untuk pemberaian bahan galian yang secara fisik bersifat sangat keras. Keberadaan bahan peledak selain merupakan barang yang berbahaya juga dapat dimanfaatkan sebagai barang yang berguna.

Berdasarkan sumber energinya, bahan peledak dapat diklasifikasikan menjadi bahan peledak mekanik, kimia, dan nuklir. Oleh karena pemakaian bahan peledak dari sumber kimia lebih luas dibanding dari



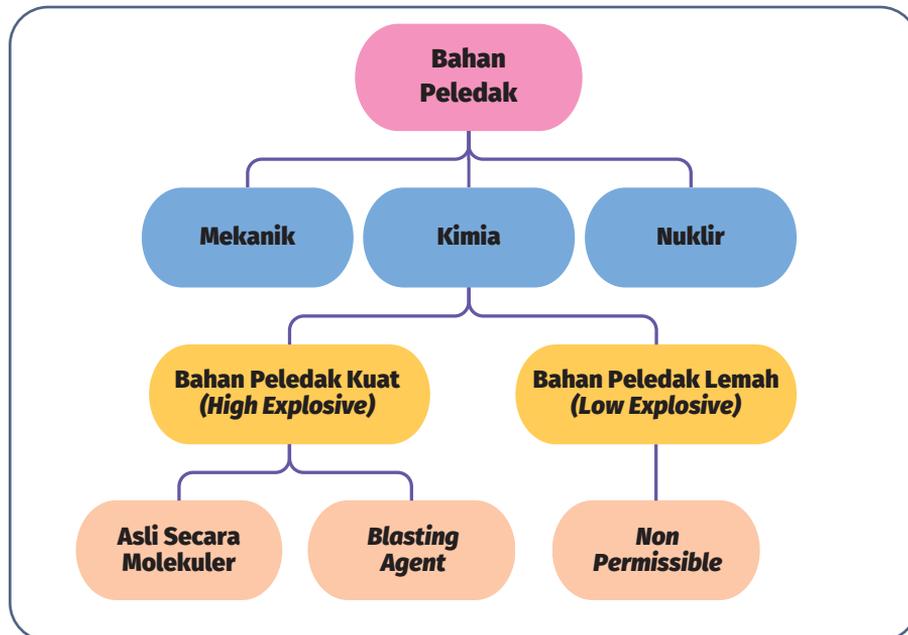
sumber energi lainnya, maka pengklasifikasian bahan peledak kimia lebih intensif diperkenalkan. Dengan beberapa pertimbangan, antara lain harga relatif murah, penanganan teknis lebih mudah, lebih banyak variasi waktu tunda (*delay time*), dan tingkat bahayanya lebih rendah dibanding nuklir.

Hingga saat ini, dikenal dua pengklasifikasian bahan peledak kimia berdasar pada kecepatan reaksinya, yaitu menurut Ash dan Aion.

#### a. Menurut R.L. Ash (1962)

Bahan peledak kimia terbagi menjadi:

1. Bahan peledak kuat (*high explosive*) jika memiliki sifat detonasi atau meledak dengan kecepatan reaksi antara 5.000 – 24.000 fps (1.650 – 8.000 m/s).
2. Bahan peledak lemah (*low explosive*) jika memiliki sifat deflagrasi atau terbakar dengan kecepatan reaksi kurang dari 5.000 fps (1.650 m/s).



Gambar 7.12 Klasifikasi bahan peledak menurut Ash (1962).

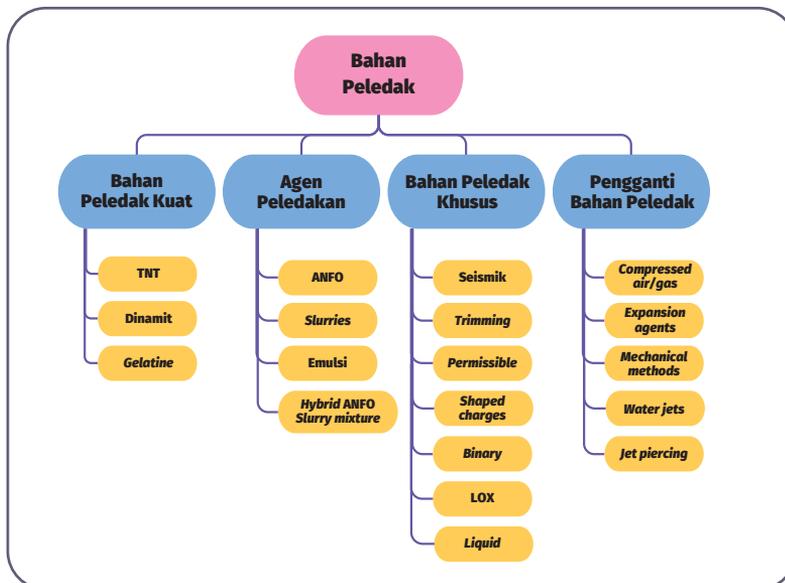
## b. Menurut Anon (1977)

Bahan peledak kimia terbagi menjadi 3 seperti pada Tabel 7.1 berikut.

Tabel 7.1 Pengklasifikasian Bahan Peledak menurut Anon (1977)

Jenis	Reaksi	Contoh
Bahan peledak lemah	Defragate (terbakar)	<i>Black powder</i>
Bahan peledak kuat	Detonate (meledak)	NG, TNT, PETN
<i>Blasting agent</i>	Detonate (meledak)	ANFO, slurry, emulsi

Selain pengklasifikasian di atas, ada juga bahan peledak industri atau komersil. Bahan peledak industri adalah bahan peledak yang dirancang dan dibuat khusus untuk keperluan industri, misalnya untuk digunakan dalam industri pertambangan, pekerjaan sipil, atau industri lainnya, di luar keperluan militer. Sifat dan karakter bahan peledak industri tidak jauh berbeda dengan bahan peledak militer. Bahkan, saat ini bahan peledak industri lebih banyak terbuat dari bahan peledak yang tergolong berkekuatan tinggi. Contoh pengklasifikasian bahan peledak industri diuraikan oleh Mike Smith (Mining Magazine, 1988), seperti terlihat pada Gambar 7.13 berikut.



Gambar 7.13 Pengklasifikasian bahan peledak industri menurut Mike Smith (1988).



## Aktivitas 7.1

Coba kalian cari di berbagai media tentang pengklasifikasian bahan peledak menurut Peraturan Menteri Pertahanan Republik Indonesia nomor 36 tahun 2012. Setelah itu, buat resumennya.

## 2. Gudang Bahan Peledak

Penjelasan mengenai gudang bahan peledak ini dikutip sepenuhnya menurut Keputusan Direktur Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 309.K/30/DJB/2018 tentang Petunjuk Teknis Keselamatan Bahan Peledak dan Peledakan serta Keselamatan Fasilitas Penimbunan Bahan Bakar Cair pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara.

Gudang bahan peledak adalah suatu bangunan, kontainer, atau tangki yang secara teknis mampu menyimpan bahan peledak secara aman. Berikut beberapa kriteria mengenai gudang bahan peledak.

### a. Tahapan Pembangunan Gudang Bahan Peledak

Berikut tahap-tahap dalam pembangunan gudang bahan peledak.

- 1) Kepemilikan gudang bahan peledak hanya boleh diajukan atas nama pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP).
- 2) Permohonan pembangunan gudang bahan peledak diajukan pada Rencana Kerja Anggaran Biaya (RKAB).
- 3) Setelah hasil evaluasi terhadap data dukung pembangunan gudang bahan peledak diterima, selanjutnya pemegang izin usaha pertambangan dapat mulai membangun gudang bahan peledak. Pemegang IUP Eksplorasi/IUPK Eksplorasi/IUP Operasi Produksi/IUPK Operasi Produksi/IUP Operasi Produksi khusus untuk pengolahan dan/atau pemurnian melaporkan pembangunan gudang bahan peledak apabila kondisi pembangunannya sudah mencapai 80%



(delapan puluh persen), dengan menyampaikan surat permohonan pemeriksaan kondisi fisik dan peralatan keselamatan gudang bahan peledak kepada Direktur Jenderal Mineral dan Batubara cq. Direktur Teknik dan Lingkungan Mineral dan Batubara atau KaIT atau Kepala Dinas atas nama KaIT.

- 4) KaIT/Kepala Dinas atas nama KaIT akan menugaskan Inspektur Tambang melakukan pemeriksaan kondisi fisik dan peralatan keselamatan gudang bahan peledak. Hasil pemeriksaan tertuang di dalam Berita Acara. Gudang bahan peledak dapat digunakan saat kondisi pembangunannya sudah mencapai 100% (seratus persen) dan hasil tindak lanjut sebagaimana tertuang dalam Berita Acara sudah dievaluasi dan dinyatakan sesuai atau layak untuk dipergunakan dalam jangka waktu paling lama 5 (lima) tahun yang disampaikan melalui surat KaIT/Kepala Dinas atas nama KaIT. Apabila di dalam pemeriksaan tersebut dinilai kondisi pembangunannya dinyatakan belum memenuhi kriteria yang ditentukan maka pemegang IUP Eksplorasi/IUPK Eksplorasi/IUP Operasi Produksi/IUPK Operasi Produksi/IUP Operasi Produksi khusus untuk pengolahan dan/atau pemurnian diminta untuk menindaklanjuti hal-hal yang harus dilakukan sesuai dengan Berita Acara. Hasil tindak lanjut tersebut dilaporkan kepada KaIT/Kepala Dinas atas nama KaIT.
- 5) Pemegang IUP Eksplorasi/IUPK Eksplorasi/IUP Operasi Produksi/IUPK Operasi Produksi/IUP Operasi Produksi khusus untuk pengolahan dan/atau pemurnian melaporkan kepada KaIT/Kepala Dinas atas nama KaIT paling lama 3 (tiga) bulan sebelum masa berlaku kelayakan gudang bahan peledak berakhir untuk dilakukan pemeriksaan kembali pada kondisi fisik dan peralatan keselamatan atas gudang bahan peledak dengan melampirkan:
  - a) gambar konstruksi gudang bahan peledak sesuai ketentuan yang berlaku;
  - b) gambar situasi gudang bahan peledak sesuai ketentuan yang berlaku;



- c) salinan pengesahan KTT/PTL;
  - d) salinan IPPKH (Izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan), jika lokasi gudang bahan peledak termasuk dalam kawasan hutan;
  - e) salinan persetujuan izin lingkungan dan studi kelayakan;
  - f) surat pernyataan kebenaran dokumen dari manajemen yang ditandatangani di atas materai; dan
  - g) *soft copy* dokumen sebagaimana dimaksud pada poin a) sampai f).
- 6) Selanjutnya, KaIT/Kepala Dinas atas nama KaIT menugaskan Inspektur Tambang untuk melakukan pemeriksaan kondisi fisik dan peralatan keselamatan gudang bahan peledak. Dari hasil pemeriksaan tersebut dibuat Berita Acara pengujian kelayakan/pemeriksaan kondisi fisik serta kelengkapan peralatan keselamatan kerja gudang bahan peledak. Apabila pada pemeriksaan fisik tersebut terdapat ketidaksesuaian maka Inspektur Tambang meminta secara tertulis yang tertuang dalam Berita Acara untuk ditindaklanjuti dan segera dilaporkan kepada KaIT/Kepala Dinas atas nama KaIT. Gudang bahan peledak dapat digunakan setelah hasil tindak lanjut sebagaimana tertuang dalam Berita Acara sudah dievaluasi dan dinyatakan sesuai atau layak untuk dipergunakan kembali dalam jangka waktu paling lama 5 (lima) tahun yang disampaikan melalui surat KaIT/Kepala Dinas atas nama KaIT.
- 7) Khusus untuk gudang bahan peledak di bawah tanah, diperlukan data tambahan berupa peta dan spesifikasi yang memperlihatkan rancang bangun dan lokasi gudang bahan peledak.
- 8) Jangka waktu kelayakan gudang bahan peledak:
- a) gudang sementara diberikan untuk 2 (dua) tahun;
  - b) gudang transit diberikan untuk 5 (lima) tahun; dan
  - c) gudang utama diberikan untuk 5 (lima) tahun.



## **b. Ketentuan Umum dan Keselamatan Pembangunan Gudang Bahan Peledak**

### **1) Pembangunan gudang bahan peledak**

Berikut ketentuan umum pembangunan gudang bahan peledak.

- a) gudang bahan peledak di permukaan tanah harus memenuhi jarak aman terhadap lingkungan;
- b) apabila 2 (dua) atau lebih gudang berada pada satu lokasi setiap gudang harus memenuhi jarak aman minimum;
- c) apabila 2 (dua) atau lebih gudang yang jaraknya tidak memenuhi ketentuan sebagaimana dimaksud dalam huruf b, jarak aman sebagaimana dimaksud dalam huruf a diberlakukan terhadap jumlah keseluruhan bahan peledak yang disimpan dalam kesatuan atau kelompok gudang tersebut;
- d) jika terdapat lebih dari 1 (satu) bangunan untuk bahan peledak yang sejenis, maka harus dipisahkan oleh tanggul pengaman, dan jarak antara tanggul dengan dinding gudang minimal 2 (dua) meter.

### **2) Keselamatan gudang bahan peledak**

Berikut ketentuan keselamatan yang harus dimiliki dan dipatuhi sebuah gudang bahan peledak.

- a) Setiap gudang bahan peledak harus dilengkapi dengan:
  - termometer untuk mengukur suhu di dalam ruang penimbunan dan dilakukan pencatatan setiap hari pada waktu dengan suhu tertinggi;
  - tahanan pembumian dengan nilai paling besar 5 (lima) ohm;
  - tanda “dilarang merokok” dan “dilarang masuk bagi yang tidak berkepentingan”;
  - satu jalan masuk;



- gudang peka primer dan gudang bahan ramuan dapat memiliki 2 (dua) jalan masuk setelah dilakukan evaluasi dari Inspektur Tambang;
  - alat pemadam api yang diletakkan di tempat yang mudah dijangkau di luar bangunan gudang; dan
  - hidran yang dipasang di luar gudang bahan peledak dihubungkan dengan sumber air bertekanan sehingga dapat menjangkau seluruh lokasi gudang bahan peledak.
- b) Sekitar gudang bahan peledak harus dilengkapi lampu penerangan yang dapat mencakup seluruh areal gudang dan sistem/peralatan yang dapat melakukan pemantauan keamanan/*Closed Circuit Television* (CCTV) yang menjangkau seluruh area gudang bahan peledak serta harus dijaga 24 (dua puluh empat) jam terus menerus oleh minimal 2 (dua) orang petugas jaga keamanan yang ditugaskan oleh KTT/PTL. Rumah jaga harus dibangun di luar pagar gudang dan dapat mengawasi sekitar gudang dengan mudah.
- c) Sekeliling lokasi gudang bahan peledak harus dipasang pagar pengaman dengan tinggi sekurang-kurangnya 2,5 meter, menggunakan material yang tidak mudah dirusak atau dipotong, serta dilengkapi dengan kawat berduri dan pintu yang dapat dikunci dengan jarak paling kurang 5 (lima) meter dari tanggul pengaman.
- d) Dimensi lubang ventilasi pada bangunan gudang bahan peledak dibuat sedemikian rupa agar tidak mudah dilewati orang, dan ventilasi diberi teralis yang tidak tersingkap di dalam gudang dengan jarak antara teralis paling lebar 9 (sembilan) cm.
- e) Untuk masuk ke dalam gudang hanya diperbolehkan menggunakan lampu senter kedap gas.
- f) Dilarang memakai sepatu yang mempunyai alas besi, membawa korek api atau barang-barang lain yang dapat menimbulkan bunga api ke dalam gudang.



- g) Sekeliling gudang bahan peledak peka detonator harus dilengkapi tanggul pengaman yang tingginya 2 (dua) meter dan lebar bagian atasnya 1 (satu) meter. Apabila pintu masuk berhadapan langsung dengan pintu gudang, harus dilengkapi dengan tanggul sehingga jalan masuk hanya dapat dilakukan dari samping.
- h) Apabila gudang bahan peledak dibangun pada material kompak yang digali, maka tanggul tetap harus dibuat.
- i) Selain ketentuan sebagaimana dimaksud dalam huruf a untuk gudang Amonium Nitrat dan ANFO, dengan kapasitas kurang dari 5.000 kilogram pada bagian dalamnya harus dipasang pemadam api otomatis yang dipasang pada bagian atas.

### **c. Persyaratan Teknis Gudang Bahan Peledak di Bawah Tanah**

Berikut syarat-syarat teknis gudang bahan peledak di bawah tanah.

- 1) Gudang di bawah tanah harus dibangun di lokasi yang kering, bebas dari kemungkinan bahaya api, jauh dari jalan masuk udara utama, terlindung dari kemungkinan kejatuhan batuan dan banjir, serta harus terpisah dari tempat kerja di tambang.
- 2) Kontruksi gudang harus cukup kuat dan mempunyai dinding yang rata serta dilengkapi dengan lubang ventilasi dan aliran udara yang cukup.

### **d. Jarak Aman**

Berikut cara menetapkan jarak aman gudang bahan peledak peka detonator.

- 1) Setiap 1.000 detonator No.8 setara dengan 1 (satu) kilogram bahan peka detonator. Untuk detonator yang kekuatannya melebihi detonator No. 8 harus disesuaikan lagi dengan ketentuan pabrik pembuatannya; dan detonator No. 8 adalah detonator yang mengandung 0,45 gr bahan peledak nitrat ester yang merupakan bahan peledak kuat.



- 2) Setiap 330 meter sumbu ledak spesifikasi 50 sampai dengan 60 grain setara dengan 4 kilogram bahan peledak peka detonator.

Adapun jarak aman gudang terhadap lingkungan dan jarak aman minimum antara gudang bahan peledak antara lain sebagai berikut.

Tabel 7.2 Jarak Aman Minimum untuk Lokasi Gudang Bahan Peledak Peka Detonator

Yang Diperkenankan (kilogram)		Jarak (meter)		
		I*)	II*)	III*)
1	2	3	4	5
1	50	60	45	24
	100	71	43	29
	500	120	90	48
	1.000	152	113	56
2	2.000	191	142	63
	3.000	219	164	71
	4.000	240	180	75
	5.000	260	194	78
	6.000	263	206	81
	7.000	266	217	83
	8.000	270	227	84
	9.000	282	236	86
	10.000	293	244	87
	3	15.000	339	280
20.000		383	308	114
25.000		420	331	126
30.000		455	352	137



Yang Diperkenankan (kilogram)		Jarak (meter)		
		I*)	II*)	III*)
4	40.000	509	388	153
	50.000	545	418	164
	60.000	557	444	167
	70.000	567	467	170
	80.000	581	489	174
	90.000	597	509	180
	100.000	609	527	183
5	125.000	647	567	195
	150.000	700	650	225

Keterangan:

- \*) Bangunan yang didiami orang, rumah sakit, bangunan-bangunan lain/kantor kantor.
- \*\*) Tempat penimbunan bahan bakar cair, tangki, bengkel dan jalan umum besar.
- \*\*\*) Rel kereta api, jalan umum kecil.

### 3. Penyimpanan Bahan Peledak

Bahan peledak merupakan bahan khusus yang tunduk pada persyaratan yang ditentukan pemerintah, seperti izin, persyaratan penyimpanan fisik, jenis fasilitas penyimpanan bahan peledak, jarak aman dari fasilitas umum, dan tata cara penyimpanan bahan peledak di fasilitas penyimpanan, harus disimpan di fasilitas penyimpanan properti.

Dalam buku ini akan dibahas dua jenis penyimpanan bahan peledak, yaitu bahan peledak peka detonator dan bahan peledak peka primer dengan aturan penyimpanan mengikuti Keputusan Direktur Jenderal Mineral dan Batubara Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 309.K/30/DJB/2018.



### a. Penyimpanan Bahan Peledak Peka Detonator

Penyimpanan bahan peledak peka detonator dilakukan pada ruangan dengan temperatur maksimal 35°C. Adapun tata cara penyimpanannya sebagai berikut.

- 1) Apabila bahan peledak peka detonator disimpan di dalam gudang berbentuk bangunan maka harus memenuhi ketentuan berikut.
  - a) tetap dalam kemasan aslinya; dan
  - b) diletakkan di atas bangku dengan tinggi paling kurang 30 cm dari lantai gudang, dengan ketentuan:
    - tinggi tumpukan paling tinggi 180 (seratus delapan puluh) cm dari dasar lantai, lebar tumpukan paling banyak 4 (empat) peti dan panjang tumpukan disesuaikan dengan ukuran gudang;
    - jarak antara tumpukan berikutnya paling kurang 30 (tiga puluh) cm; dan
    - harus tersedia ruang bebas antara tumpukan dengan dinding gudang paling kurang 30 (tiga puluh) cm.
- 3) Apabila bahan peledak peka detonator disimpan dalam gudang berbentuk kontainer maka harus memenuhi ketentuan berikut.
  - a) ditumpuk dengan baik sehingga udara dapat mengalir di sekitar tumpukan; dan
  - b) kapasitas penyimpanan paling banyak 4.000 kilogram.

### b. Penyimpanan Bahan Peledak Peka Primer

Penyimpanan bahan peledak peka primer dilakukan pada ruangan dengan temperatur maksimal 55°C. Adapun tata cara penyimpanannya sebagai berikut.

- 1) Apabila bahan peledak peka primer disimpan di dalam gudang berbentuk bangunan maka harus memenuhi ketentuan berikut.

- a) tetap dalam kemasan aslinya;
  - b) bahan peledak dalam kemasan yang beratnya sekitar 25 (dua puluh lima) sampai dengan 50 (lima puluh) kilogram, tinggi tumpukan paling tinggi 180 (seratus delapan puluh) sentimeter dari lantai dengan lebar paling banyak 8 (delapan) kantong;
  - c) bahan peledak dalam kemasan yang beratnya sekitar 1.000 kilogram disimpan dengan ketentuan harus disimpan dengan pelet kayu aslinya, penerima dan pengeluaran bahan peledak tidak boleh dilakukan secara manual, dan harus disimpan dalam bentuk tumpukan dengan ketentuan:
    - tinggi tumpukan paling banyak 3 (tiga) kemasan;
    - harus tersedia ruang bebas antara tumpukan dengan dinding gudang paling kurang 75 (tujuh puluh lima) sentimeter;
    - harus tersedia lorong yang bebas hambatan sehingga alat angkut dapat bekerja dengan bebas dan aman;
    - dalam hal tumpukan melebihi ketiga ketentuan di atas maka harus terlebih dahulu mendapat persetujuan dari KaIT/Kepala Dinas atas nama KaIT; dan
    - alat pengangkut bermesin motor bakar tidak boleh ditinggalkan di dalam gudang tanpa operator.
- 2) Apabila bahan peledak peka primer disimpan di dalam gudang berbentuk kontainer harus memenuhi ketentuan berikut.
- a) tetap dalam kemasan aslinya; dan
  - b) bahan peledak dalam kemasan sekitar 25 (dua puluh lima) kilogram dan harus disimpan sesuai dengan ketentuan sebagaimana jika disimpan dalam gudang berbentuk bangunan.





## Uji Kompetensi

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!**

1. Menurut kalian, apa yang menjadi perbedaan antara pemboran eksplorasi dan pemboran eksploitasi? Jelaskan!
2. Mengapa pemilihan jenis mesin bor sangat menentukan dalam efektivitas kegiatan pemboran dan peledakan? Jelaskan alasannya!
3. Mengapa geometri pemboran sangat penting dalam aktivitas peledakan? Jelaskan!
4. Jelaskan dengan bahasa kalian, apa yang dimaksud dengan bahan peledak!
5. Jelaskan perbedaan antara bahan peledak yang digunakan industri dengan yang digunakan militer?



## Pengayaan

Untuk lebih memahami tentang gudang bahan peledak, carilah dari berbagai sumber mengenai jarak aman dari suatu gudang bahan peledak. Pelajari dan diskusikan bersama dengan kelompok kalian. Kemudian, presentasikan hasil diskusi kalian di hadapan kelompok lain.





## Refleksi

Setelah membaca materi dan melakukan berbagai aktivitas pada bab ini, berikan tanda centang (✓) pada bagian yang sudah kalian kuasai, atau tanda silang (x) pada materi yang belum dikuasai.

No	Materi	Kompetensi (✓ / x)
1.	Pemilihan metode penambangan	
2.	Pemboran dalam aktivitas penambangan	
3.	Konsep dasar peledakan di tambang	



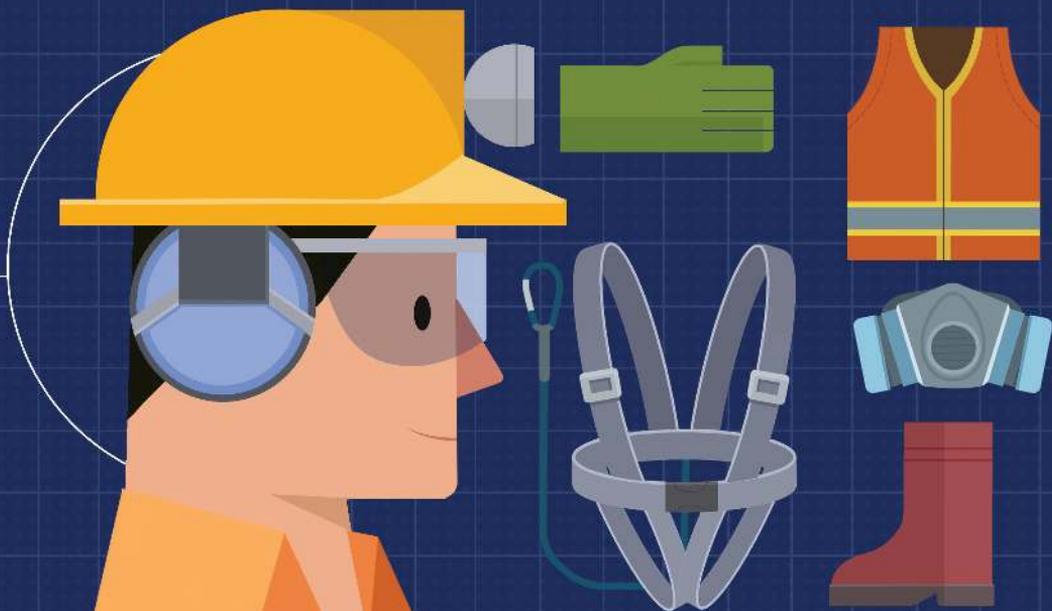
KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
REPUBLIK INDONESIA, 2023

Dasar-Dasar Teknik Geologi Pertambangan  
untuk SMK/MAK Kelas X Semester 2

Penulis : Masfut Mustahar dan Akhmad Syaripudin  
ISBN : 978-623-194-516-7 (no.jil.lengkap PDF)  
978-623-194-518-1 (jil.2 PDF)

## Bab 8

# Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup (K3LH) Pertambangan dan Budaya Kerja Industri



### Pemantik

Bekerja di dunia pertambangan merupakan pekerjaan yang berisiko tinggi, menurut kalian risiko keselamatan apa saja yang ada dalam aktivitas pertambangan?





## Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi dan melakukan aktivitas yang terdapat pada bab ini, kalian diharapkan mampu memahami prinsip K3LH di dunia pertambangan, jenis-jenis alat pelindung diri, rambu-rambu yang digunakan di area pertambangan, sistem manajemen keselamatan pertambangan (SMKP), serta budaya kerja di industri.



## Peta Konsep



Gambar 8.1 Peta konsep K3LH pertambangan dan budaya kerja industri.



## Kata Kunci

K3LH, bahaya, APD, SMKP, 5R

Pekerjaan di dunia pertambangan merupakan pekerjaan yang berisiko tinggi, baik dalam keselamatan sumber daya manusia maupun anggaran yang dikeluarkan. Dengan demikian, semua kegiatan pertambangan



harus diatur sedemikian rupa agar semua yang telah direncanakan dapat berjalan dengan baik dan lancar. Untuk mewujudkan hal tersebut dibuatlah suatu sistem agar memberikan keamanan dan kenyamanan bagi orang yang bekerja dan lingkungan sekitarnya yang dikenal dengan sistem K3LH (Kesehatan, Keselamatan, Kerja dan Lingkungan Hidup) dan SMKP (Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan).

## A. Konsep K3LH dalam Pertambangan

Kegiatan pertambangan merupakan kegiatan berisiko tinggi, baik dalam finansial maupun secara teknis. Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak dari risiko tersebut diperlukan sebuah prosedur atatau program terencana untuk semua hal yang terkait pada kegiatan pertambangan tersebut.

K3LH (Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan Hidup) merupakan suatu program yang diterapkan dari awal hingga akhir proses penambangan. Program K3LH ini merupakan upaya perusahaan untuk melindungi tenaga kerjanya sehingga selalu berada dalam keadaan sehat dan selamat selama melakukan kegiatan di tempat kerja ataupun bagi orang lain yang datang dan memasuki lokasi pekerjaan. K3LH merupakan hal penting dalam sebuah perusahaan pertambangan karena dalam setiap pekerjaan di pertambangan sangat rentan menimbulkan masalah, seperti kecelakaan, penyakit, dan perubahan lingkungan.

### 1. Manfaat dan Tujuan K3LH

K3LH dibuat untuk mengontrol semua kegiatan di area pertambangan sehingga semua kegiatan berjalan baik dan sesuai dengan target pekerjaan yang telah direncanakan sebelumnya. Dengan penerapan program K3LH yang baik, pekerja dan dunia usaha dapat memperoleh manfaat langsung yang menjamin kelancaran usahanya. Kegiatan perusahaan menjadi lebih efisien dan sistematis sehingga berkembang lebih cepat dan pekerja akan lebih terjamin dalam lingkungan kerjanya. Jika tercipta lingkungan kerja yang nyaman maka hubungan antara

pekerja dan perusahaan akan lebih harmonis dan dapat menghasilkan jumlah produk yang maksimal sesuai dengan target perusahaan.

Agar industri dapat tumbuh, berkembang dengan cepat, dan berhasil, sistem kerja setiap industri harus diatur dan dirancang dengan mempertimbangkan K3LH. Setiap pekerja mempunyai hak atas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja, kesesuaian, dan perlakuan yang layak.

Keuntungan penerapan K3LH bagi perusahaan, yaitu memberikan hasil kerja yang optimal. Dengan lingkungan kerja yang nyaman akan dihasilkan produksi yang lebih berkualitas. Oleh karena itu, program K3LH ini dapat memengaruhi kuantitas dan kualitas produksi.

## 2. Prinsip-Prinsip dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Penerapan K3 memiliki beberapa landasan hukum dalam pelaksanaannya, di antaranya Undang-undang Keselamatan Kerja Nomor 1 Tahun 1970, Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 5 Tahun 1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 4 Tahun 1987 tentang Badan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (P2K3). Berdasarkan berbagai landasan hukum tersebut, berikut rangkuman prinsip-prinsip dalam K3.

### a. Tempat kerja

Dalam prinsip-prinsip K3, pengertian tempat kerja mencakup hal berikut.

- 1) Tempat di mana orang-orang bekerja untuk sebuah perusahaan.
- 2) Ada pekerja yang bekerja di sana.
- 3) Ada bahaya kerja di lokasi ini.

### b. Keselamatan kerja

Menurut Widodo Siswowardojo (2003), keselamatan kerja adalah daya dan upaya yang terencana untuk mencegah terjadinya musibah kecelakaan ataupun penyakit akibat kerja. Adapun menurut Suma'mur



(1996), keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya, serta cara-cara melakukan pekerjaan. Berdasarkan kedua pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa keselamatan kerja adalah suatu usaha untuk menciptakan keadaan lingkungan kerja yang aman bebas dari kecelakaan.

### c. Kesehatan kerja

Menurut Widodo Siswowardojo (2003), kesehatan kerja adalah peningkatan dan memelihara derajat kesehatan tenaga kerja setinggi-tingginya, baik fisik, mental maupun sosial, mencegah dan melindungi tenaga kerja terhadap gangguan kesehatan akibat lingkungan kerja dan faktor-faktor lain yang berbahaya, menempatkan tenaga kerja dalam suatu lingkungan yang sesuai dengan faal dan jiwa serta pendidikannya, meningkatkan efisiensi kerja dan produktivitas, serta mengusahakan agar masyarakat lingkungan sekitar perusahaan terhindar dari bahaya pencemaran akibat proses produksi, bahan bangunan, dan sisa produksi.

### d. Potensi bahaya

Berdasarkan OHSAS 18001:2007, pengertian bahaya mencakup segala sumber, yaitu situasi atau kegiatan yang dapat menyebabkan cedera (cedera akibat kerja) dan/atau penyakit akibat kerja (PAH). Secara umum dalam K3LH, bahaya di lingkungan kerja dibedakan menjadi lima, yaitu bahaya biologis, bahaya kimia, bahaya fisik/mekanis, bahaya biomekanik, dan bahaya psikososial. Berikut beberapa penyebab yang dapat menimbulkan bahaya dalam kegiatan kerja.

- 1) Bahaya biologi dapat disebabkan jamur, virus, bakteri, tanaman, dan binatang.
- 2) Bahaya kimia dapat disebabkan semua bahan/material/cairan/gas/debu/uap berbahaya yang beracun, reaktif, radioaktif, mudah meledak, mudah terbakar/menyala, iritan dan korosif.
- 3) Bahaya fisik/mekanik dapat disebabkan karena ketinggian, konstruksi (infrastruktur), mesin/alat/kendaraan/alat berat,

ruangan terbatas (terkurung), tekanan, kebisingan, suhu, cahaya, listrik, getaran, dan radiasi.

- 4) Bahaya biomekanik dapat disebabkan gerakan berulang, postur/posisi kerja, pengangkutan manual, dan desain tempat kerja/alat/mesin.
- 5) Bahaya sosial/psikologis dapat disebabkan stres, kekerasan, pelecehan, pengucilan, intimidasi, dan emosi negatif.

#### **e. Mengidentifikasi potensi bahaya**

Proses mengidentifikasi potensi bahaya merupakan suatu proses aktivitas yang dilakukan untuk mengenali seluruh situasi atau kejadian yang berpotensi sebagai penyebab terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja yang dapat terjadi di tempat kerja.

#### **f. Inspeksi keselamatan dan kesehatan kerja**

Kegiatan inspeksi keselamatan dan kesehatan kerja (inspeksi K3) merupakan aktivitas untuk menemukan permasalahan atau potensi bahaya dan menilai risikonya sebelum kerugian atau kecelakaan dan penyakit akibat kerja benar-benar terjadi. Kegiatan inspeksi K3 dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

- 1) Inspeksi informal, yaitu inspeksi yang tidak direncanakan sebelumnya dan sifatnya cukup sederhana, dilakukan berdasarkan kesadaran orang-orang yang menemukan atau melihat masalah K3 di dalam pekerjaannya sehari-hari. Inspeksi ini cukup efektif karena permasalahan yang muncul langsung dapat dideteksi, dilaporkan, dan dapat segera dilakukan tindakan korektif.
- 2) Inspeksi rutin/umum, yaitu inspeksi yang biasanya dilakukan melalui survei langsung. Survei ini dilakukan untuk mendapatkan informasi sederhana, tapi cukup lengkap dalam waktu yang relatif singkat. Oleh karena itu, diperlukan upaya pengumpulan data untuk kepentingan penilaian secara umum dan selanjutnya dilakukan analisa sederhana. Survei ini dilaksanakan ke seluruh area kerja dan bersifat komprehensif.





### Aktivitas 8.1

Coba kalian cari di berbagai media tentang aturan terbaru mengenai K3LH dalam kegiatan pertambangan. Kemudian, buat resume dari aturan tersebut!

## 3. Lingkungan Hidup

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) menyatakan bahwa faktor lingkungan menjadi hal terpenting di dunia pertambangan. Mengapa demikian? Karena secara langsung, kegiatan pertambangan dapat mengubah alam dan jika tidak dikelola dengan baik dapat menimbulkan kerusakan lingkungan. Khususnya, kerusakan tersebut berasal dari tahapan ekstraksi dan pembuangan limbah tambang, pengolahan bijih, serta operasional pabrik pengolahan.

### a. Kegiatan ekstraksi

Kegiatan ekstraksi menghasilkan limbah/*waste* dalam jumlah yang sangat banyak. Total *waste* yang diproduksi dapat bervariasi antara 10% sampai 99,99% dari total bahan yang ditambang. Limbah utama yang dihasilkan berupa batuan penutup dan limbah batuan (Suprpto, 2008). Beberapa hal yang perlu diperhatikan terkait kegiatan ekstraksi, yaitu:

- 1) Dimensi ukuran dan bentuk zona mineralisasi.
- 2) Penghitungan jumlah sumber daya batuan yang akan ditambang dan yang akan dibuang. Hal ini akan menentukan dalam lokasi dan desain penempatan limbah batuan.
- 3) Kemungkinan timbulnya racun dari limbah batuan dan terjadinya air asam tambang.
- 4) Dampak dari proses transportasi, penyimpanan, dan penggunaan bahan peledak, bahan kimia racun, dan bahan radioaktif di wilayah penambangan serta gangguan pernapasan akibat pengaruh debu.

- 5) Kerusakan dan keruntuhan tanah akibat penambangan bawah tanah.
- 6) Keluarnya gas metan dari dalam tambang batu bara bawah tanah.

## b. Limbah tambang

Limbah tambang adalah buangan atau sisa material yang dihasilkan dari suatu proses produksi perusahaan pertambangan. Limbah ini dikategorikan sebagai limbah industri dan dapat menimbulkan dampak negatif jika jumlah atau konsentrasinya di alam telah melebihi baku mutu lingkungan. Secara fisik, limbah tambang terbagi menjadi tiga, yaitu limbah tambang padat, cair, dan gas.

Limbah tambang dapat dikategorikan sebagai limbah B3, yaitu limbah yang mengandung bahan beracun dan berbahaya yang menurut PP No. 101 tahun 2014 adalah sisa usaha atau kegiatan yang mengandung zat atau komponen yang secara langsung maupun tidak dapat mencemarkan, merusak, atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.

Limbah tambang ini akan menimbulkan masalah jika pembuangan dan pengolahannya tidak dikendalikan dengan baik. Bahan berbahaya ini termasuk logam berat, semilogam, limbah radioaktif, air asam, bahan kimia proses, dan banyak lagi.



Gambar 8.2 Kerusakan lingkungan akibat bocornya tanggul penampungan limbah batubara Kolam Tuyak di Kecamatan Malinau Selatan.

Sumber: Muhammad Supri (2021)



### c. Pengolahan bijih

Dalam proses pengolahan bijih akan dihasilkan limbah bergantung pada jenis bijih dan metode pengolahannya. Contohnya, kegiatan pengolahan bijih baik melalui teknik flotasi ataupun sianidasi pada pertambangan emas dan tembaga akan menghasilkan limbah tailing yang mengandung kontaminan logam berat. Pengolahan bijih nikel secara *pyrometallurgy* dapat menimbulkan limbah berupa *slag*/terak nikel dalam jumlah besar. Demikian juga limbah *slag* timah dari pertambangan timah mengandung unsur radioaktif yang memerlukan perlakuan khusus dalam pengelolaannya. Pada kegiatan pertambangan batu bara, limbah B3 dominan yang dihasilkan berupa pelumas bekas dari kegiatan perbengkelan dan pembangkit energi.

Selain kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh limbah pertambangan, aktivitas pertambangan juga dapat mengakibatkan kerusakan pada kondisi fisik di wilayah tersebut, meliputi kerusakan tanah, air, udara, laut, serta hutan. Berikut ini beberapa contoh kerusakan fisik yang ditimbulkan oleh aktivitas pertambangan.

#### 1) Kerusakan tanah

Pertambangan dapat mengakibatkan tanah mengalami pencemaran berupa lubang-lubang besar bekas penambangan. Lubang-lubang tersebut tidak mungkin ditutup kembali. Biasanya, lubang ini akan penuh oleh air hujan dan terjadi kubangan air dengan kadar asam sangat tinggi serta mengandung unsur Fe, Mn, SO<sub>4</sub>, Pb, dan Hg. Jika unsur kimia ini dalam jumlah banyak dan meresap ke dalam tanah maka dapat menjadi racun bagi tanaman sekitarnya. Hal ini menyebabkan tanaman tidak dapat berkembang dengan baik dan mengurangi tingkat kesuburan tanah di sekitarnya sehingga mengakibatkan kematian tanaman yang tumbuh di atasnya.





Gambar 8.3 Kerusakan lingkungan akibat tambang emas ilegal yang mengakibatkan kebun sagu seluas 40 hektare rusak karena tercemar merkuri.

Sumber: Antara/nasional.tempo.co (2018)

## 2) Longsor

Akibat teknik penambangan yang buruk, di mana penambang menggali bukit tanpa memerhatikan faktor kemiringan lereng dan tidak dibuat secara berjenjang (trap-trap) sehingga hasil penggalian berupa dinding lurus dan menggantung dapat menyebabkan tanah longsor.



Gambar 8.4 Longsor yang terjadi di areal pertambangan tanah *clay* di Gunung Sariak, Padang.

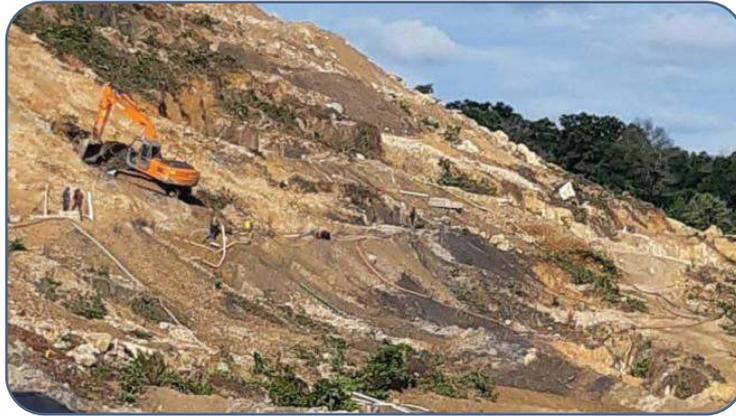
Sumber: Perdana Putra/kompas.com (2019)

## 3) Erosi tanah

Erosi tanah dapat terjadi jika tidak ada upaya reklamasi atau reboisasi di areal penggalian setelah kegiatan penambangan selesai dilakukan. Membiarkan begitu saja areal penggalian dan berpindah ke lokasi baru dapat mengakibatkan lokasi penggalian hancur begitu



saja. Jika areal bekas penggalian tersebut dibiarkan dapat berpotensi terjadi percepatan erosi. Hal ini dikarenakan tidak adanya vegetasi yang menutup tanah.



Gambar 8.5 Kerusakan lahan akibat penambangan timah.  
Sumber: Istimewa/suara.com (2020)

#### 4) Pencemaran air

Dampak limbah tambang yang paling meresahkan, yaitu pencemaran air akibat pembuangan limbah tanpa pengolahan terlebih dahulu dan langsung dibuang ke sungai. Hal ini dapat mengakibatkan penyebaran zat beracun di dalam air. Biasanya, air dan sisa sedimen limbah pertambangan mengandung logam berat yang dapat membahayakan ekosistem sungai. Jika air sungai tersebut dikonsumsi masyarakat, dampaknya tidak hanya dirasakan flora dan fauna semata, tetapi juga manusia.



Gambar 8.6 Sungai di Magetan tercemari limbah tambang pasir ilegal.  
Sumber: Joko Prayitno/bbstv.id (2019)





## Aktivitas 8.2

Kalian telah mengetahui beberapa masalah terkait kerusakan lingkungan akibat aktivitas penambangan. Sekarang, coba kalian diskusikan dalam kelompok mengenai bagaimana mengatasi permasalahan tersebut. Kemudian, presentasikan hasil diskusi kalian di depan kelas.

## B. Alat Pelindung Diri Daerah Pertambangan

Semua perusahaan yang bergerak dalam kegiatan operasi pertambangan diwajibkan melaksanakan ketentuan keselamatan pertambangan. Perusahaan tersebut harus menyediakan segala peralatan, perlengkapan, alat pelindung diri, fasilitas, personil, dan biaya yang diperlukan untuk melaksanakan ketentuan K3LH. Berikut beberapa alat pelindung diri yang harus disediakan perusahaan pertambangan

### 1. Pelindung Kepala

Kepala merupakan bagian tubuh vital sehingga harus dilindungi. Dalam kegiatan pertambangan yang berkaitan erat dengan material dan alat-alat berat, proses kecelakaan dapat terjadi secara tiba-tiba.



Misalnya, adanya runtuhannya yang dapat menimbulkan lontaran material yang keras dan tajam sehingga mengenai kepala, adanya benturan kepala dengan alat, jatuh, tersandung, percikan api dan bahan kimia, radiasi panas, mikroba, serta suhu ekstrem. Dengan menggunakan *safety helmet*, bagian kepala dari seorang pekerja dapat terlindungi.

Gambar 8.7 Contoh pelindung kepala atau *safety helmet*.

Sumber: Akhmad Syaripudin (2022)



## 2. Pelindung Mata

Area pertambangan merupakan wilayah terbuka, dengan beragam aktivitas di dalamnya, seperti hilir mudik kendaraan, pemboran, peledakan, dan sebagainya. Area tersebut sangat berpotensi menimbulkan debu dan partikel yang dapat merusak mata. Oleh karena itu, pekerja harus menggunakan kacamata pelindung untuk menghindarkan debu memasuki mata dan melindungi mata kita dari pancaran sinar matahari secara langsung. Kacamata *safety* lebih kuat serta tahan terhadap benturan dan panas dibanding kacamata pada umumnya.



Gambar 8.8 Contoh kacamata yang digunakan di area pertambangan.  
Sumber: Akhmad Syaripudin (2022)

## 3. Pelindung Badan

Dari sekian prosedur keselamatan di area tambang yang harus diikuti, cara berpakaian juga termasuk di dalamnya. Pakaian khusus yang desainnya menekankan pada aspek perlindungan diri di area tambang lebih dikenal dengan sebutan baju *safety* tambang. Pelindung badan tersebut terdiri atas beberapa jenis, bisa berupa jaket, rompi atau kemeja yang disesuaikan dengan lokasi pekerjaan di tambang. Walaupun tidak bisa melindungi secara sempurna, pakaian jenis ini mampu meminimalisasi risiko terluka atau mengurangi cedera dengan kriteria berikut.

- a. Desain disesuaikan dengan aktivitas yang berat sehingga penggunaannya akan tetap merasa nyaman dan bebas bergerak.



- b. Material kain yang lebih khusus (antiapi), membuat penggunaanya aman dari sentuhan api untuk durasi waktu tertentu.



Gambar 8.9 Contoh pakaian pelindung apron yang digunakan saat pengelasan dalam pekerjaan konstruksi atau saat pemotongan *coring* di *wellsite*.

Sumber: Akhmad Syaripudin (2022)

- c. Menghindari kulit dari bersentuhan langsung dengan kotoran, seperti minyak dan lumpur.
- d. Menggunakan reflektor yang peka dan berwarna cerah yang mencolok sehingga memudahkan para pekerja mengenali satu sama lain, bahkan saat berada di area minim cahaya.



Gambar 8.10 Contoh pakaian kerja yang digunakan di area tambang.

Sumber: Nyamdorj from Pixabay/mining-technology.com (2021)



## 4. Pelindung Tangan

Selain helm dan pakaian, pelindung tangan atau sarung tangan wajib digunakan di area tambang untuk menghindari goresan benda tajam, terkena bahan beracun, dan faktor bahaya lainnya. Sarung tangan ini terbuat dari material yang kuat, tidak mudah sobek, nyaman digunakan, dan sesuai peruntukannya untuk tiap-tiap jenis pekerjaan di tambang. Untuk sarung tangan berbahan dasar kulit digunakan untuk pekerjaan yang melibatkan panas, permukaan yang kasar, dan suhu yang ekstrem (panas/dingin).



Gambar 8.11 Contoh sarung tangan yang digunakan dalam aktivitas pertambangan.  
Sumber: Akhmad Syaripudin (2022)

## 5. Pelindung Kaki

Pelindung kaki atau sepatu yang digunakan di area tambang didesain melindungi kaki atau jari kaki dari kejatuhan benda. Beberapa model pelindung kaki menggunakan bahan penguat dari besi yang akan melindungi dari tusukan pada kaki. Selain itu, *rubber* atau lateks yang digunakan tahan terhadap bahan kimia dan memberikan daya cengkeram yang kuat pada permukaan yang licin.

]





Gambar 8.12 Contoh sepatu *safety* yang digunakan di area pertambangan.  
Sumber: Akhmad Syaripudin (2022)

## 6. Pelindung Wajah

Selain kacamata yang digunakan untuk melindungi mata secara khusus, adapula pelindung yang melindungi wajah secara keseluruhan. Pelindung wajah tersebut digunakan untuk beberapa pekerjaan tertentu, seperti pengelasan pada konstruksi tambang. Umumnya, alat pelindung ini terbuat dari material plastik, *fiberglass*, ataupun logam khusus yang telah terjamin kekuatan dan kualitasnya.



Gambar 8.13 Contoh pelindung wajah yang digunakan pada aktivitas penambangan.  
Sumber: Akhmad Syaripudin (2022)



## 7. Pelindung Sistem Pernapasan

Alat pelindung berupa masker atau respirator ini dirancang untuk melindungi sistem pernapasan dengan menyaring udara dari bahan kimia, partikel terbang pertambangan, mikroorganisme, uap, panas, dan lainnya.



Gambar 8.14 Respirator.



### Aktivitas 8.3

Untuk lebih memahami penggunaan dan fungsi alat pelindung diri di area pertambangan, kalian dapat mempelajari melalui sumber belajar yang ada di internet mengenai standar-standar keselamatan internasional dalam menggunakan APD. Buat resume mengenai hal tersebut!

## C. Rambu-Rambu K3LH Daerah Pertambangan

### 1. Definisi Rambu-Rambu

Area pertambangan merupakan area luas dengan berbagai kegiatan yang melibatkan banyak orang, mesin, peralatan, dan kendaraan. Dari kompleksnya kegiatan yang ada maka diperlukan suatu tanda-tanda yang berfungsi sebagai rambu untuk petunjuk atau peringatan. Hal ini secara



tidak langsung dapat mengontrol kegiatan-kegiatan yang berjalan di lokasi tersebut sehingga lingkungan kerja yang aman dan nyaman dapat tercipta.

Rambu-rambu kawasan pertambangan memiliki standarisasi tertentu, seperti lokasi, ukuran, dan material. Hal tersebut dimaksudkan agar rambu-rambu tidak membingungkan pengguna sehingga dapat mengurangi angka kecelakaan. Umumnya, rambu ini banyak digunakan untuk mengatur lalu lintas di sekitar area pertambangan.

## 2. Spesifikasi Rambu-Rambu

Rambu-rambu mempunyai fungsi dan kegunaan masing-masing. Berdasarkan fungsinya, rambu-rambu terbagi menjadi empat sebagai berikut.

- a. Rambu peringatan berfungsi untuk memperingati personil atas kondisi tertentu agar lebih berhati-hati. Rambu peringatan ini dibuat dengan warna dasar kuning menggunakan lambang dan tulisan berwarna hitam.



Gambar 8.15 Contoh rambu peringatan.

- b. Rambu larangan berfungsi untuk menunjukkan tindakan yang tidak boleh dilakukan. Rambu ini dicirikan dengan warna dasar putih dengan lambang atau tulisan berwarna hitam atau merah, serta menggunakan warna merah untuk garis miring dan pembatas lingkaran.





Gambar 8.16 Contoh rambu larangan.

- c. Rambu perintah, yaitu rambu berisi perintah yang harus ditaati oleh seseorang. Biasanya, rambu ini berbentuk bundar dengan warna dasar biru menggunakan lambang atau tulisan berwarna putih serta merah untuk garis miring sebagai akhir perintah.



Gambar 8.17 Contoh rambu perintah.

- d. Rambu petunjuk berfungsi memberikan panduan kepada seseorang tentang beberapa informasi umum. Rambu ini berwarna dasar biru dengan lambang atau tulisan berwarna putih atau sebaliknya.



Gambar 8.18 Contoh rambu petunjuk.



Berdasarkan SNI 6351 tahun 2016 tentang Rambu-Rambu Jalan Pertambangan, berikut ketentuan ukuran rambu-rambu.

- a. Untuk pemakaian di jalan penunjang dan jalan tambang bawah tanah, rambu berukuran minimal 60 cm.
- b. Rambu berukuran minimal 75 cm digunakan apabila rencana kapasitas angkut alat pemindah tanah mekanis dan alat angkut yang beroperasi di jalan tambang/produksi dari 50 ton sampai dengan 100 ton.
- c. Rambu berukuran minimal 90 cm digunakan apabila rencana kapasitas angkut alat pemindah tanah mekanis dan alat angkut yang beroperasi di jalan tambang/produksi lebih dari 100 ton.
- d. Rambu di jalan pertambangan yang menggunakan tulisan disesuaikan dengan ukuran rambu dengan jenis huruf *clear view highway (sans serif)* dan ukuran huruf harus memiliki tinggi minimal 18 cm.
- e. Ukuran perbandingan papan tambahan antara panjang dan lebar adalah 2 (dua) berbanding 1 (satu).

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan rambu-rambu memiliki kriteria sebagai berikut.

- a. Tiang dan daun rambu harus dibuat dari bahan yang cukup kuat dan tidak mudah rusak. Sebaiknya, daun rambu dibuat dari bahan pelat alumunium atau bahan lainnya, sedangkan untuk tiang rambu dapat dibuat dari besi, kayu, atau bahan lain.
- b. Semua rambu yang dibuat harus menggunakan bahan yang dapat memantulkan cahaya, seperti bahan *retro reflektif*.

### 3. Pemasangan Rambu-Rambu

Pemasangan rambu-rambu di tempat kerja sangat penting karena berfungsi sebagai kontrol untuk memberikan informasi, seperti larangan, peringatan, persyaratan, bahkan suatu pertolongan. Oleh

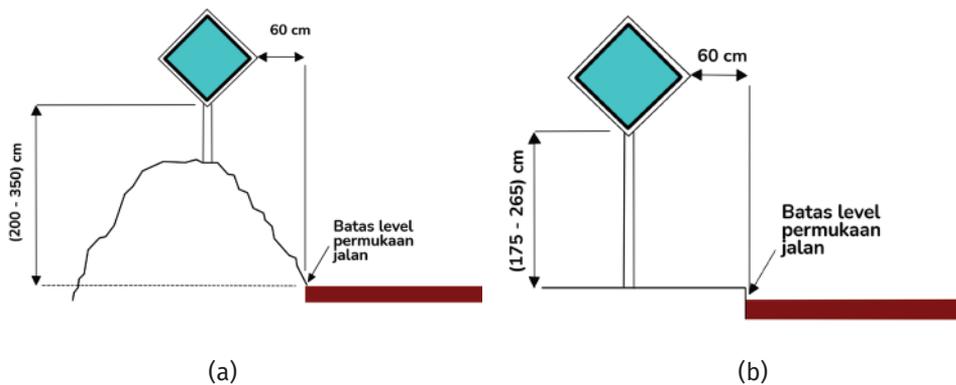


karena pentingnya rambu-rambu tersebut, diperlukan adanya penjelasan pengetahuan tentang simbol dan kode mengenai tanda yang akan dipasang sebagai rambu-rambu dengan standar internasional. Pemasangan rambu-rambu harus mengikuti etika yang ada, sesuai dengan standar rambu-rambu keselamatan dan kesehatan kerja yang berlaku, dan dapat dipahami secara internasional. Rambu-rambu tidak boleh asal dipasang begitu saja. Kesalahan pemasangan rambu-rambu dapat membahayakan pekerja.

Pemasangan rambu-rambu diatur dalam SNI 6351 tahun 2016 sebagai berikut.

#### **a. Penempatan rambu-rambu jalan pertambangan**

- 1) Rambu-rambu ditempatkan di sebelah kiri jalan pertambangan menurut arah lalu lintas dengan jarak terdekat dari bagian tepi paling luar bahu jalan atau jalur lalu lintas kendaraan minimal 60 cm.
- 2) Penempatan rambu-rambu harus mudah dilihat oleh pengguna jalan pertambangan.
- 3) Catatan: Dalam hal penempatan rambu lalu lintas pada kondisi yang tidak sesuai dengan standar sebagaimana disebutkan pada butir 1) dan 2), wajib dilakukan manajemen risiko dan disetujui oleh Kepala Teknik Tambang.
- 4) Rambu peringatan ditempatkan sekurang-kurangnya 50 meter atau pada jarak tertentu sebelum tempat bahaya dengan memperhatikan kondisi lalu lintas, cuaca, dan keadaan jalan yang disebabkan oleh faktor geografis, geometris, permukaan jalan, dan kecepatan pengguna jalan.
- 5) Rambu larangan, perintah, dan petunjuk ditempatkan sedekat mungkin pada awal bagian jalan dimulainya larangan, perintah, dan petunjuk.
- 6) Papan tambahan ditempatkan dengan jarak 5 – 10 cm dari sisi terbawah daun rambu dengan ketentuan lebar papan tambahan tidak melebihi sisi daun rambu.



Gambar 8.19 Contoh penempatan rambu jalan tambang/produksi (a) Di tanggul jalan (b) Di jalan penunjang.

### b. Ketinggian penempatan

- 1) Ketinggian penempatan rambu pada sisi jalan diukur dari permukaan jalan sampai dengan sisi daun rambu bagian bawah atau papan tambahan bagian bawah apabila rambu dilengkapi dengan papan tambahan dengan ketentuan untuk setiap jenis jalan pada Tabel 8.1 berikut.

Tabel 8.1 Ketinggian Penempatan Rambu

Jenis Jalan	Ketinggian (cm)	
	Min.	Maks.
Jalan penunjang	175	265
Jalan tambang/produksi permukaan	200	350
Jalan tambang/produksi permukaan bawah tanah	150	250

Sumber: SNI 6351 tahun 2016

- 2) Ketinggian penempatan rambu-rambu di lokasi fasilitas pejalan kaki minimal 200 cm dan maksimal 265 cm.
- 3) Khusus untuk rambu-rambu peringatan pengarah tikungan ke kanan atau pengarah tikungan ke kiri, ketinggian penempatan rambu adalah 120 cm diukur dari permukaan jalan.

## D. Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan (SMKP)

---

### 1. Ruang Lingkup SMKP

Dalam dunia pertambangan di Indonesia, terdapat sebuah sistem yang dibuat pemerintah untuk penerapan K3LH. Sistem ini dikenal dengan Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan (SMKP). SMKP adalah sistem manajemen yang merupakan bagian dari sistem manajemen perusahaan untuk mengelola risiko keselamatan pertambangan yang terdiri atas K3 pertambangan dan keselamatan operasional pertambangan. Penerapan SMKP diatur dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 38 Tahun 2014. SMKP ini bersifat wajib dijalankan setiap perusahaan pertambangan atau perusahaan jasa pertambangan.

SMKP berfungsi sebagai acuan bagi seluruh perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan, termasuk perusahaan pertambangan dan perusahaan jasa pertambangan dalam menerapkan sistem keselamatan pertambangan, baik yang ada di dalam maupun di luar Indonesia. SMKP ini digunakan sebagai pedoman bagi operasi pertambangan dan memastikan keselamatan untuk semua pekerja di tambang.

Perusahaan pertambangan yang wajib melaksanakan SMKP, yaitu pemegang IUP (Ijin Usaha Pertambangan), IUPK (Ijin Usaha Pertambangan Khusus), khususnya IUP Pabrik Produksi, KK (Kontrak Karya) dan PKP2B (Perjanjian Karya Pengusahaan Pertambangan Batu bara) untuk perawatan dan/atau pembersihan. Adapun perusahaan jasa pertambangan yang perlu menerapkan SMKP, yaitu pemegang IUJP (Ijin Usaha Jasa Pertambangan).

Perusahaan harus memiliki sistem manajemen K3 berdasarkan PERMEN ESDM No. 38 Tahun 2014. Selain itu, Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Alam (Permen ESDM) Nomor 7 Tahun 2020 mewajibkan perusahaan untuk membuat laporan berkala dan menyampaikannya kepada Menteri melalui Direktorat Jenderal atau Gubernur Jenderal,

bergantung kewenangannya. Laporan tersebut diserahkan selambat-lambatnya dalam waktu 30 hari setelah triwulan keempat.

SMKP ini diberlakukan dengan tujuan berikut.

- a. Meningkatkan efektivitas keselamatan tambang yang terencana, terukur, terstruktur, dan terintegrasi.
- b. Mencegah kecelakaan pertambangan, penyakit akibat kerja, dan kejadian berbahaya.
- c. Menciptakan operasi pertambangan yang aman, efisien, dan produktif.
- d. Menciptakan tempat kerja yang aman, sehat, nyaman, dan efisien untuk meningkatkan produktivitas.

## 2. Elemen SMKP

Dalam penerapannya, SMKP ini meliputi beberapa elemen, yaitu:

### a. Kebijakan

Kebijakan yang disusun mulai dari perencanaan, isi kebijakan, penetapan, komunikasi kebijakan, dan tinjauan kebijakan harus sesuai dengan keadaan lapangan sehingga dapat diimplementasikan secara total dan maksimal.

### b. Perencanaan

Perencanaan dimulai dengan penelaahan awal, manajemen risiko, identifikasi kepatuhan terhadap peraturan, penetapan tujuan, sasaran dan program, serta rencana kerja hingga anggaran yang dibutuhkan dalam menunjang pelaksanaan K3 tambang.

### c. Organisasi atau personel

Dalam hal ini, perusahaan harus mampu menunjukkan KTT (Kepala Teknik Tambang) atau PJO (Penanggung Jawab Operasional). Selain itu, perusahaan harus memiliki tim tanggap darurat, pengawas operasional dan teknik, tenaga teknik khusus pertambangan, komite keselamatan



pertambangan, bukti pelatihan dan pendidikan serta kompetensi, hingga administrasi anggaran keselamatan pertambangan, dan sebagainya.

#### **d. Implementasi**

Implementasi meliputi pelaksanaan pengelolaan operasional, lingkungan kerja, kesehatan kerja, keselamatan operasi pertambangan, bahan peledak, keadaan darurat, perancangan dan rekayasa, penyediaan pertolongan pertama pada kecelakaan, dan sebagainya.

#### **e. Evaluasi**

Evaluasi SMKP berupa pemantauan dan pengukuran kinerja, inspeksi keselamatan pertambangan, kepatuhan aturan, penyelidikan kecelakaan/ kejadian berbahaya/penyakit akibat pekerjaan, administrasi keselamatan pertambangan, audit internal, dan tindak lanjut pada temuan ketidaksesuaian.

#### **f. Dokumentasi**

Dokumentasi wajib berupa penyusunan manual SMKP Minerba, pengendalian dokumen, pengendalian rekaman, dan penetapan jenis dokumen dan rekaman.

Keenam poin elemen di atas harus disesuaikan dengan keadaan lapangan sehingga kebijakan memiliki kapabilitas yang tinggi untuk dipatuhi. Dengan demikian akan mengakibatkan tingkat kepatuhan meningkat signifikan dan tercapainya tujuan akhir, yaitu pengurangan bahkan tidak adanya laporan kejadian kecelakaan kerja, penyakit akibat kerja, dan atau kejadian berbahaya di tempat kerja.



### **Aktivitas 8.4**

Setelah kalian mempelajari SMKP, coba diskusikan pertanyaan berikut bersama teman kalian.



Jika terjadi suatu kecelakaan kerja saat kegiatan penambangan, apakah kejadian tersebut harus dilaporkan? Mengapa kecelakaan tersebut harus dilaporkan? Berdasarkan diskusi yang telah dilakukan, presentasikan hasilnya di depan kelas.

## E. Budaya Kerja Industri

Di dalam masyarakat industri, budaya kerja telah lama dikenal. Namun, hal ini masih belum sepenuhnya disadari bahwa keberhasilan kerja berakar pada nilai dan kebiasaan perilaku yang bersumber dari agama, norma, adat istiadat, dan berbagai aturan yang menjadi kepercayaan di kalangan masyarakat industri. Umumnya, nilai-nilai kebiasaan disebut budaya. Oleh karena itu, budaya yang berkaitan dengan kualitas kerja disebut budaya kerja.

Tempat kerja yang berantakan dan kacau dapat mengindikasikan proses kerja yang negatif. Oleh karena itu, memperkenalkan perubahan dan kebiasaan baru di tempat kerja dapat memengaruhi perilaku dan sikap pekerja terhadap pekerjaan serta dapat menumbuhkan gagasan bahwa perubahan ini tidak sulit, tetapi mempermudah pekerjaan itu sendiri.

Berubah merupakan satu kata yang biasanya dianggap susah untuk dilakukan. Namun, untuk menjadi lebih baik lagi maka mau tidak mau harus dilakukan. Dalam budaya kerja di industri, dikenal istilah 5R, yaitu Ringkas, Rapi, Resik, Rawat, dan Rajin di tempat kerja. Penerapan 5R di tempat kerja bertujuan meningkatkan budaya disiplin pekerja dan mempermudah dalam bekerja. Dalam hal keselamatan, mengidentifikasi serta mengendalikan perilaku dan kondisi yang tidak aman dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan potensi nyaris celaka dan kecelakaan terkait pekerjaan. Selain keselamatan, penerapan 5R juga meningkatkan kualitas produk, biaya produksi, proses pengiriman produk, dan moral karyawan. Berikut penerapan 5R di tempat kerja.





Gambar 8.20 Penerapan 5R di tempat kerja.

## 1. Ringkas

Hal ini dilakukan dengan cara memilah barang-barang yang diperlukan dan tidak diperlukan dengan membuat suatu kriteria untuk membuang atau merelokasi barang-barang yang sudah tidak diperlukan sehingga dapat menghemat area.

## 2. Rapi

Hal ini dilakukan dengan cara menentukan jenis penyimpanan yang diperlukan dan tata letaknya sehingga setiap orang dapat mengakses dengan mudah. Dalam penerapannya, diperlukan pengelompokan barang sesuai fungsinya dan diletakkan pada tempatnya, kemudian dilakukan penandaan. Dengan demikian, dapat menghemat waktu dalam pencarian barang.

## 3. Resik

Hal ini dilakukan dengan cara membersihkan sampah, kotoran, debu, dan benda-benda asing di sekitar tempat kerja. Pembersihan sebagai bentuk



pemeriksaan untuk menemukan masalah. Dengan demikian, kita dapat melakukan efisiensi waktu rusak mesin dan pengurangan jumlah kecelakaan.

#### 4. Rawat

Hal ini dilakukan dengan cara membuat pedoman untuk tempat kerja yang bersih dan rapi serta membuat suatu prosedur perawatan. Dalam penerapannya, diperlukan identifikasi masalah beserta tindakan awal, pengendalian visual, dan memberikan kode tertentu sehingga tidak adanya kondisi abnormal.

#### 5. Rajin

Setiap orang mematuhi aturan dan menjadikannya sebagai kebiasaan. Untuk penerapannya diperlukan partisipasi dari semua pekerja dan melakukan pemeriksaan berkala atau audit rutin untuk mencapai hasil yang lebih baik lagi.



### Uji Kompetensi

**Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!**

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan bahaya dan risiko!
2. Jelaskan tiga bahaya yang kemungkinan terjadi jika kalian berada di lokasi pemboran!
3. Mengapa K3 diperlukan dalam proses penambangan? Jelaskan!
4. Penggolongan cedera akibat kecelakaan tambang terbagi menjadi tiga kategori. Sebutkan ketiga kategori tersebut!
5. Pada saat berada di lapangan, ada seorang teman kalian yang tidak menggunakan APD. Apa yang akan kalian lakukan terhadap teman kalian tersebut?
6. Sebutkan objek yang harus diamati untuk mengidentifikasi bahaya pada suatu area kerja!



7. Jelaskan kerusakan lingkungan yang timbul akibat penambangan emas ilegal atau PETI!
8. Menurut kalian, apakah budaya industri 5R sudah cukup untuk membuat suatu budaya kerja yang baik? Jelaskan alasannya!



## Pengayaan

Kalian telah mempelajari K3LH pertambangan dan budaya industri. Untuk lebih menguatkan pengetahuan kalian tentang penyakit akibat kerja dan kesehatan kerja, carilah PP No.7 tahun 2019 dan PP No 88 Tahun 2019 melalui berbagai sumber.



## Refleksi

Setelah membaca materi dan melakukan berbagai aktivitas pada bab ini, berikan tanda centang (✓) pada bagian yang sudah kalian kuasai, atau tanda silang (x) pada materi yang belum dikuasai.

No	Materi	Kompetensi (✓/x)
1.	Konsep K3LH dalam pertambangan	
2.	Alat pelindung diri daerah pertambangan	
3.	Rambu-rambu K3LH daerah pertambangan	
4.	Sistem manajemen keselamatan pertambangan (SMKP)	
5.	Budaya kerja industri	

# Glosarium

## **amonium nitrat**

zat kimia berupa padatan putih seperti kristal yang digunakan sebagai bahan campuran untuk bahan peledak.

## **ANFO**

sejenis bahan peledak kuat yang digolongkan dalam zat peledak; singkatan dari *ammonium nitrate and fuel oil*.

## **arid**

iklim suatu lingkungan yang memiliki presipitasi hujan atau salju tahunan sangat rendah yang tidak mencukupi kebutuhan evaporasi dan transpirasi menurut klimatologi.

## **azimut**

sudut horizontal yang diukur searah jarum jam dari suatu garis dasar Utara dalam sebuah lingkaran dengan nilai sudut dari 1° sampai 360°.

## **baku mutu**

ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam suatu sumber daya tertentu sebagai unsur lingkungan hidup.

## **beting gisik (*beach ridges*)**

endapan pesisir yang terdiri atas material pasir baik kasar ataupun halus, yang membentuk semacam pematang (*ridge*).

## **breksi**

batuan sedimen klastik yang memiliki bentuk fragmen meruncing.

## **breksi sesar**

breksi yang terbentuk akibat pengaruh langsung dari suatu sesar, yang komponennya tersusun atas hancuran batuan di zona sesar atau patahan.

## ***burden***

jarak tegak lurus antara lubang tembak terhadap bidang bebas yang paling dekat.



***burrow***

struktur fosil jejak berupa liang di dalam tanah.

***butte***

suatu bukit terisolasi yang curam, umumnya memiliki sisi vertikal, datar di permukaan atas dan memiliki luas kurang dari 1.000 m<sup>2</sup>.

***cermin sesar***

bidang sesar yang permukaannya licin.

***collision***

tumbukan antara dua lempeng benua.

***Crawler drill***

mesin bor otomatis yang memiliki mekanisme mobilisasi menggunakan perayap baja, yang membuat seluruh mesin mudah dipindahkan.

***cross bedding***

bentuk lapisan yang terpotong pada bagian atasnya oleh lapisan berikutnya dengan sudut yang berlainan dalam satu satuan perlapisan.

***cuesta***

salah satu bentukan bentang alam struktural dengan satu kemiringan perlapisan batuan yang besarnya kurang dari 30°.

***dataran banjir***

dataran luas yang berada pada kiri kanan sungai yang terbentuk oleh sedimen akibat limpasan banjir sungai.

***deformasi***

perubahan bentuk atau ukuran dari sebuah batuan yang disebabkan oleh gaya yang bekerja pada batuan.

***delta***

endapan sedimen yang berasal dari daratan yang terbentuk di muara sungai berbatasan dengan laut.

***detonator***

perangkat yang digunakan untuk memicu bahan peledak.



### **dike**

pelamparan aliran lava yang memotong lapisan batuan, umumnya mendekati vertikal, terbentuk oleh injeksi magma yang mengisi kedalam retakan/rekahan bumi.

### **dilusi**

masuknya material pengotor ke dalam bijih atau batu bara pada kegiatan pertambangan.

### **doline**

depresi tertutup di permukaan akibat proses pelarutan dan peruntuhan yang memiliki ukuran bervariasi dengan kedalaman antara 2 - 100 meter dan diameter antara 10 - 1.000 meter.

### **drag fold**

lipatan yang terbentuk karena adanya seretan suatu sesar.

### **dune**

bentukan lahan berupa gundukan pasir yang terbentuk akibat pengaruh angin, biasanya di daerah pantai ataupun gurun.

### **garis kontur**

garis yang menghubungkan titik-titik yang mempunyai ketinggian yang sama pada peta.

### **gawir sesar**

tebing curam yang terbentuk akibat sesar.

### **gelembur gelombang (*ripple mark*)**

bentuk perlapisan bergelombang, seperti berkerut dalam satu lapisan.

### **gelombang p**

gelombang yang dihasilkan dari gempa bumi, merupakan gelombang longitudinal dan gelombang tercepat, dengan kecepatan  $\pm 6$  km/detik.

### **gelombang s**

gelombang yang dihasilkan dari gempa bumi, merupakan gelombang transversal yang bergerak dengan kecepatan  $\pm 4$  km/detik.



### **geologi teknik**

cabang ilmu geologi yang mempelajari tentang gejala-gejala geologi dari aspek kekuatan dan kelemahan geologi, di mana diterapkan dalam pembangunan infrastruktur seperti tahap menentukan lokasi, desain, konstruksi, pelaksanaan pembangunan dan pemeliharaan hasil kerja keteknikan.

### **geometri pemboran**

parameter-parameter yang perlu ditentukan dalam proses pembuatan lubang ledak mencakup lubang bor, kedalaman, dan kemiringan lubang tembak.

### **geotermal**

sumber energi panas yang terdapat dan terbentuk di dalam kerak bumi.

### **gerbang laut (*sea arch*)**

suatu bentuk lahan atau bentang alam berupa lengkungan dengan sebuah lubang di bawahnya yang diakibatkan oleh hantaman ombak.

### **gores garis**

jejak pergeseran berupa garis-garis lurus (kadang melengkung) yang disebabkan oleh gerusan antarblok yang saling bergesekan.

### **gosong sungai**

kumpulan sedimen (pasir atau kerikil) yang telah diendapkan oleh aliran sungai pada tubuh sungai.

### ***graded bedding***

struktur sedimen yang menunjukkan adanya gradasi ukuran butir.

### ***grid peta***

suatu sistem pembagian wilayah di peta ke dalam petak-petak (kotak-kotak).

### **gunung api perisai**

gunung api yang tersusun oleh perlapisan leleran atau aliran lava encer sehingga membentuk morfologi seperti perisai.

### **gunung api strato**

gunung api yang tersusun atas perselingan endapan piroklastika dan aliran lava.



### **hidrogeologi**

cabang ilmu geologi yang mempelajari tentang air tanah.

### ***hogback***

bentuk lahan struktural dengan sudut lereng yang searah perlapisan batuan lebih dari 30°.

### **isotop**

atom-atom yang memiliki nomor atom sama tetapi berbeda nomor massanya.

### ***Jackleg drill***

mesin bor pneumatic yang dilengkapi kaki hidraulik yang dapat diatur menyesuaikan dengan arah pemboran yang digunakan untuk batuan keras.

### **jenjang gunung api (*volcanic neck*)**

bentang alam seperti leher atau tiang yang merupakan sisa dari proses denudasi (erosi) gunung api.

### **kadar**

kandungan mineral yang terdapat dalam bijih yang telah ditambang.

### **kadaster**

informasi spasial berbasis bidang tanah yang berisi mengenai hak atas tanah, batasan, dan tanggung jawab.

### **KaIT**

pejabat yang secara *ex officio* menduduki jabatan direktur yang mempunyai tugas pokok dan fungsi di bidang keteknikan dan lingkungan pertambangan mineral dan batu bara pada kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pertambangan mineral dan batu bara.

### **kaldera**

bentang alam yang terbentuk sebagai hasil erupsi gunung api tipe eksplosif yang menyebabkan kepundan gunung api runtuh sehingga membentuk kawah yang sangat luas.



### **kartografi**

ilmu pengetahuan, seni, dan teknologi tentang pembuatan peta, termasuk studinya sebagai dokumen ilmiah dan hasil kerja seni.

### **kekar ekstensi**

retakan/rekahan yang berpola sejajar dengan arah gaya utama dan umumnya bentuk rekahan bersifat terbuka.

### **kekar gerus**

retakan/rekahan yang membentuk pola saling berpotongan membentuk sudut lancip dengan arah gaya utama dan umumnya bersifat tertutup.

### **kekar rilis**

retakan/rekahan yang berpola tegak lurus dengan arah gaya utama dan bentuk rekahan umumnya terbuka.

### **kerucut karst**

bukit karst yang berbentuk kerucut, berlereng terjal dan dikelilingi oleh depresi.

### **kerucut tefra (*cinder cone*)**

bukit kerucut berlereng curam dari fragmen piroklastik, seperti skoria, abu vulkanik, atau bukit kerucut yang telah dibangun di sekitar titik erupsi.

### **kipas aluvial**

endapan sedimen yang berbentuk seperti kipas dan terbentuk oleh aliran sungai.

### **konglomerat**

batuan sedimen klastik yang memiliki bentuk fragmen membulat.

### **konvolute**

bentuk liukan pada batuan sedimen akibat proses deformasi.

### **KTT**

seseorang yang memiliki posisi tertinggi dalam struktur organisasi lapangan pertambangan yang memimpin dan bertanggung jawab atas terlaksananya operasional pertambangan sesuai dengan kaidah teknik pertambangan yang baik.



### **laminasi**

struktur batuan sedimen yang menunjukkan perlapisan yang sejajar dengan ketebalan kurang dari 1 cm.

### **lapies (*karren*)**

bentuk yang tidak rata pada batugamping akibat adanya proses pelarutan dan penggerusan.

### **latitude**

garis-garis khayalan di permukaan bumi yang sejajar dengan garis ekuator. Biasanya, latitude mewakili posisi sumbu Y.

### **lengas**

air yang mengisi sebagian dan atau seluruh pori tanah.

### **limbah B3**

limbah yang mengandung bahan beracun dan berbahaya.

### **limbah tambang**

bangan atau sisa material yang dihasilkan dari suatu proses produksi perusahaan pertambangan.

### ***load cast***

struktur batuan sedimen yang berupa lekukan di permukaan ataupun bentukan tak beraturan karena pengaruh suatu beban di atas batuan tersebut.

### **longitude**

garis-garis khayalan di permukaan bumi yang memotong tegak lurus garis ekuator dan mewakili sumbu X.

### **menara karst**

bukit sisa pelarutan batu gamping yang membentuk menara.

### ***mesa***

bukit terisolasi dengan puncak datar yang dibatasi dari semua sisi oleh tebing curam dan berdiri dengan jelas di atas dataran sekitarnya.

### ***mineraloid***

material padat yang terbentuk secara alami, anorganik dan tidak menunjukkan sistem kristal.



### ***moraine***

hasil eksarasi yang berbentuk batuan yang terseret jauh oleh gletser lalu tertinggal dan mengendap setelah gletser menyusut.

### ***muara (spit)***

pantai yang salah satu ujungnya bersambung dengan daratan.

### ***paparan erosi (wavecut platform)***

bagian dari pesisir (laut) yang rata pada permukaan batuan dasar (*beds rock*) yang dibentuk oleh erosi gelombang laut.

### **peluruhan radioaktif**

kemampuan inti atom yang tidak stabil menjadi stabil melalui pemancaran radiasi.

### **pentarikhan**

mencatatkan tarikh (perhitungan tahun) bagi sesuatu peristiwa.

### **perbukitan antiklin**

bentang alam yang tersusun oleh batuan sedimen yang terlipat akibat gaya endogen dan membentuk struktur antiklin.

### **perbukitan intrusi**

bentang alam berbentuk bukit terisolir yang tersusun oleh batuan beku.

### **perbukitan monoklin**

bentang alam yang berbentuk bukit yang tersusun oleh batuan sedimen yang memiliki kemiringan lapisan yang searah/seragam.

### **perbukitan sinklin**

bentang alam yang tersusun oleh batuan sedimen yang terlipat akibat gaya endogen dan membentuk struktur sinklin.

### **peridotit**

kelompok batuan beku ultrabasa dengan komposisi utama berupa mineral olivin dan piroksen.

### **perlapisan**

struktur batuan sedimen yang menunjukkan perlapisan yang sejajar dengan ketebalan lebih dari 1 cm.



### **permeabilitas**

kemampuan tanah dalam meloloskan air.

### **peta geologi**

peta yang berisi ungkapan data yang menggambarkan sebaran informasi yang berkaitan dengan kondisi geologi suatu wilayah yang disajikan dengan simbol, warna, dan corak tertentu.

### **peta topografi**

peta yang menggambarkan bentuk permukaan bumi.

### **PETN**

bahan peledak nitrat ester, umumnya digunakan sebagai inisiator detonasi bahan peledak dengan berbagai aplikasi.

### **polje**

cekungan atau lembah tertutup luas dan memanjang di daerah topografi karst yang mempunyai dasar mendatar, dinding sekelilingnya terjal.

### **porositas**

sifat fisik batuan yang mampu mendeskripsikan jumlah kandungan fluida yang terakumulasi dalam batuan reservoir.

### **prisma akresi**

penumpukan sedimen yang terkikis dari lempeng samudra dengan menimpa lempeng benua selama proses subduksi.

### **protolith**

batuan asli yang belum termetamorfosis dari batuan metamorf yang dibentuk.

### **reaksi kimia eksotermis**

reaksi yang terjadi dengan melepaskan kalor/panas ke lingkungan.

### **rockbolt**

jenis baut baja yang digunakan pada (cara) penyanggaan tambang bawah tanah untuk mengikat atap agar tidak runtuh.

### **seam**

lapisan batu bara yang berada di bawah permukaan tanah.



**seismik**

berkenaan (bertalian) dengan gempa bumi.

**seismologi**

bagian dari ilmu geofisika yang mempelajari mekanisme terjadinya gempa bumi yang disertai dengan gelombang seismik.

**sill**

pelamparan aliran lava yang sejajar lapisan batuan, terbentuk oleh injeksi magma yang mengisi ke dalam retakan/rekahan bumi.

**slump**

struktur batuan sedimen yang berbentuk lipatan kecil meluncur ke bawah karena adanya suatu pengangkatan pada suatu lapisan yang belum terkonsolidasi sempurna.

**SNI**

standar yang berlaku secara nasional di Indonesia.

**spasi**

jarak antara lubang tembak dalam satu baris dan diukur sejajar terhadap dinding teras (jenjang).

**subduksi**

tumbukan antara lempeng samudra dengan lempeng benua.

**tanggul alam**

tanggul di kanan kiri sungai yang membatasi aliran sungai.

**teras sungai**

sisa dari dataran banjir sebelumnya yang ada pada saat sungai mengalir di ketinggian yang lebih tinggi sebelum salurannya menurun untuk menciptakan dataran banjir baru di ketinggian yang lebih rendah.

**tiang laut (*sea stack*)**

tiang-tiang batu yang terpisah dari daratan yang tersusun atas batuan resisten sehingga masih bertahan dari hantaman gelombang.

**tombolo**

endapan pasir di pantai yang menghubungkan pulau karang dengan pulau utama.



### **tongkat Jacob**

tongkat atau tiang dengan penanda panjang.

### **trails**

struktur fosil jejak berupa jejak atau tanda lintasan satu atau beberapa hewan yang berbentuk tanda seretan menerus yang ditinggalkan organisma pada saat bergerak di atas permukaan.

### **triangular facet**

bentang alam struktural yang dicirikan adanya aliran-aliran air pada suatu bidang miring, di mana aliran tersebut membentuk segitiga.

### **UTM (Universal Transverse Mercator)**

sistem proyeksi peta yang membagi bumi menjadi 60 bagian zona, setiap zona mencakup 6 derajat bujur (*longitude*) dan memiliki meridian tengah tersendiri.

### **uvula**

cekungan tertutup yang luas, terbentuk oleh gabungan beberapa doline.

### **Wagon drill**

salah satu jenis dari *hammer drill* yang terdiri dari palu yang bergerak vertikal dan dipasang sepanjang suatu peluncur yang dipasang pada suatu kendaraan seperti truk atau traktor.

### **waste**

batuan yang tidak memiliki kandungan mineral berharga atau merupakan bagian endapan bijih dengan kadar rendah.

### **xenolith**

fragmen batuan yang masuk atau tertanam ke dalam batuan beku.



# Indeks



## A

alur tujuan pembelajaran 261  
APD 206, 221, 232  
astenosfer 3, 7, 8, 30

## B

bahan peledak 181, 184, 186,  
190, 191, 192, 193, 194,  
195, 196, 197, 198, 199,  
200, 201, 202, 203, 211,  
229, 234, 235, 242  
bahaya 162, 198, 206, 208, 209,  
210, 219, 225, 232  
batuan 4, 7, 8, 11, 12, 13, 14,  
15, 16, 25, 26, 27, 28,  
31, 32, 33, 34, 35, 36,  
37, 38, 42, 43, 44, 49,  
50, 51, 55, 57, 58, 59,  
60, 61, 62, 63, 65, 66,  
67, 68, 71, 73, 74, 75,  
77, 78, 84, 85, 86, 87,  
88, 89, 90, 91, 92, 93,  
94, 96, 97, 98, 99, 100,  
101, 102, 103, 104, 105,  
106, 107, 109, 110, 117,  
118, 119, 120, 122, 123,  
124, 125, 126, 127, 128,  
129, 130, 131, 132, 133,

134, 155, 159, 160, 162,  
163, 166, 167, 170, 172,  
173, 175, 178, 179, 181,  
182, 183, 184, 185, 187,  
188, 189, 198, 211, 234,  
235, 236, 238, 239, 240,  
241, 242, 243, 244

batuan beku 4, 7, 8, 14, 26, 43,  
62, 74, 78, 86, 87, 88, 89,  
90, 91, 92, 93, 101, 104,  
105, 106, 123, 241, 244  
batuan metamorf 4, 7, 14, 74,  
78, 86, 93, 100, 101, 102,  
103, 104, 105, 106, 242  
batuan sedimen 4, 7, 12, 14,  
27, 58, 59, 62, 74, 78, 86,  
93, 94, 96, 97, 98, 99, 103,  
104, 105, 106, 123, 166,  
167, 181, 234, 239, 240,  
241, 243

bentang alam 14, 20, 21, 40, 41,  
42, 43, 44, 45, 46, 47,  
48, 49, 50, 51, 52, 53,  
131, 133, 155, 156, 172,  
235, 237, 238, 241, 244

*brittle* 60

*burden* 176, 186, 187, 188, 189,  
234

## C

*crawler drill* 184, 185, 235



## D

deformasi 4, 14, 22, 55, 56, 57,  
58, 59, 60, 61, 68, 72,  
178, 235, 239

deret reaksi Bowen 77, 78

detonator 199, 201

*dip* 63, 64, 117, 119, 137, 178

diskusi xx

*ductile* 56, 59, 60, 61, 62

## E

eolian 21, 40, 47, 48

erosi 13, 14, 21, 36, 37, 40, 43,  
44, 45, 46, 47, 50, 52,  
215, 238, 241

## F

fluvial 21, 40, 43, 44, 45

## G

geologi lapangan 108, 109, 126,  
130, 136, 138

geometri 62, 63, 65, 66, 186,  
237

geomorfologi 4, 40

geoteknik 179

glasial 21, 40, 50, 51

GPS 109, 110, 120, 121, 122,  
131, 138, 168

gudang bahan peledak 193,  
196, 198, 199

## H

hukum potong-memotong 3

## I

inklusi 3, 12

inspeksi 210

interval kontur 157, 158

inti bumi 3, 6, 8, 9

## J

*Jackleg drill* 182, 238

jarak aman 196, 198, 199, 200,  
203

## K

K3LH 205, 206, 207, 208, 209,  
211, 216, 221, 227, 233

karst 21, 40, 49, 50, 239, 240,  
242

kekar 4, 38, 56, 62, 65, 66, 71,  
179, 239

kemenerusan lateral 3, 12

kerak bumi 3, 4, 6, 7, 8, 22, 23,  
27, 40, 56, 57, 76, 77,  
85, 94, 237

ketidakselarasan 3, 13, 14

kompas geologi 109, 110, 112,  
113, 115, 117, 118, 119,  
120, 138, 172

kontur 140, 146, 155, 156, 157,  
158, 159, 160, 163, 170,  
171, 236



## L

*latitude* 122, 154  
limbah 211, 212  
Limbah 251  
lipatan 4, 56, 62, 63, 64, 65, 68,  
117, 236, 243  
litosfer 3, 7, 8, 22, 57, 58  
*longitude* 240, 244

## M

magma 14, 25, 28, 29, 30, 42,  
74, 77, 78, 86, 87, 90,  
91, 236, 243  
mesosfer 3, 7, 8  
metamorfisme 74, 86, 100, 101,  
102, 105  
mineral 4, 5, 15, 34, 35, 57, 61,  
65, 73, 74, 75, 76, 77,  
78, 79, 80, 81, 82, 83,  
84, 85, 87, 90, 91, 96,  
98, 100, 101, 102, 103,  
104, 105, 106, 124, 128,  
129, 132, 160, 162, 178,  
180, 238, 241, 244

## O

*original horizontality* 3, 12, 58

## P

palu geologi 110, 122, 123, 124  
patahan 4, 27, 56, 60, 66, 71,  
101, 162, 179, 234

pelapukan 21, 31, 32, 33, 35,  
36, 45, 47, 49, 52, 86,  
93, 130

penampang 13, 88, 140, 156,  
168, 185, 186

pengamatan lapangan 129

*percussive* 181

pergerakan massa 21, 37

pertanyaan pemantik xviii

pesisir 21, 36, 40, 45, 46, 47,  
234, 241

peta 2, 20, 56, 74, 108, 110, 126,  
137, 140, 141, 142, 143,  
144, 145, 146, 147, 149,  
150, 151, 152, 153, 154,  
155, 159, 160, 161, 162,  
163, 164, 166, 167, 168,  
169, 170, 172, 174, 176,  
206

peta geologi 117, 130, 140,  
141, 150, 160, 161, 162,  
163, 164, 165, 166, 167,  
168, 169, 172, 173, 242

peta tematik 144, 169

peta topografi 137, 155, 170,  
174

## R

rambu 206, 221, 222, 223, 224,  
225, 226

*rotary* 181



## S

sedimentasi 45, 50, 74, 94, 97  
selubung bumi 3, 6, 8, 9, 22, 23,  
24, 25, 26, 29, 30  
sesar 14, 27, 28, 40, 41, 56, 62,  
66, 67, 68, 71, 132, 234,  
235, 236  
siklus batuan (*rock cycle*) 74,  
86  
simbol 117, 137, 141, 145, 151,  
153, 160, 164, 166, 170,  
173, 225, 242  
singkapan 107, 108, 109, 125,  
126, 130, 131, 132, 133,  
137, 138, 172  
sistem koordinat 147, 148, 154,  
168  
skala 10, 11, 81, 98, 150, 160,  
168  
    skala Mohs 74, 81  
    skala peta 150  
    skala waktu geologi 10, 11  
SMKP 206, 227, 228, 229, 233  
spasi 176, 187, 189, 243  
*strike* 63, 67, 117, 118, 119, 137  
suksesi fauna 3, 13  
superposisi 3, 12

## T

tata warna 166  
tektonik 22, 23, 40, 45, 52, 53,  
101  
tujuan pembelajaran xviii

## U

umur 3, 11, 12, 13, 14, 15, 17,  
160, 162, 166, 167, 173,  
179  
    umur mutlak 3, 11, 15, 17  
    umur relatif 11  
*uniformitarianism* 3, 11, 21  
UTM 154, 244

## V

vulkanik 21, 25, 30, 40, 42, 43,  
87, 91, 239  
vulkanisme 5, 21, 23, 29, 30,  
42, 52

## W

*Wagon drill* 183, 184, 244



# Daftar Pustaka



- Anonim. 1977. *Blasters' Handbook*. 16<sup>th</sup> ed. Wilmington: E.I. Du Pont de Nemours & Co.(Inc).
- Ash. R.L. 1963. *The Mechanics of Rock Breakage*. Cleveland: Pit and Quarry Magazine.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *SNI Nomor 7167 tahun 2016 tentang Pengaman Jalan Pertambangan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Barnes, John W., dan Richard J. Lisle. 2004. *Basic Geological Mapping*. Inggris: John Wiley & Sons Ltd.
- Boggs, S. Jr. 1987. *Principles of Sedimentary and Stratigraphy*. Columbus: Merrill Publishing Company.
- Bronto, Sutikno. 2010. *Geologi Gunung Api Purba*. Bandung: Badan Geologi.
- Busch, Richard M (ed). 2015. *Laboratory Manual in Physical Geology*. United State of America: Pearson Education.
- Carlson, Diane H, Charles C Plummer, dan Lisa Hammersley. 2011. *Physical Geology: Earth Revealed*. New York: The McGraw-Hill Companies,Inc.
- Coe, A.L (ed.). 2010. *Geological Field Technniques*. New Jersey: Blackwell Publishing.
- Daya, Adika Tirta. 2021. 3 Dampak Lingkungan Akibat Pertambangan. Diakses pada 16 Oktober 2022. Dari: <https://adikatirtadaya.co.id/3-dampak-lingkungan-akibat-pertambangan/>
- DLHK Provinsi Banten. *Kerusakan Lingkungan Akibat Usaha/Kegiatan Pertambangan*. Dari: <https://dlhk.bantenprov.go.id/upload/article/Kerusakan%20Lingkungan%20Akibat%20Pertambangan.pdf> Diakses pada 10 Oktober 2022.



- Gutierrez, Francisco, dan Mateo Gutierrez. 2016. *Landforms of The Earth An Illustrated Guide*. Swiss: Springer International Publishing Switzerland.
- Hugget, Richard John. 2017. *Fundamentals of Geomorphology*. New York: Routledge.
- Hutton, James M.D. 1788. *Theory of The Earth*. New York: Copyright 2010 Classic Books International.
- Idhan M.A, Alhabsyi G.A, dan Ikbal M. 2021. *Efek Struktur Geologi Patahan pada High-Wall Tambang Batubara dan Evaluasi Longsor Berdasarkan Kecepatan Perpindahan Di daerah Bengalon Kecamatan Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur*. Indonesian Mining Profesional Journals. Volume 3 Nomor 1: 9-16. Dari <https://doi.org/10.36986/impj.v3i1.31>. Diakses pada 4 Desember 2022.
- Jain, Sreepat. 2014. *Fundamentals of Physical Geology*. India: Springer.
- Karnawati, Dwikorita. 2005. *Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Kementerian ESDM. 2014. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 38 Tahun 2014 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Pertambangan Mineral dan Batubara*. Jakarta.
- Kementerian ESDM. 2018. *Keputusan Direktur Jenderal Mineral dan Batubara Nomor: 309.K/30/DJB/2018 tentang Petunjuk Teknis Keselamatan Bahan Peledak dan Peledakan Serta Keselamatan Fasilitas Penimbunan Bahan Bakar Cair pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara*. Jakarta.
- Kementerian ESDM. 2018. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 26 Tahun 2018 Tentang Pelaksanaan Kaidah Pertambangan yang Baik dan Pengawasan Pertambangan Mineral dan Batubara I*. Jakarta.



- KLHK. 2020. *KLHK Dorong Industri Tambang Kelola Limbah B3 Menjadi Sesuatu Yang Bermanfaat*. Diakses pada 24 Oktober 2020. Dari: [http://ppid.menlhk.go.id/siaran\\_pers/browse/2507](http://ppid.menlhk.go.id/siaran_pers/browse/2507)
- Ludman, Allan dan Stephen Marshak. 2019. *Laboratory Manual For Introduction Geology*. United State of America: W.W. Norton & Company Ltd.
- Lutgens, Fredrick K, dan Edward J. Tarbuck. 2012. *Esentials of Geology*. United State of America: Pearson Education.
- Marshak, Stephen. 2013. *Essentials of Geology*. New York: W.W. Norton Company, Inc.
- McCann, Tom. 2019. *Pocket Guide Geology in The Field*. Berlin: Springer-VerlagGmbH.
- Mining Engeeneering Science. 2013. *Pemboran Tambang (Drilling)*. Dari: <http://miningengineeringscience.blogspot.com/2013/08/pemboran-tambang-drilling.html> Diakses pada 12 Oktober 2022.
- Monroe, James S, Reed Wicander, dan Richard Hazlett. 2007. *Physical Geology: Exploring The Earth*. United State of America: Thompson Brooks/Cole.
- Murck, Barbara, dan Brian Skinner. 2012. *Visualizing Geology*. United State of America: John Wiley & Sons.
- Pemerintah Indonesia. *Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara*. LL Sekretariat Negara No. 6525. Jakarta.
- Plummer, Charles C, Diane H. Carlson dan Lisa Hammersley. 2016. *Physical Geology*. New York: McGraw-Hill Education.
- Rusli, Har. 2016. *Modul Guru Pembelajar-Paket Keahlian Geologi Pertambangan, Konsep Pengeboran dan Rekonstruksi Peralatan*. Kelompok Kompetensi I: PPPPTK BBL Medan.



- Selby, M. J. 1985. *Earth's Changing Surface an Introduction to Geomorphology*. Oxford: Clarendon Press.
- Siswowardojo, Widodo. 2003. *Norma Perlindungan Ketenaga Kerjaan, Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Yogyakarta
- Subagio. 2003. *Pengetahuan Peta*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sujiman. 2014. *Kajian Teknis Alat bor Dalam Pembuatan Lubang Ledak Pada Aktivitas Peledakan PT. HPU (Harmoni Panca Utama) Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Geologi Pertambangan. Volume 1 No. 14.
- Suma'mur, P.K. 1989. *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta: PT. Gunung Agung.
- Suprpto. 2008. *Tinjauan Reklamasi Lahan Bekas Tambang dan Aspek Konservasi Lahan*. Bandung: Kementrian Energi Sumber Daya Mineral Badan Geologi.
- Suwandi, Awang. 2009. *Modul 1 Pengetahuan Dasar Bahan Peledak, Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Penambangan Bahan Galian*. Bandung: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral R.I. Badan Pendidikan dan Pelatihan Energi dan Sumber Daya Mineral Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara.
- Syaripudin A. 2013. *Laporan Pemetaan Pengadaan Sumur Bor untuk Masyarakat di Kabupaten Bekasi*. Bandung: PT. Hardja Moekti Consultant.
- Tarbuck , Edward J, & Fredrick K Lutgens. 2017. *Earth an Introduction to Physical Geology*. Inggris: Pearson Education Limited.
- Utami W dan Ig Indardi. 2019. *Kartografi*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional.



# Daftar Sumber Gambar



## Bab 1

- Gambar 1.2 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*,2017, Inggris: Pearson Education Limited.
- Gambar 1.3 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*,2017, Inggris: Pearson Education Limited.
- Gambar 1.4 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*,2017, Inggris: Pearson Education Limited.
- Gambar 1.5 reprograf/ hasil pindai dari buku *Fundamntals of Physical Geology*,2014, India: Springer.
- Gambar 1.6 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*,2017, Inggris: Pearson Education Limited.
- Gambar 1.7 reprograf/ hasil pindai dari buku *Essentials of Geology*, 2013, New York: W.W. Norton Company, Inc.

## Bab 2

- Gambar 2.2 reprograf/ hasil pindai dari buku *Esentials of Geology*, 2012, United State of America: Pearson Education.
- Gambar 2.3 reprograf/ hasil pindai dari buku *Esentials of Geology*, 2012, United State of America: Pearson Education.
- Gambar 2.4 reprograf/ hasil pindai dari buku *Esentials of Geology*, 2012, United State of America: Pearson Education.
- Gambar 2.5 reprograf/ hasil pindai dari buku *Esentials of Geology*, 2012, United State of America: Pearson Education.
- Gambar 2.6 reprograf/ hasil pindai dari buku *Esentials of Geology*, 2012, United State of America: Pearson Education.
- Gambar 2.7 reprograf/ hasil pindai dari buku *Esentials of Geology*, 2012, United State of America: Pearson Education.
- Gambar 2.8 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*,2017, Inggris: Pearson Education Limited.



- Gambar 2.9 reprograf/ hasil pindai dari buku *Essentials of Geology*, 2012, United State of America: Pearson Education.
- Gambar 2.10 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*,2017, Inggris: Pearson Education Limited.
- Gambar 2.11 reprograf/ hasil pindai dari buku *Physical Geology: Earth Revealed*, 2011, New York:The McGraw-Hill Companies,Inc.
- Gambar 2.12 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*, 2017, Inggris: Pearson Education Limited.
- Gambar 2.13 reprograf/ hasil pindai dari buku *Essentials of Geology*, 2013, New York: W.W. Norton Company, Inc.
- Gambar 2.14 reprograf/ hasil pindai dari buku *Landforms of The Earth An Illustrated Guide*, 2017, Swis: Springer International Publishing Switzerland.
- Gambar 2.15 reprograf/ hasil pindai dari buku *Essentials of Geology*, 2013, New York: W.W. Norton Company, Inc.
- Gambar 2.16 reprograf/ hasil pindai dari buku *Landforms of The Earth An Illustrated Guide*, 2017, Swis: Springer International Publishing Switzerland.
- Gambar 2.17 reprograf/ hasil pindai dari buku *Fundamentals of Geomorphology*,2017, New York: Routledge.
- Gambar 2.18 reprograf/ hasil pindai dari buku *Fundamentals of Geomorphology*,2017, New York: Routledge.
- Gambar 2.19 reprograf/ hasil pindai dari buku *Landforms of The Earth An Illustrated Guide*, 2017, Swis: Springer International Publishing Switzerland.
- Gambar 2.20 reprograf/ hasil pindai dari buku *Landforms of The Earth An Illustrated Guide*, 2017, Swis: Springer International Publishing Switzerland.
- Gambar 2.21 reprograf/ hasil pindai dari buku *Fundamentals of Geomorphology*,2017, New York: Routledge.



Gambar 2.22 reprograf/ hasil pindai dari buku *Landforms of The Earth An Illustrated Guide*, 2017, Swis: Springer International Publishing Switzerland.

Gambar 2.23 reprograf/ hasil pindai dari buku *Landforms of The Earth An Illustrated Guide*, 2017, Swis: Springer International Publishing Switzerland.

### Bab 3

Gambar 3.3 reprograf/ hasil pindai dari buku *Physical Geology*, 2016, New York: McGraw-Hill Education.

Gambar 3.5 reprograf/ hasil pindai dari buku *Physical Geology: Exploring The Earth*, 2007, United State of America: Thompson Brooks/ Cole.

Gambar 3.8 reprograf/ hasil pindai dari buku *Physical Geology: Exploring The Earth*, 2007, United State of America: Thompson Brooks/ Cole.

### Bab 4

Gambar 4.2 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*, 2017, Inggris: Pearson Education Limited.

Gambar 4.4 reprograf/ hasil pindai dari buku *Visualizing Geology*, 2012, United State of America: John Wiley & Sons.

Gambar 4.5 reprograf/ hasil pindai dari buku *Laboratory Manual In Physical Geology*, 2015, United State of America: Pearson Education.

Gambar 4.6 reprograf/ hasil pindai dari buku *Visualizing Geology*, 2012, United State of America: John Wiley & Sons.

Gambar 4.7 reprograf/ hasil pindai dari buku *Laboratory Manual For Introduction Geology*, 2019, United State of America: W.W. Norton & Company Ltd.

Gambar 4.8 diunduh dari [https://en.wikipedia.org/wiki/Crystal\\_habit](https://en.wikipedia.org/wiki/Crystal_habit) pada 17 Februari 2023.



- Gambar 4.9 reprograf/ hasil pindai dari buku *Essentials of Geology*, 2013, New York: W.W. Norton Company, Inc.
- Gambar 4.10 reprograf/ hasil pindai dari buku *Essentials of Geology*, 2013, New York: W.W. Norton Company, Inc.
- Gambar 4.11 reprograf/ hasil pindai dari buku *Physical Geology: Exploring The Earth*, 2007, United State of America: Thompson Brooks/ Cole.
- Gambar 4.12 reprograf/ hasil pindai dari buku *Visualizing Geology*, 2012, United State of America: John Wiley & Sons.
- Gambar 4.13 reprograf/ hasil pindai dari buku *Essentials of Geology*, 2013, New York: W.W. Norton Company, Inc.
- Gambar 4.14 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*, 2017, Inggris: Pearson Education Limited.
- Gambar 4.15 reprograf/ hasil pindai dari buku *Pocket Guide Geology in The Field*, 2019, Berlin: Springer-Verlag GmbH.
- Gambar 4.16 reprograf/ hasil pindai dari buku *Laboratory Manual For Introduction Geology*, 2019, United State of America: W.W. Norton & Company Ltd.
- Gambar 4.17 reprograf/ hasil pindai dari buku *Laboratory Manual For Introduction Geology*, 2019, United State of America: W.W. Norton & Company Ltd.
- Gambar 4.18 reprograf/ hasil pindai dari buku *Physical Geology: Exploring The Earth*, 2007, United State of America: Thompson Brooks/ Cole.
- Gambar 4.19 reprograf/ hasil pindai dari buku *Esentials of Geology*, 2012, United State of America: Pearson Education.
- Gambar 4.20 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*, 2017, Inggris: Pearson Education Limited.
- Gambar 4.20 reprograf/ hasil pindai dari buku *Earth an Introduction to Physical Geology*, 2017, Inggris: Pearson Education Limited.



## Bab 5

Gambar 5.2 reprograf/ hasil pindai dari buku *Basic Geological Mapping, 2004*, Inggris: John Wiley & Sons Ltd.

Gambar 5.3 reprograf/ hasil pindai dari buku *Geological Field Technniques, 2010*, New Jersey: Blackwell Publishing.

Gambar 5.12 reprograf/ hasil pindai dari buku *Geological Field Technniques, 2010*, New Jersey: Blackwell Publishing.

Gambar 5.15 reprograf/ hasil pindai dari buku *Geological Field Technniques, 2010*, New Jersey: Blackwell Publishing.

## Bab 6

Gambar 6.2 diunduh dari <https://sentrapeta.com/> pada 2 Januari 2023

Gambar 6.4 diunduh dari <https://aircraftengineering.wordpress.com/tag/hf/> pada 2 Januari 2023

Gambar 6.5 reprograf/ hasil pindai dari *Laporan Diklat Pemetaan Tematik Menggunakan UAV, 2022*, BBPPMPV BMTI

Gambar 6.6 diunduh dari [https://onemap.esdm.go.id/map/indonesia\\_overview](https://onemap.esdm.go.id/map/indonesia_overview) pada 6 Februari 2023.

Gambar 6.7 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, Bogor: Bakosurtanal.

Gambar 6.8 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*. Edisi I. Bogor: Bakosurtanal.

Gambar 6.9 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Geologi Lembar Bandung, Jawa, Skala 1 : 100.000, 2003*, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Gambar 6.10 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, 2001, Bogor: Bakosurtanal.

Gambar 6.11 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, 2001, Bogor: Bakosurtanal.



- Gambar 6.12 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, 2001, Bogor: Bakosurtanal.
- Gambar 6.13 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, 2001, Bogor: Bakosurtanal.
- Gambar 6.14 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, 2001, Bogor: Bakosurtanal.
- Gambar 6.15 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, 2001, Bogor: Bakosurtanal.
- Gambar 6.16 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, 2001, Bogor: Bakosurtanal.
- Gambar 6.17 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, 2001, Bogor: Bakosurtanal.
- Gambar 6.18 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, 2001, Bogor: Bakosurtanal..
- Gambar 6.19 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar Bandung: 1209-311 skala 1 : 25.000*, Edisi I, 2001, Bogor: Bakosurtanal.
- Gambar 6.20 reprograf/ hasil pindai dari buku *A Practical Guide to Introductory Geology*, 2020, Alberta: Mount Royal University.
- Gambar 6.21 reprograf/ hasil pindai dari SNI 13-691-1998. *Penyusunan Peta Geologi*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Gambar 6.22 reprograf/ hasil pindai dari SNI 13-691-1998. *Penyusunan Peta Geologi*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Gambar 6.23 reprograf/ hasil pindai dari SNI 13-691-1998. *Penyusunan Peta Geologi*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.



Gambar 6.24 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi Tenggara, Skala 1 : 250.000*, 1995, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Gambar 6.25 reprograf/ hasil pindai dari *Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi Tenggara, Skala 1 : 250.000*, 1995, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Gambar 6.26 reprograf/ hasil pindai dari *Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batu Gamping di Gunung Sidowayah Desa Bedoyo Kecamatan Ponjong Kabupaten Gunungkidul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, 2012*, Yogyakarta: Direktorat Jenderal Mineral dan BatubaraKementerian ESDM.

## Bab 7

Gambar 7.3 diunduh dari <https://doi.org/10.36986/impj.v3i1.31> pada 4 Desember 2022.

Gambar 7.4 diunduh dari <https://www.flickr.com/photos/schriber/29739705533> pada 4 Desember 2022.

Gambar 7.5 diunduh dari <http://www.beaverengg.com/wagon.html> pada 4 Desember 2022.

Gambar 7.6 diunduh dari <https://www.shutterstock.com/id/image-photo/atlas-copco-flexiroc-crawler-drilling-rig-2025249173> pada 4 Desember 2022.

Gambar 7.11 diunduh dari <https://pindad.com/t-boost> pada 4 Desember 2022.

## Bab 8

Gambar 8.2 diunduh dari <https://www.tambang.co.id/greenpeace-sumber-air-di-kalsel-tercemar-limbah-batu-bara> pada 4 Desember 2022.

Gambar 8.3 diunduh dari <https://nasional.tempo.co/read/1349892/tambang-emas-ilegal-renggut-3-nyawa> pada 4 Desember 2022.



Gambar 8.4 diunduh dari <https://regional.kompas.com/read/2019/11/14/23381761/kronologi-longsor-di-pertambangan-tanah-clay-tanah-tiba-tiba-retak-lalu> pada 4 Desember 2022.

Gambar 8.5 diunduh dari <https://www.suara.com/news/2020/08/17/182852/bukit-sambung-giri-kritis-akibat-tambang-pt-timah-sebut-penambangan-ilegal> pada 4 Desember 2022.

Gambar 8.6 diunduh dari [https://www.bbstv.id/post\\_news/sungai-tercemar-limbah-tambang-pasir-ilegal/](https://www.bbstv.id/post_news/sungai-tercemar-limbah-tambang-pasir-ilegal/) pada 4 Desember 2022.

Gambar 8.10 diunduh dari <https://www.mining-technology.com/features/evolution-mining-ltd-tops-our-hiring-leaderboard-for-august-2021/> pada 4 Desember 2022.

Gambar 8.14 diunduh dari <https://www.pngdownload.id/png-g616ew/> pada 4 Desember 2022.



# Profil Pelaku Perbukuan



## Profil Penulis

Nama Lengkap : Masfut Mustahar  
E-mail : masfutmustahar11@guru.smk.belajar.id  
Instansi : SMKN 2 Depok, kabupaten Sleman  
Bidang Keahlian : Teknik Geologi



## Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)

1. Guru Geologi Pertambangan, SMKN 2 Depok , Kabupaten Sleman, 2021- sekarang
2. Guru Geologi Pertambangan, SMK Muhammadiyah 1 Salam , Kabupaten Magelang, 2016- 2022
3. Eksploation Geologist, Disperindakop Kepulauan Mentawai, 2014
4. Tim Peneliti Geologi, Ekspedisi NKRI 2013 oleh Kopassus di Gorontalo.

## Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. Teknik Geologi, Universitas Diponegoro (2009-2014).
2. Pasca sarjana Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada (2015-2018).

## Informasi Lain dari Penulis

1. Penulis pengembangan Alur Tujuan Pembelajaran dan Modul Ajar Kompetensi Keahlian Geologi Pertambangan tahun 2022 oleh Pusat kurikulum dan Pembelajaran
2. Pemenang Sayembara Karya Inovatif Video Pembelajaran SMK tahun 2020 oleh Direktorat SMK



## Profil Penulis

Nama Lengkap : Akhmad Syaripudin, S.SI., M.T.  
Email : asyarip@gmail.com  
Instansi : BBPPMPV BMTI  
Bidang Keahlian : Geologi Pertambangan



### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)

1. Widyaiswara di BBPPMPV BMTI
2. Tenaga Ahli di pekerjaan, "Pemetaan Daerah Rawan Bencana Geologi di Kabupaten Bangka Tengah" Atlas CV, 2012
3. Tenaga Ahli di pekerjaan, "Perencanaan Pengadaan Sumur Bor Untuk Warga di Pinggir Kali Cikarang, Kabupaten Bekasi", PT. Hardja Moekti Consultant, 2012
4. Tenaga Ahli di pekerjaan, "Pemetaan Pengadaan Sumur Bor Untuk Masyarakat Di Kabupaten Bekasi" PT. Hardja Moekti Consultant, 2013
5. Tenaga Ahli di pekerjaan, "Kajian Evaluasi kerusakan Lahan dan Penanganan Lingkungan Bekas Tambang di Kabupaten Sukabumi", PT. Muara Consultant, 2013
6. Tenaga Ahli di pekerjaan, "Penyusunan Studi Kelayakan Pembangunan Industri Pasir Kuarsa di Hampalit Kabupaten Katingan", PT. Dellasonta Moulding Internasional.
7. Tenaga Ahli di pekerjaan, "Penyelidikan Pasir Laut Di Perairan Lampung Timur", PT. Inomata Konsultama, 2018

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. Sarjana, Program Studi Geofisika, Jurusan Geofisika & Meteorologi, Fakultas Ilmu Kebumihan & Teknologi Mineral, Institut Teknologi Bandung (ITB).
2. Pasca Sarjana, KK. Eksplorasi Sumber Daya Bumi, Program Magister Rekayasa Pertambangan, Institut Teknologi Bandung (ITB).

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Pengantar Survey dan Pengukuran, 2014



## Profil Penelaah

Nama Lengkap : Dr. Eng. Very Susanto, S.T., M.T.  
E-mail : very-s@itb.ac.id  
Instansi : Institut Teknologi Bandung  
Bidang Keahlian : Geologi



### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)

1. Dosen di Institut Teknologi Bandung (2014 – sekarang)
2. Dosen Luar Biasa di UNPATTI (2017 – sekarang)
3. Dosen Luar Biasa ITERA (2020, 2022)

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. Program Insinyur, ITB (2020).
2. Doktor, Graduate School of Engineering, Faculty of Engineering, Department of Earth Resources Engineering, Kyushu University, Japan (2016).
3. Magister, Prodi Teknik Geologi ITB (2010)
4. Sarjana, Prodi Teknik Geologi, Fak. Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral, ITB (2005).

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. **Susanto, V.**, K. Sasaki, Y. Sugai, Teruhisa Yamashiro. *Mixing gas migration in fractured rock through unsaturated and water saturated layer: result of pneumatic gas injection test*. Energy Procedia 37, pp 3507 – 3512, 2013.
2. **Susanto, V.**, K. Sasaki, Y. Sugai, Wataru Kawasaki. *Field test study on leakage monitoring at a geological CO<sup>2</sup> storage site using hydrogen as a tracer*. International Journal of Greenhouse Gas Control, Vol. 50 (July), 37 – 48, 2016.
3. Subroto E.A., Situmorang H., Kesumajana A.H.P, **Susanto V.**, Geochemical and Basin Modeling Analysis Study on The West Berau Area, Papua, Indonesia: unraveling the dry-hole mystery. *The fifteenth regional Congress on Geology, Minerals, and Energy Resources of Southeast Asia (GEOSEA XV)*, 13-21 October 2018.
4. Zajuli M.H.H., Subroto E., **Susanto V.**, Characterization of Oil Shale in the Indragiri Hulu Regency, Indonesia, based on Organic Geochemistry and Petrography. *The Proceeding of 10th International Conference on Petroleum Geochemistry and Exploration in the Afro-Asian Region (AAAPG2019), May 10-12, 2019, Guangzhou, China*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol.360 (2019) 012008. doi:10.1088/1755-1315/360/1/012008.
5. Zaki Hilman, Asep Saepuloh, and **Very Susanto.**, *Application of Land Surface Temperature Derived from ASTER TIR to Identify Volcanic Gas Emission around Bandung Basin*. International Journal of Remote Sciences, Vol. 16 (2), 73-80, 2019. <http://jurnal.lapan.go.id/index.php/ijreses/article/view/3254/2565>

### Informasi Lain dari Penelaah

<https://scholar.google.com/citations?user=noCS15IAAAAJ&hl=id>



## Profil Penelaah

---

Nama Lengkap : Aperta Ledy Alam  
E-mail : aperta.alam@esdm.go.id  
Instansi : PPSDM KEBTKE – KEMENTERIAN ESDM  
Bidang Keahlian : Eksplorasi Geologi, Geosain Panas Bumi



### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)

1. Widyaiswara Muda.
2. Asesor Kompetensi Muda Ketenagalistrikan Bidang Pembangkitan Tenaga Listrik – LSK PPSDM KEBTKE.
3. Asesor POP dan POM Panas Bumi – LSP ESDM.

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. Strata 1 Jurusan Teknik Geologi, Fak. Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta, 1990.
2. Strata 2 Magister Rekayasa Pertambangan, FTSM, ITB, Bandung, 2010.

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

Tidak ada



## Profil Editor



Nama Lengkap : Dwi Pajar Ratriningsih, S.Si.  
Email : sifa.february@gmail.com  
Instansi : Praktisi Depok  
Bidang Keahlian : Biologi

### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)

1. Penulis dan editor *freelance* (April 2013 – sekarang)
2. Editor di PT Puspa Swara (Maret 2010 – April 2013)

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. Strata 1 Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, 2006.

### Judul Buku yang Diedit (10 Tahun Terakhir)

1. Biologi untuk SMA/MA Kelas XII; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi; 2022
2. Buku Panduan Guru Biologi untuk SMA/MA Kelas XII; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi; 2022
3. Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial untuk SD Kelas VI; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi; 2021
4. Buku Panduan Guru Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial untuk SD Kelas VI; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi; 2021
5. Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial untuk SD Kelas V; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi; 2021
6. Buku Panduan Guru Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial untuk SD Kelas V; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi; 2021

### Judul Buku dan Tahun Terbit (5 Tahun Terakhir)

1. Buku Pintar Dana Desa: Dana Desa untuk Kesejahteraan Rakyat; Duta Pustaka Indonesia; 2022
2. Ensiklopedi Batik Nusantara; CV Bina Pustaka; 2020
3. Mengenal Toga Bunga; Penerbit Mitra Sarana Edukasi; 2020
4. Budidaya Udang Vaname yang Menguntungkan; Riugha Edu Pustaka; 2020
5. Mengenal Toga Buah dan Biji; Penerbit Mitra Sarana Edukasi; 2020



## Profil Editor

Nama Lengkap : Khofifa Najma Iftitah, S.Pd  
Email : Khofifa.najma.iftitah@brin.go.id  
Khofifa.n.i@gmail.com  
Instansi : Kementerian Pendidikan, Kebudayaan,  
Riset, dan Teknologi  
Bidang Keahlian : Pendidikan, Teknologi Pendidikan.  
Sertifikasi : Editor Buku (Book Editor).  
LSP-Badan Nasional Sertifikasi Profesi (BSNP)



### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)

1. Pengembang Perbukuan, Pusat Perbukuan, Kemendikbud (2018-2021)
2. Peneliti, Pusat Perbukuan, Kemendikbud (2021-2022)
3. Peneliti, Pusat Riset Pendidikan, OR IPSH, BRIN (2022-Saat ini)

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. Teknologi Pendidikan, Universitas Negeri Malang (2013-2017)

### Judul Buku serta Publikasi dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Students' Literacy Skills and Quality of Textbooks in Indonesian Elementary Schools. International Journal of Language Education (Ijole) (Q1). <https://doi.org/10.26858/ijole.v6i3.32756> (2022)
2. Peningkatan Literasi Indonesia Melalui Buku Elektronik. Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan Vol. 10 No. 2 (2022)
3. Panduan Pengembangan Buku Teks Sekolah Dasar Kelas Rendah. ISBN: 978-602-244-293-6, Buku; Pusat Kurikulum dan Perbukuan, Kemendikbudristek buku. [kemdikbud.go.id](http://kemdikbud.go.id) (2020)
4. Konsep Pengembangan Buku Panduan Guru Untuk Proses Pembelajaran Jenjang Sekolah Dasar Berdasarkan Kebermanfaatan Buku Panduan Guru Dan Kebutuhan Guru. ISBN: 978-602-244-873-0, Buku: Pusat Perbukuan, Kemendikbudristek (2021)

### Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Pengembangan Model Buku Teks Sekolah Menengah Kejuruan berbasis Soft Skills sesuai Kebutuhan Dunia Kerja (Rumah Program IPSH BRIN) (2023)
2. Penguatan Soft Skill Siswa Sekolah Menengah Kejuruan melalui Buku Teks sesuai Kebutuhan Dunia Kerja (Rumah Program IPSH BRIN Tahap 2) (2022)
3. Kajian Pemanfaatan Buku Guru Dalam Proses Pembelajaran Untuk Jenjang Sekolah Dasar (2021)
4. Model Pengembangan Buku Teks Pelajaran Sekolah Dasar Kelas Rendah (2020)

### Judul Buku yang Pernah Diedit

1. Buku Sosiologi SMA Kelas XI (Kemendikbudristek, 2022)



## Profil Ilustrator

Nama Lengkap : Ade Prihatna  
E-mail : adeprihatna18@gmail.com  
Instansi : Praktisi  
Alamat Instansi : Bandung  
Bidang Keahlian : Ilustrasi



### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)

1. Ilustrator Freelance (Ilustrator buku Direct Selling Divisi Anak dan Balita), Mizan publishing 2000 - 2005.
2. Ilustrator Freelance Buku Balita, Karangkraft Publishing Malaysia 2012.
3. Ilustrator Modul Literasi dan Numerasi Jenjang Sekolah Dasar, Pusmenjar Kemendikbudristek, 2020.
4. Tim Ilustrator Buku Terjemahan cerita anak 2021, Pusat Pengembangan dan Pembinaan Bahasa Kemendikbudristek, 2021.
5. Ilustrator Buku Teks Pelajaran Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD), Ditjen PAUD Kemendikbudristek, 2021.
6. Ilustrator Freelance buku Anak dan Balita, DAR! Mizan, 2005 s.d. sekarang.

### Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar

1. S1 – Teknik Planologi Unpas
2. SMA – SMA Pasundan 1 Bandung 1995

### Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)

1. Serial Hupi-Hupa, 10 Judul DAR Mizan 2012
2. Seri Teladan Rosul, 13 Judul Pelangi Mizan, 2016
3. Seri Dunia Binatang Nusantara, 2 Judul, Pelangi, Pelangi Mizan, 2018
4. Allahu Swt Tuhanku, Pelangi Mizan 2019
5. Muhammad Nabiku, Pelangi Mizan, 2019
6. Aku Bisa Bersyahadat, Pelangi Mizan 2019
7. Seri Dear Kind, 4 Judul, Pelangi Mizan, 2020
8. Seri Halo Balita, 30 Judul, Pelangi Mizan 2020
9. Belajar Membaca, Pelangi Mizan 2022
10. Belajar Berhitung, Pelangi Mizan 2022
11. Teman Jadi Musuh, Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, 2022
12. Kisah Hidup, Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, 2022
13. Burung Kecil di Pegunungan Besar, Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, 2022

### Informasi Lain dari Ilustrator

Porto Folio : <https://instagram.com/aeradeill>



## Profil Desainer

Nama Lengkap : Sitti Aulia, S.Si.  
E-mail : auliawolf@gmail.com  
Instansi : Praktisi  
Alamat Instansi : Jakarta  
Bidang Keahlian : Desain grafis



### Riwayat Pekerjaan/Profesi (10 Tahun Terakhir)

1. Freelance Graphic Designer (2021-sekarang).
2. Staf Unit Publikasi Informasi di STFT Jakarta (29 Oktober 2013-4 November 2021).
3. Guru gambar di Carrot Academy (2013–2015).
4. Graphic designer di PT Bisnis Tekno Ultima (Maret 2012–Oktober 2013).

### Buku yang Pernah Dibuat Desain/Layout (10 Tahun Terakhir)

1. *Buku Trilogi Emeritasi Pdt. Dr. Einar M. Sitompul*, 2014.
2. *Jurnal Teologi Sola Experientia* Vol. 2, No. 1&2, 2014.
3. *Siapakah yang akan Menjembatani Jurang itu?*, 2014.
4. *Bahasa Ibrani untuk Pemula*, 2015.
5. *Membangun Perdamaian: Kumpulan Kasus untuk Pelatihan Mediasi dan Rekonsiliasi*, 2015.
6. *Yesus Sang Titik Temu dan Tengkar*, 2015.
7. *Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Penelitian dan Relasinya dengan Gereja*, 2015.
8. *The Power of Shame: Mengembalikan Malu Spiritual*, 2016.
9. *Merangkai Kehidupan Bersama yang Pluralis dan Rukun*, 2017.
10. *Asian Journal of Theology* Vol. 31 (2017), Vol. 32 (2018), Vol. 33 (2019), Vol. 34 (2020), Vol. 35 (2021), Vol. 36 (2022).
11. *Buku Guru dan Buku Siswa Pendidikan Agama Kristen dan Budi Pekerti SMALB Kelas X dan XII Tunadaksa dan Tunanetra*, 2017.
12. *Jurnal Theologia in Loco* Vol. 2, 2020.
13. *Renungan PELITA* Penabur Edisi Juli 2020, Oktober 2020, dan Januari 2021 untuk Kelas Kecil, Lower Class, Kelas Besar, Upper Class, SMP, Middle School dan SMA, 2020.
14. *Tantangan Gereja di Era Milenial (Refleksi Menyambut 100 Tahun HKBP Kernolong)*, 2021.
15. *Buku Guru & Buku Siswa Pendidikan Agama Kristen & Budi Pekerti Kelas 4, 6, dan XI*, 2021.
16. *Buku Pendalaman Alkitab HKBP untuk Lansia, Ama, Ina, Pemuda, Remaja, SKM* edisi Juli-Desember 2021, Januari-Juni 2022, dan Juli-Desember 2022.

### Informasi Lain dari Desainer



1. Porto Folio: <https://www.instagram.com/auliawhite>
2. *Studied Graphic design* at Motret.Co (Rancang Grafis) Class of 2013, Nov 2012–Feb 2013.
3. *Studied Illustration* at Carrot Academy Class of 2013, Class IFE | ESSENTIALS Class Concept Art, Maret–Juli 2013.
4. *Studied Motion Graphic Programme Intermediate* at Hello Motion Academy School of Animation and Creativity, Mei–Juni 2017.

