

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Geologi Sebagai Ilmu

1.1.1 Definisi Geologi

Kata geologi berasal dari dua kata bahasa Yunani, yaitu *geos* (yang berarti bumi) dan *logos* (yang berarti ilmu). Jadi, Geologi adalah studi mengenai bumi dan fenomena yang terjadi di dalamnya.

Geologi secara umum membahas mengenai material pembentuk bumi dan segala proses yang terjadi baik di dalam bumi (bawah permukaan) maupun yang terjadi di atas permukaan bumi. Gaya yang bekerja di dalam bumi (endogen) menghasilkan gempa bumi dan aktivitas vulkanik, sementara itu gaya eksternal (eksogen) menyebabkan terjadinya pelapukan, erosi, dan pembentukan bentang alam. Semua proses itu menyebabkan batuan memiliki ciri yang khusus. Karakteristik dan ciri khusus dari batuan itulah yang dipelajari oleh geologi. Sehingga dapat dilakukan interpretasi proses geologi apa saja yang berkontribusi dalam pembentukan batuan tersebut.

Dalam mempelajari ilmu kebumihan (terutama geologi), diperlukan kegiatan luar ruangan untuk memperoleh data. Suatu studi geologi yang baik memang didasarkan oleh observasi dan percobaan yang dilakukan di lapangan. Pekerjaan lapangan tersebut kemudian didukung oleh percobaan laboratorium. Data lapangan dan laboratorium tersebut kemudian diolah melalui interpretasi dan rekonstruksi suatu model geologi.

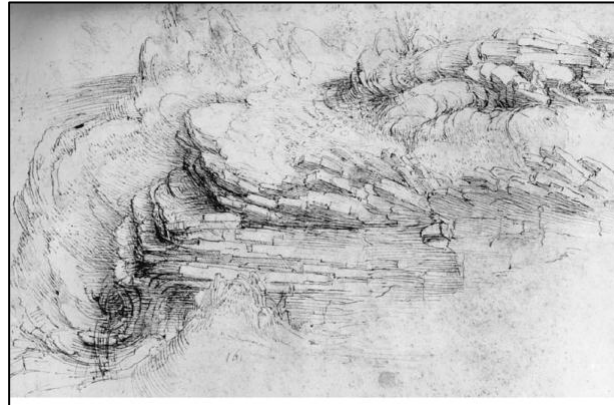
Terkadang penelitian geologi menuntut suatu pemodelan yang kompleks. Hal ini dikarenakan proses geologi yang bekerja pun sesungguhnya memang kompleks dan rumit dan melibatkan proses-proses fisika, kimia, dan/atau biologi. Oleh sebab itu, pemahaman ilmu-ilmu dasar seperti matematika, statistika, kimia, fisika, dan biologi penting untuk membangun nalar geologi.

1.1.2 Sejarah Perkembangan Ilmu Geologi

Aristoteles pada 2300 tahun yang lalu mengemukakan bahwa batuan terbentuk karena pengaruh bintang-bintang. Sementara gempa bumi terjadi akibat meledaknya udara yang padat di bumi karena adanya proses pemanasan oleh pusat api. Frank D. Adams dalam "*Geological Science*" (Devor, 1938) mengemukakan bahwa selama masa pertengahan, Aristoteles dihormati sebagai kepala dan pimpinan semua filsuf, yang pendapatnya pada subyek apapun merupakan hukum dan hasil akhir.

Jejak-jejak awal ilmu geologi juga dibuktikan dalam sketsa tinta seniman besar Leonardo da Vinci (1452–1519), yang secara hati-hati menggambarkan bentuk badan batuan dalam sketsa untuk memahami bentuk alami Bumi (Gambar

1). Kemudian pada abad 17, datanglah deskripsi pertama deformasi batuan. Nicholas Steno (1631–1686) menguji singkapan-singkapan dimana peralihan lapisan batuanya tidaklah horizontal, dan beranggapan bahwa lapisan (strata) tersebut tidak berposisi lapisan horizontal dan pasti telah berubah posisi (dislokasi) karena sesuatu hal. Pada awal abad 18, kemudian kompleksitas batuan di rentang pegunungan seperti Alpen dikenal secara luas dan membutuhkan penjelasan (Gambar 2).



Gambar 1.1 Sketsa yang dibuat oleh Leonardo da Vinci, memperlihatkan secara jelas detail lipatan peralihan pegunungan di Italia (ca. 1500 AD).



Gambar 1.2 Kenampakan dari udara pegunungan Alpin Eropa (Perancis).

Baron Georges Cuvier (1810), berkebangsaan Perancis, melihat adanya fakta bahwa pada zaman dahulu ada spesies flora dan fauna yang mengalami kepunahan dan kemudian muncul spesies flora dan fauna yang baru. Semua peristiwa tersebut terjadi karena adanya bencana (*catastrophic*) secara mendadak dengan sangat dahsyat dan berlangsung di seluruh muka bumi. Konsep ini dikenal sebagai Teori Malapetaka atau Katastrofik (*Catastrophism*).

Pada akhir abad ke-18, James Hutton (1795), seorang ahli fisika Skotlandia, menerbitkan buku *Theory of the Earth*. Hutton mencetuskan kalimat “*The present is the key to the past.*” Kalimat tersebut bermakna bahwa kondisi

geologi pada saat ini merupakan hasil dari proses geologi di masa lampau, sehingga dengan mempelajari karakteristik bumi pada saat ini, kita dapat mengetahui proses geologi di masa lampau. James Hutton dijuluki sebagai bapak geologi modern dan teori yang dikemukakan oleh Hutton ini dikenal sebagai teori uniformitarianisme.

Charles Lyell (1797-1875) mengemukakan pemikirannya melalui bukunya, salah satunya *Principles of Geology*. Lyell mengilustrasikan konsep-konsep kesamaan dari alam sesuai dengan waktu. Lyell dapat memperlihatkan bahwa proses-proses geologi yang diamati sekarang berlaku juga pada masa lalu. Walaupun teori uniformitarianisme tidak dimulai oleh Lyell, namun dia adalah orang yang lebih sukses dalam menginterpretasi dan mempublikasikan pada masyarakat luas.

Ilmu geologi terus berkembang seiring dengan ditemukan berbagai teknologi, misalnya teknologi geofisika. Seperti munculnya teori *continental drift* (apungan benua) pada tahun 1912 oleh Alfred Wegener yang mengemukakan bahwa pada 250 juta tahun yang lalu semua benua dan pulau yang ada saat ini asalnya satu daratan raksasa yang kemudian retak dan terus bergerak (mengapung) yang di antaranya menyebabkan terjadinya Benua Amerika dan Afrika yang terpisah, serta benua-benua lainnya. Teori ini kemudian terus disempurnakan oleh peneliti berikutnya hingga lahirnya Teori Tektonik Lempeng pada tahun 1968.

1.1.3 Ruang Lingkup Geologi

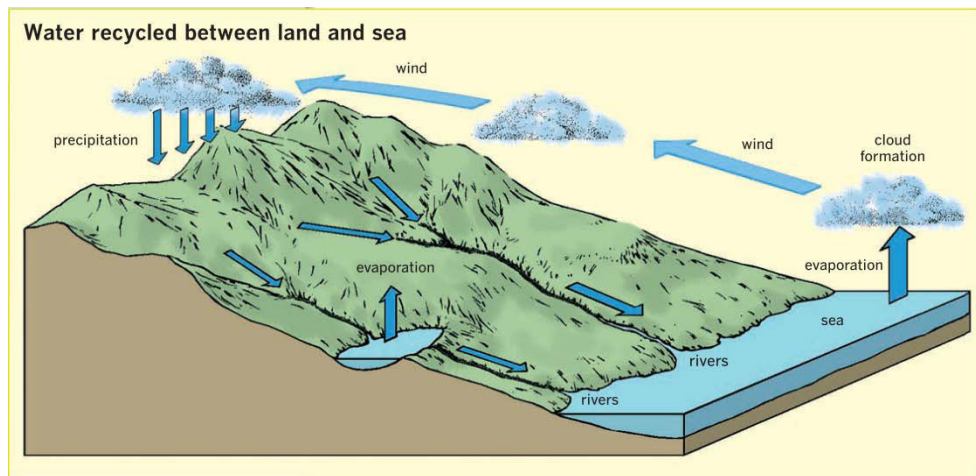
Bumi terus oleh berbagai macam unsur yang saling terintegrasi dan tidak hanya didominasi oleh batuan, air, atau udara saja. Interaksi antar-unsur tersebut terus berlangsung, seperti kontak air dengan batuan, batuan dengan udara, dan air dengan udara. Lebih lanjut, biosfer, sebagai keseluruhan bentuk kehidupan di bumi, tersebar pada ketiga *realms* tersebut yang terintegrasi secara setara. Oleh sebab itu, ruang lingkup ilmu geologi terdiri dari empat lingkup utama, yaitu: hidrosfer, atmosfer, dan geosfer. Ketiga lingkup ini kemudian membentuk suatu lingkup sebagai keseluruhan keberadaan makhluk hidup yang disebut biosfer.

a. Hidrosfer

Bumi dijuluki sebagai Planet Biru, hal ini karena 71% permukaan bumi diselubungi oleh air dengan kedalaman rata-rata 3,8 km. 97% dari air yang ada di bumi merupakan air permukaan. Hidrosfer adalah massa air yang dinamis dan bergerak secara kontinu melalui sebuah siklus. Siklus yang dimaksud adalah siklus hidrologi, yang terdiri dari evaporasi air permukaan ke atmosfer, presipitasi air ke daratan, dan kemudian mengalir kembali

sebagai air permukaan yang bermuara di laut. Daur hidrologi ini turut berkontribusi dalam membentuk bentang alam bumi ini.

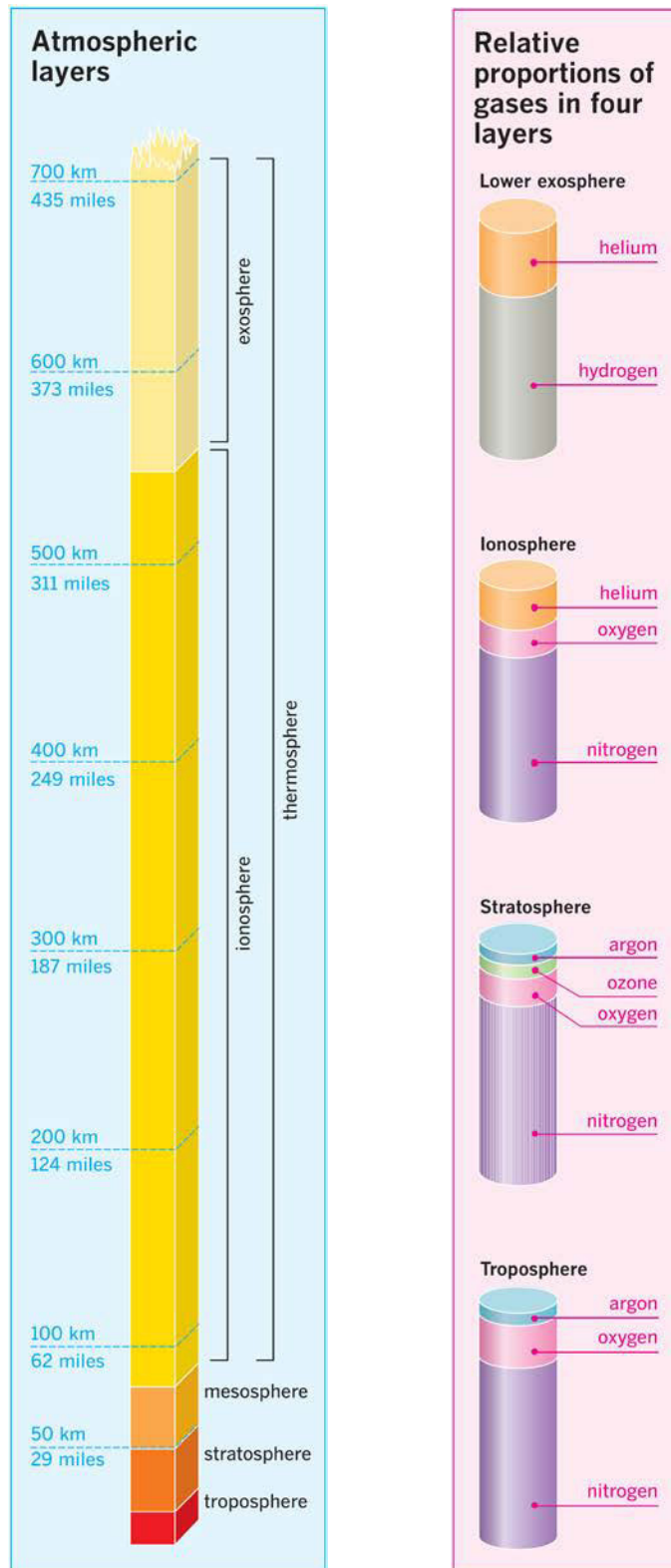
Selain air laut, hidrosfer juga terdiri dari air tawar yang berada di aliran sungai, danau, gleiser, dan airtanah. Meskipun jumlahnya tak sebanyak air laut, namun keberadaan air tawar (*fresh water*) sangat penting. Oleh sebab itu usaha pencarian sumber daya air bersih terus dilakukan hingga sekarang, termasuk oleh para ahli geologi, khususnya hidrogeologi.



Gambar 1.3 Siklus hidrologi (sumber: Diagram Visual Information Ltd.)

b. Atmosfer

Bumi dikelilingi oleh tudung gas yang memberi kehidupan. Tudung gas inilah yang disebut atmosfer. Jika dibandingkan dengan ketebalan kerak bumi (sekitar 6400 km), atmosfer jauh lebih tipis, yaitu hanya 5,6 km di atas permukaan bumi dan hanya sampai kedalaman 16 km di bawah permukaan bumi. Namun, di samping dimensinya yang sederhana, selimut tipis tersebut tetap merupakan elemen penting di planet bumi. Atmosfer bukan hanya menyediakan udara untuk dihirup oleh makhluk hidup, namun juga mampu melindungi kita dari paparan radiasi sinar ultra violet dari matahari. Pertukaran energy secara kontinu terjadi antara atmosfer dengan permukaan bumi menghasilkan sesuatu yang kita sebut cuaca dan iklim. Cuaca dan iklim bumi dari sejak awal terbentuk hingga sekarang berkontribusi dalam pembentukan bentang alam dan sumberdaya geologi. Sehingga atmosfer berperan penting dalam proses geologi yang telah dan sedang berlangsung di bumi.



Gambar 1.4 Ketebalan lapisan atmosfer (kiri) dan Proporsi gas pada tiap lapisan atmosfer (kanan)

c. Geosfer

Bagian di dasar atmosfer dan samudera adalah lapisan kerak bumi. Bagian padat itulah yang disebut sebagai geosfer. Geosfer membentang dari permukaan hingga ke inti bumi pada kedalaman 6.400 km. Sehingga geosfer merupakan lingkup yang paling besar yang ada di bumi jika dibandingkan dengan atmosfer, hidrosfer, dan biosfer.

Kebanyakan penelitian mengenai geosfer difokuskan pada kenampakan di permukaan yang mudah untuk diakses. Setiap kenampakan di permukaan merepresentasikan kondisi di bawah permukaan bumi yang bersifat dinamis. Dengan meneliti kenampakan dari lapisan geosfer yang berada di permukaan, dapat diketahui petunjuk mengenai proses geologi yang telah terjadi sewaktu bumi ini sedang terbentuk. Lapisan-lapisan geosfer dan proses yang berlangsung di dalamnya akan banyak dipelajari oleh para ahli geologi.

1.2 Cabang Ilmu Geologi

Geologi merupakan ilmu multi-disiplin yang mempelajari mengenai bumi dan sejarahnya. Seorang sarjana geologi harus mampu menguasai lintas disiplin yang ada pada ilmu geologi dan implikasinya terhadap kebutuhan masyarakat. Cabang-cabang ilmu geologi tersebut antara lain:

- a. Geomorfologi
Studi mengenai proses keterjadian dan deskripsi dari bentang alam.
- b. Kristalografi dan Mineralogi
Studi mengenai geometri dan susunan atom di dalam mineral, proses pembentukan, dan jenis-jenis mineral pembentuk batuan.
- c. Petrologi
Studi mengenai batuan, termasuk mineralogi, klasifikasi, dan proses keterjadiannya.
- d. Mineral optik dan Petrografi
Studi mengenai parameter sifat-sifat optik mineral yang dilihat menggunakan mikroskop petrografi. Klasifikasi batuan berdasarkan sifat optik mineral pembentuknya.
- e. Paleontologi
Studi mengenai kehidupan purba (fosil), termasuk *paleobotany*, paleontologi vertebrata serta invertebrata, mikropaleontologi, dan studi spora dan polen purba (Palionologi).
- f. Sedimentologi
Studi mengenai faktor lingkungan yang mengontrol pembentukan sedimen dan batuan sedimen, termasuk perkembangan dan model pengendapannya.

digunakan untuk pembagian zona antara lain apakah padat atau cair dan seberapa lemah atau kuat lapisan tersebut.

Susunan interior bumi diketahui berdasarkan informasi seismologi. Berdasarkan penyelidikan H. Jeffreys dan K. E. Bullen (1932-1942) yang mengacu pada penyelidikan E. Wiechert (1890-an) dengan menggunakan cepat rambat gelombang P dan S, dapat ditentukan pembagian lapisan-lapisan atau interior bumi. Struktur dalam bumi dibedakan secara komposisi dan rheologi.

Struktur dalam bumi berdasarkan komposisinya:

1. Inti bumi (*Core*)

Terletak mulai dari kedalaman 2.883 km sampai ke pusat bumi. Densitasnya berkisar dari 9,5 gr/cc di dekat mantel dan membesar ke arah pusat hingga 14,5 gr/cc. Berdasarkan besarnya densitas ini, inti bumi diperkirakan memiliki campuran dari unsur-unsur yang memiliki densitas besar, yaitu Nikel (Ni) dan besi (Fe). Oleh karena itu, inti bumi juga sering disebut sebagai lapisan *Nife*.

- a. Inti dalam (*inner core*)
Kedalaman 5.140-6.371 km. Berfasa padat, berat, dan sangat panas.
- b. Inti luar (*outer core*)
Kedalaman 2.883-5.140 km. Berfasa cair dan sangat panas.

2. Mantel (*Mantle*)

Merupakan lapisan yang menyelubungi inti bumi. Merupakan bagian terbesar dari bumi, 82.3 % dari volume bumi dan 67.8 % dari massa bumi. Ketebalannya 2.883 km. Densitasnya berkisar dari 5.7 gr/cc di dekat inti dan 3.3 gr/cc di dekat kerak bumi.

3. Kerak bumi (*Crust*)

Merupakan lapisan terluar yang tipis, terdiri batuan yang lebih ringan dibandingkan dengan batuan mantel di bawahnya. Densitas rata-rata 2.7 gr/cc. Ketebalannya tidak merata, perbedaan ketebalan ini menimbulkan perbedaan elevasi antara benua dan samudera. Pada daerah pegunungan ketebalannya > 50 km dan pada beberapa samudera < 5 km. berdasarkan data kegempaan dan komposisi material pembentuknya, para ahli membagi menjadi kerak benua dan kerak samudera.

- a. **Kerak benua**, terdiri dari batuan granitik, ketebalan rata-rata 45 km, berkisar antara 30–50 km. Kaya akan unsur Si dan Al, maka disebut juga sebagai lapisan *SiAl*.

- b. **Kerak samudera**, terdiri dari batuan basaltik, tebalnya sekitar 7 km. Kaya akan unsur Si dan Mg, maka disebut juga sebagai lapisan *SiMa*.

Bumi berdasarkan kajian reologi:

1. Mesosfer

Lapisan padat dalam mantel yang memiliki kekuatan relatif tinggi dinamakan mesosfer (lapisan menengah, *intermediate* atau *middle sphere*). Lapisan ini terletak antara batas inti dan mantel (kedalaman 2.883 km) hingga kedalaman sekitar 350 km.

2. Astenosfer

Lapisan mantel bagian atas, pada kedalaman antara 350 km – 100 km di bawah permukaan bumi, adalah lapisan yang dinamakan astenosfer (lapisan lemah, *weak sphere*). Keseimbangan suhu dan tekanan di sini sedemikian rupa sehingga menjadikan materialnya dalam keadaan mendekati titik leburnya. Para ahli geologi menyatakan bahwa batuan di mesosfer dan astenosfer mempunyai komposisi yang sama. Perbedaan satu-satunya hanyalah pada sifat fisiknya, kekuatan.

3. Litosfer

Terletak di atas astenosfer, lapisan setebal 100 km dari permukaan bumi ini merupakan lapisan yang batuanannya lebih dingin, lebih kuat, dan lebih kaku (*rigid*) dibandingkan astenosfer yang plastis. Lapisan terluar yang keras ini meliputi mantel bagian atas dan seluruh kerak bumi. Komposisi kerak dan mantel memang berbeda, namun yang membedakan litosfer dan astenosfer adalah kuat batuan (*rock strength*), bukanlah komposisinya.

1.3.1 Bidang-bidang Diskontinu

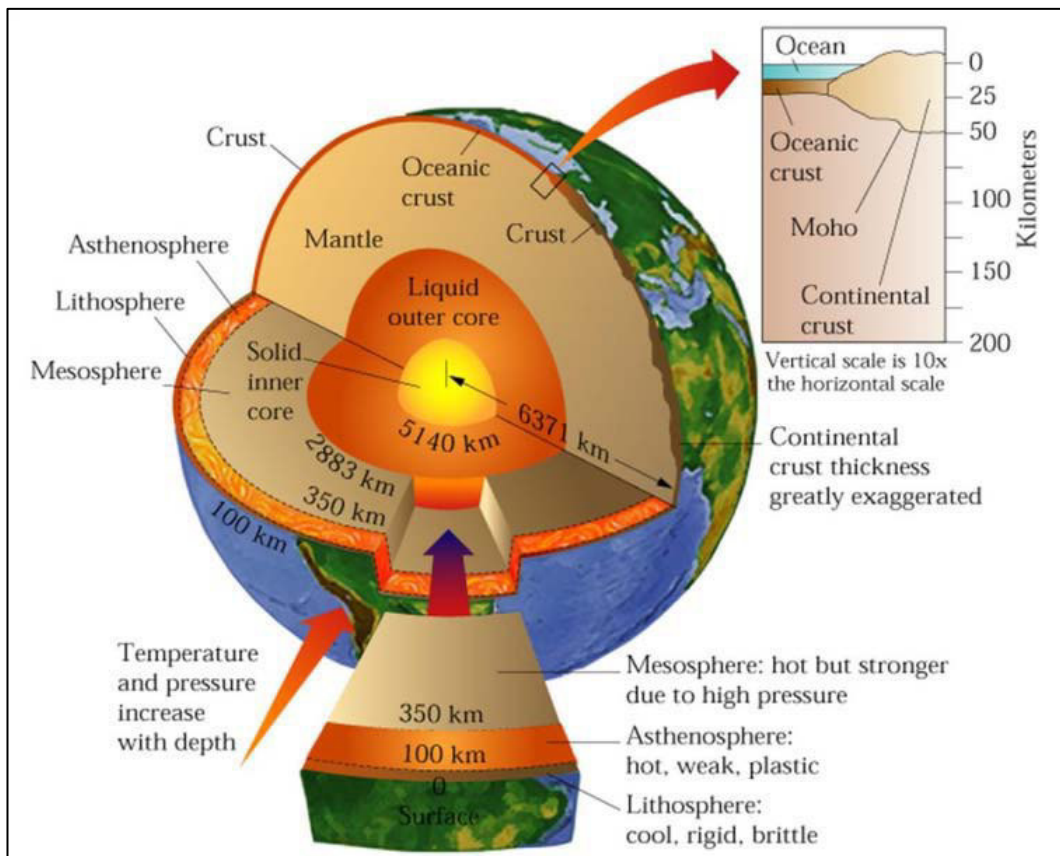
Bidang diskontinu merupakan zona transisi yang berada di mantel bumi. Disebut diskontinu karena lapisan tersebut menunjukkan hasil diskontinu secara tiba-tiba pada kecepatan seismik di kedalaman tertentu. Bidang diskontinu tersebut terdiri dari bidang Moho dan bidang Gutenberg.

a. Bidang Moho

Seorang ahli seismologi Yugoslavia, *Andrija Mohorovicic*, mempelajari data gempa dan menjumpai kecepatan gelombang gempa yang naik dengan tiba-tiba di bawah kedalaman 50 km. Bidang batas perubahan atau bidang diskontinuitas ini ternyata merupakan bidang batas antara lapisan kerak bumi dan mantel atas. Maka, bidang batas ini dikenal dengan sebutan *Bidang Mohorovicic* atau *Bidang Moho*.

2. Bidang Gutenberg

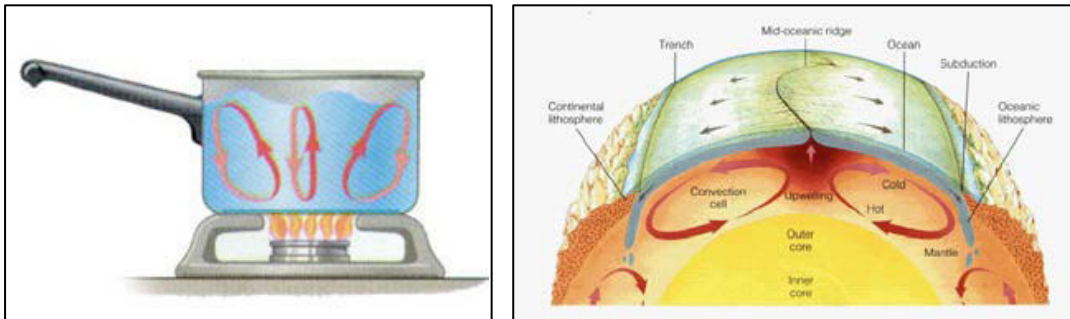
Beberapa tahun kemudian, seorang ahli gempa Jerman, *Beno Gutenberg*, menemukan batas lain. Bidang dimana gelombang P dibelokkan, atau bidang antara mantel dengan inti bumi disebut *bidang diskontinu Gutenberg* atau *bidang Gutenberg*.



Gambar 1.6 Interior Bumi (Skinner et al., 2004)

1.3.2 Arus Konveksi Magma

Kerak bumi merupakan padatan yang relative dingin, rapuh, dan kaku (*rigid*) dengan massa jenis lebih rendah sehingga seolah-olah mengapung di atas mantel. Ini adalah bagian yang berada di permukaan bumi hingga kedalaman \pm 100 km. Karena adanya perbedaan panas yang sangat tinggi antara bagian bumi yang tengah dengan bagian bumi yang lebih luar, maka akan terjadi perbedaan tekanan dimana tekanan pada bagian dalam lebih besar, sehingga pergerakan magma akan menghasilkan aliran konveksi di dalam mantel. Lelehan magma yang lebih panas akan bergerak ke atas dan lelehan magma yang lebih dingin akan tenggelam (seperti gerakan aliran konveksi air pada waktu kita memanaskan air di atas kompor).



Gambar 1.7 Aliran konveksi pada air di atas kompor dan aliran konveksi magma

Akibat aliran konveksi lelehan magma tersebut, lapisan kerak bumi yang padat dan relative rapuh yang ada di atasnya ikut bergerak (mengapung) sesuai dengan gerakan lelehan magma. Pada suatu tempat tertentu, lapisan kerak bumi akan retak dan bergerak saling menjauh, dan rekahan yang ditinggalkannya akan segera terisi oleh lelehan magma yang kemudian juga akan membeku (disebut sebagai daerah regangan dimana lempengan kerak bumi yang saling berdekatan menjauh), contoh *Mid Oceanic Ridges* yang berada di dasar samudra Atlantik, dan rifting yang terjadi antara benua Afrika dengan Jazirah Arab yang membentuk Laut Merah.

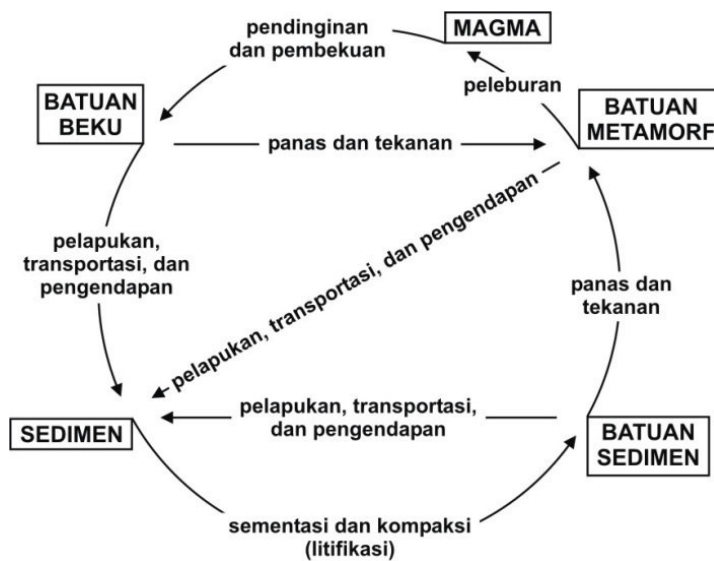
Pada bagian bumi lain akan terjadi tumbukan antara lempeng-lempeng yang saling mendekat. Lempeng yang relatif lebih tipis (lempeng samudera) akan menunjam ke bawah lempeng benua yang relatif lebih tebal, zona ini disebut sebagai zona subduksi (*subduction zone*). Contohnya adalah zona subduksi yang memanjang dari Sumatra, Jawa, hingga ke Nusa Tenggara Timur. Pada bagian yang menunjam akan meleleh menjadi magma dan bagian dari lempeng yang lain akan mengalami perlipatan, pengangkatan, dan pensesaran.

Dengan adanya retakan/bukaan akibat terbentuknya sesar-sesar tersebut, maka pada bagian-bagian tertentu pada zona tersebut kadang-kadang diterobos

oleh lelehan magma panas dari mantel dan membentuk kantong-kantong magma, yang disebut sebagai dapur magma (*magma chamber*). Jika penerobosan tersebut berlangsung hingga mencapai permukaan bumi, maka terjadilah pembentukan deretan gunungapi. Magma yang keluar akan menghasilkan material hasil letusan gunungapi yang berupa tuf, lahar, maupun menghasilkan aliran lava panas yang akan membentuk batuan lava di permukaan. Magma yang tidak mencapai permukaan akan membeku di dalam bumi membentuk bermacam-macam jenis batuan beku.

1.4 Siklus Batuan

Seperti material di bumi yang lain, batuan terbentuk dan terhancurkan melalui sebuah siklus. Siklus batuan adalah sebuah model yang menggambarkan pembentukan, penghancuran, dan pembentukan kembali dari sebuah batuan sebagai hasil dari proses sedimentasi (yang diikuti oleh litifikasi), pembekuan, dan metamorfisme. Siklus batuan merupakan konsep dasar yang menunjukkan transisi dinamis dari jenis-jenis batuan selama rentang waktu geologi. Siklus batuan ditunjukkan pada gambar 1.8. Sedangkan proses pembentukan jenis-jenis batuan akan dijelaskan pada bab berikutnya.



Gambar 1.8 Siklus batuan

BAB II BATUAN DAN MINERAL

2.1 Batuan Beku

Batuan ini terbentuk dari hasil pembekuan magma, yaitu cairan silikat pijar yang bersifat *mobile* dengan suhu berkisar 1500-2500°C. Batuan beku dibagi dua berdasarkan cara keterdapatannya, yaitu:

1. Batuan beku intrusi

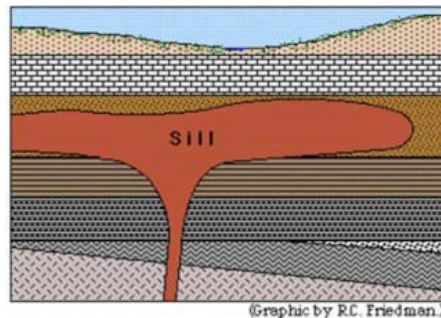
Batuan beku yang berasal dari pembekuan magma di dalam bumi, disebut juga dengan batuan **plutonik**.

2. Batuan beku ekstrusi

Batuan beku yang berasal dari pembekuan magma di permukaan bumi, disebut juga dengan batuan **vulkanik**. Gambar 2.1 menunjukkan jenis-jenis tubuh batuan beku intrusi

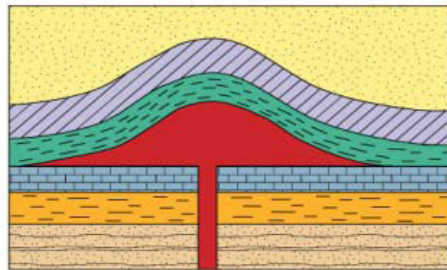
Berdasarkan kontak dengan batuan sekitarnya, tubuh batuan beku intrusi dibagi ke dalam dua kelompok, yaitu:

1. **Konkordan**, intrusi yang sejajar dengan perlapisan batuan di sekitarnya, antara lain:
 - a. **Sill**: intrusi yang melebar (*sheetlike*) sejajar dengan batuan sekitar.

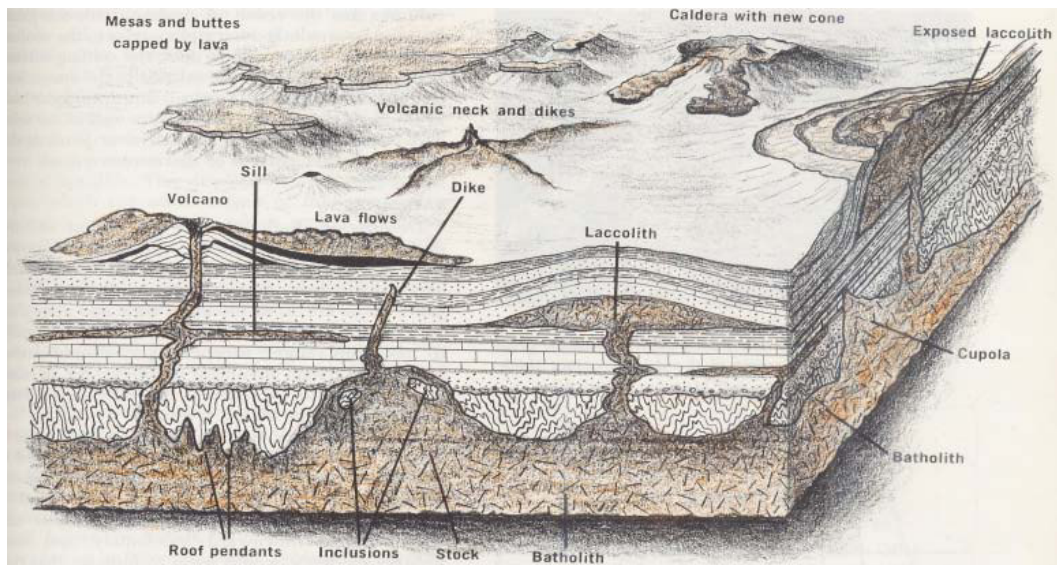


Gambar 2.1 Bentuk tubuh sill

- b. **Laccolith**: sill dengan bentuk kubah (*planconvex*) di bagian atasnya.
- c. **Lopolith**: massa intrusi yang melensa dengan ketebalan 1/10 sampai 1/12 dari lebar tubuhnya. Bagian tengahnya cekung di sisi atasnya.
- d. **Phacolith**: massa intrusi yang melensa yang terletak pada sumbu lipatan.



Gambar 2.2 Bentuk tubuh Laccolith



Gambar 2.1 Bentuk tubuh intrusi (Anonim, 2004)

2. **Diskordan**, intrusi yang memotong perlapisan batuan di sekitarnya, antara lain:
 - a. **Dike**: intrusi yang berbentuk tabular yang memotong struktur lapisan batuan sekitarnya.
 - b. **Batholith**: intrusi yang tersingkap di permukaan, berukuran $>100\text{km}^2$, berbentuk tak beraturan, dan tak diketahui dasarnya.
 - c. **Stock**: intrusi yang mirip dengan *batholith*, dengan ukuran yang tersingkap di permukaan $<100\text{km}^2$.

Berdasarkan kandungan silikanya, batuan beku terbagi atas:

1. Batuan beku **asam**: silika $> 65\%$
2. Batuan beku **menengah**: silika $65-52\%$
3. Batuan beku **basa**: silika $52-45\%$
4. Batuan beku **ultrabasa**: silika $< 45\%$

BAB II BATUAN DAN MINERAL

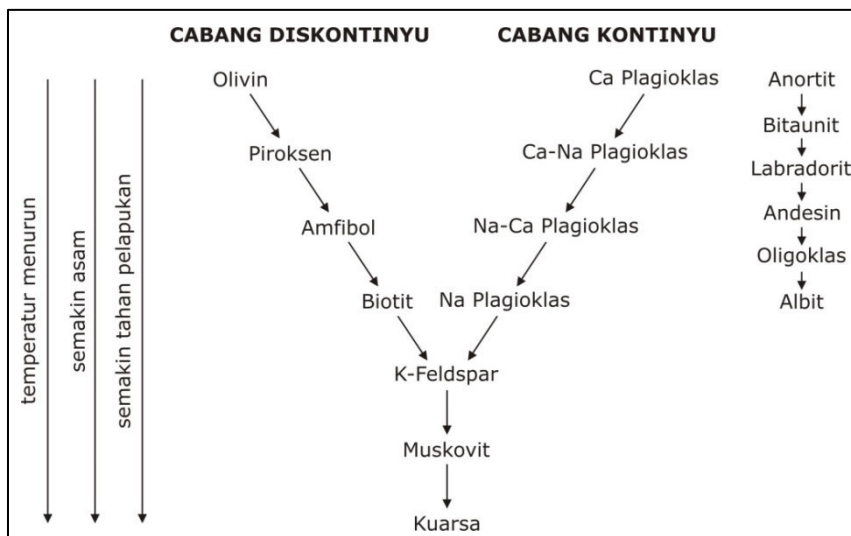
Berdasarkan indeks warna/komposisi mineral gelapnya (*mafic*), maka batuan beku terbagi atas:

1. **Leucocratic**: batuan beku dengan kandungan mineral *mafic* berkisar 0-30%
2. **Mesocratic**: batuan beku dengan kandungan mineral *mafic* berkisar 30-60%
3. **Melanocratic**: batuan beku dengan kandungan mineral *mafic* berkisar 60-90%.
4. **Hypermelanic**: batuan beku dengan kandungan mineral *mafic* berkisar 90-100%.

Tabel 2.1 Klasifikasi batuan beku

Nama Batuan		Sifat	Kandungan Silika (%)	Kandungan Mineral Mafic (%)	Indeks Warna
Intrusi	Ekstrusi				
Granit Adamelit Granodiorit	Ryolit Ryodasit Dasit	Asam	>65	0-30	<i>Leucocratic</i>
Syenit Diorit Monzonit	Trachyt Andesit Trachyt andesit	Menengah	65-52	30-60	<i>Mesocratic</i>
Gabro	Basalt	Basa	52-45	60-90	<i>Melanocratic</i>
Peridotit	Dunit	Ultrabasa	<45	90-100	<i>Hypermelanic</i>









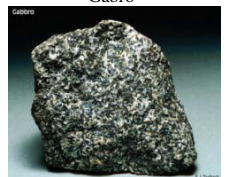


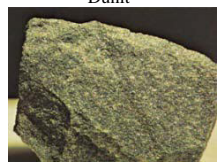
Pada saat magma mengalami penurunan suhu akibat perjalanan ke permukaan bumi, maka mineral-mineral akan terbentuk. Peristiwa tersebut dikenal dengan peristiwa penghabluran. Berdasarkan penghabluran mineral-mineral silikat (magma), oleh **N.L. Bowen** (Kanada) disusun suatu seri yang dikenal dengan **Bowen's Reaction Series**.



Gambar 2.2 Deret reaksi Bowen

BAB II BATUAN DAN MINERAL

Tabel 2.2 Contoh gambar batuan beku

Nama Batuan	
Intrusi	Ekstrusi
<p>Granit</p>  <p>Granodiorit</p> 	<p>Ryolit</p>  <p>Dasit</p> 
<p>Syenit</p>  <p>Diorit</p> 	<p>Trachyt</p>  <p>Andesit</p> 
<p>Gabro</p>  <p>Peridotit</p> 	<p>Basalt</p>  <p>Dunit</p> 

Catatan untuk Deret Bowen:

- Apabila temperatur magma turun hingga mencapai titik jenuhnya maka magma tersebut mulai mengkristal

- Unsur-unsur yang sukar larut akan mengkristal terlebih dahulu, misalnya mineral asesoris (apatit, zirkon, ilmenit, magnetit, rutil, titanit, chromit dll)
- Mineral utama pembentuk batuan yang mula-mula mengkristal adalah olivin, Mg piroksen (ortho piroksen), klino piroksen, amfibol, plagioklas dst → Deret Bowen
- Unsur-unsur yang mudah larut akan mengkristal paling akhir dan akan terjebak di sekitar kristal yang telah terbentuk dahulu.

Dari Deret Bowen ini dikenal dua kelompok mineral utama pembentuk batuan, yaitu:

1. Mineral **mafic**, mineral-mineral utama pembentuk batuan yang berwarna gelap, hal ini disebabkan oleh kandungan kimianya, yaitu Magnesium dan Ferrum (*Mafic=Magnesium Ferric*). Yang termasuk mineral ini adalah: olivin, piroksen, amfibol, dan biotit.
2. Mineral **felsic**, mineral-mineral utama pembentuk batuan beku yang berwarna terang, hal ini disebabkan oleh kandungan kimianya, yaitu feldspar + lenad (mineral-mineral *feldsparthoid*) + silika. Yang termasuk mineral ini adalah: plagioklas, kalium feldspar (*potassium feldspar*), muskovit dan kuarsa.

Deskripsi Batuan Beku

1. Nama Batuan

2. Warna

Warna terbagi dua, yaitu:

- a. Warna Segar
- b. Warna Lapuk

3. Komposisi Mineral

Dapat dilihat dengan indeks warnanya apakah *leucocratic*, *mesocratic* atau *melanocratic*. Lihat juga komposisi mineral pembentuk batumannya, misalnya: kuarsa, plagioklas, dll.

4. Tekstur (*properties of individual grain*)

Tekstur dibagi lagi menjadi:

a. Granularitas (*grain size*)

Granularitas terbagi tiga, yaitu:

- **Afanitik**: berbutir halus atau besar butiran (*phenocryst*) < 1mm, tidak dapat dilihat dengan mata telanjang.
- **Porfiritik**: berbutir sedang atau besar butiran (*phenocryst*) 1-5mm, dapat dilihat dengan bantuan *loupe*.
- **Faneritik**: berbutir kasar atau besar butiran (*phenocryst*) > 5mm, dapat dilihat dengan mata telanjang.

b. **Derajat Kristalisasi**

Umumnya menunjukkan kecepatan pendinginan. Derajat Kristalisasi terbagi tiga, yaitu:

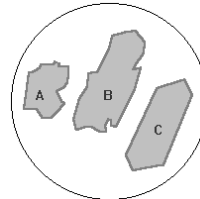
- **Holohyalin:** secara keseluruhan tersusun atas gelas/massa dasar. Hal ini terjadi karena pendinginan cepat.
- **Hipokristalin/Hipohyalin:** tersusun atas kristal (*phenocryst*) dan gelas (*groundmass*).
- **Holokristalin:** secara keseluruhan tersusun atas kristal (*phenocryst*). Hal ini terjadi karena pendinginan lambat.

c. **Bentuk Kristal**

Umumnya menunjukkan rangkaian kristalisasi. Bentuk kristal terbagi tiga, yaitu:

- **Euhedral:** bentuk kristalnya masih utuh (apakah ia kubik, monoklin, triklin atau yang lainnya).
- **Subhedral:** bentuk kristalnya sebagian tidak utuh.
- **Anhedral:** bentuk kristalnya sudah tidak utuh lagi sehingga tidak dapat dilihat apakah ia kubik, monoklin, atau yang lainnya.

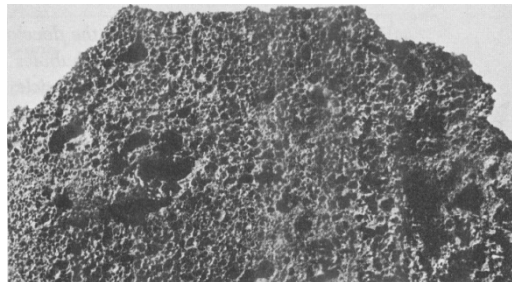
Keterangan:
A: Anhedral
B: Subhedral
C: Euhedral



Gambar 2.3 Bentuk kristal

5. **Struktur**

- **Masif:** Secara keseluruhan kenampakan batuan terlihat seragam/monoton
- **Vesikuler:** pada massa batuan terdapat lubang-lubang kecil yang berbentuk bulat atau elips dengan penyebaran yang tidak merata. Lubang ini merupakan ruang tempat gas terperangkap pada waktu magma membeku (gambar 2.4).



Gambar 2.4 Batuan dengan struktur vesikuler

BAB II BATUAN DAN MINERAL

- **Amigdaloidal:** vesikuler yang telah terisi oleh mineral sekunder.
- **Scorius:** vesikuler yang penyebarannya merata.
- **Lava bantal (*Pillow lava*):** lava yang memperlihatkan struktur seperti kumpulan bantal, Ini disebabkan karena ia terbentuk di laut (gunungapi bawah laut).



Gambar 2.5 Batuan dengan struktur lava bantal

- **Columnar joint:** struktur yang memperlihatkan bentuk seperti kumpulan tiang, ini disebabkan adanya kontraksi saat proses pendinginannya (gambar 2.6).
- 6. Bentuk tubuh/kenampakan di lapangan**
Apakah batuan tersebut intrusi atau ekstrusi, lihat perbedaannya dari tekstur dan strukturnya

2.2 Batuan Sedimen

Kata sedimen berasal dari bahasa latin *sedimentum*, yang berarti “**penenggelaman**” atau secara sederhana dapat diartikan dengan “**endapan**”, yang digunakan untuk material padat yang diendapkan oleh fluida. **Batuan sedimen** adalah batuan yang terbentuk sebagai hasil dari rombakan batuan lainnya (batuan beku, batuan metamorf, atau batuan sedimen itu sendiri) melalui proses **pelapukan** (weathering), **erosi**, **pengangkutan** (transport), dan **pengendapan**, yang pada akhirnya mengalami proses **litifikasi** atau pembatuan. Mekanisme lain yang dapat membentuk batuan sedimen adalah proses **penguapan** (evaporasi), longsoran, **erupsi** gunungapi.

Batuan sedimen hanya menyusun sekitar 5% dari total volume kerak bumi. Tetapi karena batuan sedimen terbentuk pada permukaan bumi, maka meskipun jumlahnya relatif sedikit akan tetapi dalam hal penyebaran batuan sedimen hampir menutupi batuan beku dan metamorf. Batuan sedimen menutupi sekitar 75% dari permukaan bumi.

Adapun sifat-sifat utama batuan sedimen adalah:

- **Adanya bidang perlapisan**, mencerminkan proses sedimentasi, umumnya yang berperan disini adalah proses sedimentasi yang bersifat fisika dan kimia.
- **Bersifat klastik/berbutir**, yang menandakan butiran-butiran tersebut pernah lepas atau pecah.
- **Terdapat jejak/bekas kehidupan**, terutama pada batuan golongan karbonat (batugamping, batugamping terumbu).
- Jika bersifat hablur (tersusun atas kristal-kristal), maka **selalu monomineralik**.

Pelapukan

Pelapukan atau *weathering* (*weather*) merupakan perusakan batuan pada kulit bumi karena pengaruh cuaca (suhu, curah hujan, kelembaban, atau angin). Karena itu pelapukan adalah penghancuran batuan dari bentuk gumpalan menjadi butiran yang lebih kecil bahkan menjadi hancur atau larut dalam air.

Pelapukan dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

1. **Pelapukan fisika**, adalah proses dimana batuan hancur menjadi bentuk yang lebih kecil oleh berbagai sebab, tetapi tanpa adanya perubahan komposisi kimia dan kandungan mineral batuan tersebut yang signifikan.
2. **Pelapukan kimia**, adalah proses dimana adanya perubahan komposisi kimia dan mineral dari batuan.

3. **Pelapukan biologi**, penyebabnya adalah proses organisme yaitu binatang tumbuhan dan manusia, binatang yang dapat melakukan pelapukan antara lain cacing tanah, serangga.

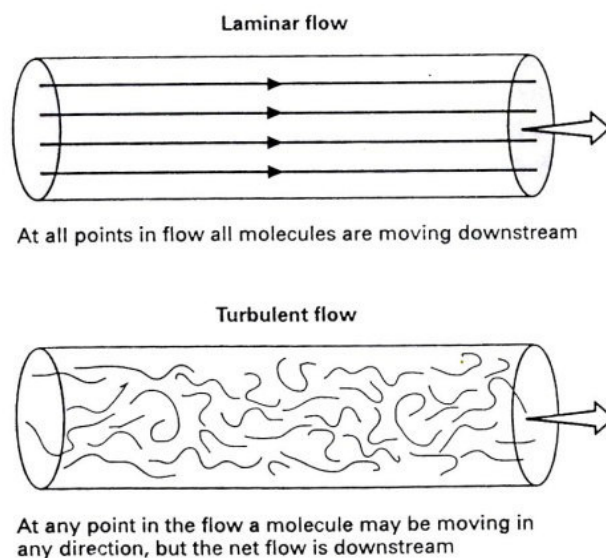
Erosi

Erosi adalah suatu pengikisan dan perubahan bentuk batuan, tanah atau lumpur yang disebabkan oleh kekuatan air, angin, es, pengaruh gaya berat dan organisme hidup. Erosi tidak sama dengan pelapukan, yang mana merupakan proses penghancuran mineral batuan dengan proses kimiawi maupun fisik, atau gabungan keduanya.

Transportasi

Transportasi adalah pengangkutan suatu material (partikel) dari suatu tempat ke tempat lain oleh suatu gerakan media (aliran arus) hingga media dan material berhenti (terendapkan). Media transportasi (fluida) antara lain gravitasi, air, es, dan udara. Gerakan fluida dapat terbagi ke dalam dua cara yang berbeda.

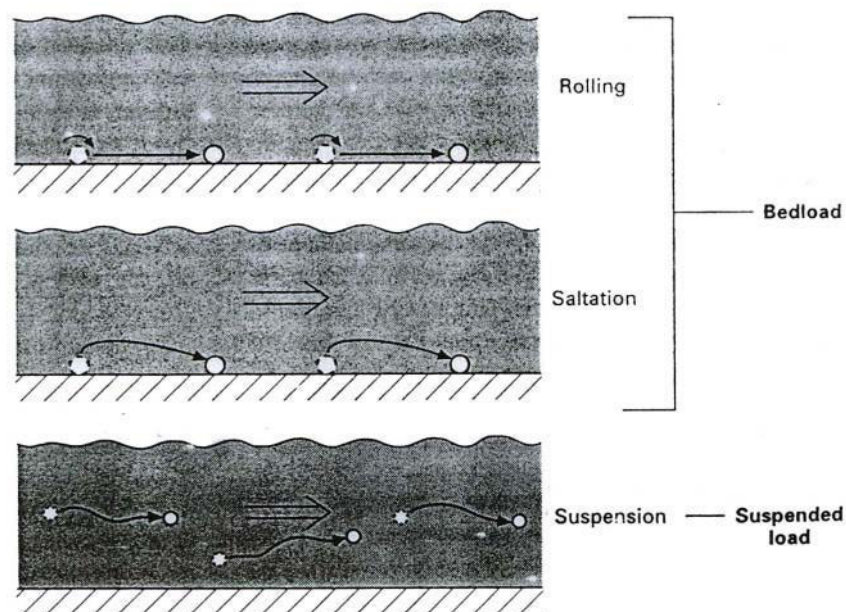
1. **Aliran laminar**, semua molekul-molekul di dalam fluida bergerak saling sejajar terhadap yang lain dalam arah transportasi. Dalam fluida yang heterogen hampir tidak ada terjadinya pencampuran selama aliran laminar.
2. **Aliran turbulen**, molekul-molekul di dalam fluida bergerak pada semua arah tapi dengan jaring pergerakan dalam arah transportasi. Fluida heterogen sepenuhnya tercampur dalam aliran turbulen.



Gambar 2.6 Aliran laminar dan turbulen

Partikel semua ukuran digerakkan di dalam fluida oleh salah satu dari tiga mekanisme

1. **Menggelinding (*rolling*)** di dasar aliran udara atau air tanpa kehilangan kontak dengan permukaan dasar.
2. **Saltasi (*saltation*)**, bergerak dalam serangkaian lompatan, secara periode meninggalkan permukaan dasar dan terbawa dengan jarak yang pendek di dalam tubuh fluida sebelum kembali ke dasar lagi.
3. **Suspensi (*suspension*)**, turbulensi di dalam aliran dapat menghasilkan gerakan yang cukup untuk menjaga partikel bergerak terus di dalam fluida.



Gambar 2.7 Perilaku partikel dalam pergerakan fluida

Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pengendapan sedimen oleh media air, angin, atau es pada suatu cekungan pengendapan pada kondisi P dan T tertentu. Pettijohn (1975) mendefinisikan sedimentasi sebagai proses pembentukan sedimen atau batuan sedimen yang diakibatkan oleh pengendapan dari material pembentuk atau asalnya pada suatu tempat yang disebut dengan lingkungan pengendapan berupa sungai, muara, danau, delta, estuaria, laut dangkal sampai laut dalam.

Litifikasi

Proses perubahan sedimen lepas menjadi batuan disebut litifikasi. Salah satu proses litifikasi adalah kompaksi atau pemadatan. Pada waktu material

sedimen diendapkan terus – menerus pada suatu cekungan. Berat endapan yang berada di atas akan membebani endapan yang ada di bawahnya. Akibatnya, butiran sedimen akan semakin rapat dan rongga antara butiran akan semakin kecil. Proses lain yang merubah sedimen lepas menjadi batuan sedimen adalah sementasi. Material yang menjadi semen diangkut sebagai larutan oleh air yang meresap melalui rongga antar butiran, kemudian larutan tersebut akan mengalami presipitasi di dalam rongga antar butir dan mengikat butiran – butiran sedimen. Material yang umum menjadi semen adalah kalsit, silika dan oksida besi.

Klasifikasi Batuan Sedimen

Berdasarkan proses terjadinya, maka batuan sedimen terbagi menjadi empat kategori, yaitu :

1. Terrigenous Clastics

Terbentuk dari hasil rombakan batuan lainnya melalui proses pelapukan, erosi, transportasi, sedimentasi dan pembatuan (litifikasi). Pelapukan yang berperan disini adalah pelapukan yang bersifat fisika. Contoh: breksi, konglomerat, batupasir, batulempung.

2. Biochemical-Biogenic-Organic Deposits

Batuan sedimen ini terbentuk dari akumulasi bahan-bahan organik (baik flora maupun fauna) dan proses pelapukan yang terjadi pada umumnya bersifat kimia. Contoh: batugamping, batubara, rijang, dll.

3. Chemical Precipitates-Evaporates

Batuan sedimen jenis ini terbentuk dari akumulasi kristal-kristal dan larutan kimia yang diendapkan setelah medianya mengalami penguapan. Contoh: gipsum, batugaram, dll.

4. Volcaniclastics (Pyroclastic)

Batuan sedimen jenis ini dihasilkan dari akumulasi material-material gunungapi. Contoh: agglomerat, tuf, breksi, dll.

2.2.1 Deskripsi Batuan Sedimen Klastika Kasar

Yang termasuk ke dalam batuan sedimen jenis ini adalah batupasir sangat kasar hingga batupasir sangat halus, parameter deskripsinya antara lain:

1. Nama batuan

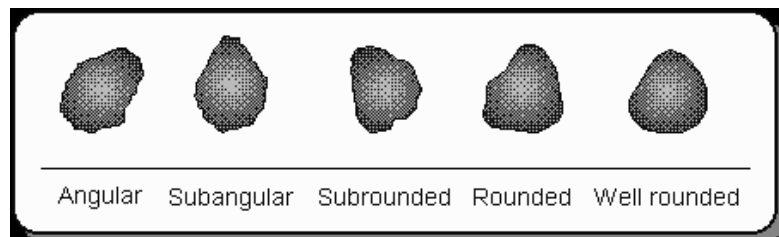
2. Warna

Terdiri dari warna segar dan warna lapuk, sertakan pula variasi warnanya untuk memperjelas pemerian. Contoh: batupasir berwarna segar kelabu kehijau-hijauan. Pemerian warna ini mencerminkan tingkat oksidasi, kandungan mineral, dan lingkungan pengendapan batuan itu sendiri. - Warna merah: menunjukkan keadaan oksidasi > non marin, mengandung Fe (umumnya hematit). - Warna hijau: merupakan reduksi dari warna merah, mengandung glaukonit, zeolit atau chamosite. - Warna kelabu: menunjukkan keadaan reduksi > marin, kaya akan bahan organik. - Warna, kuning-coklat: menunjukkan keadaan oksidasi, mengandung limonit, goethite, dan oksida besi.

3. Tekstur (Sifat butiran)

Meliputi:

- a. **Besar butir (*grain size*)**, ditentukan dengan cara membandingkannya dengan **Skala Wentworth**, kalau perlu bisa dibantu dengan menggunakan *loupe*, untuk breksi dan konglomerat dapat ditentukan dengan bantuan mistar kecil, kemudian tentukan pula ukuran minimal dan maksimal dari butiran atau komponennya. Contoh: batupasir berbutir sedang (114mm-112mm). Breksi dengan ukuran butir 7cm-12cm (Berangkal, 64mm-256mm). Besar butir ini mencerminkan energi hidrolis lingkungannya, dalam artian jika ia berbutir kasar maka dahulunya ia diendapkan dengan arus yang cepat dan begitu pula sebaliknya.
- b. **Bentuk Butir (*grain shape*)**, ditentukan dengan bantuan *chart* yang telah tersedia pada komparator dan gunakan istilah:
 - Sangat menyudut (*very angular*)
 - Menyudut (*angular*)
 - Menyudut tanggung (*subangular*)
 - Membundar tanggung (*subrounded*)
 - Membundar (*rounded*)
 - Sangat membundar (*very Rounded*)



Gambar 2.8 Bentuk butir