

Teknik Geofisika ITS bekerjasama dengan  
MGMP Geografi Provinsi Jawa Timur  
mempersembahkan:



WEBINAR #52

# Pendidikan Geologi Struktur: Studi Kasus Struktur Geologi Jatim



Sabtu  
19 Maret



09-12  
WIB



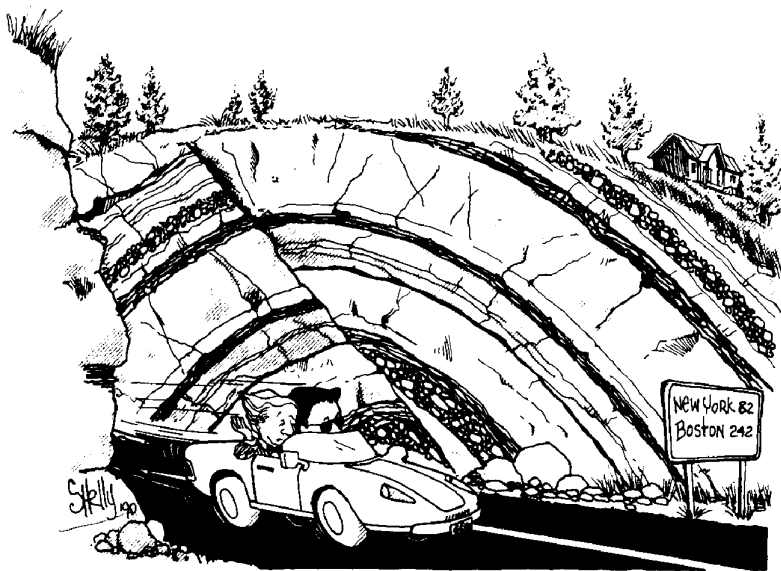
ZOOM  
947-404-697-19

*Salahuddin Husein*

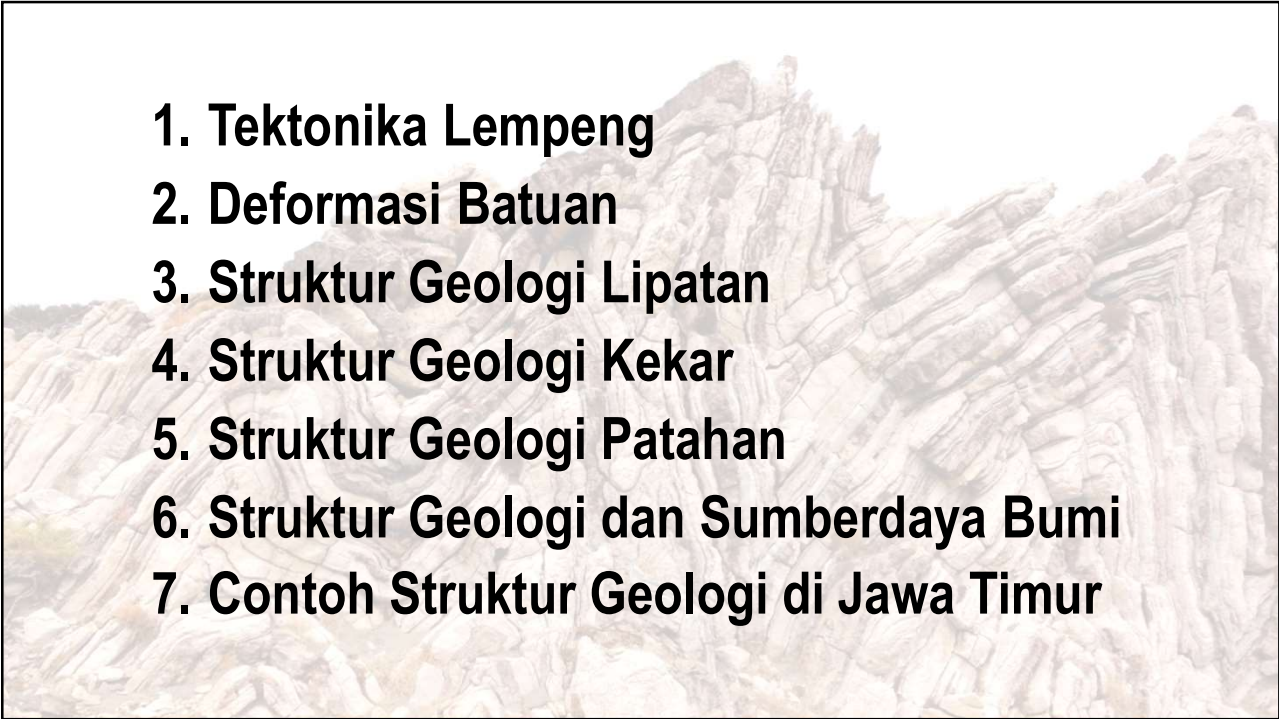
Departemen Teknik Geologi  
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada  
2022

## Geologi Struktur dan Kita

EARTHQUAKES. HERE ON THE EAST COAST? IMPOSSIBLE. THEY  
CAN'T HAPPEN HERE - THEY'VE NEVER HAPPENED HERE!



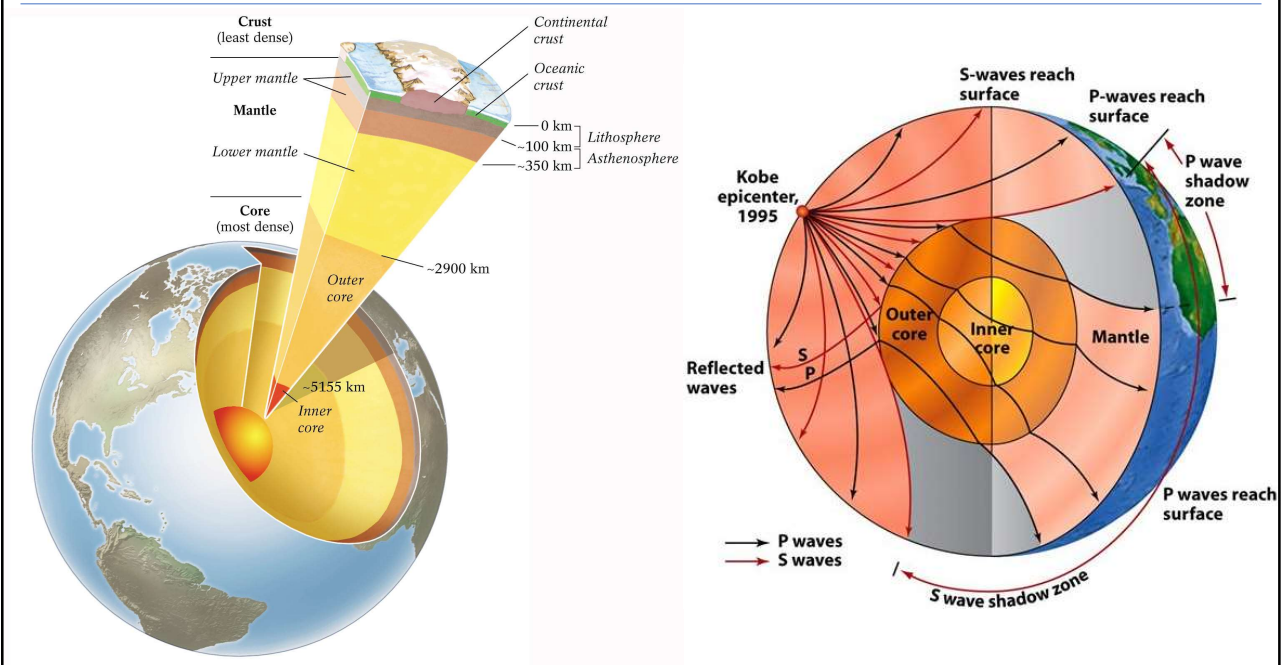
- **Geologi Struktur** adalah salah satu cabang ilmu Geologi yang mempelajari struktur geologi hasil dari deformasi **Kerak Bumi**, penyebabnya, dan implikasinya terhadap sumberdaya dan kebencanaan.
- **Deformasi** menyebabkan batuan berubah dari posisi dan bentuk awal ketika terbentuk, dalam bentuk : kekar, patahan dan lipatan.
- **Kekar** (*joint*) adalah retakan pada tubuh batuan dan umumnya bersifat terbuka (*open fracture*) yang mampu melewatkan fluida (permeable).
- **Patahan** (*fault*) adalah retakan yang telah bergeser, dimana dalam proses pergeserannya akan melepaskan energi kinetik sebagai gempa bumi. Sebagaimana kekar, patahan juga bersifat permeabel.
- **Lipatan** (*fold*) adalah tubuh batuan yang melengkung (*bending/buckling*). Ketika melengkung, tubuh batuan dapat retak dan patah.

- 
- 1. Tektonika Lempeng**
  - 2. Deformasi Batuan**
  - 3. Struktur Geologi Lipatan**
  - 4. Struktur Geologi Kekar**
  - 5. Struktur Geologi Patahan**
  - 6. Struktur Geologi dan Sumberdaya Bumi**
  - 7. Contoh Struktur Geologi di Jawa Timur**

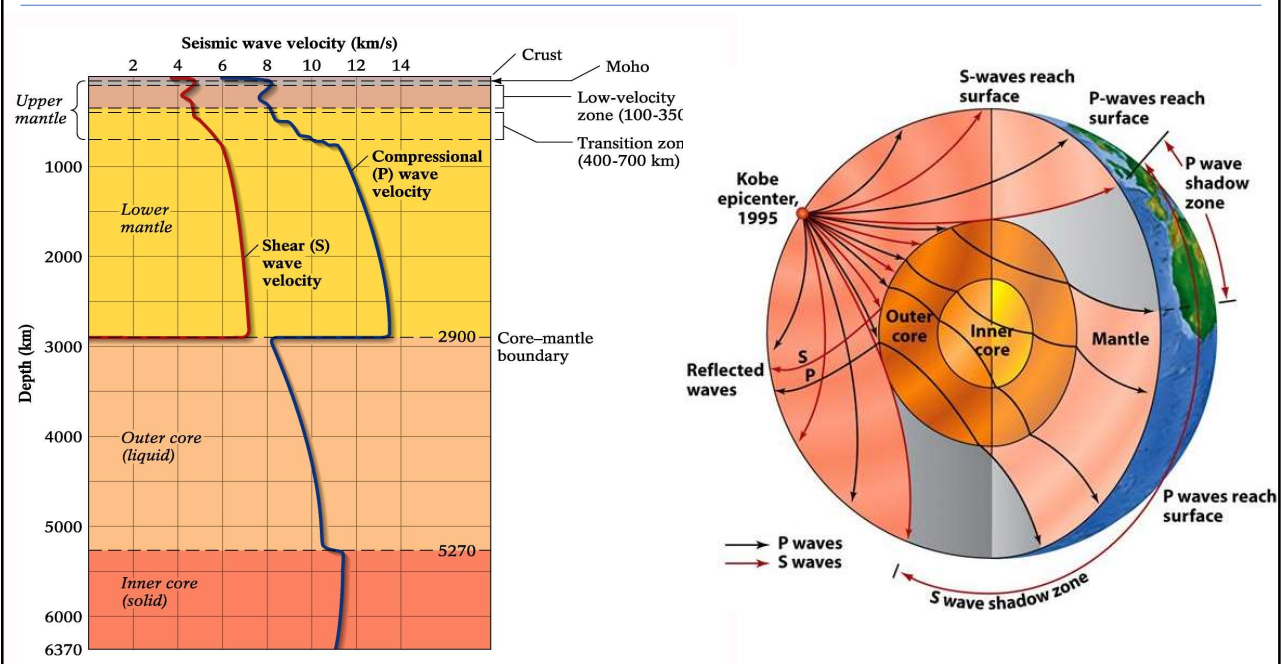




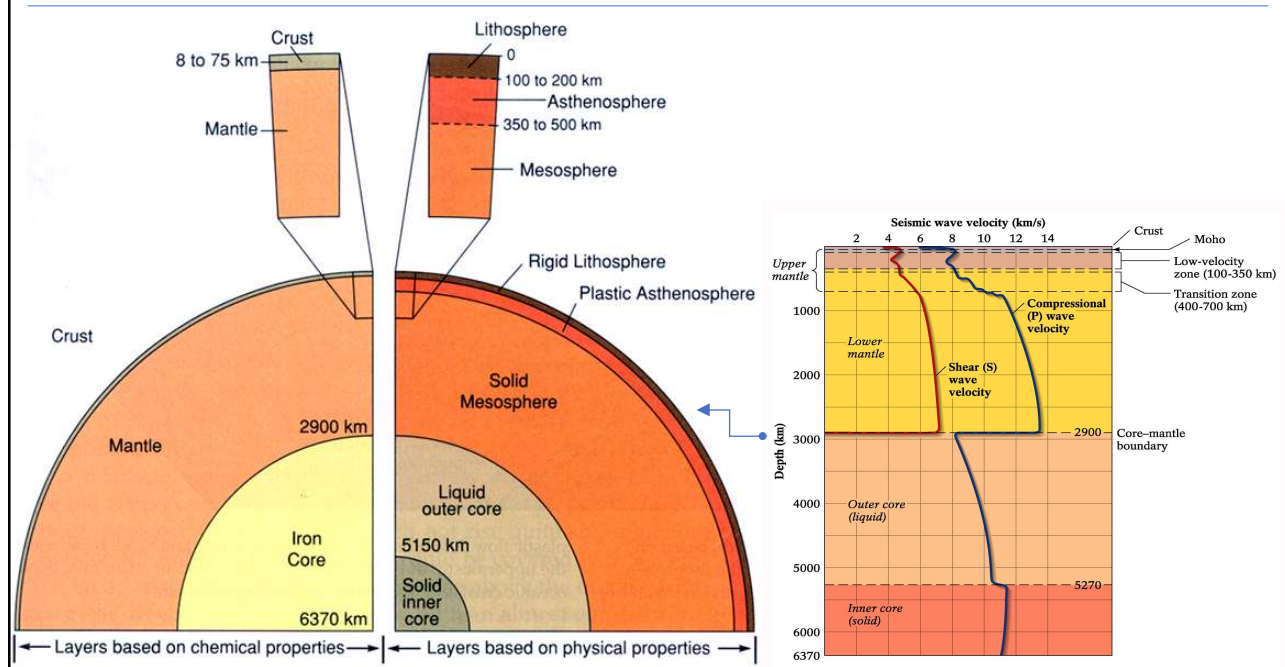
### Struktur Dalam Bumi : Studi Seismologi



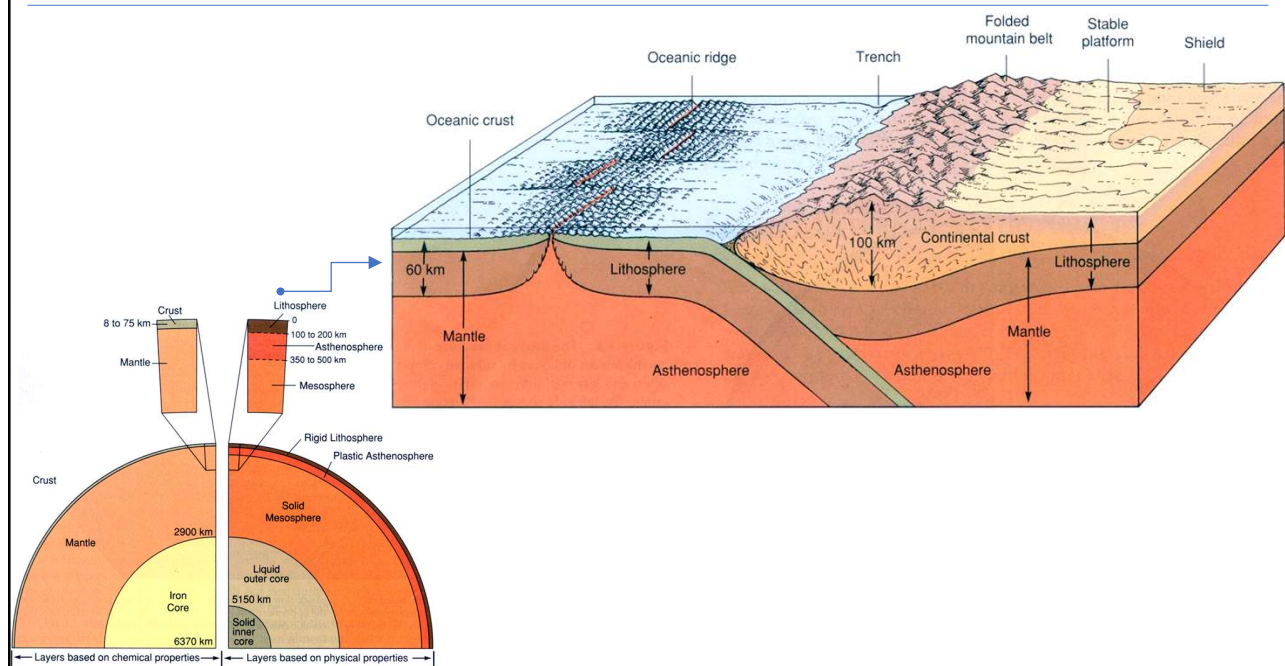
### Struktur Dalam Bumi : Studi Seismologi



### Struktur Dalam Bumi : Zonasi Fisis dan Zonasi Kimiawi

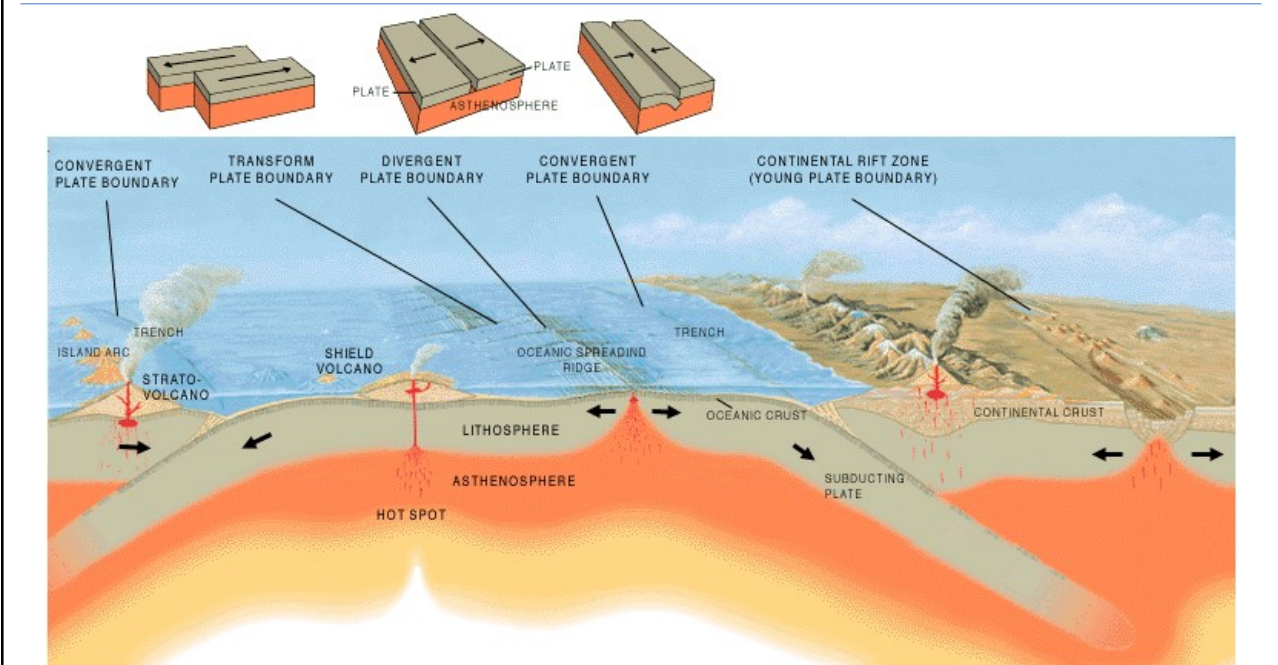


### Selubung Terluar Bumi : Astenosfer dan Litosfer

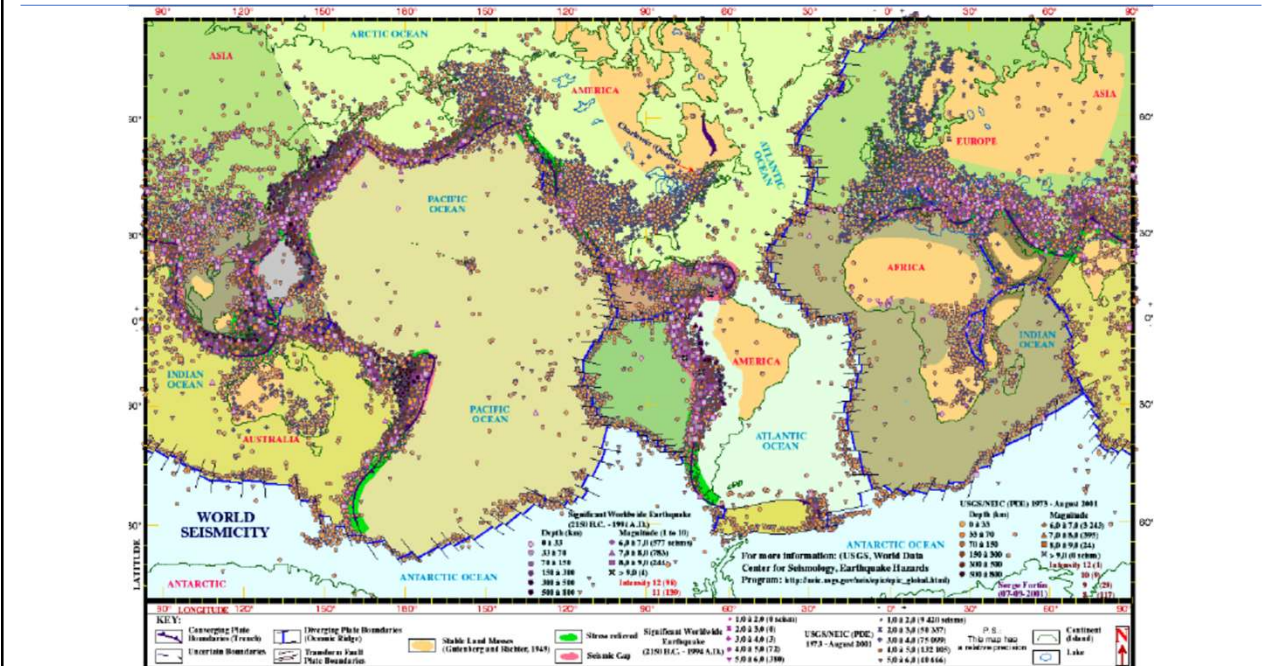




### Dinamika Litosfer dan Tektonika Lempeng

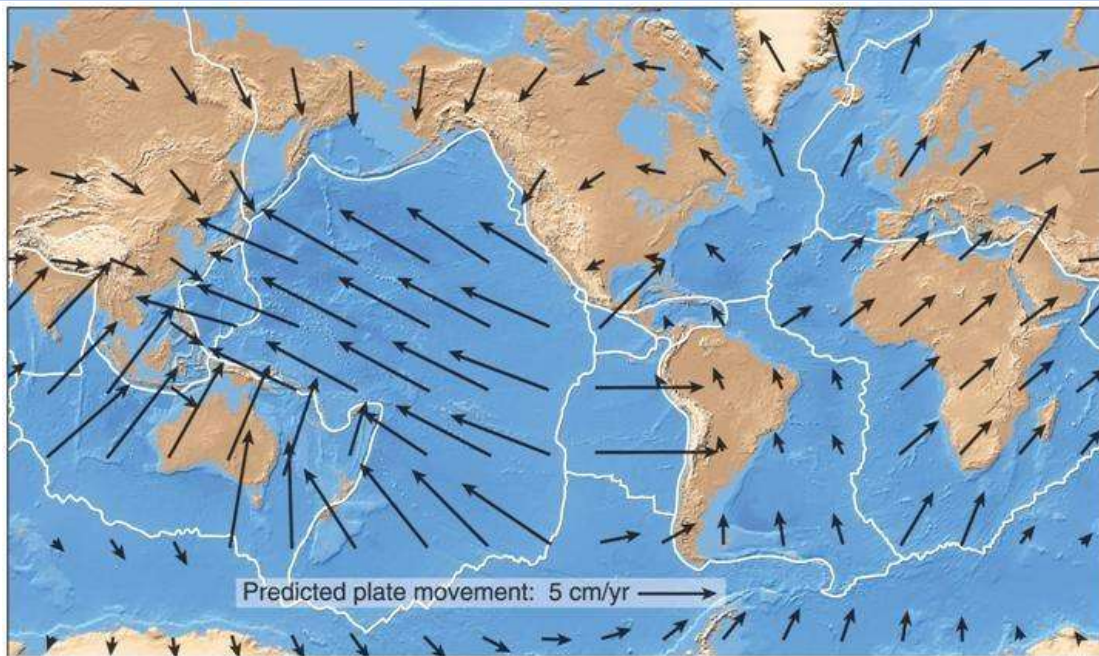


### Tektonika Lempeng dan Seismisitas Global





## Pergerakan Lempeng Tektonik Global



## Interaksi Lempeng dan Gaya Tektonik

Type of Margin	Divergent	Convergent	Transform
Motion	Spreading	Subduction	Lateral sliding
Effect	Constructive (oceanic lithosphere created)	Destructive (oceanic lithosphere destroyed)	Conservative (lithosphere neither created or destroyed)
Topography	Ridge/Rift	Trench	No major effect
Volcanic activity?	Yes	Yes	No

(a) Ridge

Lithosphere

Asthenosphere

(b) Volcanoes (volcanic arc)

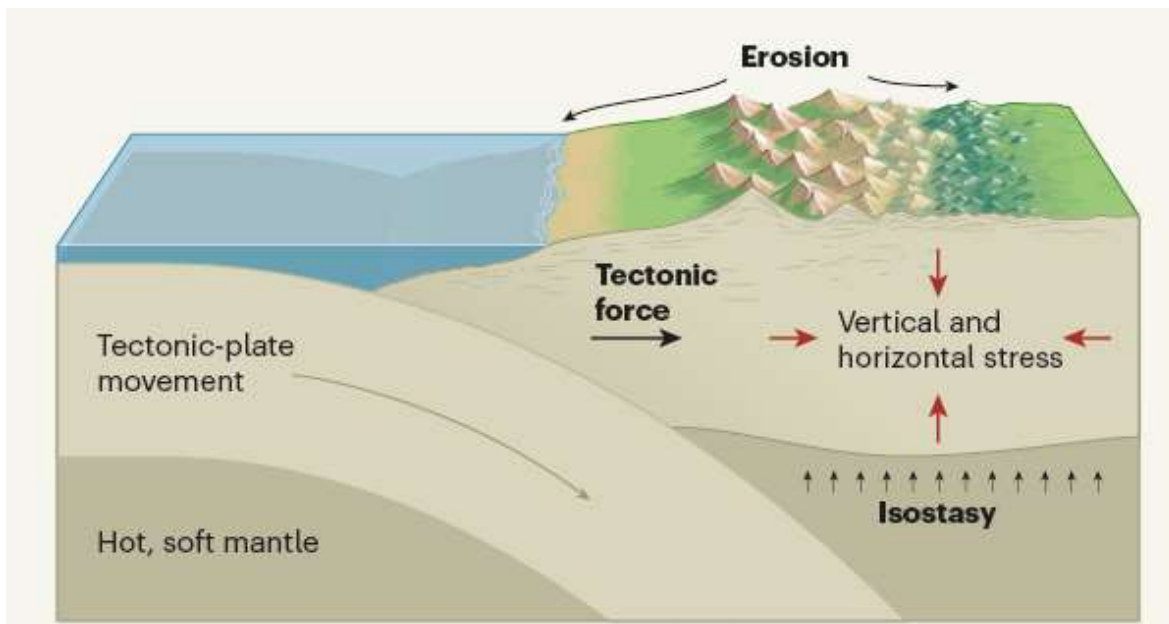
Trench

Earthquakes

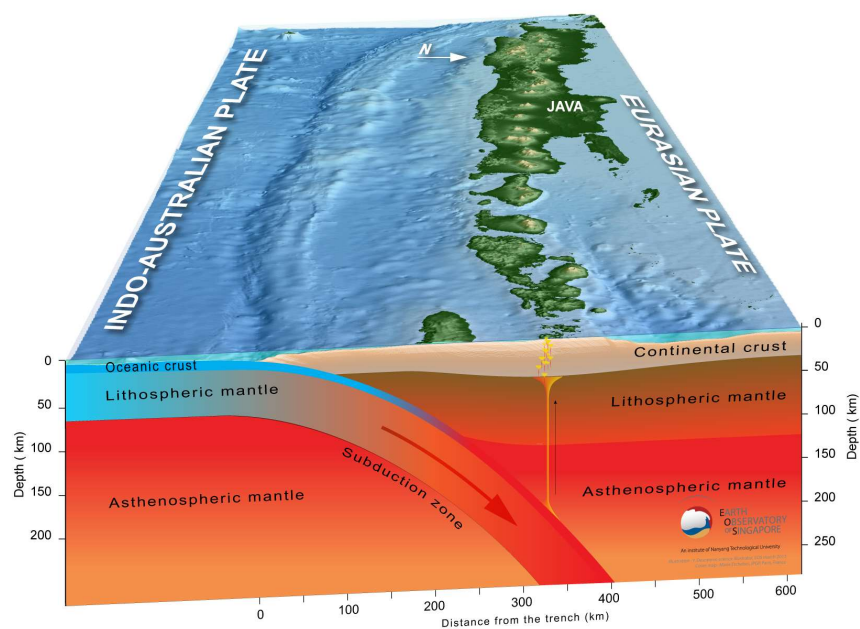
(c) Earthquakes within crust



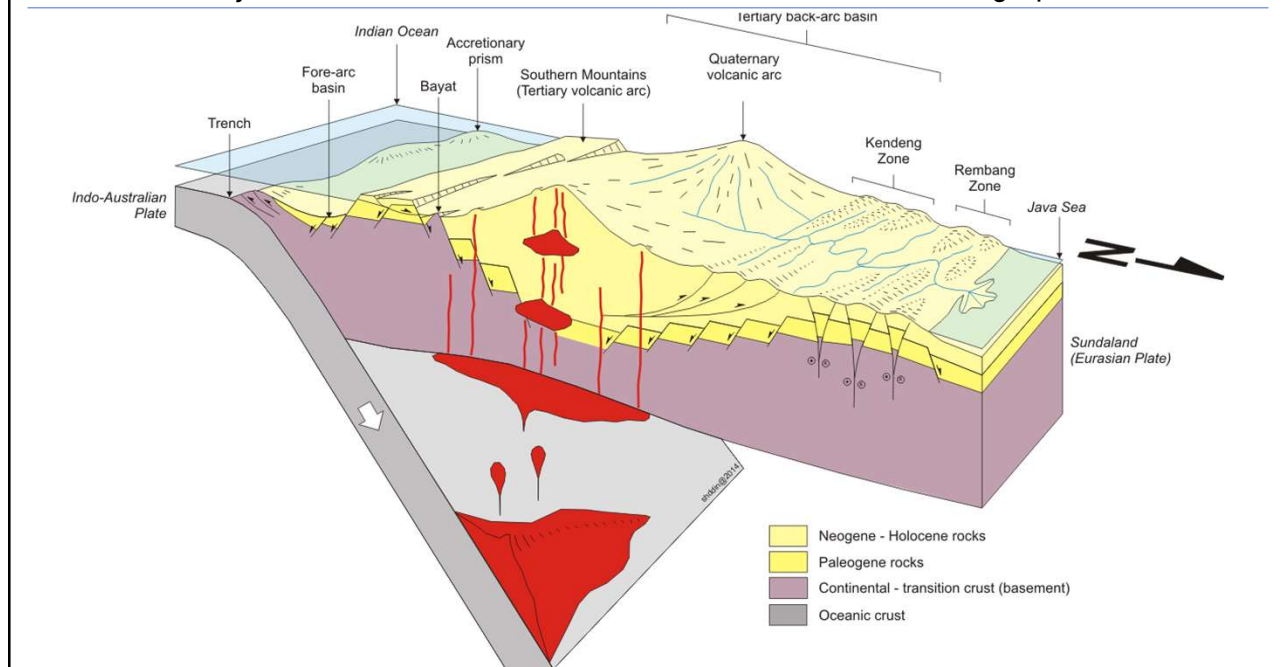
## Gaya Tektonik, Erosi, dan Isostasi



## Pulau Jawa : Tektonika Subduksi dan Vulkanisme Busur Gunung Api

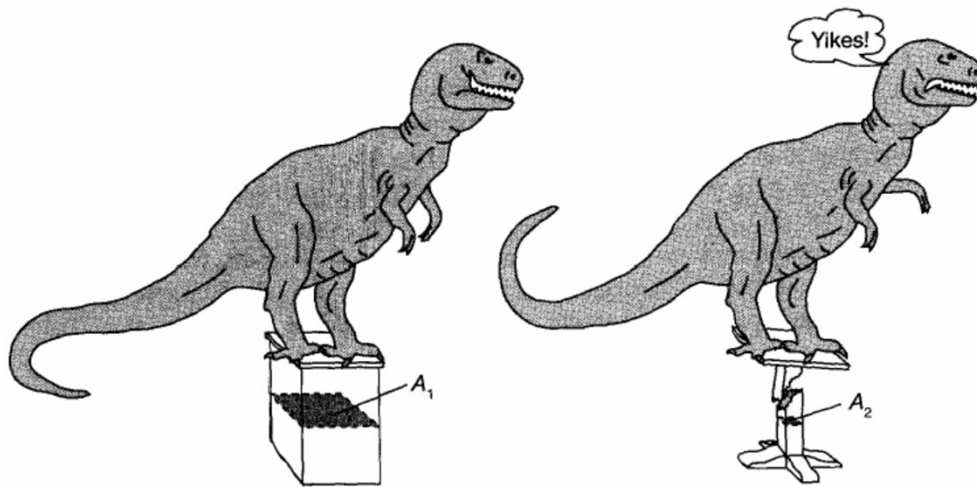


## Jawa Timur : Sejarah Tektonika Subduksi dan Vulkanisme Busur Gunung Api





## Tegangan (*Stress*)



- Deformasi Batuan terjadi ketika terkena tegangan (**stress**).
- **Stress** adalah besaran gaya per satuan luas.
- Gaya tersebut dapat berasal dari gerakan lempeng tektonik (eksternal) maupun dari tekanan fluida pori (internal).
- Bekerjanya tegangan menghasilkan regangan (**strain**).

## Jenis Tegangan (*Stress*)

3 (tiga) jenis stress:

- **Kompresi (*compression*):**

dihasilkan akibat gaya eksternal yang saling berhadapan dan keduanya saling menekan batuan. Batuan akan mengalami pemendekan (**shortening**).

- **Tensi (*tension*):**

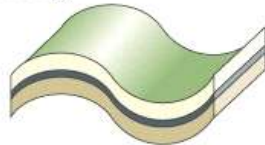
dihasilkan akibat gaya eksternal yang saling berhadapan dan keduanya saling menjauhi batuan. Batuan akan mengalami pemanjangan (**lengthening**).

- **Geser (*shear*):** dihasilkan akibat gaya eksternal yang bekerja saling sejajar namun berlawanan arah. Batuan akan mengalami pergeseran antar bongkah.

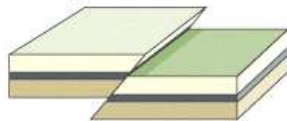
COMPRESSIVE FORCES



Folding



Faulting



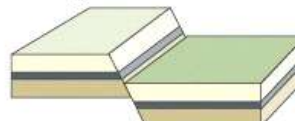
TENSIONAL FORCES



Stretching and thinning



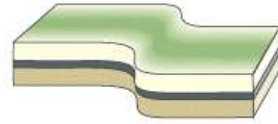
Faulting



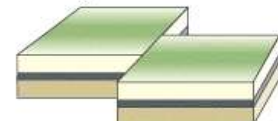
SHEARING FORCES



Shearing

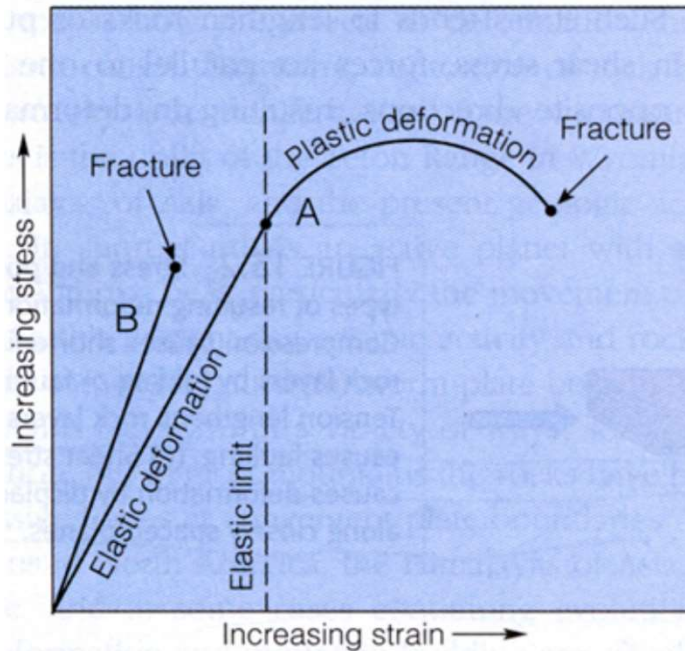


Faulting



## Jenis Deformasi

1. Bersifat **elastis** bila material yang terkena deformasi kembali ke bentuk semula ketika *stress* dihilangkan.
2. Ketika batas elastisitas terlampaui, material akan mengalami deformasi bersifat permanen, yaitu bersifat **plastis** bila material bersifat **liat** (*ductile*) dan menghasilkan perlipatan, atau bersifat **patah** bila material bersifat **rapuh** (*brittle*) dan menghasilkan patahan.



Batuan disebut bersifat **liat** (*ductile*) atau **rapuh** (*brittle*) tergantung pada berapa banyak *strain* plastis yang dialaminya.

*ductile* → kurva A

*brittle* → kurva B

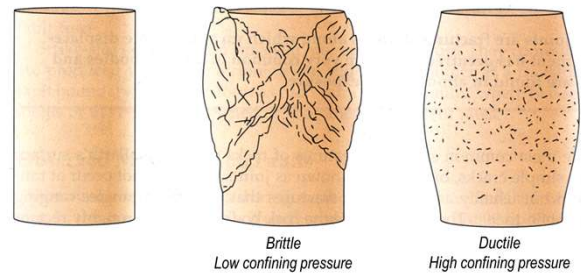
## Jenis Deformasi

Jenis deformasi ditentukan oleh:

1. Tekanan sekitar
2. Temperatur
3. Kecepatan tekanan

- Pada kedalaman dangkal dekat permukaan Bumi dimana **tekanan** dan **temperatur rendah** serta deformasi berjalan **cepat**, deformasi yang terjadi bersifat **rapuh** (*brittle*) dan struktur geologi yang dihasilkan adalah **patahan** (*fault*) dan **rekahan/kekar** (*joint*). Apabila deformasi rapuh berjalan lambat, struktur geologi yang dihasilkan adalah **lipatan** (*fold*).
- Pada kedalaman yang besar jauh di dalam kerak Bumi dimana tekanan dan temperature tinggi, deformasi yang terjadi bersifat liat (*ductile*) dan struktur geologi yang dihasilkan adalah **lipatan** (*fold*).

Pengaruh tekanan ruang pada jenis deformasi:



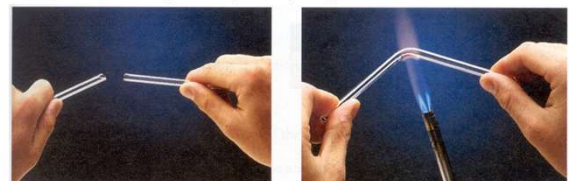
Brittle

Low confining pressure

Ductile

High confining pressure

Pengaruh temperatur pada jenis deformasi:



Brittle

Ductile

Type of deformation	Typical action	Geologic result	Favorable geologic environment	Favorable rock types	Favorable strain rate
Brittle	Breakage	Faults	Near surface (Low P & T)	Sandstone, Limestone, Igneous Rocks	Fast
Ductile	Bending & flowing	Folds	Deep (High P & T)	Salt, Shale, Slate, Schist	Slow

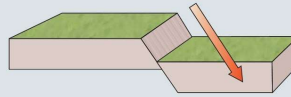


## Jenis Regangan (*Strain*)

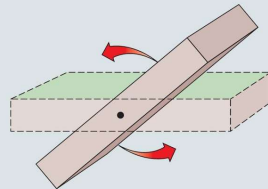
Ada tiga jenis regangan yang dialami batuan ketika terkena tegangan:

1. Perpindahan (*displacement*)
2. Perputaran (*rotasi*)
3. Perubahan bentuk (*distorsi*)

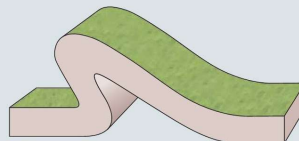
Ketiganya dapat dialami batuan secara simultan.



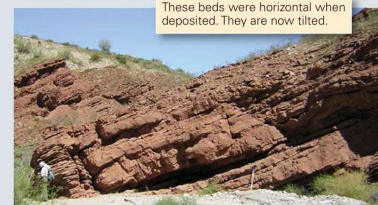
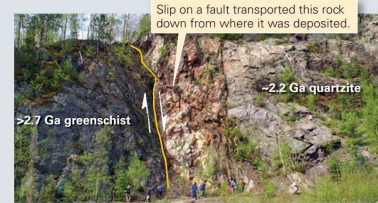
(a) Displacement occurs when a block of rock moves from one place to another.



(b) Rotation occurs when a body of rock undergoes tilting.

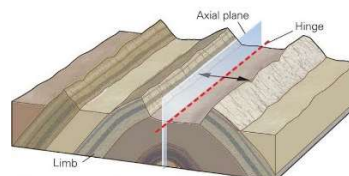


(c) Distortion occurs when rock changes shape. The development of a fold represents one type of distortion.

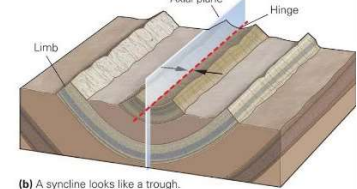


## Jenis Lipatan

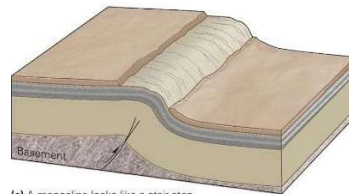
- Struktur lipatan (*fold*) dicirikan oleh batuan yang miring (*tilting*).
- Bidang imajiner sumbu lipatan (*axial plane*) membagi kedua sayap lipatan dalam sudut sama besar.
- Lipatan dikelompokkan berdasar jumlah lapisan yang miring dan kedudukan bidang sumbu:
  1. **monoklin** - miring satu arah
  2. **antiklin/sinklin** - miring dua arah
  3. **antiklin/sinklin menunjam** - miring tiga arah
  4. **kuah** - miring empat arah.



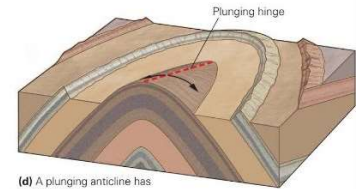
(a) An anticline looks like an arch. The beds dip away from the hinge.



(b) A syncline looks like a trough. The beds dip toward the hinge.



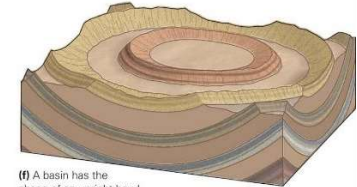
(c) A monocline looks like a stair step, and is commonly draped over a fault block.



(d) A plunging anticline has a tilted hinge.



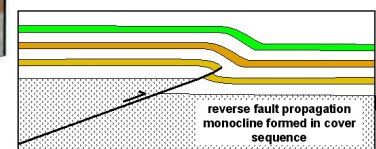
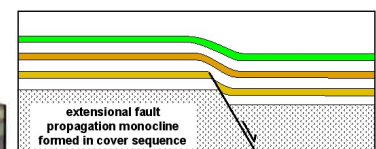
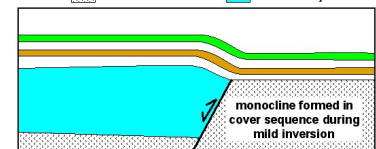
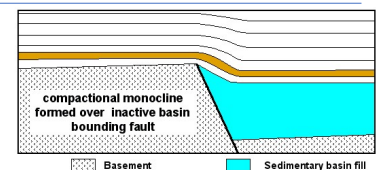
(e) A dome has the shape of an overturned bowl.



(f) A basin has the shape of an upright bowl.

## Monoklin

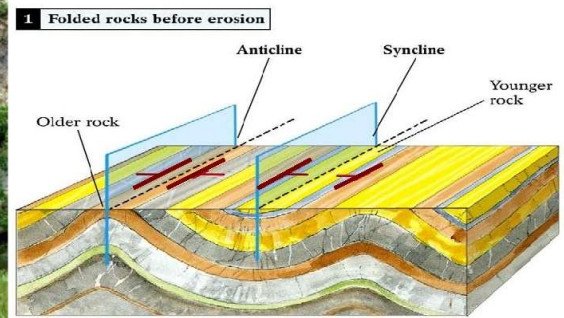
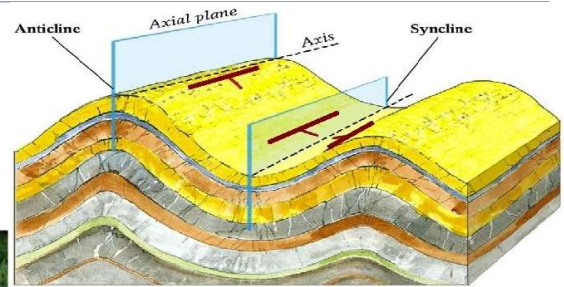
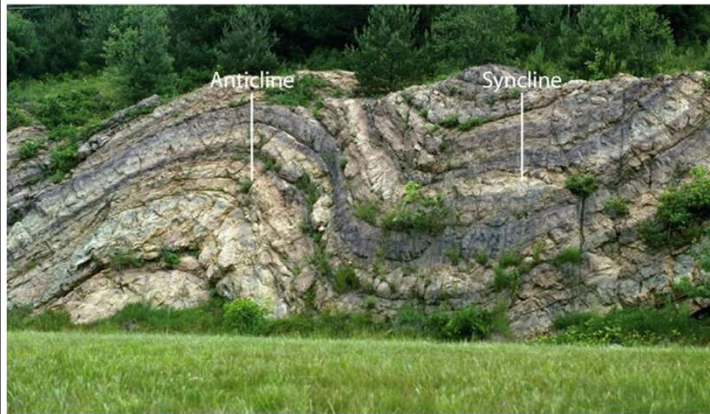
- Monoklin adalah perlapisan yang miring satu arah, dapat terbentuk akibat pergerakan vertikal sesar buta (*blind fault*) yang menyebabkan lapisan di atasnya mengalami rotasi.





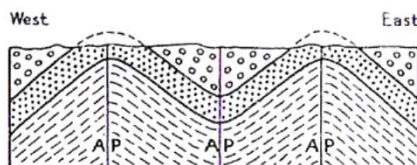
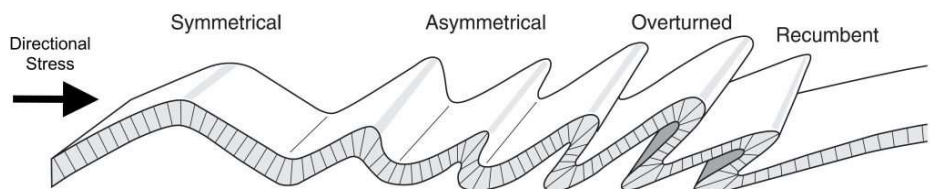
## Antiklin dan Sinklin

- **Antiklin** (Bahasa Yunani: *anti* = berlawanan, *klino* = miring) adalah struktur lipatan yang dibentuk oleh dua bidang perlipatan yang kemiringannya saling berlawanan menjauhi bidang sumbu.
- **Sinklin** (Bahasa Yunani: *syn* = berhadapan, *klino* = miring) adalah struktur lipatan yang dibentuk oleh dua bidang perlipatan yang kemiringannya saling berhadapan ke arah bidang sumbu.

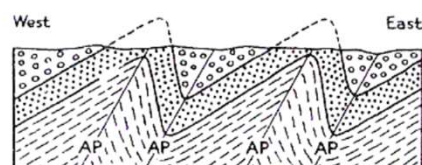


2 After erosion Eroded Anticline, older rocks in center. Syncline is opposite.

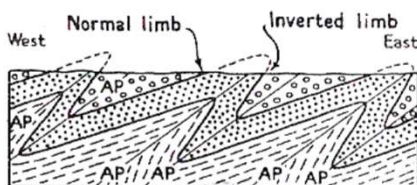
## Antiklin dan Sinklin : Kedudukan Bidang Sumbu



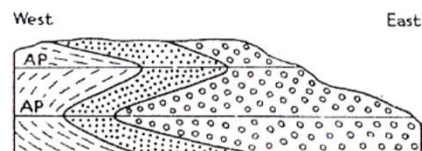
- **Lipatan simetris** : bidang sumbu vertikal dan sudut kedua sayap sama besar.



- **Lipatan asimetris** : bidang sumbu miring dan kedua sayap miring ke arah berlawanan.



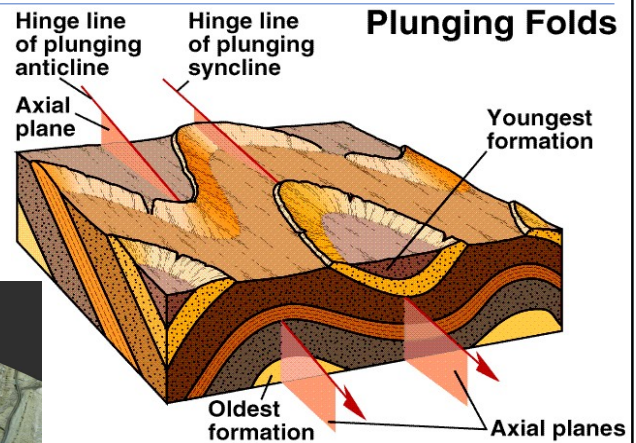
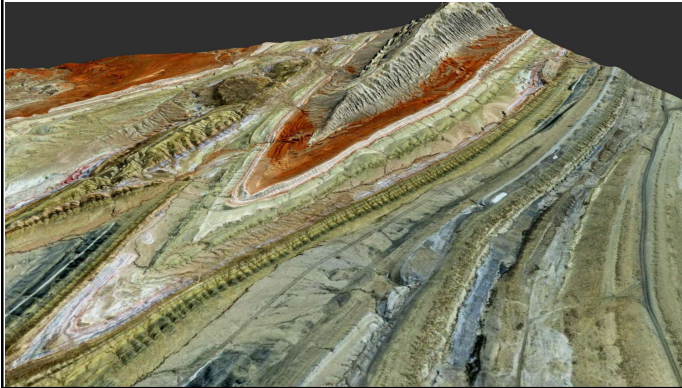
- **Lipatan rebah (overturned)** : bidang sumbu miring dan kedua sayap miring ke arah yang sama.



- **Lipatan sungkup (recumbent)** : bidang sumbu horisontal.

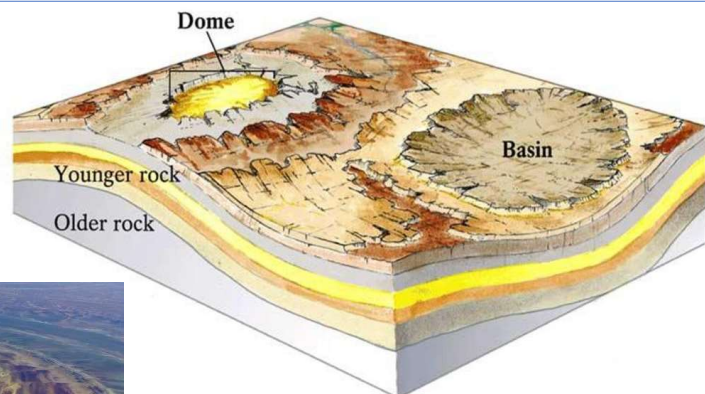
## Lipatan Menunjam

- Di alam, sumbu lipatan jarang yang betul-betul horizontal, seringkali sumbu tersebut menunjam (*plunge*), membentuk **lipatan menunjam**, dimana bidang perlapisan miring tiga arah.



## Kubah dan Cekungan

- Berasosiasi dengan tubuh gunung api yang tererosi atau lipatan yang menunjam empat arah, kubah dan cekungan dapat dibedakan berdasarkan umur batuan yang berada di bagian tengahnya.



Richat Dome "The Eye of Sahara"





### Kekar (*Joint*)



- **Kekar** adalah suatu retakan pada batuan yang sisi-sisinya tidak mengalami pergerakan.
- Kekar seringkali menjadi tempat mengalirnya fluida, yang ditandai dengan kehadiran **urat** (*vein*) mineral tertentu hasil pengendapan atau kristalisasi dari larutan tersebut.
- Kekar dapat terbentuk dengan 3 cara : pendinginan dan pelepasan beban (pada batuan beku), serta akibat gaya tektonik (pada semua batuan).





### Kekar Tiang (*Columnar Joint*)



**Kekar tiang** (*columnar joints*): akibat pendinginan pada batuan beku.

### Kekar Lembaran (*Sheeting Joint*)

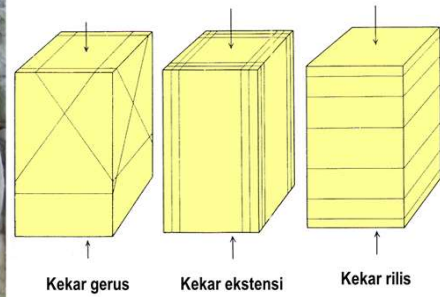


**Kekar lembaran** (*sheeting joints*): akibat penghilangan beban.

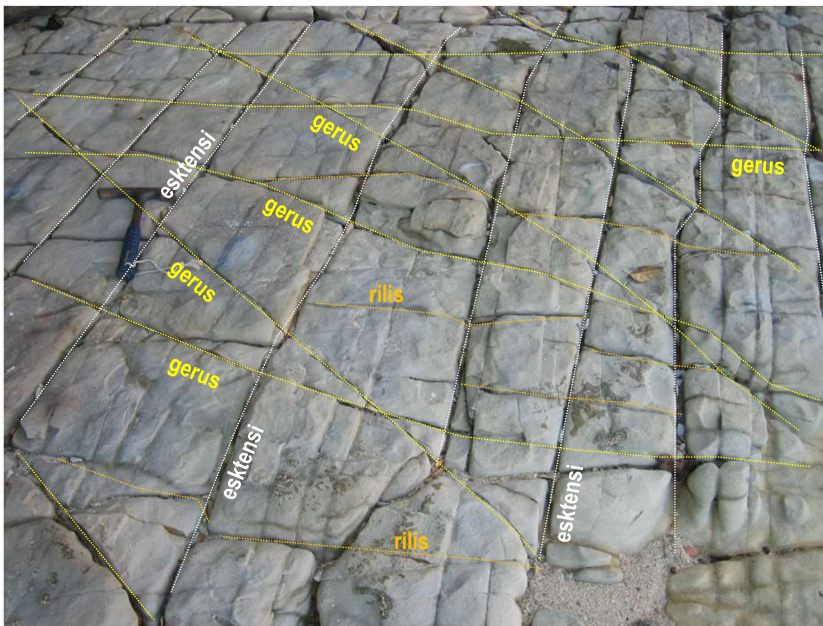
## Kekar Tektonik (*Tectonic Joint*)



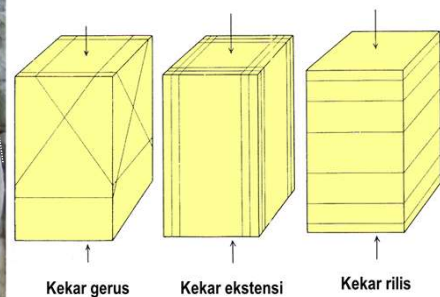
**Kekar tektonik** (*tectonic joints*): akibat gaya tektonik, terbagi menjadi kekar ekstensi, kekar gerus, dan kekar rilis, sesuai dengan orientasinya terhadap stress.



## Kekar Tektonik (*Tectonic Joint*)



**Kekar tektonik** (*tectonic joints*): akibat gaya tektonik, terbagi menjadi kekar ekstensi, kekar gerus, dan kekar rilis, sesuai dengan orientasinya terhadap stress.

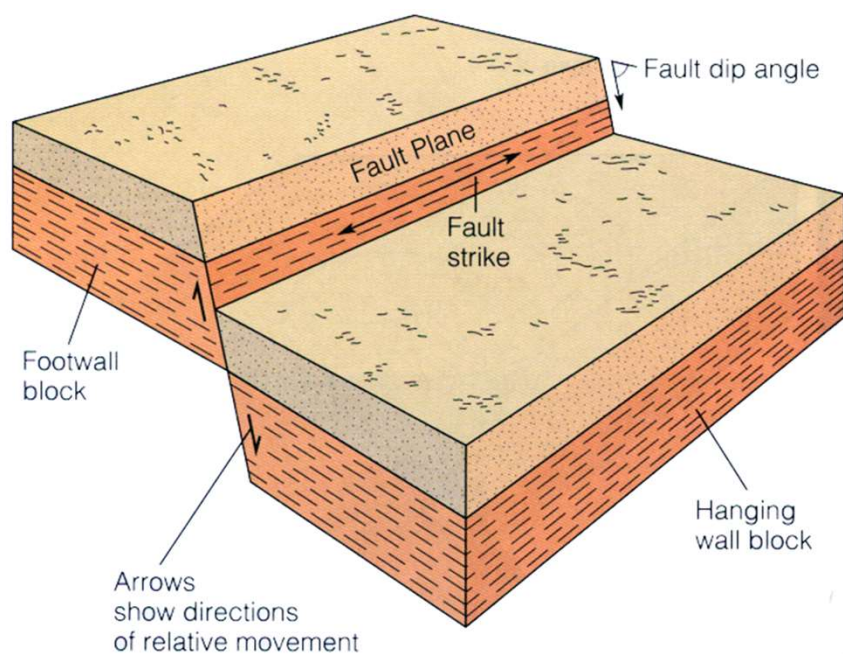






### Patahan (*Fault*)

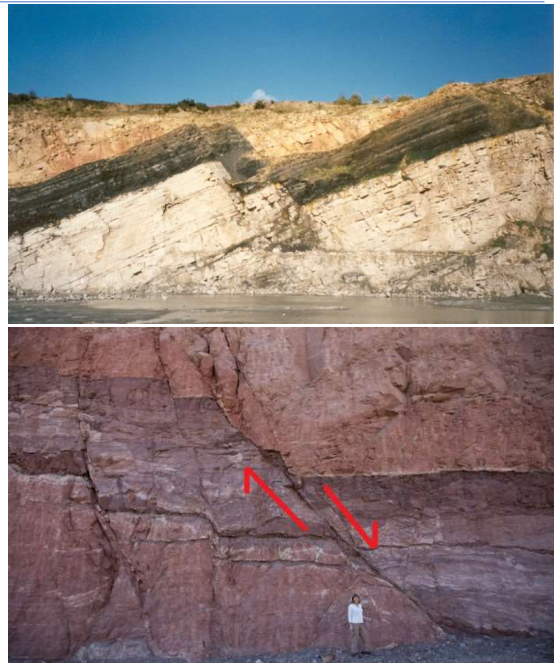
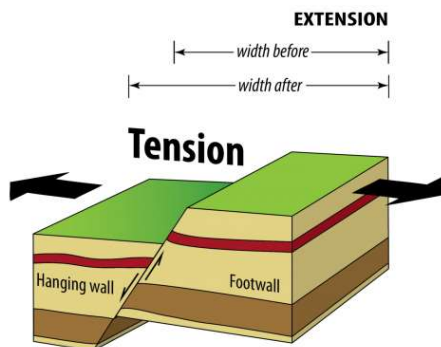
- **Sesar** atau patahan adalah retakan pada batuan yang melaluinya telah terjadi sejumlah gerakan.
- Berdasarkan pada gerak relatifnya, sesar terbagi menjadi sesar turun (normal), sesar naik, dan sesar geser.
- Identifikasi jenis sesar turun atau naik membutuhkan ketelitian untuk melihat kemiringan bidang sesar, dimana sesar akan membagi batuan menjadi dua : balok kaki (*footwall block*) yang terletak dibawah bidang sesar, dan balok gantung (*hanging wall block*) yang terletak diatas bidang sesar.





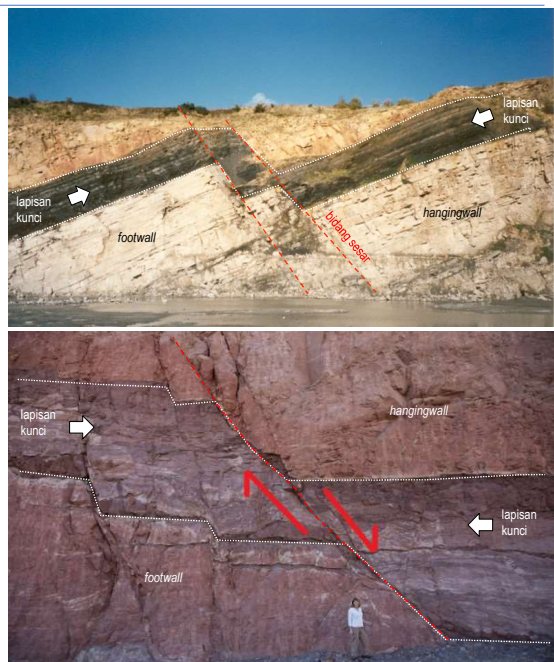
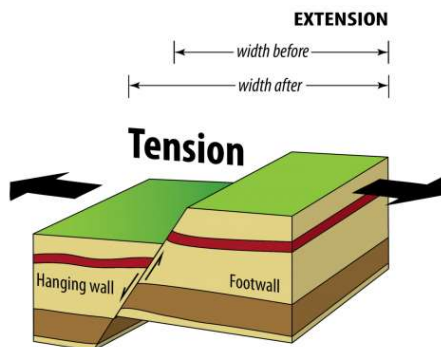
## Sesar Turun (*Normal Fault*)

- Sesar turun terjadi ketika balok gantung (*hangingwall block*) bergerak turun di sepanjang bidang sesar.
- Pada proses pembentukan sesar normal, tubuh batuan bertambah panjang secara horisontal.
- Sesar turun kerap disebut sesar normal karena merupakan sesar yang paling sering ditemukan.
- Untuk mengamati gerakan sesar, perhatikan lapisan yang tampak paling menyolok (*key horizon*).



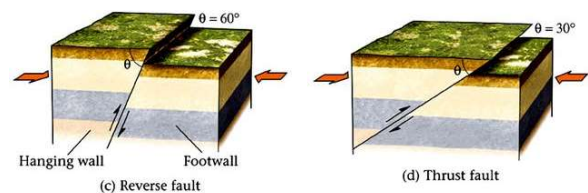
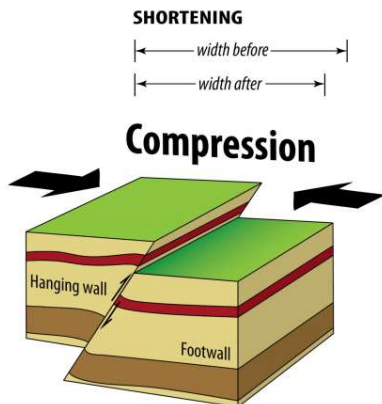
## Sesar Turun (*Normal Fault*)

- Sesar turun terjadi ketika balok gantung (*hangingwall block*) bergerak turun di sepanjang bidang sesar.
- Pada proses pembentukan sesar normal, tubuh batuan bertambah panjang secara horisontal.
- Sesar turun kerap disebut sesar normal karena merupakan sesar yang paling sering ditemukan.
- Untuk mengamati gerakan sesar, perhatikan lapisan yang tampak paling menyolok (*key horizon*).



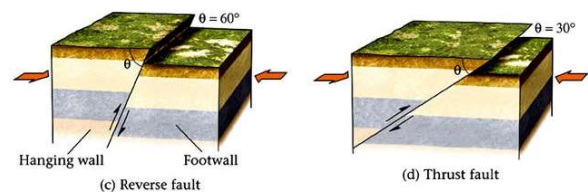
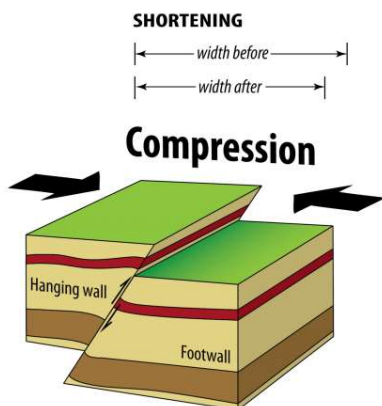
## Sesar Naik (*Reverse Fault*)

- Sesar naik terjadi ketika balok gantung (*hanging wall block*) bergerak naik di sepanjang bidang sesar.
- Pada proses pembentukan sesar naik, tubuh batuan bertambah pendek secara horisontal.
- Sesar naik memiliki kemiringan bidang sesar yang besar (umumnya sekitar  $60^\circ$ ), apabila kemiringannya landai (sekitar  $30^\circ$ ) disebut **sesar anjak** (*thrust fault*).



## Sesar Naik (*Reverse Fault*)

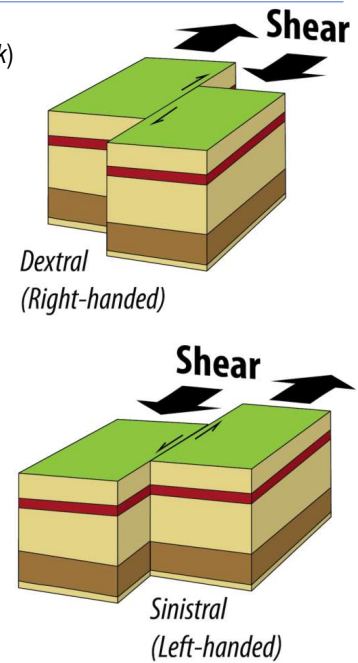
- Sesar naik terjadi ketika balok gantung (*hanging wall block*) bergerak naik di sepanjang bidang sesar.
- Pada proses pembentukan sesar naik, tubuh batuan bertambah pendek secara horisontal.
- Sesar naik memiliki kemiringan bidang sesar yang besar (umumnya sekitar  $60^\circ$ ), apabila kemiringannya landai (sekitar  $30^\circ$ ) disebut **sesar anjak** (*thrust fault*).



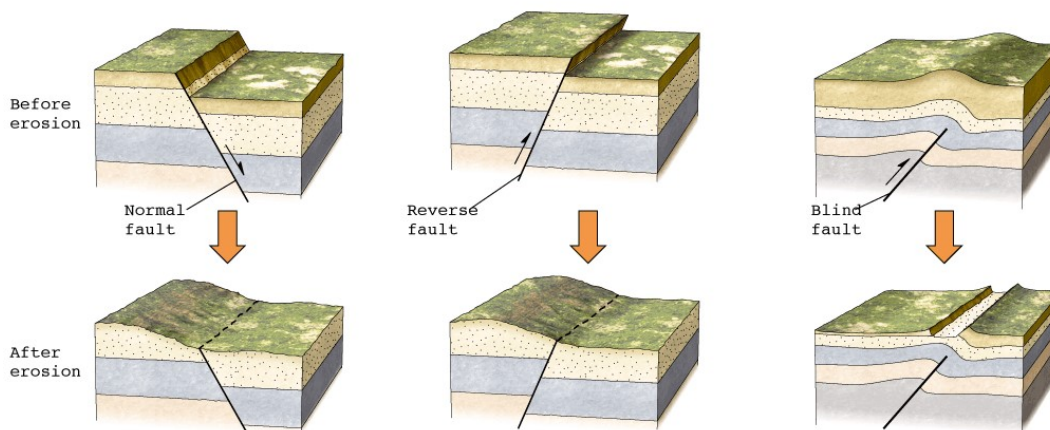


## Sesar Geser Mendatar (*Strike-Slip Fault*)

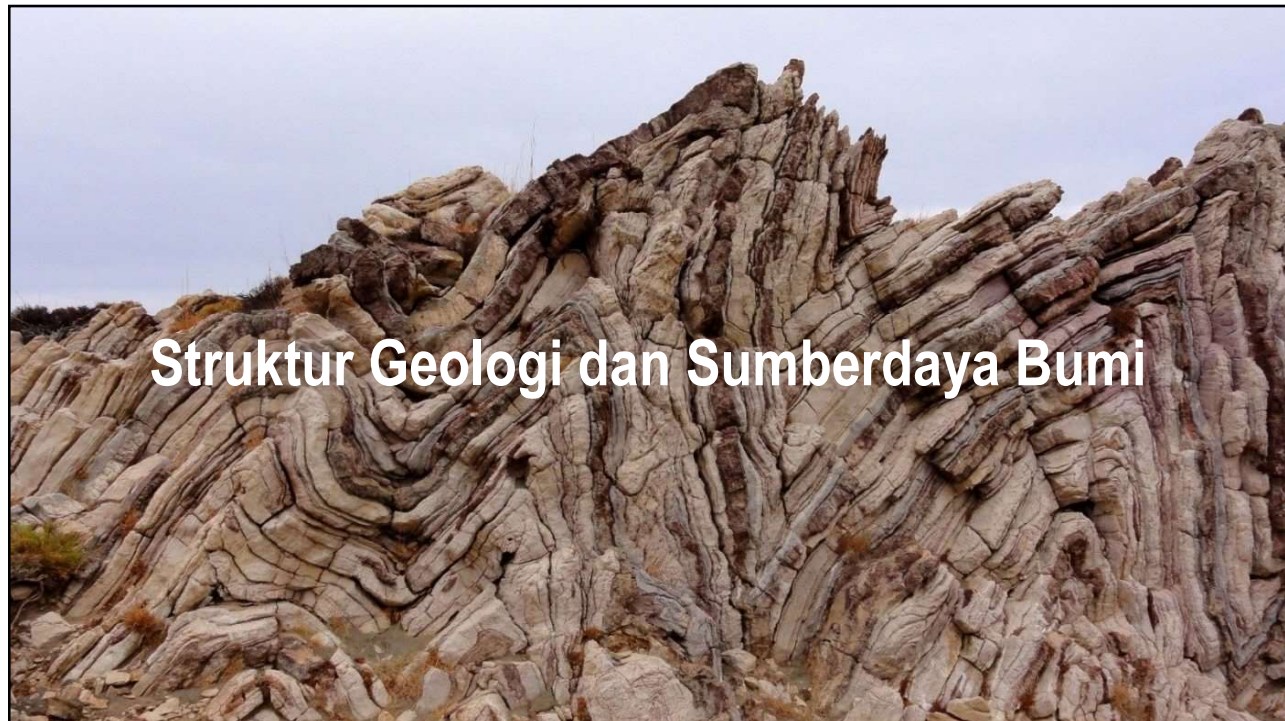
- Pada sesar geser mendatar, bidang sesar cenderung tegak (tidak memiliki kemiringan). Sehingga penamaan blok patahan adalah blok kanan (*right block*) dan blok kiri (*left block*) sesuai dengan arah observasi pengamat.
- Pada proses pembentukan sesar geser mendatar, tubuh batuan bertambah panjang secara horisontal.
- Apabila blok kanan mendekat, dinamakan sesar geser manganan (*dextral fault*). Bila blok kiri mendekat dinamakan sesar geser mengiri (*sinistral fault*).



## Sesar dan Topografi



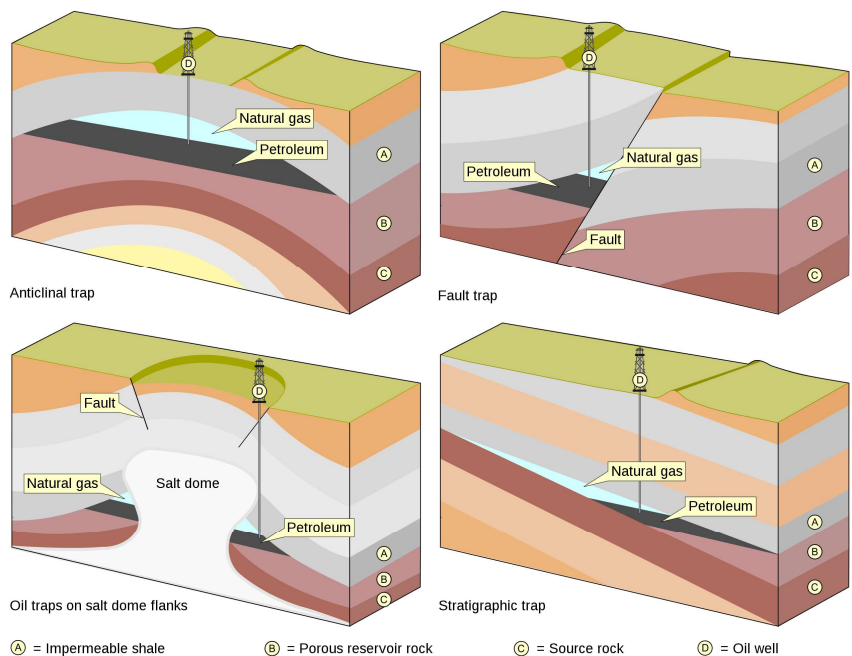
- Bagaimana sesar tampak di permukaan bumi tergantung pada besaran kecepatan pergeseran sesar dan kecepatan erosi permukaan.
- Sesar yang tidak menyobek permukaan disebut **sesar buta** (*blind fault*).
- Sesar buta dapat menyebabkan gempa yang tidak terduga dan berbahaya, karena bidang patahannya tidak mencapai permukaan sehingga tidak diketahui dan diantisipasi.



## Struktur Geologi dan Sumberdaya Bumi

### Minyak dan Gas Bumi

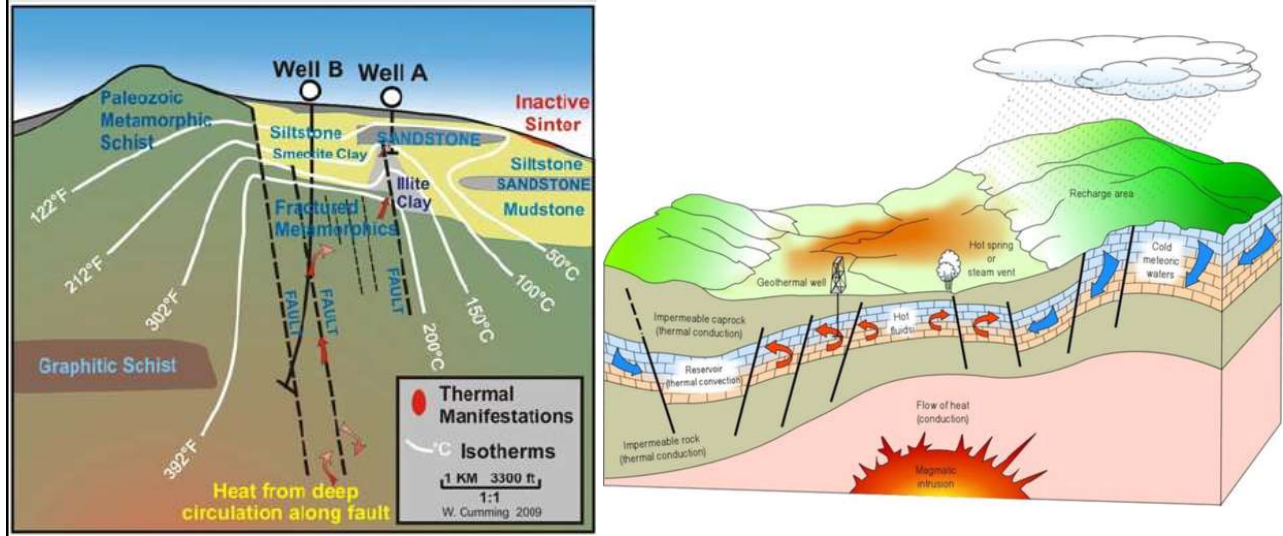
- Struktur lipatan menjadi perangkap langsung (*trap*) bagi fluida hidrokarbon dalam bentuk geometri antiklin, maupun secara tidak langsung mengatur kemiringan perlapisan batuan yang dapat menjadi jebakan stratigrafik.
- Struktur patahan dapat menjadi jebakan hidrokarbon apabila mampu menyandingkan lapisan permeabel dengan lapisan non-permeabel.
- Eksplorasi minyak dan gas bumi mengejar adanya jebakan struktural yang relative lebih mudah dicari.





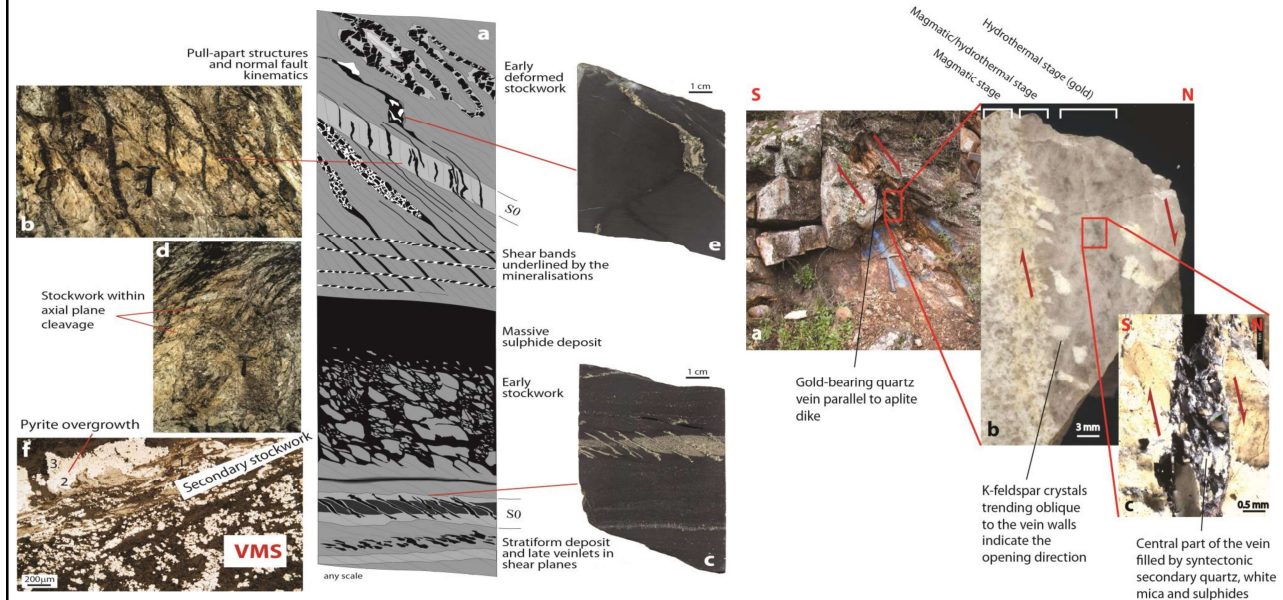
## Panas Bumi

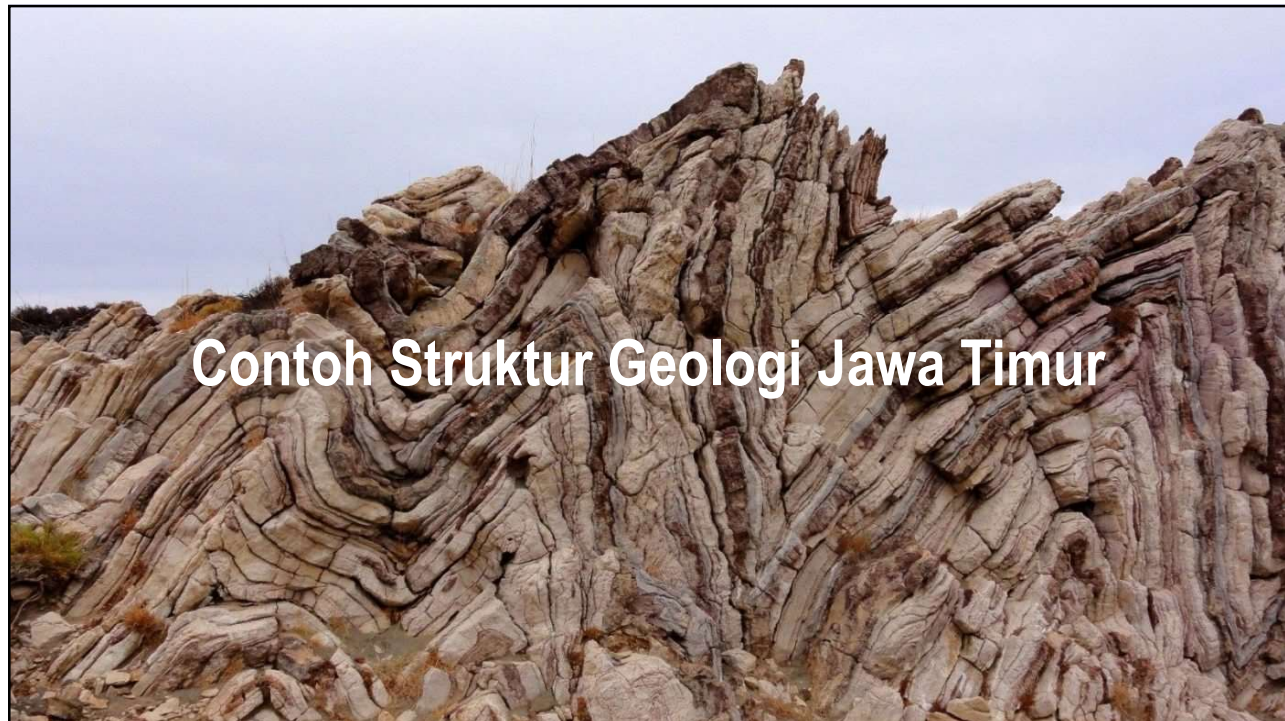
- Struktur patahan yang permeabel menjadi jalan Bergeraknya fluida panas bumi.
- Eksplorasi geothermal mengejar titik kerak Bumi yang paling banyak terpotong patahan.



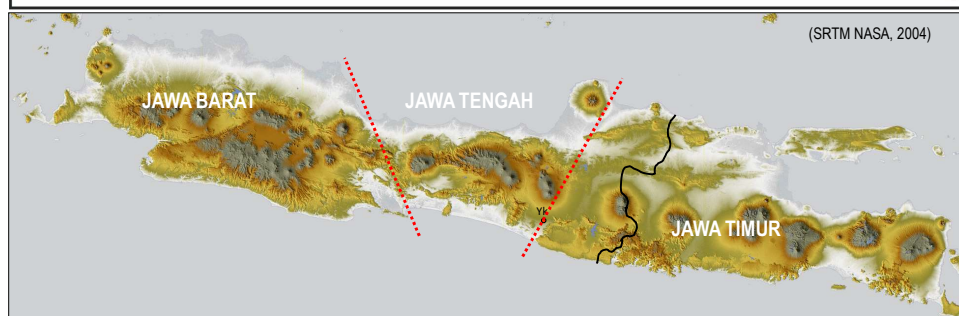
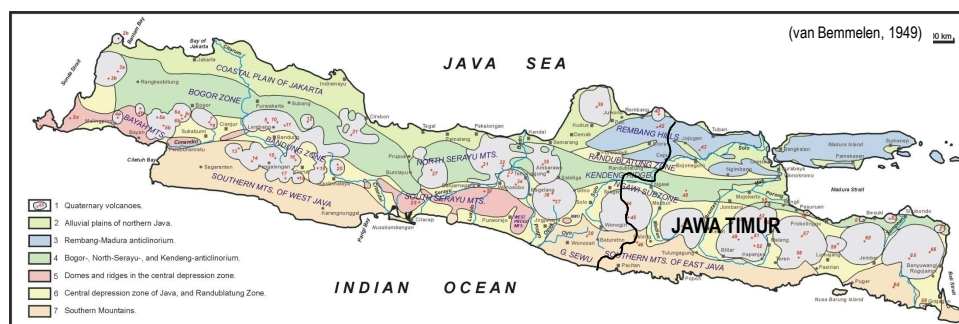
## Endapan Mineral

- Struktur kekar dan patahan yang permeabel memberikan jalan untuk lewatnya fluida kaya akan logam ekonomis.



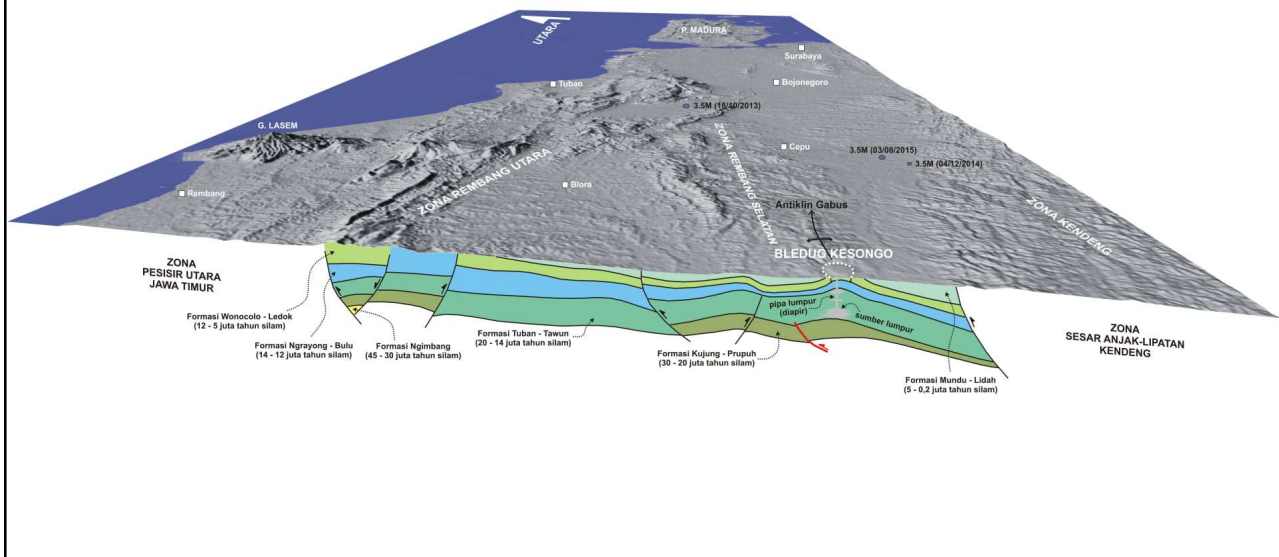


## Jawa Timur menurut Geologi

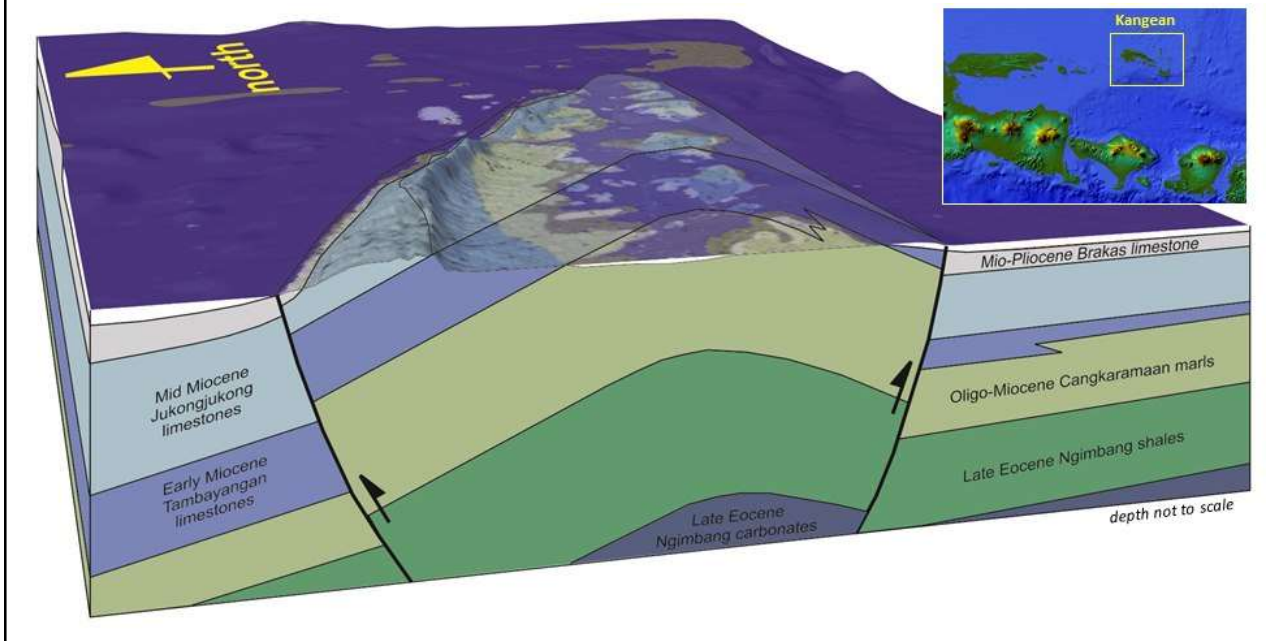




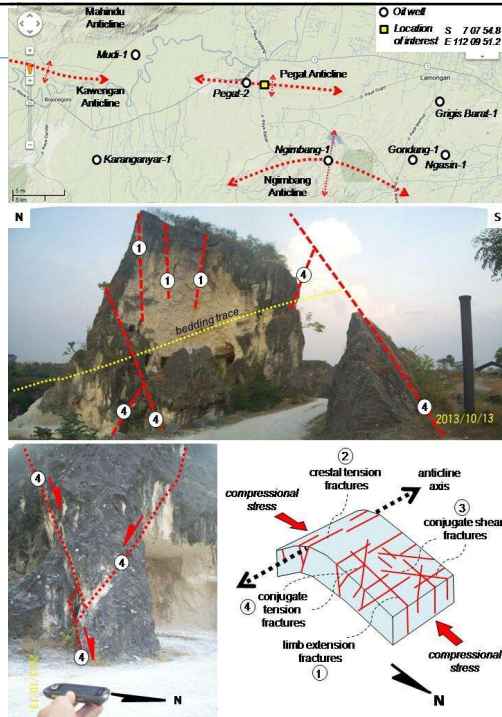
## Lipatan Rembang



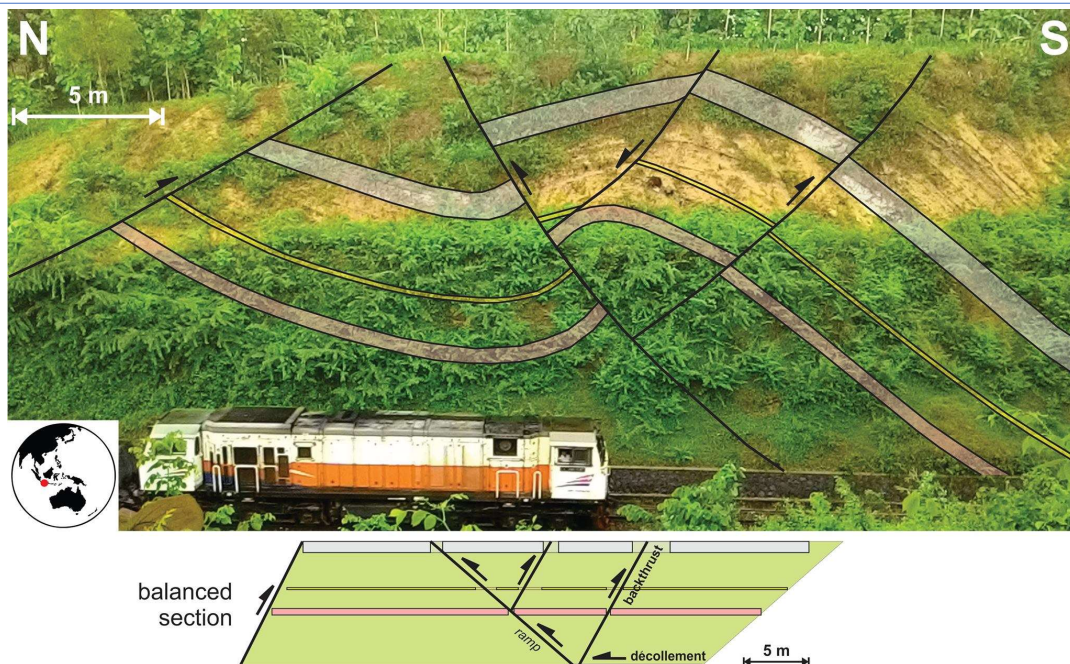
## Lipatan Kangean



### Lipatan Pegat, Lamongan



### Lipatan Alaskobong, Sragen



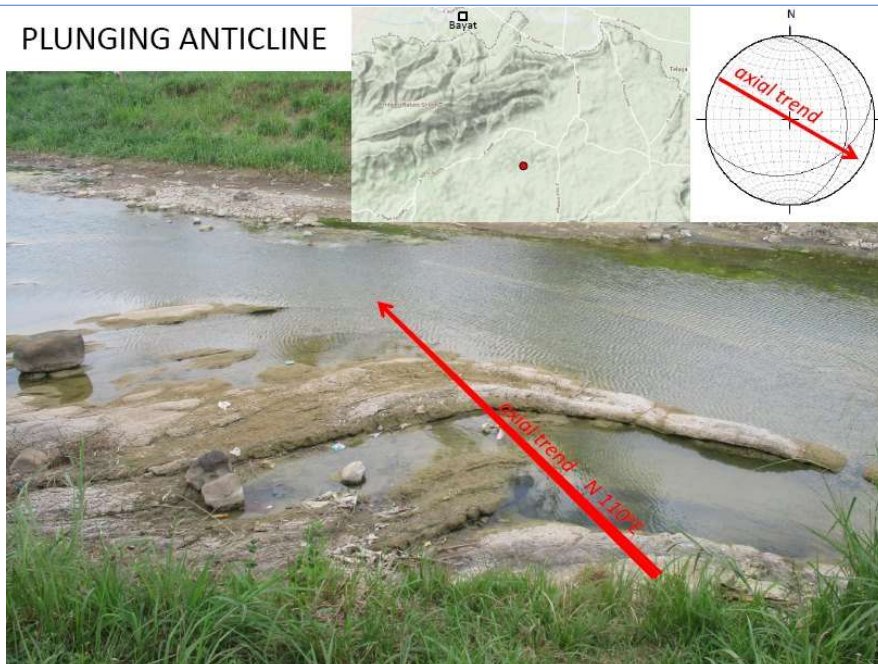


## Lipatan Sumberan, Gunung Kidul

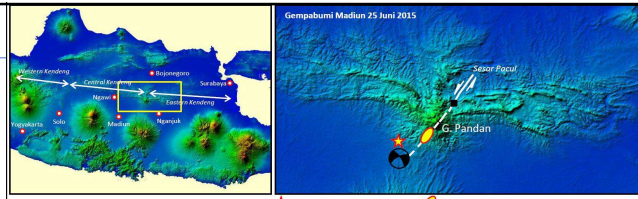


## Lipatan Sambeng, Gunung Kidul

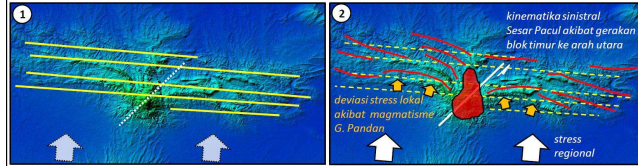
## PLUNGING ANTICLINE



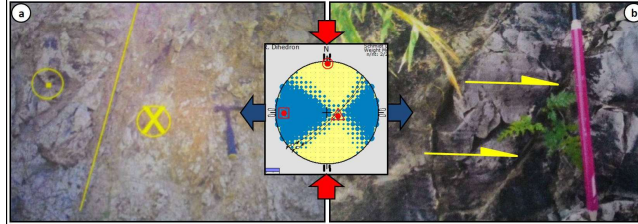
### Sesar Pacul, G. Pandan



Gempabumi Madiun 25 Juni 2015  
 ★ Posisi episentrum BMKG (BSView)    📍 Kerusakan permukaan – Dusun Pohulung, Klangan  
 🌀 Mekanisme fokal gempa (BSView)    📍 Data lapangan Sesar Pacul (Evi Kurniawati, 2014)

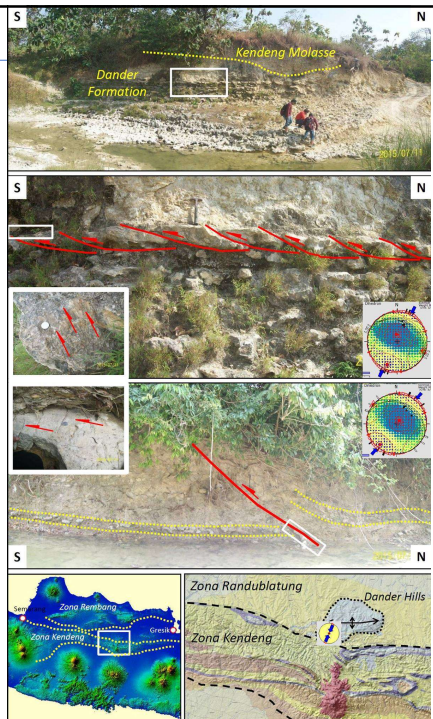


(1) Pola sabuk lipatan dan sesar anjak Kendeng bila tanpa ada pengaruh magmatisme G. Pandan.  
 (2) Pola sabuk lipatan dan sesar anjak Kendeng yang dipengaruhi oleh kehadiran magmatisme G. Pandan dan Sesar Pacul.



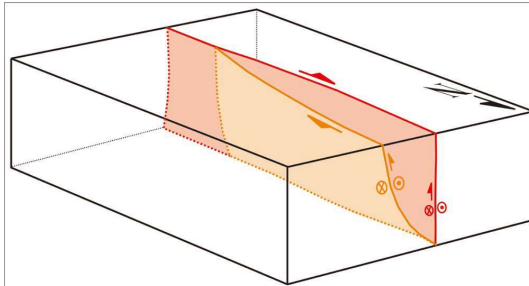
Data pengukuran kinematika Sesar Pacul pada batuan *muddy micrite* berumur N17-N19, ekuivalen dengan Formasi Kalibeng (Evi Kurniawati, 2014): (a) Bidang sesar dan zona breksiasi. (b) Striasi. Lokasi lihat peta di atas. Hasil analisis paleostress menunjukkan gaya kompresi berarah utara-selatan sebagai penyebabnya.

### Sesar Naik Dander, Bojonegoro

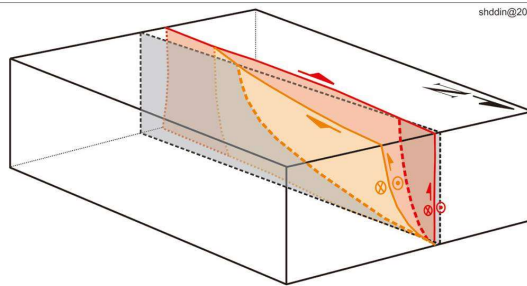




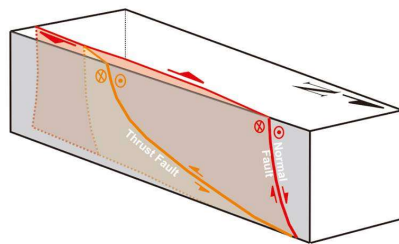
### Sesar Ngimbang, Lamongan



a) block diagram of a N-S trending dextral fault (reddish vertical plane) with a sub-parallel conjugate-synthetic segment (orange concave plane) joined at its southern end



b) an N-S oriented cliff-cut (gray plane) intersects those faults at an acute angle

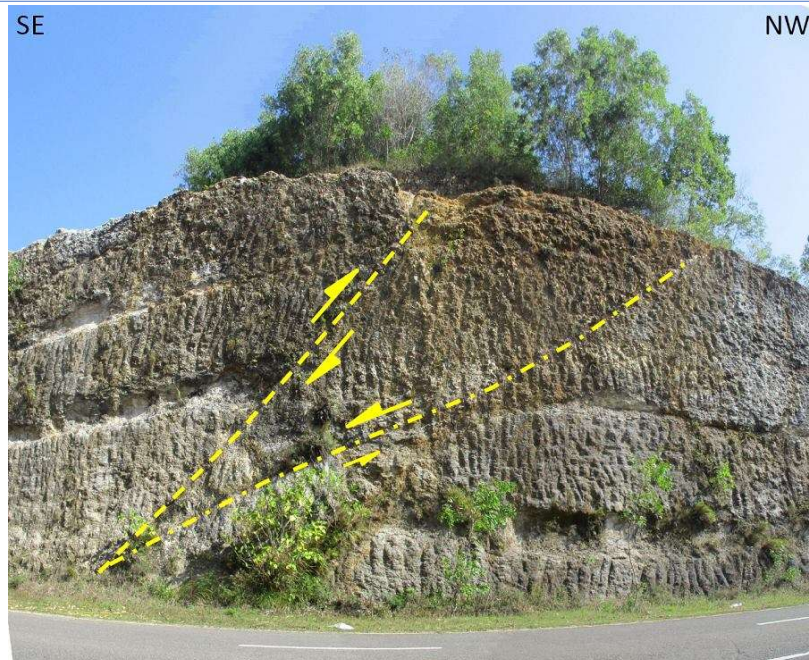


c) the cliff-cut exposes those faults apparently as a listric thrust fault and a high angle normal fault



d) a panorama photo of the fault outcrop. Mundu Formation. Pliocene sandy marl. Ngimbang Anticline. East Java.

### Sesar Lorok, Pacitan



# Sesar Prigi, Trenggalek

**A**

Campurdarat outcrop at Prigi (Hall et al., 2007).  
(A) field photos (B) interpreted structures

**B**

tight fold or low angle mega cross-bed?  
020046  
fold plunge 105/45  
rock fall and quarry waste

**W**

low angle mega cross-bed

**E**

bedding  
calcite veins  
thrust fault

Major deep lineament (Muria-Prigo lineament):  
Western boundary of Archean continental  
crust in Southern Mountains

Barbais Thrust  
Southern Mountains Thrust  
Kendang Thrust  
paleo shelf edge

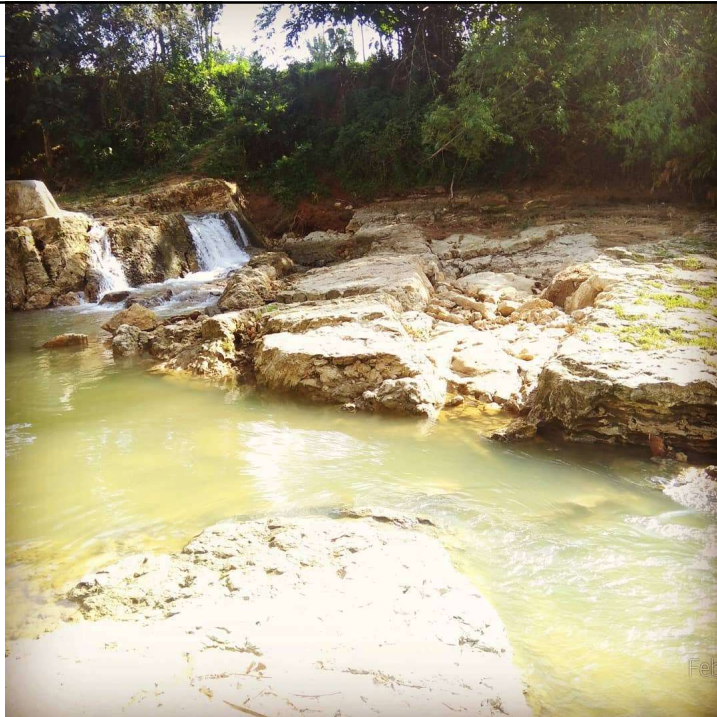
The proposed concept of thrusting Paleogene Volcanic Arc (Hall et al., 2007). Red dot is Prigi outcrop.

Prigi Bay  
Tulungagung

Lack of regional lineament around Prigi for a major thrust fault, particularly of one responsible for the tilted bedding in the outcrop.

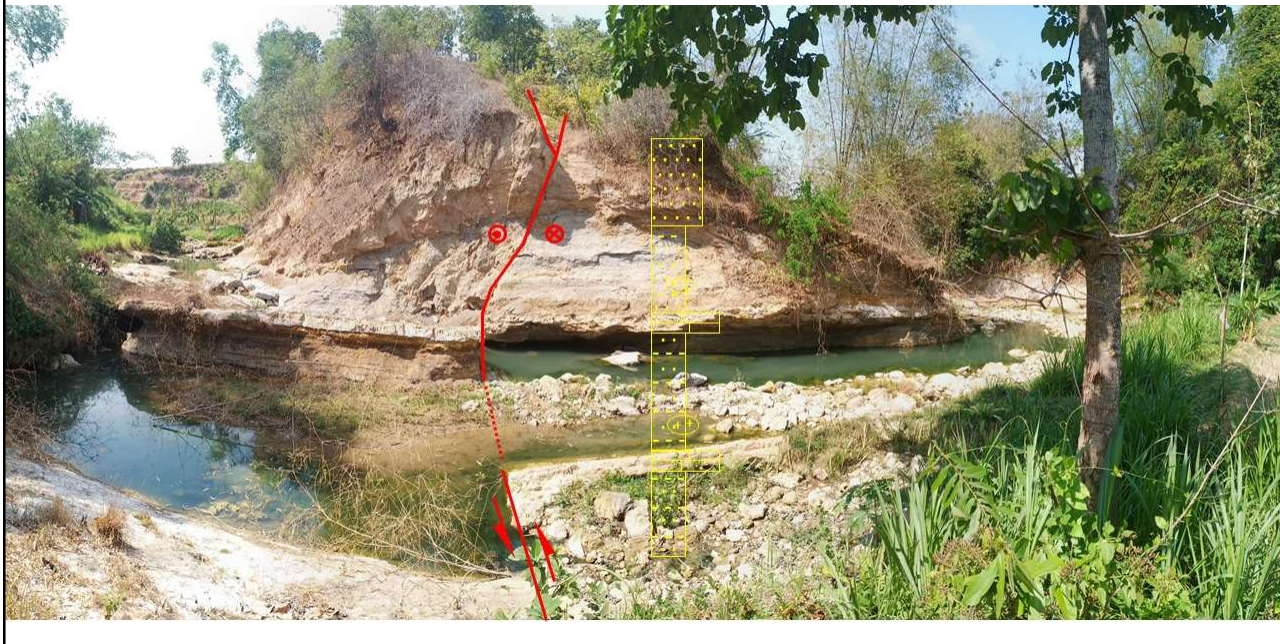
Low angle cross bed are well developed

# Graben Braholo, Blora

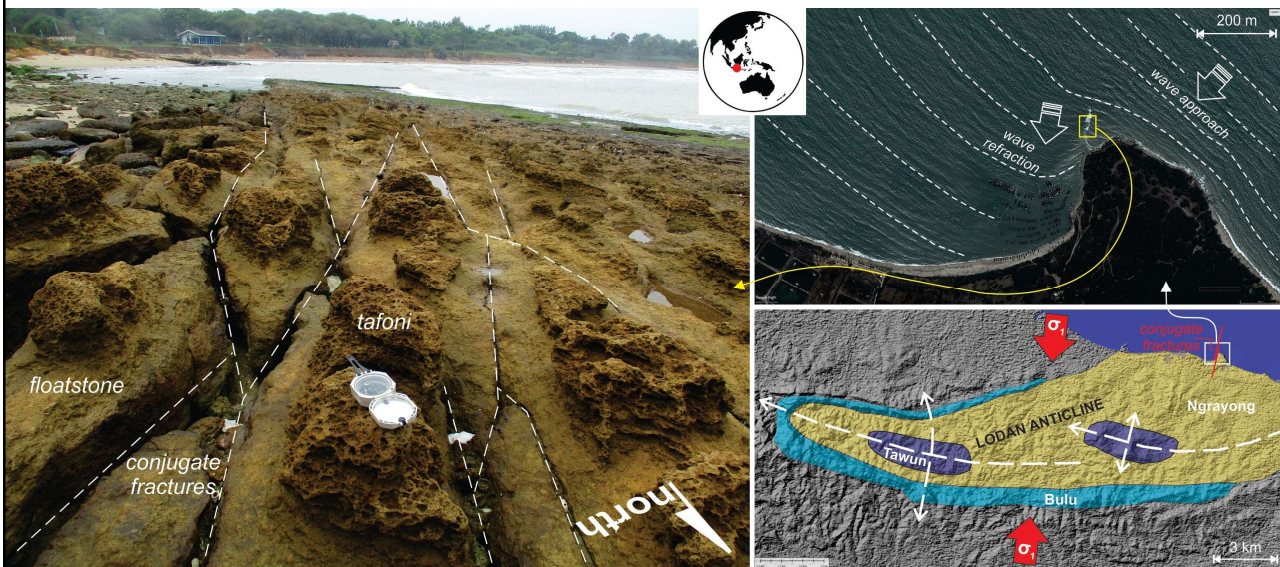




### Sesar Sinistral Prantaan, Bojonegoro

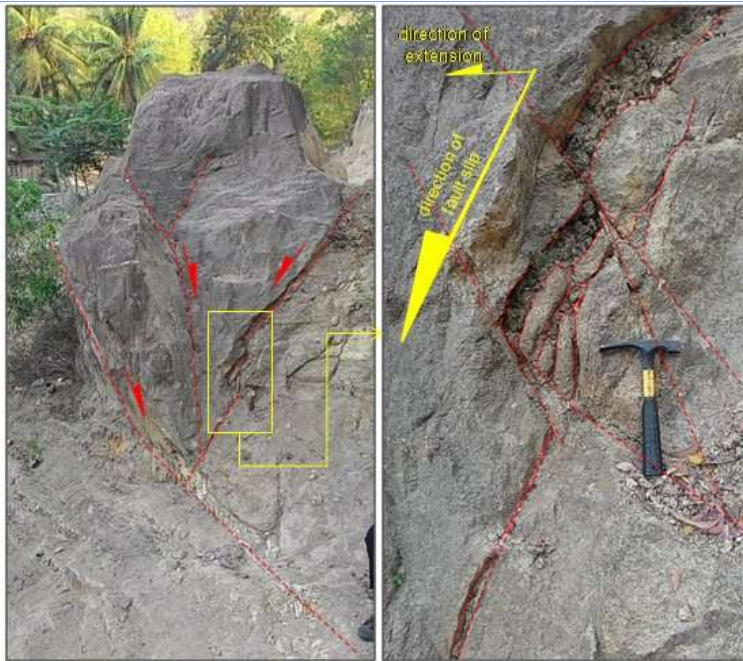


### Kekar Tektonik Sowan, Tuban



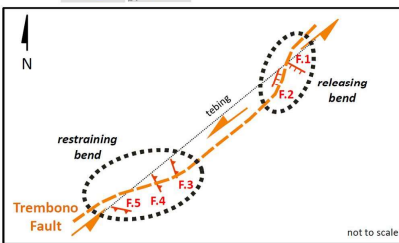
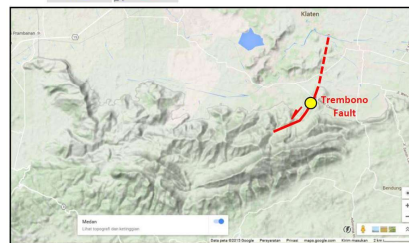
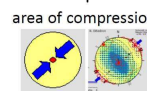
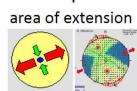
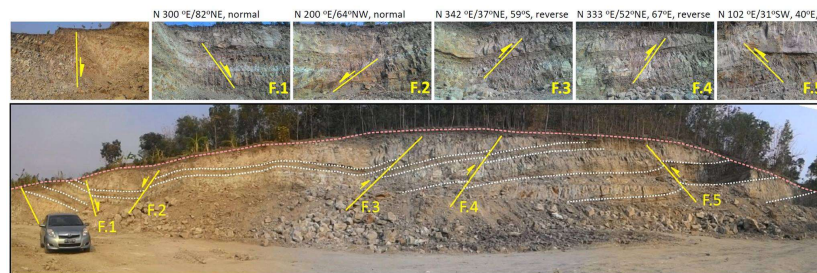


### Sesar Trembono, Bayat



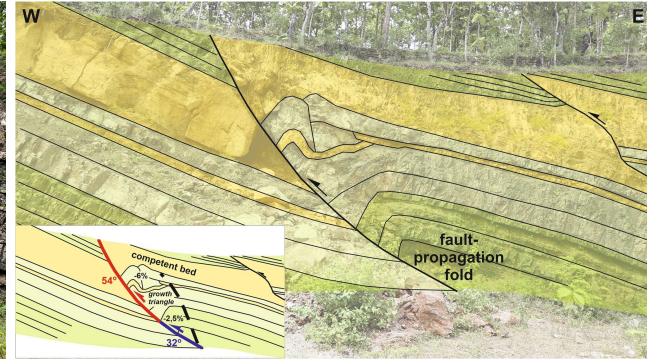
### Sesar Trembono, Bayat

#### TREMBONO FAULT: WRENCH TECTONIC IN BAYAT





## Sesar Trembono, Bayat



## Lipatan Sedimentasi Wringinanom, Gresik





Sesar Trembono, Bayat

GLIDING TECTONIC IN BAYAT

