

7

GEOLOGI STRUKTUR

7.1. Pendahuluan

Geologi struktur adalah bagian dari ilmu geologi yang mempelajari tentang bentuk (arsitektur) batuan sebagai hasil dari proses deformasi. Adapun deformasi batuan adalah perubahan bentuk dan ukuran pada batuan sebagai akibat dari gaya yang bekerja di dalam bumi. Secara umum pengertian geologi struktur adalah ilmu yang mempelajari tentang bentuk arsitektur batuan sebagai bagian dari kerak bumi serta menjelaskan proses pembentukannya. Beberapa kalangan berpendapat bahwa geologi struktur lebih ditekankan pada studi mengenai unsur-unsur struktur geologi, seperti perlipatan (fold), rekahan (fracture), patahan (fault), dan sebagainya yang merupakan bagian dari satuan tektonik (tectonic unit), sedangkan tektonik dan geotektonik dianggap sebagai suatu studi dengan skala yang lebih besar, yang mempelajari obyek-obyek geologi seperti cekungan sedimentasi, rangkaian pegunungan, rantai samudera, dan sebagainya.

Sebagaimana diketahui bahwa batuan-batuan yang tersingkap dimuka bumi maupun yang terekam melalui hasil pengukuran geofisika memperlihatkan bentuk bentuk arsitektur yang bervariasi dari satu tempat ke tempat lainnya. Bentuk arsitektur susunan batuan di suatu wilayah pada umumnya merupakan batuan-batuan yang telah mengalami deformasi sebagai akibat gaya yang bekerja pada batuan tersebut. Deformasi pada batuan dapat berbentuk lipatan maupun patahan/sesar. Dalam ilmu geologi struktur dikenal berbagai bentuk perlipatan batuan, seperti sinklin dan antiklin. Jenis perlipatan dapat berupa lipatan simetri, asimetri, serta lipatan rebah (recumbent/overtune), sedangkan jenis-jenis patahan adalah patahan normal (normal fault), patahan mendatar (strike slip fault), dan patahan naik (trustfault). Proses yang menyebabkan batuan-batuan mengalami deformasi adalah gaya yang bekerja pada batuan batuan tersebut. Pertanyaannya adalah dari mana gaya tersebut berasal ? Sebagaimana kita ketahui bahwa dalam teori "Tektonik Lempeng" dinyatakan bahwa kulit bumi tersusun dari lempeng-lempeng yang saling bergerak satu dengan lainnya. Pergerakan lempeng-lempeng tersebut dapat berupa pergerakan yang saling mendekat (konvergen), saling menjauh (divergen), dan atau saling berpapasan (transform). Pergerakan lempeng-lempeng inilah yang merupakan sumber asal dari gaya yang bekerja pada batuan kerak bumi. Berbicara mengenai gaya yang bekerja pada batuan, maka mau tidak mau akan berhubungan dengan ilmu mekanika batuan, yaitu suatu ilmu yang mempelajari sifat-sifat fisik batuan yang terkena oleh suatu gaya.

7.2. Tujuan Mempelajari Geologi Struktur

Adapun tujuan dari mempelajari geologi struktur adalah antara lain:

1. Memberi pemahaman mengenai prinsip-prinsip dasar deformasi batuan.
2. Memberi pemahaman mengenai jenis-jenis dan mekanisme pembentukan struktur geologi dan tektonik yang terlibat dalam deformasi batuan.
3. Memperkenalkan konsep tektonik lempeng sebagai mekanisme utama asal dari sumber gaya deformasi pada batuan.
4. Mampu menafsirkan arah gaya dari deformasi batuan pada peta topografi dan singkapan batuan.

1. Apa yang dipelajari dalam geologi struktur?

- a) Kajian mengenai gaya yang bekerja pada batuan, termasuk asal-usulnya, geometri dan kinetiknya.
- b) Memahami proses-proses geologi dan mekanisme pembentukan struktur geologi seperti kekar, retakan, sesar dan lipatan. Semua struktur ini terbentuk sebagai respon atas gaya yang bekerja pada batuan sebagai akibat dari pergerakan dan interaksi lempeng/kerak bumi.

2. Apa pentingnya kita mempelajari geologi struktur ?

- a) Memahami bagaimana struktur geologi dalam suatu batuan terbentuk dan hal ini dapat membantu untuk mengetahui sejarah yang pernah terjadi pada batuan tersebut. Selain dari pada itu, dengan mempelajari geologi struktur, kita dapat mengetahui proses kejadian jebakan sumberdaya geologi seperti air, minyakbumi, gas dan mineral lainnya.
- b) Dengan mengetahui jenis struktur yang ada pada batuan maka kita dapat mengetahui kondisi batuan tersebut, apakah batuan tersebut telah terkena gaya yang sangat kuat atau tidak? dan apakah gaya yang bekerja pada batuan masih aktif atau tidak ?.
- c) Dengan mengetahui kekuatan gaya yang telah terjadi pada batuan maka kita dapat meramal kekuatan atau ketahanan batuan itu apabila batuan tersebut terkena getaran yang berasal dari gempa bumi.
- d) Dengan mengetahui jenis struktur yang ada, seperti lipatan atau sesar, kita dapat mengetahui keadaan bentuk muka bumi dengan lebih baik. Dan hal ini akan membantu kita untuk mengetahui kesesuaian atau kestabilan sesuatu kawasan terhadap daya dukung lahan untuk konstruksi bangunan atau kestabilan wilayah terhadap bencana longsor, dsb.

3. Apakah ada hubungan antara geologi struktur dengan bidang ilmu lainnya ?

- a) Bidang ilmu fisika, kimia dan matematik mempunyai hubungan yang sangat penting dengan geologi struktur, terutama untuk mengetahui dan memahami mekanisme dan memperkirakan arah gaya yang bekerja pada suatu batuan.
- b) Saat ini program komputer telah banyak dipakai dalam menentukan dan menafsirkan arah gaya yang bekerja pada suatu batuan.

4. Apakah ada hubungan antara geologi struktur dengan bidang geologi lainnya?

- a) Untuk mengkaji struktur geologi dan tektonik tanpa pengetahuan tentang stratigrafi, sedimentologi dan paleontologi akan menjadi sulit. Ketiga pengetahuan tersebut dapat membantu untuk menjelaskan kedudukan asal suatu susunan batuan. Tafsiran urutan susunan batuan akan lebih mudah dijelaskan melalui bidang pengetahuan tersebut diatas.
- b) Pengetahuan tentang petrologi dan geokimia dapat membantu dalam menjelaskan asal usul struktur geologi, sedangkan pengetahuan geomorfologi penting untuk mengetahui aktivitas struktur geologi, khususnya aktivitas yang resen.
- c) Geofisika, oseonografi dan geologi bawah tanah dapat membantu dalam menelaah struktur bawah tanah dan struktur dasar laut. Dengan kata lain, geologi struktur sangat erat kaitannya dengan ilmu-ilmu geologi lainnya.

5. Bagaimana cara mempelajarinya?

- a) Untuk mempelajari geologi struktur dibutuhkan pengetahuan 3 dimensi seperti dalam bidang arsitektur serta menggunakan peta topografi, gambar foto dan citra satelit atau radar, dan data geofisika.
- b) Melalui pengamatan dan observasi lapangan yaitu dengan melihat sendiri singkapan singkapan batuan yang telah terdeformasi, seperti terlipat atau tersesarkan, bagaimana bentuk deformasinya dan seberapa kuat deformasinya, yaitu dengan cara pengukuran unsur-unsur struktur geologinya langsung di lapangan.
- c) Dengan cara mengaitkan hubungan antara unsur struktur geologi mikro dengan unsur struktur geologi yang lebih besar di lapangan (meso atau makro). Setiap unsur struktur geologi mikro akan memiliki hubungan dengan unsur struktur meso maupun makronya.

7.3. Prinsip Dasar Mekanika Batuan

Mengenal dan menafsirkan tentang asal-usul dan mekanisme pembentukan suatu struktur geologi akan menjadi lebih mudah apabila kita memahami prinsip-prinsip dasar mekanika batuan, yaitu tentang konsep gaya, tegasan (stress/compressive), tarikan (strength) dan faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi karakter suatu materi/bahan.

7.3.1. Gaya (Force)

- a) Gaya merupakan suatu vektor yang dapat merubah gerak dan arah pergerakan suatu benda.
- b) Gaya dapat bekerja secara seimbang terhadap suatu benda (seperti gaya gravitasi dan elektromagnetik) atau bekerja hanya pada bagian tertentu dari suatu benda (misalnya gaya-gaya yang bekerja di sepanjang suatu sesar di permukaan bumi).
- c) Gaya gravitasi merupakan gaya utama yang bekerja terhadap semua obyek/materi yang ada di sekeliling kita.
- d) Besaran (magnitud) suatu gaya gravitasi adalah berbanding lurus dengan jumlah materi yang ada, akan tetapi magnitud gaya di permukaan tidak tergantung pada luas kawasan yang terlibat.
- e) Satu gaya dapat diurai menjadi 2 komponen gaya yang bekerja dengan arah tertentu, dimana diagonalnya mewakili jumlah gaya tersebut.
- f) Gaya yang bekerja diatas permukaan dapat dibagi menjadi 2 komponen yaitu: satu tegak lurus dengan bidang permukaan dan satu lagi searah dengan permukaan.
- g) Pada kondisi 3-dimensi, setiap komponen gaya dapat dibagi lagi menjadi dua komponen membentuk sudut tegak lurus antara satu dengan lainnya. Setiap gaya, dapat dipisahkan menjadi tiga komponen gaya, yaitu komponen gaya X, Y dan Z.

7.3.2. Tekanan Litostatik

- a) Tekanan yang terjadi pada suatu benda yang berada di dalam air dikenal sebagai tekanan hidrostatik. Tekanan hidrostatik yang dialami oleh suatu benda yang berada di dalam air adalah berbanding lurus dengan berat volume air yang bergerak ke atas atau volume air yang dipindahkannya.
- b) Sebagaimana tekanan hidrostatik suatu benda yang berada di dalam air, maka batuan yang terdapat di dalam bumi juga mendapat tekanan yang sama seperti benda yang berada dalam air, akan tetapi tekanannya jauh lebih besar ketimbang benda yang ada di dalam air, dan hal ini disebabkan karena batuan yang berada di dalam bumi mendapat tekanan yang sangat besar yang dikenal dengan tekanan litostatik. Tekanan litostatik ini menekan kesegala arah dan akan meningkat ke arah dalam bumi.

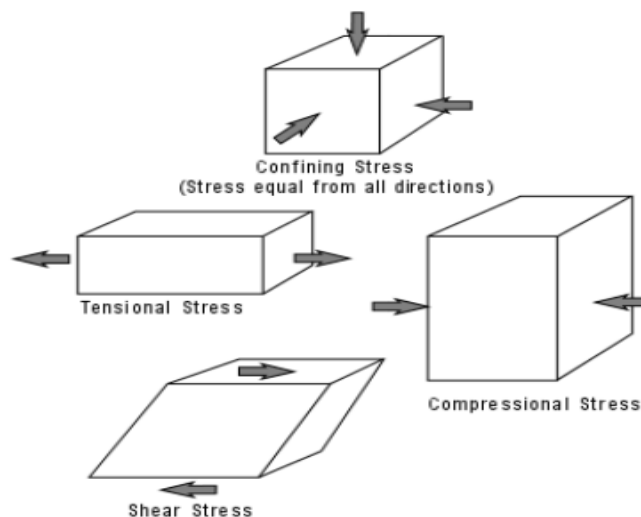
7.3.3. Tegasan

- a) Tegasan adalah gaya yang bekerja pada suatu luasan permukaan dari suatu benda. Tegasan juga dapat didefinisikan sebagai suatu kondisi yang terjadi pada batuan sebagai respon dari gaya-gaya yang berasal dari luar.
- b) Tegasan dapat didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada luasan suatu permukaan benda dibagi dengan luas permukaan benda tersebut: Tegasan (P) = Daya (F) / luas (A).
- c) Tegasan yang bekerja pada salah satu permukaan yang mempunyai komponen tegasan prinsipal atau tegasan utama.
- d) Tegasan pembeda adalah perbedaan antara tegasan maksimal dan tegasan minimal. Sekiranya perbedaan gaya telah melampaui kekuatan batuan maka retakan/rekahan akan terjadi pada batuan tersebut.
- e) Kekuatan suatu batuan sangat tergantung pada besarnya tegasan yang diperlukan untuk menghasilkan retakan/rekahan.

7.3.4. Gaya Tegangan (Tensional Force)

- Gaya Tegangan merupakan gaya yang dihasilkan oleh tegasan, dan melibatkan perubahan panjang, bentuk (distortion) atau dilatasi (dilation) atau ketiga-tiganya.
- Bila terdapat perubahan tekanan litostatik, suatu benda (homogen) akan berubah volumenya (dilatasi) tetapi bukan bentuknya. Misalnya, batuan gabro akan mengembang bila gaya hidrostatiknya diturunkan.
- Perubahan bentuk biasanya terjadi pada saat gaya terpusat pada suatu benda. Bila suatu benda dikenai gaya, maka biasanya akan dilampaui ketiga fasa, yaitu fasa elastisitas, fasa plastisitas, dan fasa pecah.
- Bahan yang rapuh biasanya pecah sebelum fase plastisitas dilampaui, sementara bahan yang plastis akan mempunyai selang yang besar antara sifat elastis dan sifat untuk pecah. Hubungan ini dalam mekanika batuan ditunjukkan oleh tegasan dan tarikan.
- Kekuatan batuan, biasanya mengacu pada gaya yang diperlukan untuk pecah pada suhu dan tekanan permukaan tertentu.
- Setiap batuan mempunyai kekuatan yang berbeda-beda, walaupun terdiri dari jenis yang sama. Hal ini dikarenakan kondisi pembentukannya juga berbeda-beda.
- Batuan sedimen seperti batupasir, batugamping, batulempung kurang kuat dibandingkan dengan batuan metamorf (kuarsit, marmer, batusabak) dan batuan beku (basalt, andesit, gabro).

Batuan yang terdapat di Bumi merupakan subyek yang secara terus menerus mendapat gaya yang berakibat tubuh batuan dapat mengalami pelengkungan atau keretakan. Ketika tubuh batuan melengkung atau retak, maka kita menyebutnya batuan tersebut terdeformasi (berubah bentuk dan ukurannya). Penyebab deformasi pada batuan adalah gaya tegasan (gaya/satuan luas). Oleh karena itu untuk memahami deformasi yang terjadi pada batuan, maka kita harus memahami konsep tentang gaya yang bekerja pada batuan (gambar 7-1).



Gambar 7-1 Tegasan Seragam / Uniform Stress (atas); tegasan tensional (tengah kiri); tegasan kompresional (tengah kanan); dan tegasan geser /shear stress (gambar bawah)

Tegasan (stress) dan tegasan tarik (strain stress) adalah gaya gaya yang bekerja di seluruh tempat dimuka bumi. Salah satu jenis tegasan yang biasa kita kenal adalah tegasan yang bersifat seragam (uniform-stress) dan dikenal sebagai tekanan (pressure). Tegasan seragam adalah suatu gaya yang bekerja secara seimbang kesemua arah. Tekanan yang terjadi di bumi yang berkaitan dengan beban yang menutupi batuan adalah tegasan yang bersifat seragam. Jika tegasan kesegala arah tidak sama (tidak seragam) maka tegasan yang demikian dikenal sebagai tegasan diferensial.

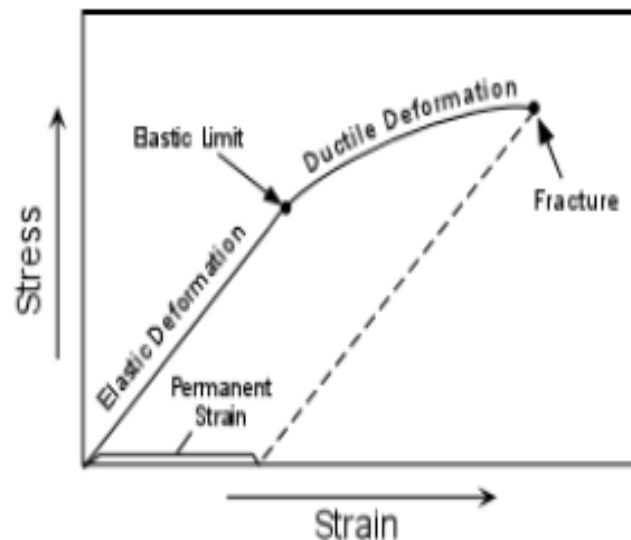
Tegasan diferensial dapat dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu:

1. Tegasan tensional (tegasan extensional) adalah tegasan yang dapat mengakibatkan batuan mengalami peregangan atau mengembang.
2. Tegasan kompresional adalah tegasan yang dapat mengakibatkan batuan mengalami penekanan.
3. Tegasan geser adalah tegasan yang dapat berakibat pada tergesernya dan berpindahanya batuan.

Ketika batuan terdeformasi maka batuan mengalami tarikan. Gaya tarikan akan merubah bentuk, ukuran, atau volume dari suatu batuan. Tahapan deformasi terjadi ketika suatu batuan mengalami peningkatan gaya tegasan yang melampaui 3 tahapan pada deformasi batuan.

Gambar 7-2 memperlihatkan hubungan antara gaya tarikan dan gaya tegasan yang terjadi pada proses deformasi batuan.

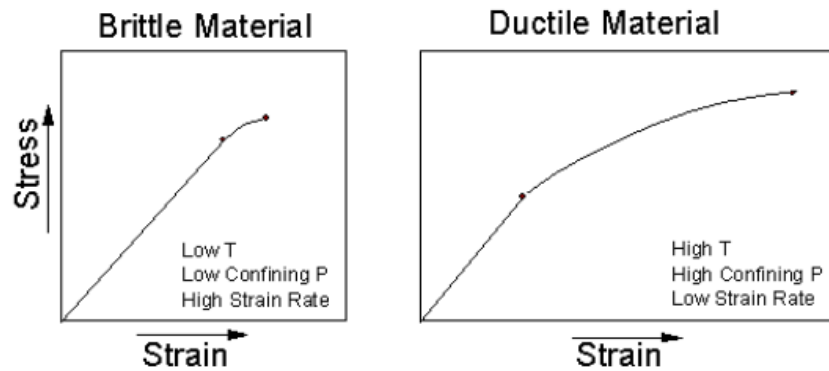
1. Deformasi yang bersifat elastis (Elastic Deformation) terjadi apabila sifat gaya tariknya dapat berbalik (reversible).
2. Deformasi yang bersifat lentur (Ductile Deformation) terjadi apabila sifat gaya tariknya tidak dapat kembali lagi (irreversible).
3. Retakan / rekahan (Fracture) terjadi apabila sifat gaya tariknya yang tidak kembali lagi ketika batuan pecah/retak.



Gambar 7-2 Kurva hubungan tegasan (stress) dan tarikan (strain) terhadap batuan, dimana tegasan dan tarikan semakin meningkat maka batas elastisitas akan dilampaui dan pada akhirnya mengalami retak.

Kita dapat membagi material menjadi 2 (dua) kelas didasarkan atas sifat perilaku dari material ketika dikenakan gaya tegasan padanya, yaitu :

1. Material yang bersifat retas (brittle material), yaitu apabila sebagian kecil atau sebagian besar bersifat elastis tetapi hanya sebagian kecil bersifat lentur sebelum material tersebut retak/pecah (gambar 7-3 kiri).
2. Material yang bersifat lentur (ductile material) jika sebagian kecil bersifat elastis dan sebagian besar bersifat lentur sebelum terjadi peretakan / fracture (gambar 7-3 kanan).



Gambar 7-3 Kurva hubungan tegasan (stress) dan tarikan (strain) untuk material/batuan yang bersifat retas dan batuan/material yang bersifat lentur.

Bagaimana suatu batuan / material akan bereaksi tergantung pada beberapa faktor, antara lain adalah:

1. **Temperatur** – Pada temperatur tinggi molekul molekul dan ikatannya dapat meregang dan berpindah, sehingga batuan/material akan lebih bereaksi pada kelenturan dan pada temperatur, material akan bersifat retas.
2. **Tekanan bebas** – pada material yang terkena tekanan bebas yang besar akan sifat untuk retak menjadi berkurang dikarenakan tekanan disekelilingnya cenderung untuk menghalangi terbentuknya retakan. Pada material yang tertekan yang rendah akan menjadi bersifat retas dan cenderung menjadi retak.
3. **Kecepatan tarikan** – Pada material yang tertarik secara cepat cenderung akan retak. Pada material yang tertarik secara lambat maka akan cukup waktu bagi setiap atom dalam material berpindah dan oleh karena itu maka material akan berperilaku / bersifat lentur.
4. **Komposisi** – Beberapa mineral, seperti Kuarsa, Olivine, dan Feldspar bersifat sangat retas. Mineral lainnya, seperti mineral lempung, mica, dan kalsit bersifat lentur. Hal tersebut berhubungan dengan tipe ikatan kimianya yang terikat satu dan lainnya. Jadi, komposisi mineral yang ada dalam batuan akan menjadi suatu faktor dalam menentukan tingkah laku dari batuan. Aspek lainnya adalah hadir tidaknya air. Air kelihatannya berperan dalam memperlemah ikatan kimia dan mengitari butiran mineral sehingga dapat menyebabkan pergeseran. Dengan demikian batuan yang bersifat basah cenderung akan bersifat lentur, sedangkan batuan yang kering akan cenderung bersifat retas.

7.3.5. Mekanisma Sesar

1. Pengenalan

- a) Sesar merupakan retakan yang mempunyai pergerakan searah dengan arah retakan. Ukuran pergerakan ini adalah bersifat relatif, dan kepentingannya juga relatif.
- b) Sesar mempunyai bentuk dan dimensi yang bervariasi. Ukuran dimensi sesar mungkin dapat mencapai ratusan kilometer panjangnya (sesar Semangko) atau hanya beberapa sentimeter saja. Arah singkapan suatu sesar dapat lurus atau berliku-liku.
- c) Sesar boleh hadir sebagai sempadan yang tajam, atau sebagai suatu zona, dengan ketebalan beberapa milimeter hingga beberapa kilometer.

2. Anatomi Sesar

- a) Arah pergerakan yang terjadi disepanjang permukaan suatu sesar dikenal sebagai bidang sesar. Apabila bidang sesarnya tidak tegak, maka batuan yang terletak di atasnya dikenali sebagai dinding gantung (*hanging wall*), sedangkan bagian bawahnya dikenal dengan dinding kaki (*footwall*).
- b) Ada dua jenis gelinciran sesar, satu komponen tegak (*dip-slip*) dan satu komponen mendatar (*strike-slip*). Kombinasi kedua-dua gelinciran dikenal sebagai gelinciran oblik (*oblique slip*).
- c) Pada permukaan bidang sesar terdapat gores-garis sesar (*slicken-side*) yang dicirikan oleh permukaan yang licin, pertumbuhan mineral dan tangga-tangga kecil. Arah pergerakan sesar dapat ditentukan dari arah gores garisnya.
- d) Menurut Anderson (1942) ada tiga kategori utama sesar, yaitu sesar normal atau sesar turun (*normal fault*), sesar sungkup/sesar naik (*thrust fault*) dan sesar mendatar (*wrench fault* atau *strike-slip fault*).
- e) Sesar mendatar, berdasarkan gerak relatifnya terdapat sesar mendatar dekstral atau sinistral. Sedangkan sesar transform adalah sesar mendatar yang terjadi antara dua lempeng yang saling berpapasan.
- f) Terdapat juga sesar jenis en echelon, sesar radial, sesar membulat dan sesar sepanjang perlapisan.

3. Kriteria Pensesaran

- a) Sesar yang aktif ditunjukkan oleh rayapan akibat gempa bumi dan pecahan dalam tanah.
- b) Yang tidak aktif dapat dilihat dari peralihan pada kedudukan lapisan, perulangan lapisan, perubahan secara tiba-tiba suatu jenis batuan, kehadiran milonitisasi atau breksiasi, kehadiran struktur seretan (*drag-fault*), bidang sesar (*fault-plane*).

7.4. Jenis Jenis Struktur Geologi

Dalam geologi dikenal 3 jenis struktur yang dijumpai pada batuan sebagai produk dari gaya gaya yang bekerja pada batuan, yaitu: (1). Kekar (*fractures*) dan Rekahan (*cracks*); (2). Perlipatan (*folding*); dan (3). Patahan/Sesar (*faulting*). Ketiga jenis struktur tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis unsur struktur, yaitu:

7.4.1. Kekar (Fractures)

Kekar adalah struktur retakan/rekahan terbentuk pada batuan akibat suatu gaya yang bekerja pada batuan tersebut dan belum mengalami pergeseran. Secara umum dicirikan oleh: a). Pemotongan bidang perlapisan batuan; b). Biasanya terisi mineral lain (*mineralisasi*) seperti kalsit, kuarsa dsb; c) kenampakan breksiasi.

Struktur kekar dapat dikelompokkan berdasarkan sifat dan karakter retakan/rekahan serta arah gaya yang bekerja pada batuan tersebut. Kekar yang umumnya dijumpai pada batuan adalah sebagai berikut:

1. **Shear Joint** (Kekar Gerus) adalah retakan / rekahan yang membentuk pola saling berpotongan membentuk sudut lancip dengan arah gaya utama. Kekar jenis *shear joint* umumnya bersifat tertutup.
2. **Tension Joint** adalah retakan/rekahan yang berpola sejajar dengan arah gaya utama, Umumnya bentuk rekahan bersifat terbuka.
3. **Extension Joint** (*Release Joint*) adalah retakan/rekahan yang berpola tegak lurus dengan arah gaya utama dan bentuk rekahan umumnya terbuka.



Kekar Gerus (Shear Joint)



Kekar Tensional (Tensional Joint)

Gambar 7-4 Kekar (fracture) jenis "Shear Joints" dan "Tensional Joint".

7.4.2. Lipatan (Folds)

Lipatan adalah deformasi lapisan batuan yang terjadi akibat dari gaya tegasan sehingga batuan bergerak dari kedudukan semula membentuk lengkungan. Berdasarkan bentuk lengkungannya lipatan dapat dibagi dua, yaitu a). Lipatan Sinklin adalah bentuk lipatan yang cekung ke arah atas, sedangkan lipatan antiklin adalah lipatan yang cembung ke arah atas.

Berdasarkan kedudukan garis sumbu dan bentuknya, lipatan dapat dikelompokkan menjadi :

- 1). Lipatan Paralel adalah lipatan dengan ketebalan lapisan yang tetap.
- 2). Lipatan Similar adalah lipatan dengan jarak lapisan sejajar dengan sumbu utama.
- 3). Lipatan harmonik atau disharmonik adalah lipatan berdasarkan menerus atau tidaknya sumbu utama.
- 4). Lipatan Ptigmatik adalah lipatan terbalik terhadap sumbunya
- 5). Lipatan chevron adalah lipatan bersudut dengan bidang planar
- 6). Lipatan isoklin adalah lipatan dengan sayap sejajar
- 7). Lipatan Klin Bands adalah lipatan bersudut tajam yang dibatasi oleh permukaan planar.

Disamping lipatan tersebut diatas, dijumpai juga berbagai jenis lipatan, seperti Lipatan Seretan (Drag folds) adalah lipatan yang terbentuk sebagai akibat seretan suatu sesar.



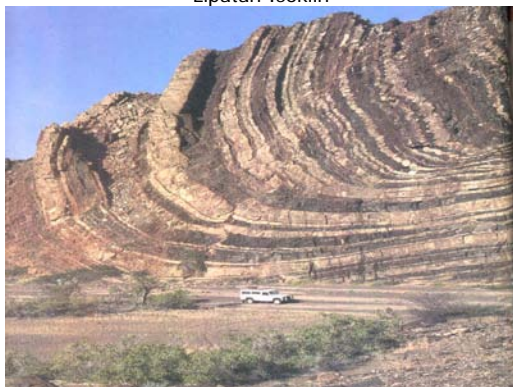
Gambar 7-5 Pegunungan Lipatan (Folded Mountain) sebagai hasil orogenesis.



Lipatan Isoklin



Lipatan Similar



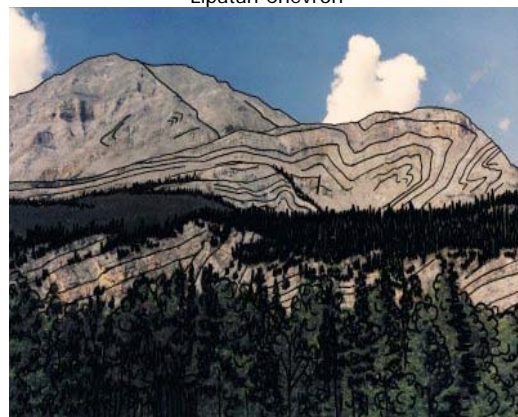
Lipatan Ptigmatik



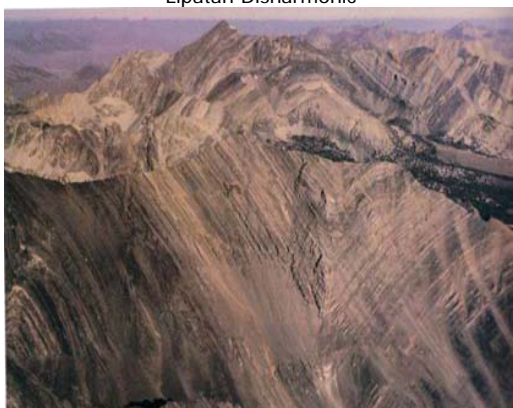
Lipatan Chevron



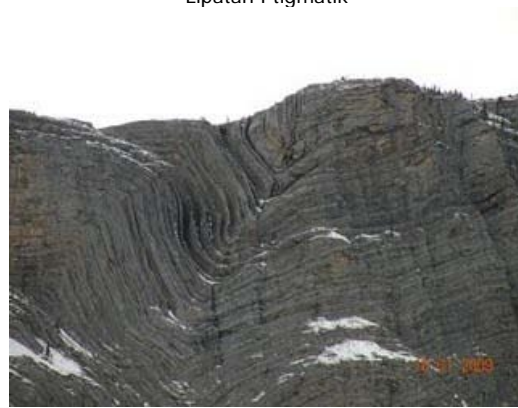
Lipatan Disharmonic



Lipatan Ptigmatik



Lipatan Klin Bands



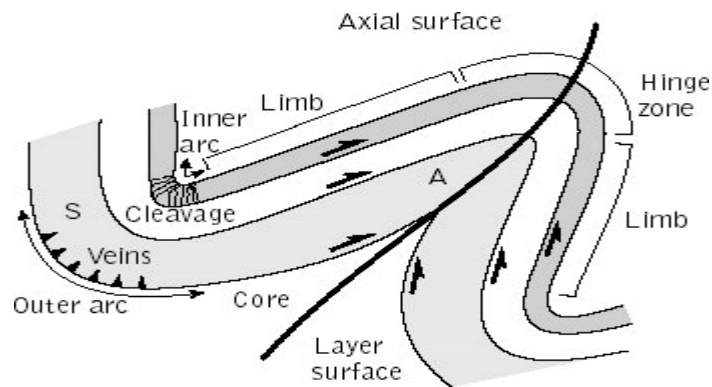
Lipatan Klin Bands

Gambar 7-6 Berbagai jenis / tipe lipatan

7.4.3. Hubungan Antara Lipatan dan Patahan

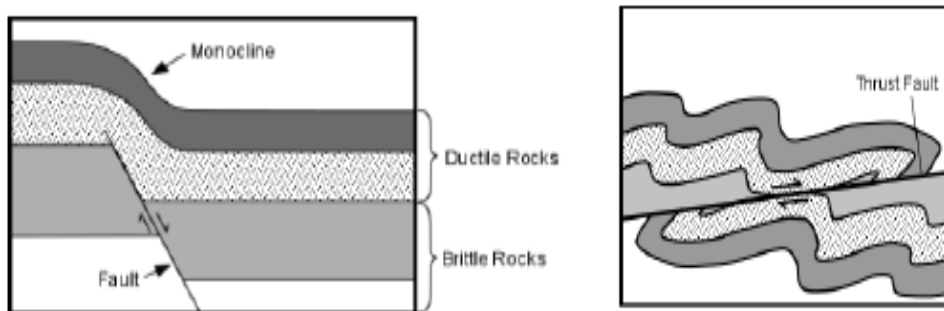
Batuan yang berbeda akan memiliki sifat yang berbeda terhadap gaya tegasan yang bekerja pada batuan batuan tersebut, dengan demikian kita juga dapat memperkirakan bahwa beberapa batuan ketika terkena gaya tegasan yang sama akan terjadi retakan atau terpatahkan, sedangkan yang lainnya akan terlipat.

Geometri dari perlipatan lapisan batuan yang terkena tegasan diperlihatkan pada gambar 7-6, dimana pada tahap awal pelapisan batuan akan terlipat membentuk lipatan sinklin - antiklin dimana secara geometri bentuk lengkungan bagian luar (outer arc) akan mengalami peregangan sedangkan lengkungan bagian dalam akan mengalami pembelahan (cleavage). Apabila tegasan ini berlanjut dan melampaui batas elastisitas batuan, perlipatan akan mulai terpatahkan (tersesarkan) melalui bidang yang terbentuk pada sumbu lipatannya. Pada bidang patahan, gaya tegasan akan berubah arah seperti diperlihatkan pada gambar 7-6.



Gambar 7-6 Geometri perlipatan dan pensesaran

Ketika batuan batuan yang berbeda tersebut berada di area yang sama, seperti batuan yang bersifat lentur menutupi batuan yang bersifat retas, maka batuan yang retas kemungkinan akan terpatahkan dan batuan yang lentur mungkin hanya melengkung atau terlipat diatas bidang patahan (Gambar 7-7 kiri). Demikian juga ketika batuan batuan yang bersifat lentur mengalami retakan dibawah kondisi tekanan yang tinggi, maka batuan tersebut kemungkinan terlipat sampai pada titik tertentu kemudian akan mengalami pensesaran, membentuk suatu patahan (Gambar 7-7 kanan).



Gambar 7-7 Batuan yang bersifat lentur diatas batuan yang retas yang tidak ikut terpatahkan (kiri) dan Batuan yang bersifat lentur yang tersesarkan (dragfold).

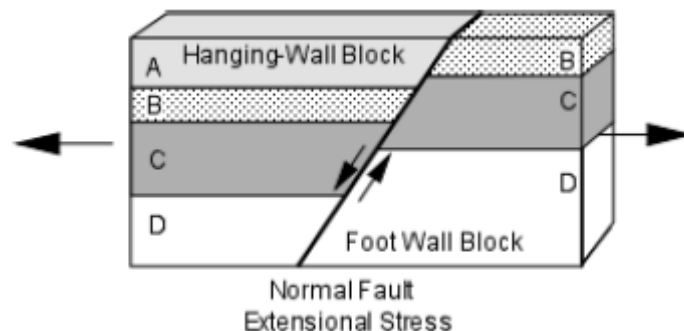
7.4.4. Patahan/Sesar (Faults)

Patahan / sesar adalah struktur rekahan yang telah mengalami pergeseran. Umumnya disertai oleh struktur yang lain seperti lipatan, rekahan dsb. Adapun di lapangan indikasi suatu sesar / patahan dapat dikenal melalui : a) Gawir sesar atau bidang sesar; b). Breksiasi, gouge, milonit, ; c). Deretan

mata air; d). Sumber air panas; e). Penyimpangan / pergeseran kedudukan lapisan; f) Gejala-gejala struktur minor seperti: cermin sesar, gores garis, lipatan dsb.

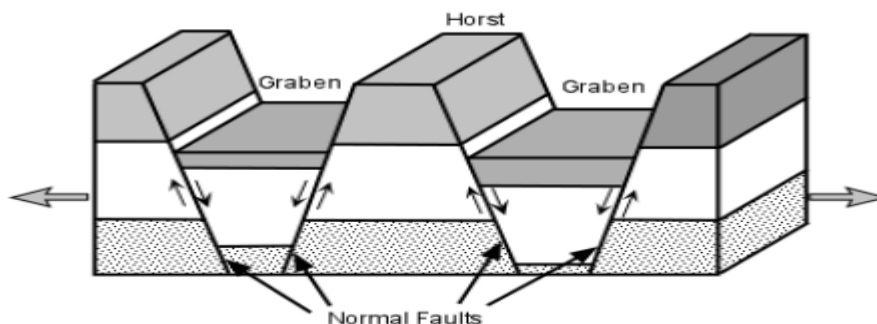
Sesar dapat dibagi kedalam beberapa jenis/tipe tergantung pada arah relatif pergeserannya. Selama patahan/sesar dianggap sebagai suatu bidang datar, maka konsep jurus dan kemiringan juga dapat dipakai, dengan demikian jurus dan kemiringan dari suatu bidang sesar dapat diukur dan ditentukan.

1. **Dip Slip Faults** – adalah patahan yang bidang patahannya menyudut (inclined) dan pergeseran relatifnya berada disepanjang bidang patahannya atau offset terjadi disepanjang arah kemiringannya. Sebagai catatan bahwa ketika kita melihat pergeseran pada setiap patahan, kita tidak mengetahui sisi yang sebelah mana yang sebenarnya bergerak atau jika kedua sisinya bergerak, semuanya dapat kita tentukan melalui pergerakan relatifnya. Untuk setiap bidang patahan yang mempunyai kemiringan, maka dapat kita tentukan bahwa blok yang berada diatas patahan sebagai "hanging wall block" dan blok yang berada dibawah patahan dikenal sebagai "footwall block".
2. **Normal Faults** – adalah patahan yang terjadi karena gaya tegasan tensional horisontal pada batuan yang bersifat retas dimana "hangingwall block" telah mengalami pergeseran relatif ke arah bagian bawah terhadap "footwall block".



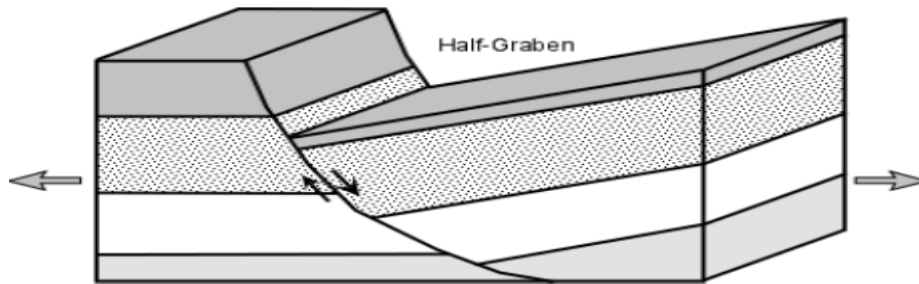
Gambar 7-8 Sesar / Patahan Normal yang disebabkan oleh gaya tegasan tensional horisontal, dimana hangingwall bergerak ke bagian bawah dari footwall.

3. **Horsts & Grabens** – Dalam kaitannya dengan sesar normal yang terjadi sebagai akibat dari tegasan tensional, seringkali dijumpai sesar-sesar normal yang berpasangan pasangan dengan bidang patahan yang berlawanan. Dalam kasus yang demikian, maka bagian dari blok-blok yang turun akan membentuk "graben" sedangkan pasangan dari blok-blok yang terangkat sebagai "horst". Contoh kasus dari pengaruh gaya tegasan tensional yang bekerja pada kerak bumi pada saat ini adalah "East African Rift Valley" suatu wilayah dimana terjadi pemekaran benua yang menghasilkan suatu "Rift". Contoh lainnya yang saat ini juga terjadi pemekaran kerak bumi adalah wilayah di bagian barat Amerika Serikat, yaitu di Nevada, Utah, dan Idaho.

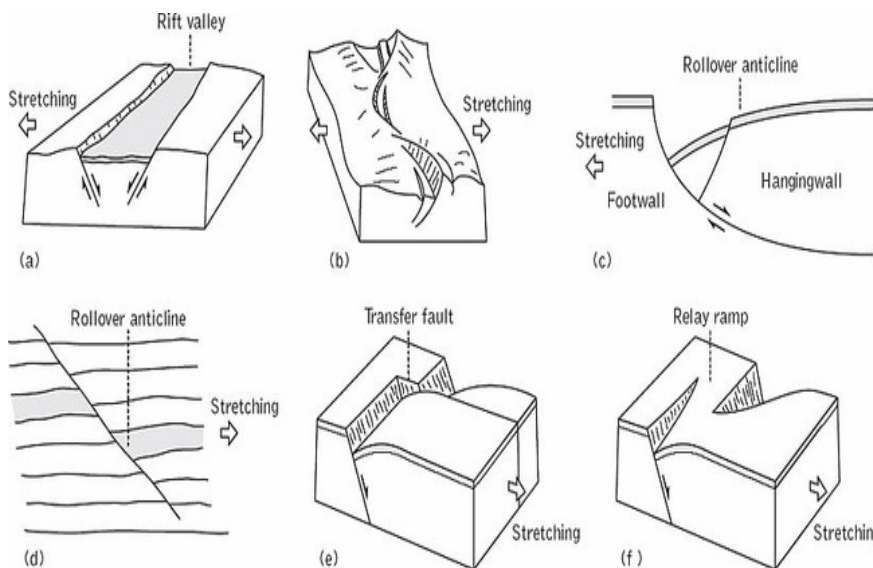


Gambar 7-9 Rangkaian patahan normal sebagai hasil dari gaya tegasan tensional horisontal yang membentuk "Horst" dan "Graben".

4. **Half-Grabens** – adalah patahan normal yang bidang patahannya berbentuk lengkungan dengan besar kemiringannya semakin berkurang kearah bagian bawah sehingga dapat menyebabkan blok yang turun mengalami rotasi.

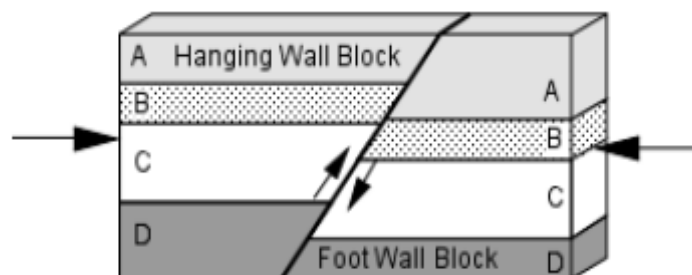


Gambar 7-10 Patahan normal yang bidang patahannya berbentuk lengkungan dengan besar bidang kemiringannya semakin mengecil kearah bagian bawah.



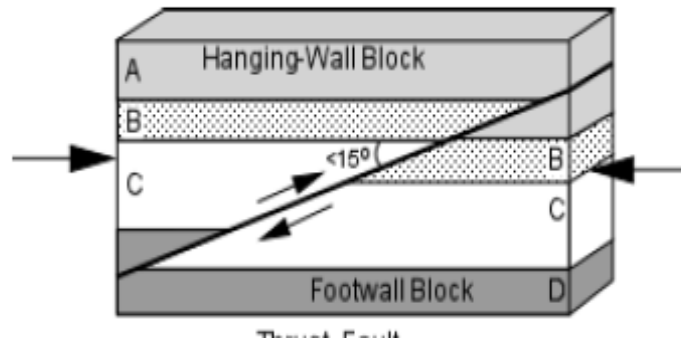
Gambar 7-11 Berbagai jenis patahan normal sebagai hasil dari gaya tegasan tensional horisontal .

5. **Reverse Faults** – adalah patahan hasil dari gaya tegasan kompresional horisontal pada batuan yang bersifat retas, dimana "hangingwall block" berpindah relatif kearah atas terhadap "footwall block".



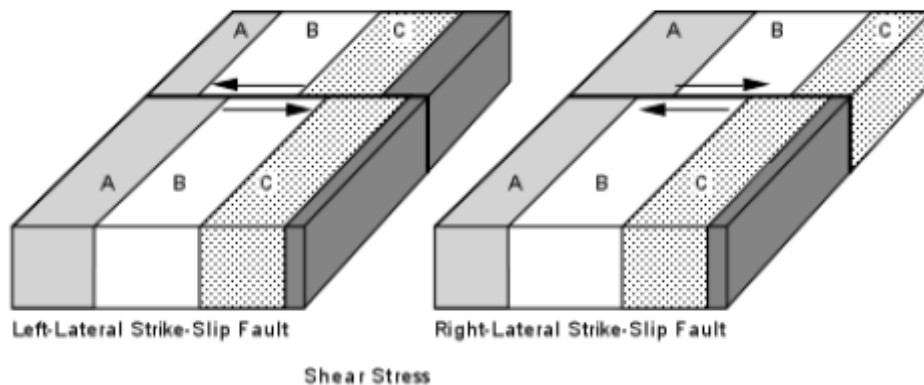
Gambar 7-12 Reverse Fault sebagai hasil dari gaya tegasan kompresional, dimana bagian hangingwall bergerak relatif kebagian atas dibandingkan footwallnya .

6. **A Thrust Fault** adalah patahan “reverse fault” yang kemiringan bidang patahannya lebih kecil dari 15° . Pergeseran dari sesar “Thrust fault” dapat mencapai hingga ratusan kilometer sehingga memungkinkan batuan yang lebih tua dijumpai menutupi batuan yang lebih muda.

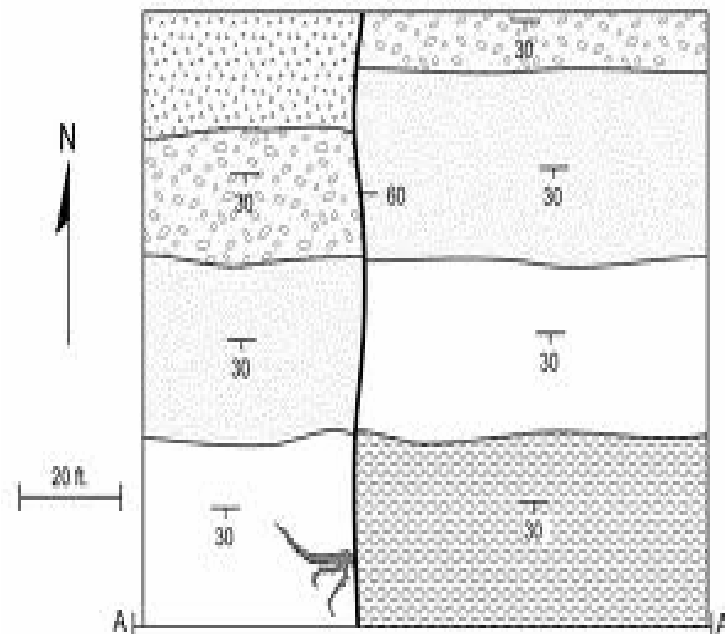


Gambar 7-13 Thrust Fault adalah suatu patahan “reverse fault” yang bidang patahannya mempunyai kemiringan kurang dari 15°

7. **Strike Slip Faults** – adalah patahan yang pergerakan relatifnya berarah horisontal mengikuti arah patahan. Patahan jenis ini berasal dari tegasan geser yang bekerja di dalam kerak bumi. Patahan jenis “strike slip fault” dapat dibagi menjadi 2(dua) tergantung pada sifat pergerakannya. Dengan mengamati pada salah satu sisi bidang patahan dan dengan melihat kearah bidang patahan yang berlawanan, maka jika bidang pada salah satu sisi bergerak kearah kiri kita sebut sebagai patahan “left-lateral strike-slip fault”. Jika bidang patahan pada sisi lainnya bergerak ke arah kanan, maka kita namakan sebagai “right-lateral strike-slip fault”. Contoh patahan jenis “strike slip fault” yang sangat terkenal adalah patahan “San Andreas” di California dengan panjang mencapai lebih dari 600 km.

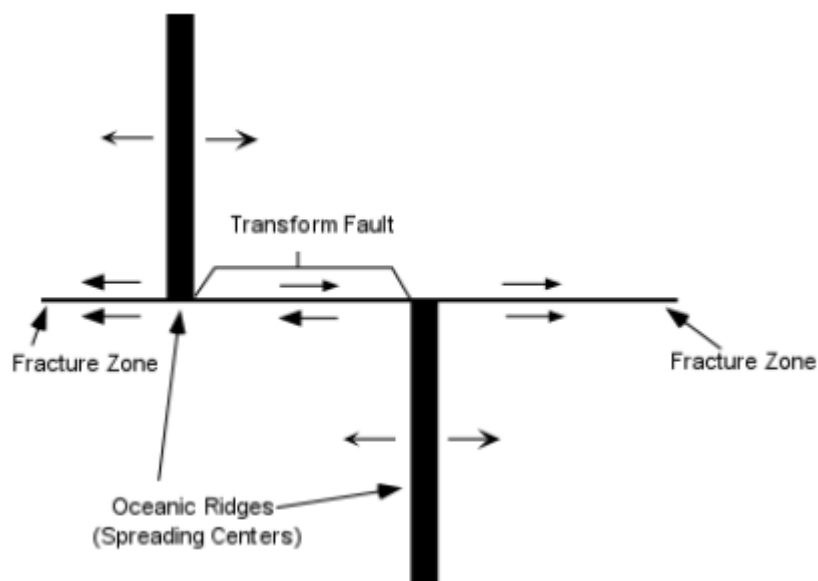


Gambar 7-14 Strike Slip Fault adalah patahan yang pergerakan relatifnya berarah horisontal mengikuti arah patahan



Gambar 7-15 Peta sebaran batuan yang memperlihatkan pergeseran (off set) batuan disepanjang bidang patahan mendatar (strike slip fault) jenis "left-lateral strike-slip fault" dimana blok kiri bergerak relatif ke selatan dan blok kanan bergerak relatif ke utara.

8. Transform-Faults adalah jenis patahan "strike-slip faults" yang khas terjadi pada batas lempeng, dimana dua lempeng saling berpapasan satu dan lainnya secara horisontal. Jenis patahan transform umumnya terjadi di pematang samudra yang mengalami pergeseran (offset), dimana patahan transform hanya terjadi diantara batas kedua pematang, sedangkan dibagian luar dari kedua batas pematang tidak terjadi pergerakan relatif diantara kedua bloknya karena blok tersebut bergerak dengan arah yang sama. Daerah ini dikenal sebagai zona rekahan (fracture zones). Patahan "San Andreas" di California termasuk jenis patahan "transform fault".



Gambar 7-16 Patahan jenis "Transform-Fault" hanya terjadi diantara batas kedua pematang samudra



Sesar Naik (Reverse Fault)



Sesar Naik (Thrust Fault)



Sesar Mendatar



Sesar Mendatar



Sesar Normal



Sesar Normal

Gambar 7-17 Kenampakan sesar naik, sesar mendatar dan sesar normal di lapangan

RINGKASAN

- **Geologi struktur** adalah bagian dari ilmu geologi yang mempelajari tentang bentuk (arsitektur) batuan sebagai hasil dari proses deformasi.
- **Tegasan** adalah gaya yang bekerja pada suatu luasan permukaan dari suatu benda atau suatu kondisi yang terjadi pada batuan sebagai respon dari gaya-gaya yang berasal dari luar.
- **Gaya** merupakan suatu vektor yang dapat merubah gerak dan arah pergerakan suatu benda.
- **Kekar** adalah retakan/rekahan yang terbentuk pada batuan akibat suatu gaya yang bekerja pada batuan tersebut. Dalam geologi struktur dikenal 3 (tiga) jenis kekar, yaitu kekar gerus (shear fracture), kekar tarik (tension fracture) dan kekar release.
- **Lipatan** adalah suatu deformasi batuan yang berbentuk gelombang sinusoidal yang disebabkan oleh gaya yang bekerja pada batuan akan tetapi tidak melampaui batas elastisitas batumannya. Lipatan dapat dibagi menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu sinklin, antiklin, dan rebah (recumbent fold).
- **Patahan (sesar)** adalah pergeseran sebagian masa batuan dari kedudukan semula yang diakibatkan oleh gaya yang bekerja pada batuan. Terdapat 3 (tiga) jenis patahan, yaitu patahan naik, patahan mendatar, dan patahan turun/normal.

PERTANYAAN ULANGAN

1. Sebutkan tujuan mempelajari geologi struktur ?
2. Jelaskan mengapa pola dan arah kekar dapat dipakai untuk menganalisa jenis suatu sesar (patahan) dan arah gaya utama yang bekerja pada batuan ?
3. Bagaimana cara menentukan gaya utama dari suatu perlipatan ?
4. Jelaskan perbedaan antara sesar Naik dan sesar Mendatar ?
5. Gambarkan gaya utama yang bekerja pada sesar Naik dan sesar Mendatar ?