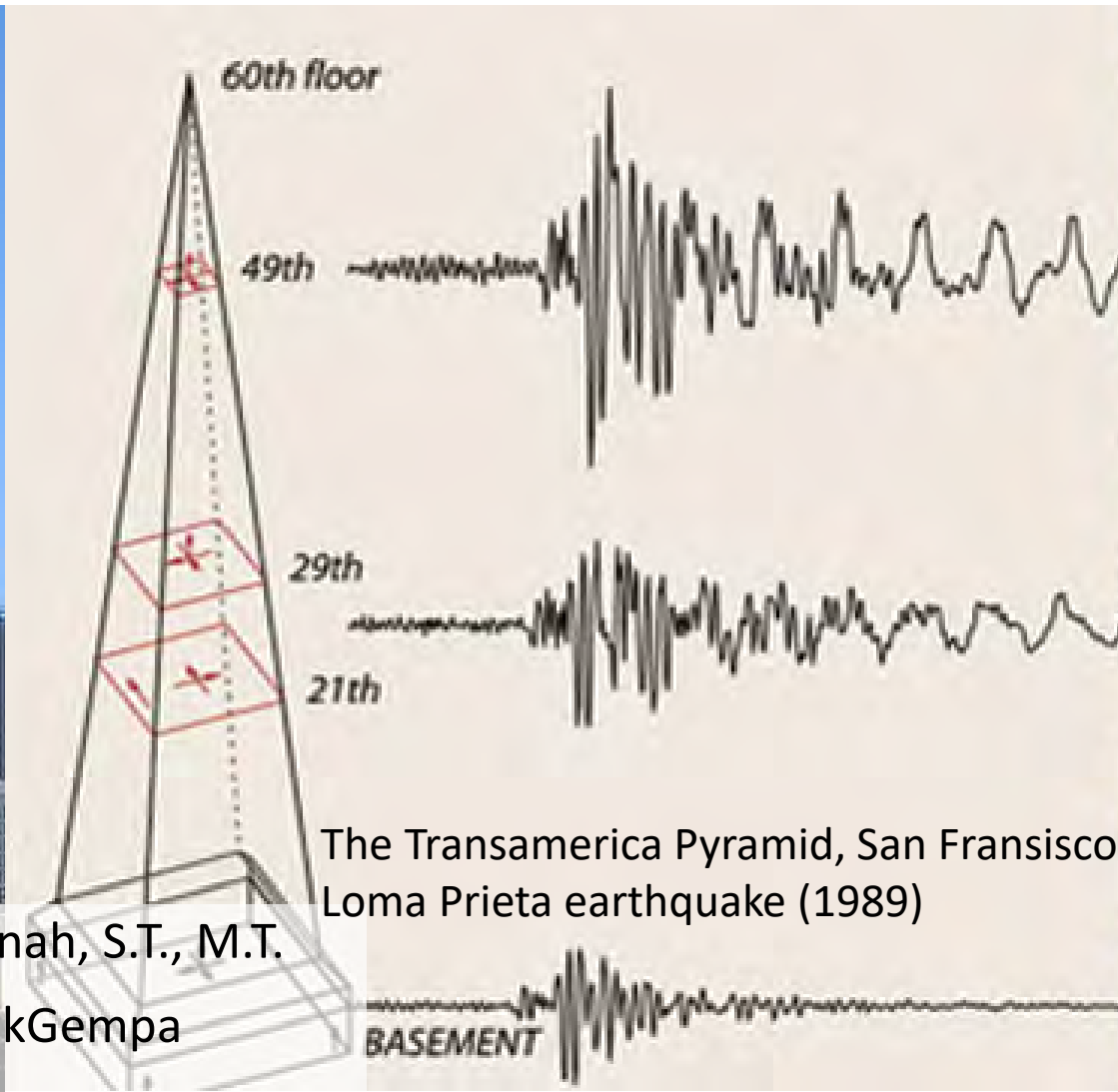


TKS 420214

Dinamika Struktur dan Gempa

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

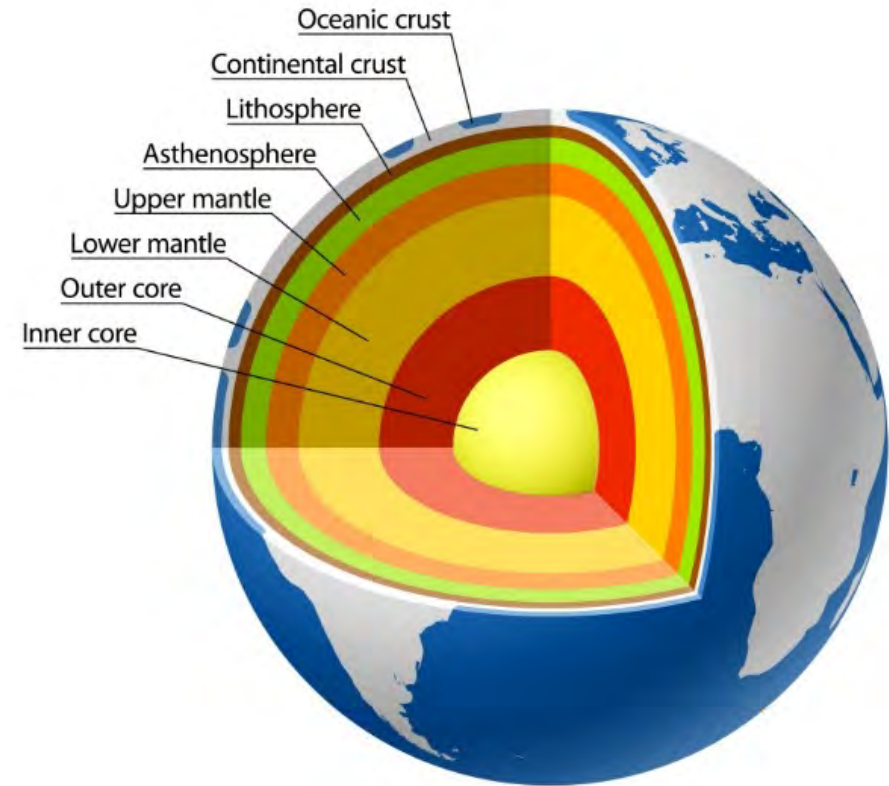


Pengajar: Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T.

Available on: <http://bit.ly/DinstrukGempa>

Pergerakan lempeng (*plate*)

- Secara kasat mata, tanah terlihat tidak bergerak
- Sebenarnya lapisan tanah sangat aktif bergerak dengan kecepatan tertentu.
- Hal ini disebabkan adanya suatu cairan panas di dalam inti bumi yang menyebabkan pergerakan lempengan-lempengan besar pada permukaan tanah.



Lapisan Bumi

Gempa tektonik (bukan vulkanik)

- Pelat/lempeng tipis bergerak diatas lapisan magma, pelat tersebut disebut Lithosfera, tebal sekitar 80 km
- Pelat/lempeng saling bertabrakan(*subduction*) dan/atau berpisah (*spreading*)
- Terjadi akumulasi energi potensial di daerah *subduction*
- Akibat pelat sangat getas, akumulasi energi potensial menyebabkan pelat/lempeng retak dan bergerak
- Energi potensial berubah menjadi energi kinetik, **pergerakan (pelepasan energi) ini terjadi tiba-tiba yang disebut dengan gempa bumi**
- Pusat pelepasan energi dimulai dari satu titik yang disebut dengan pusat gempa (fokus)
- Permukaan bumi terdiri dari lempengan-lempengan besar yang terus bergerak mendekati ataupun menjauhi satu sama lain. Pada *Figure 1.2* dapat dilihat perbatasan pelat-pelat di dunia beserta nama dan arah pergerakannya.
- Pelat-pelat tersebut bergerak dengan kecepatan 2 – 18 cm per tahun. Pergerakan terbesar terjadi pada Pelat Pasifik (*Pacific Plate*).
- Pergeseran lempeng-lempeng benua pada titik pertemuan lempeng sering terjadi, sehingga zona-zona pertemuan inilah yang disebut sebagai zona rawan gempa. Pada *Figure 1.2* dapat dilihat bahwa Indonesia terletak pada persimpangan lempeng-lempeng benua sehingga rawan terhadap gempa.

Pelat (lempeng) tektonik

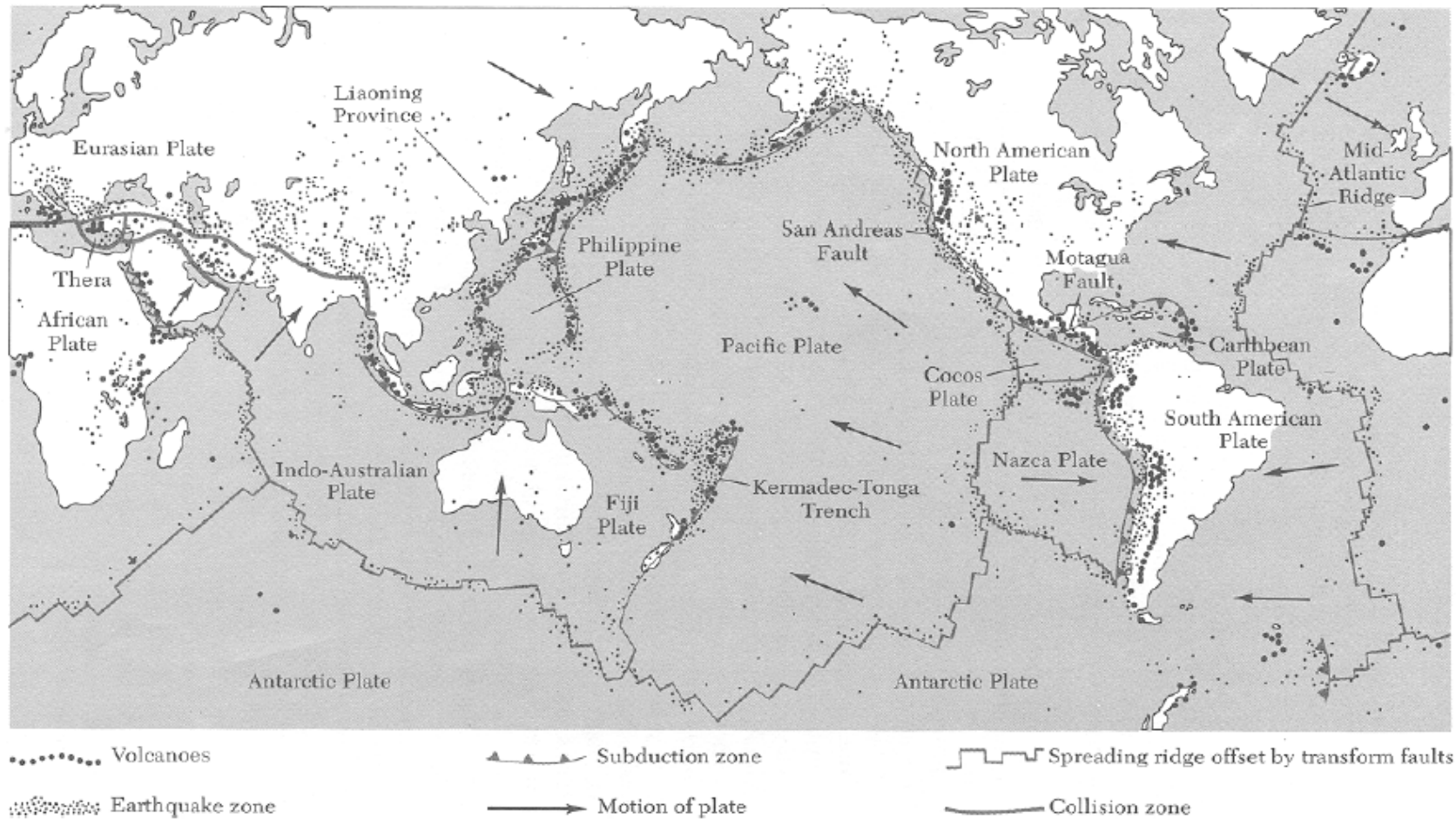
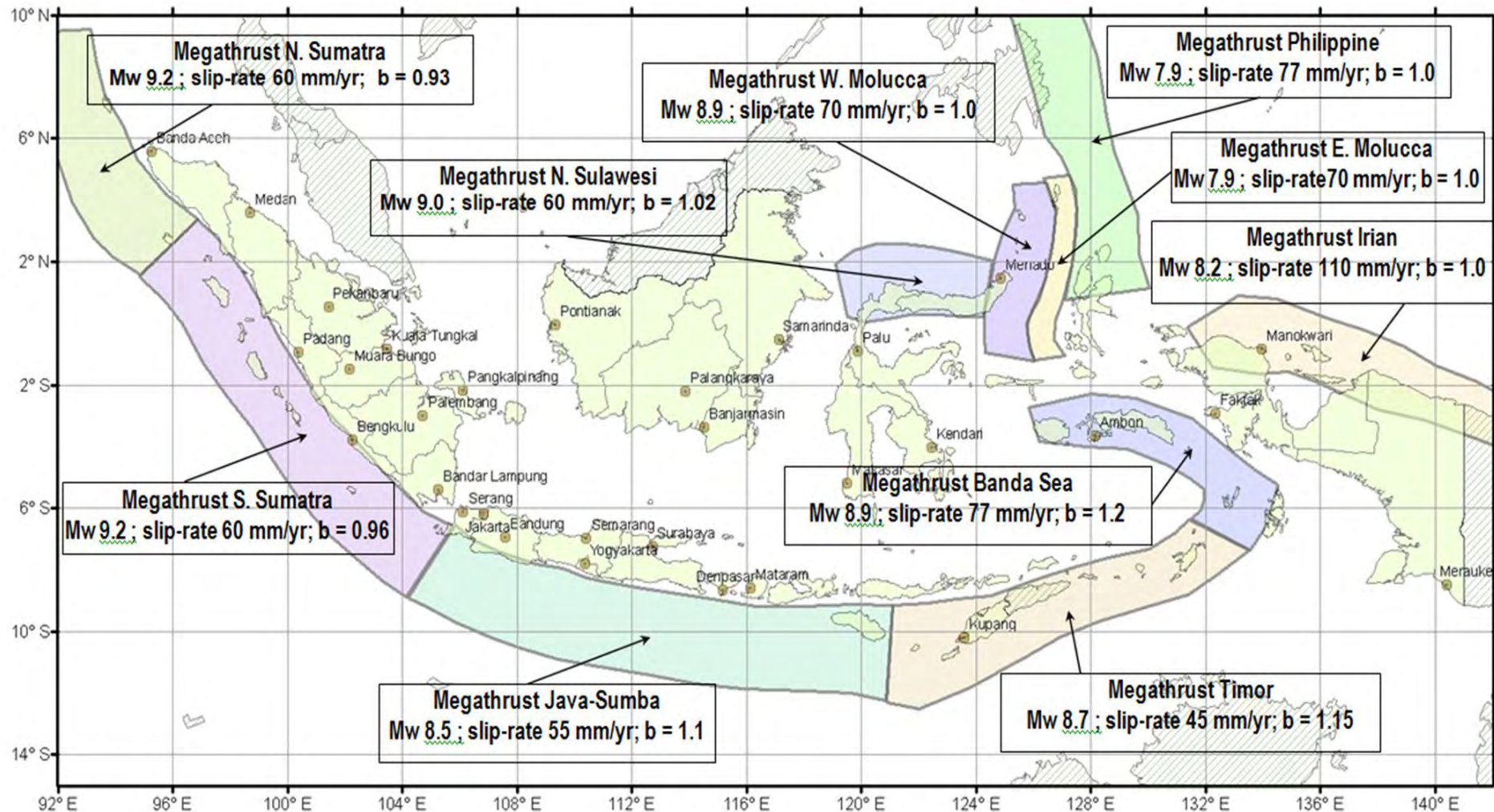


Figure 1-2. Tectonic plates and world-wide distribution of earthquakes. (From *Earthquakes*, by Bruce A. Bolt. Copyright 1978, 1999 W. H. Freeman and Company. Used with permission.)

Arah gerakan pelat tektonik

Pelat tektonik di Indonesia

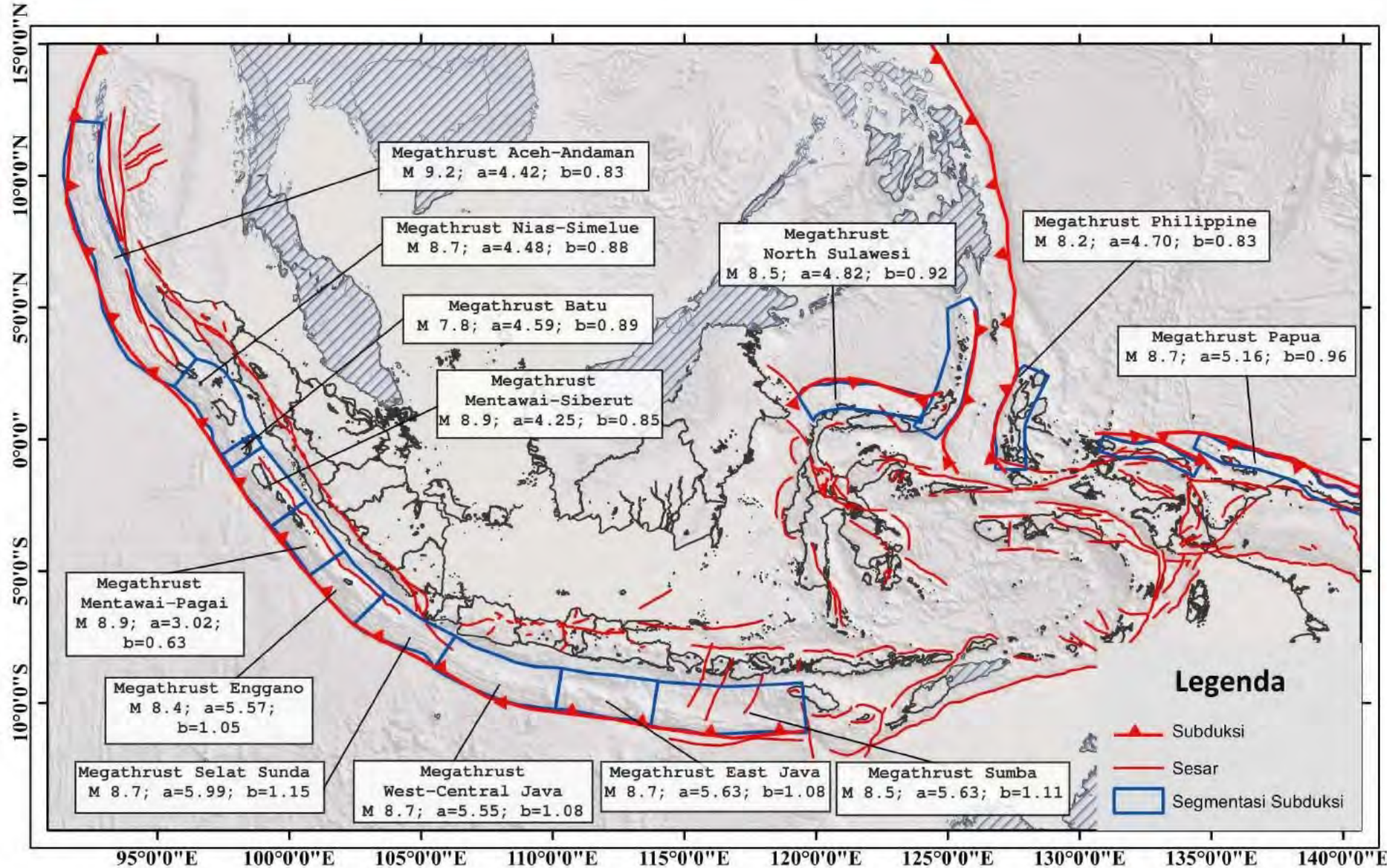


Sumber: Masyhur Irsyam

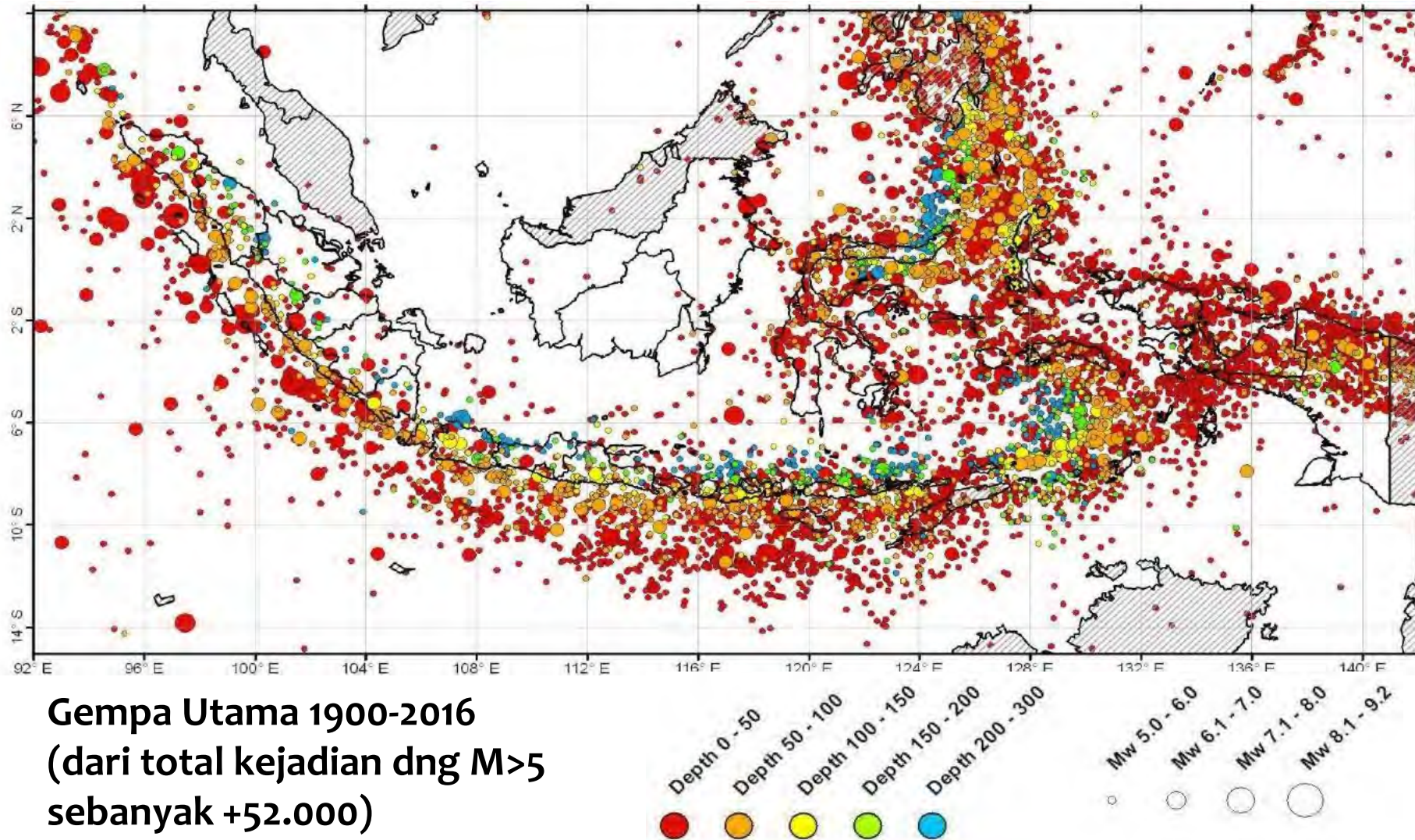
Pergerakan lempeng yang terjadi pada wilayah Indonesia. Lihat *slip rate*.

Dari gambar dapat diketahui zona-zona rawan gempa di Indonesia.

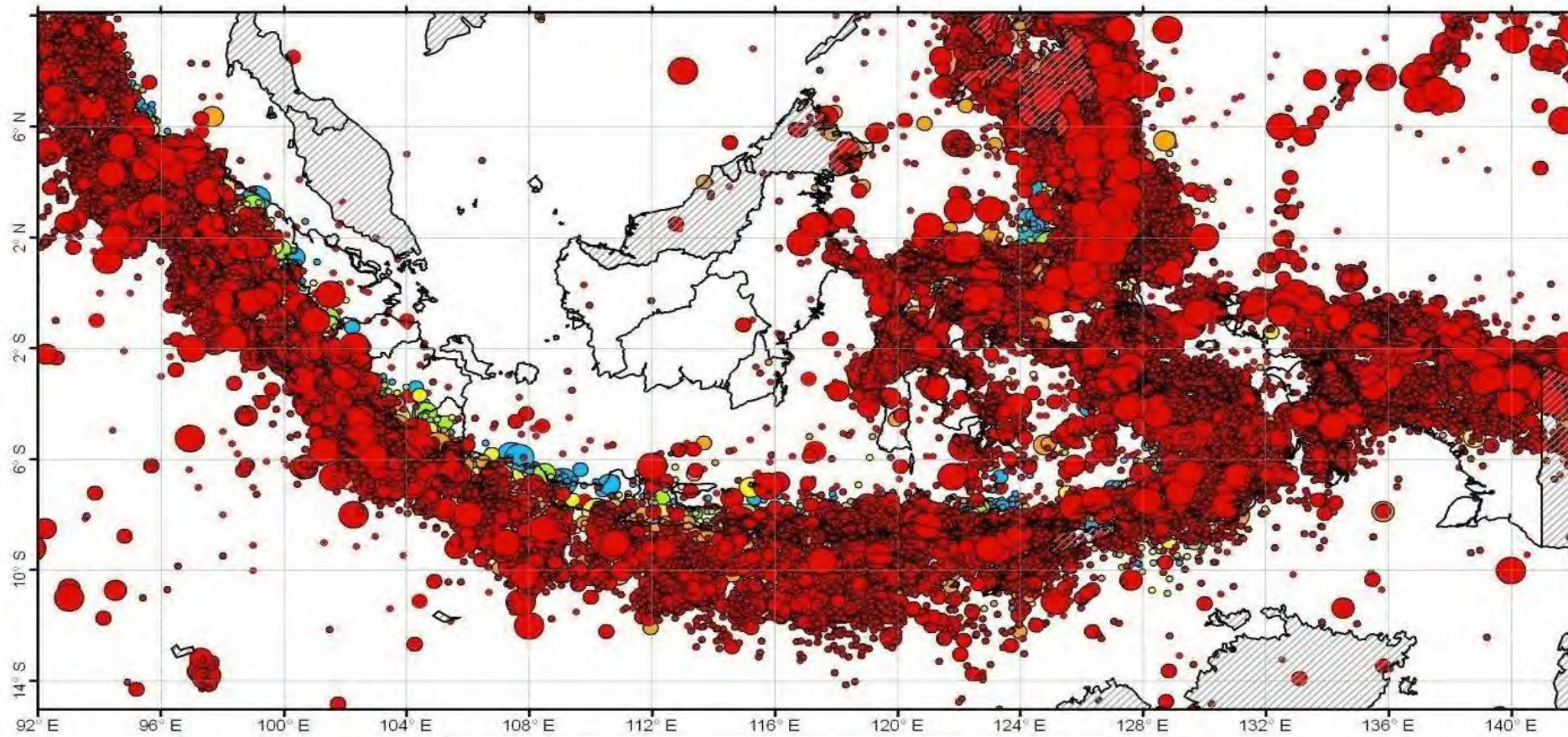
Segmentasi Megathrust Peta Gempa Nasional 2017



Indonesia adalah salah satu negara yang mempunyai wilayah dengan tingkat kegempaan yang sangat tinggi



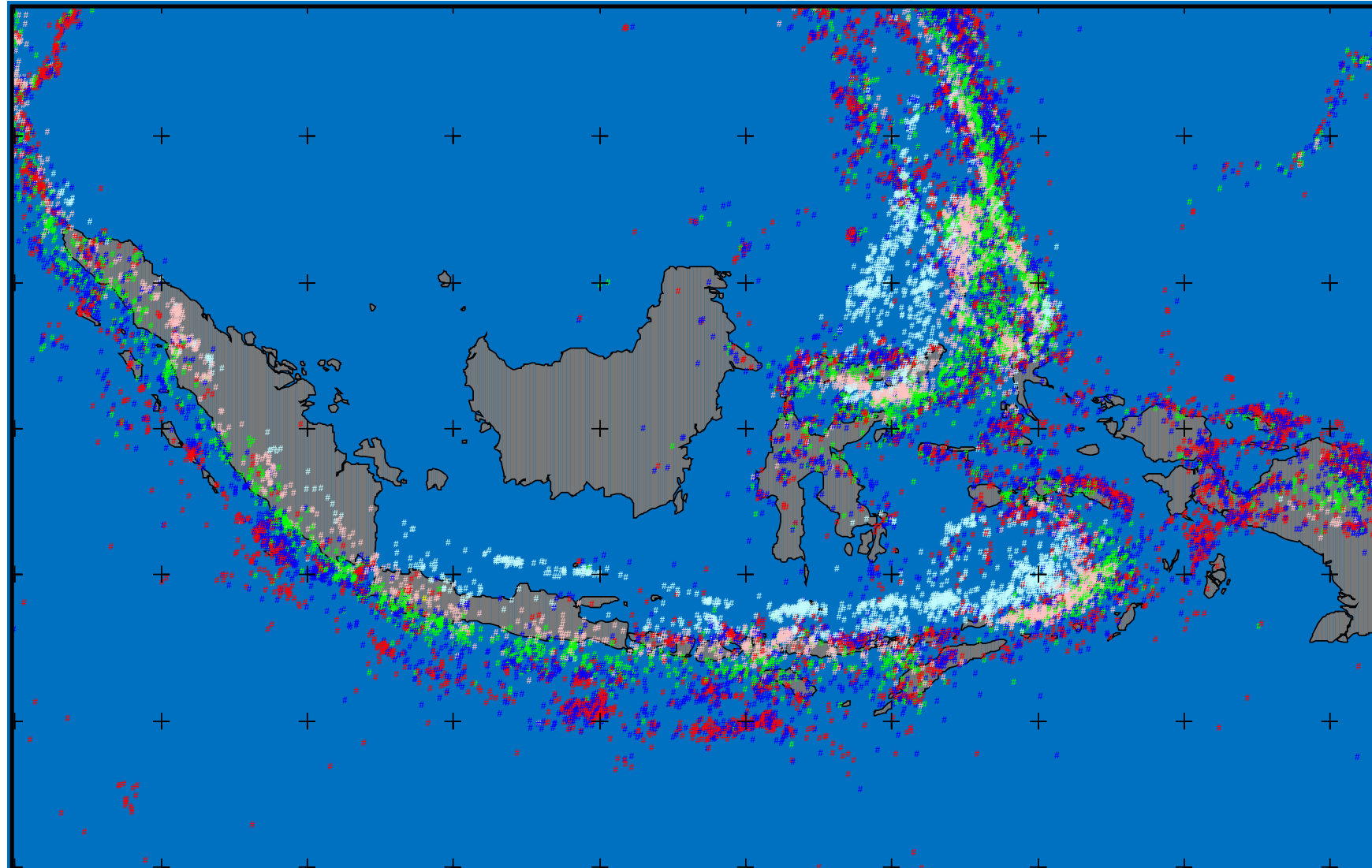
EPICENTER GEMPA INDONESIA



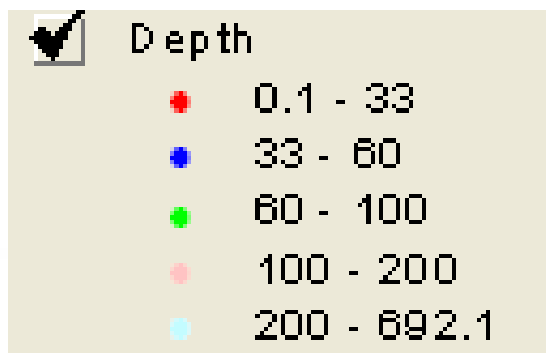
Gempa Utama 1900-2016
(dari total kejadian dng $M > 5$
sebanyak > 50.000)



Kondisi kegempaan di Indonesia

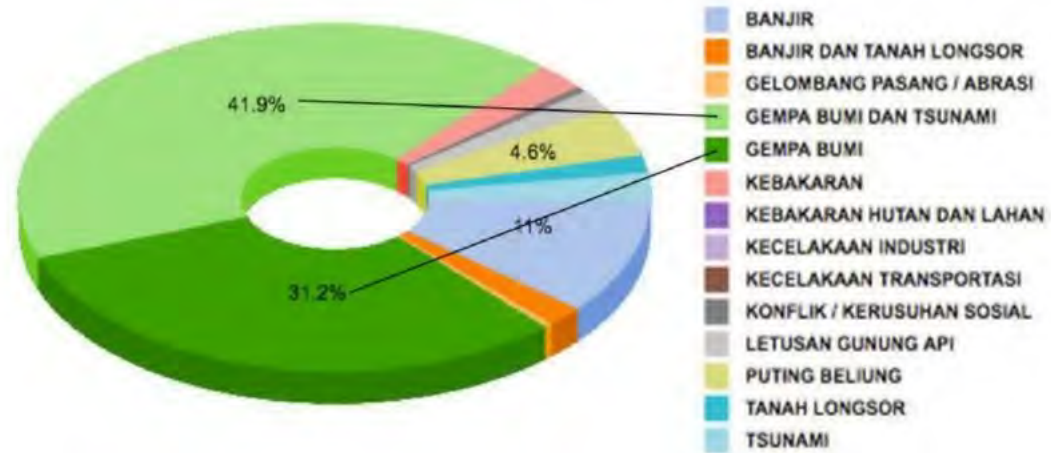


Kedalaman sumber gempa (km)



Kedalaman sumber gempa di Indonesia

Persentase Rumah yang Rusak Akibat Bencana di Indonesia 1815-2016

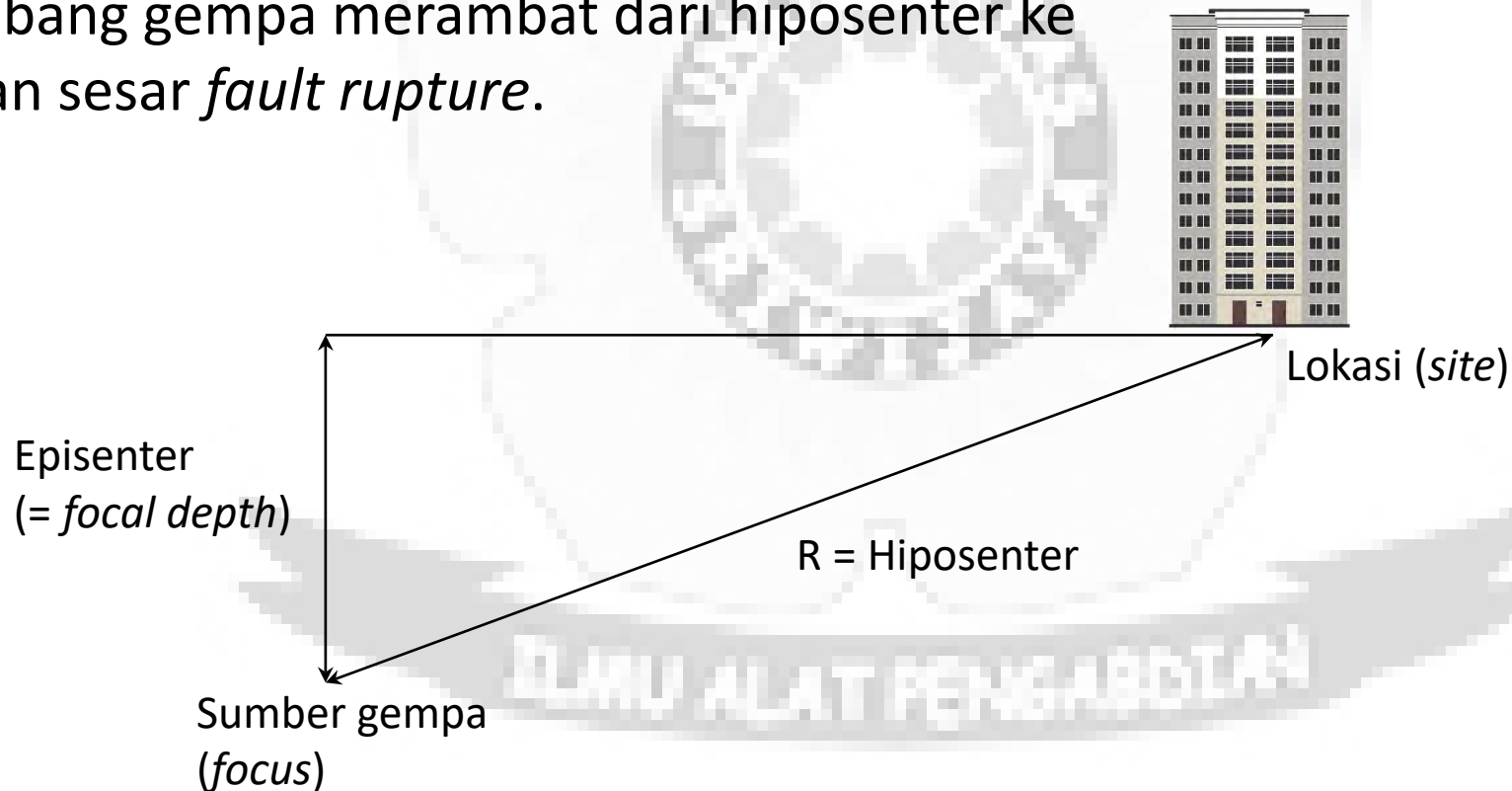


Persentase Jumlah Korban Akibat Bencana di Indonesia 1815-2016

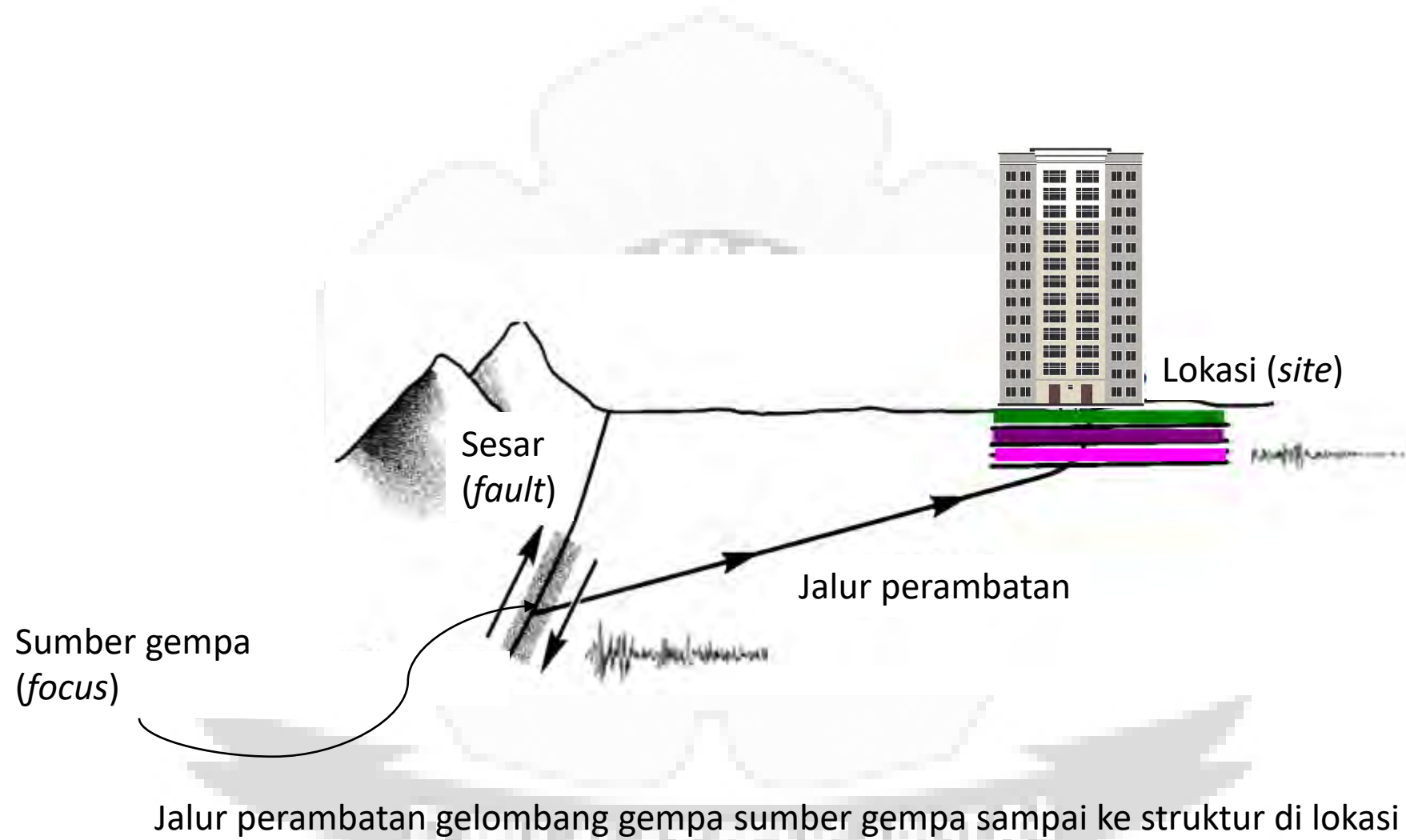


Parameter jarak Fokus

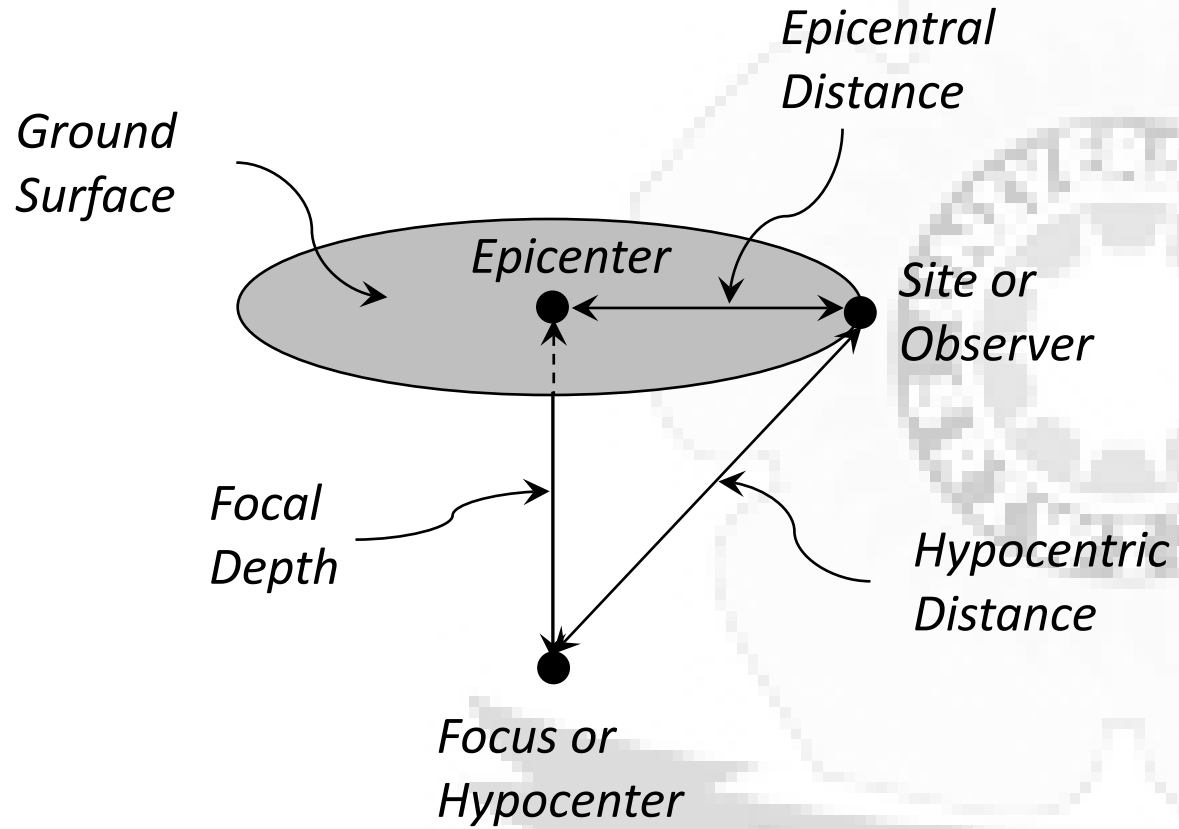
- **Hiposenter** adalah jarak dari titik kejadian gempa bumi di focus (bagian dalam bumi) ke site (lokasi yang ditinjau).
- **Episenter** adalah proyeksi dari **hiposenter** di permukaan bumi dan merupakan adalah jarak fokus tegak lurus ke permukaan lithosfera
- Gelombang gempa merambat dari hiposenter ke patahan sesar *fault rupture*.



Teori kegempaan



Lokasi gempa

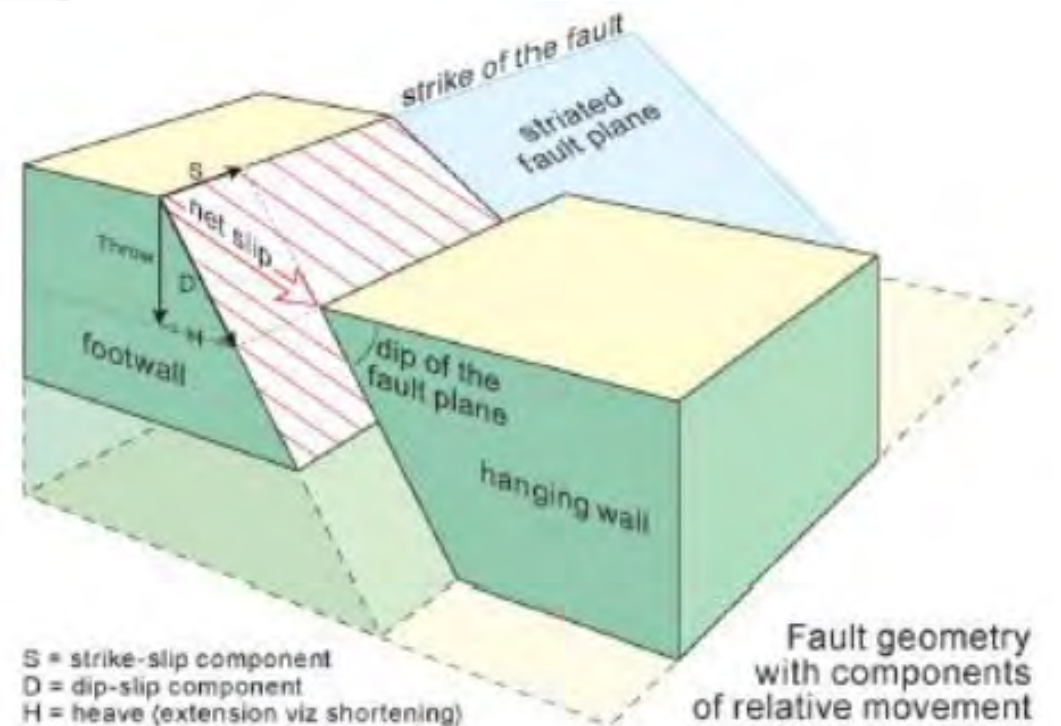


Jenis gempa	Jarak fokus ke episenter (km)
Dangkal (<i>shallow focus</i>)	0 - 70
Sedang (<i>intermediate focus</i>)	70 - 300
Dalam (<i>deep focus</i>)	300 - 700

Sumber: Kramer, 1996

Sesar (*Fault*)

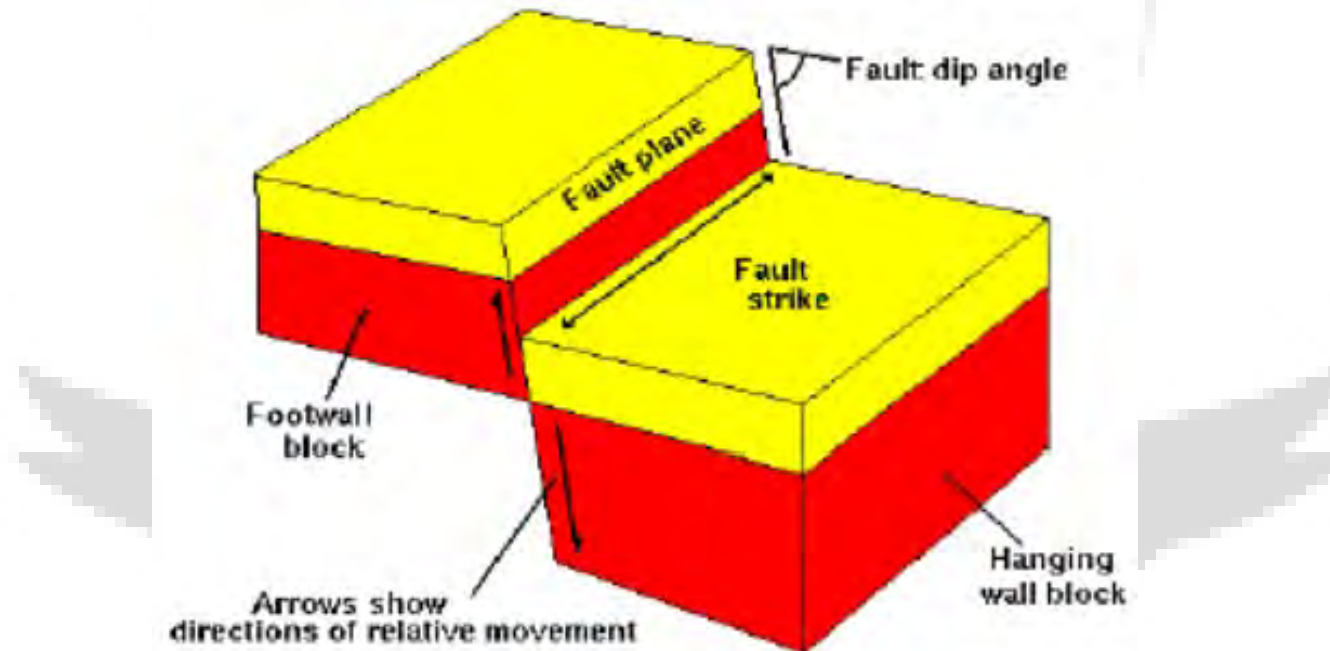
- Sesar (*fault*) adalah celah pada kerak bumi yang berada di perbatasan antara dua lempeng tektonik. Gempa sangat dipengaruhi oleh pergerakan batuan dan pelat (lempeng) pada sesar ini.
- *Fault plane* adalah permukaan datar sepanjang perpindahan relatif blok-blok sesar saat proses gerakan sesar.



ILMU ALAT PENGABDIAN

Dinding blok

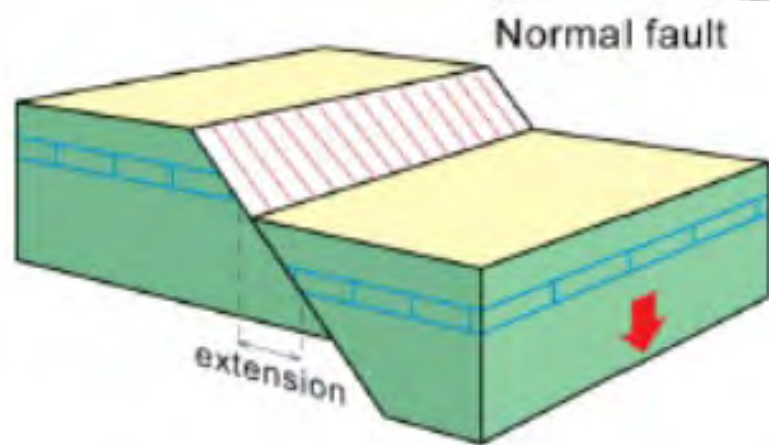
- Dinding gantung (*hanging wall*) adalah blok sesar yang terletak di permukaan atas bidang sesar (*fault plane*).
- Dinding kaki (*foot wall*) adalah blok sesar yang terletak di bawah permukaan bidang sesar (*fault plane*).



Sesar (*Fault*)

Beberapa jenis pergerakan lempeng yang menyebabkan mekanisme terjadinya gempa:

- Sesar akibat batuan yang menumpu merosot ke bawah karena batuan penumpu di kedua sisinya bergerak saling menjauh: **sesar normal** (*normal fault*).



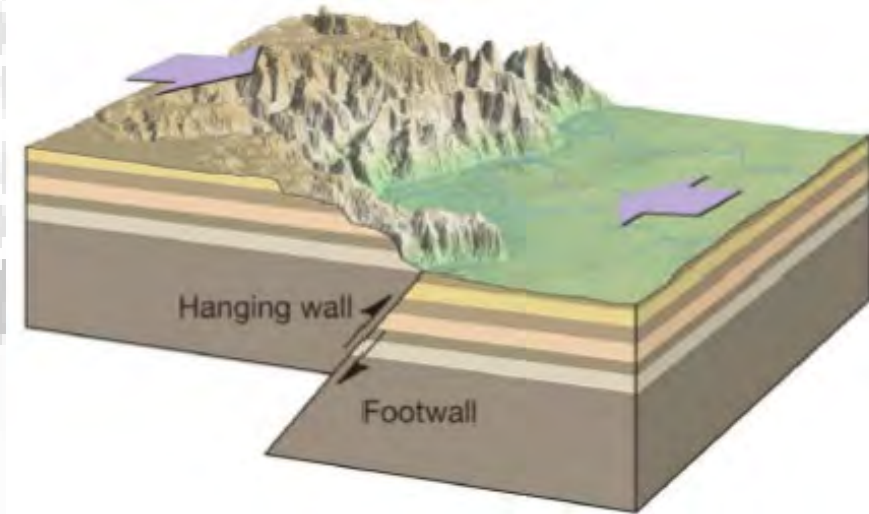
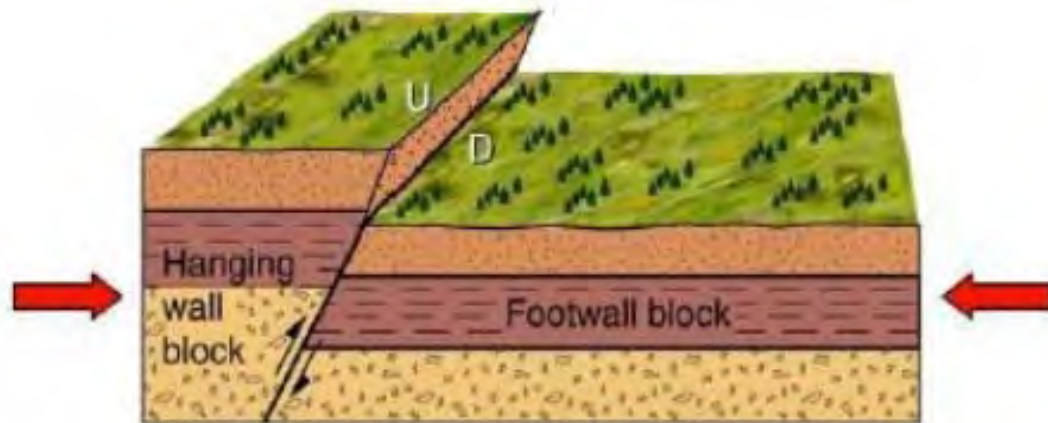
ILMU ALAT PENGABDIAN

Sesar (*Fault*)

- Sesar akibat batuan yang menumpu terangkat ke atas karena batuan penumpu di kedua sisinya bergerak saling mendorong: **sesar terbalik** (*reverse fault*).



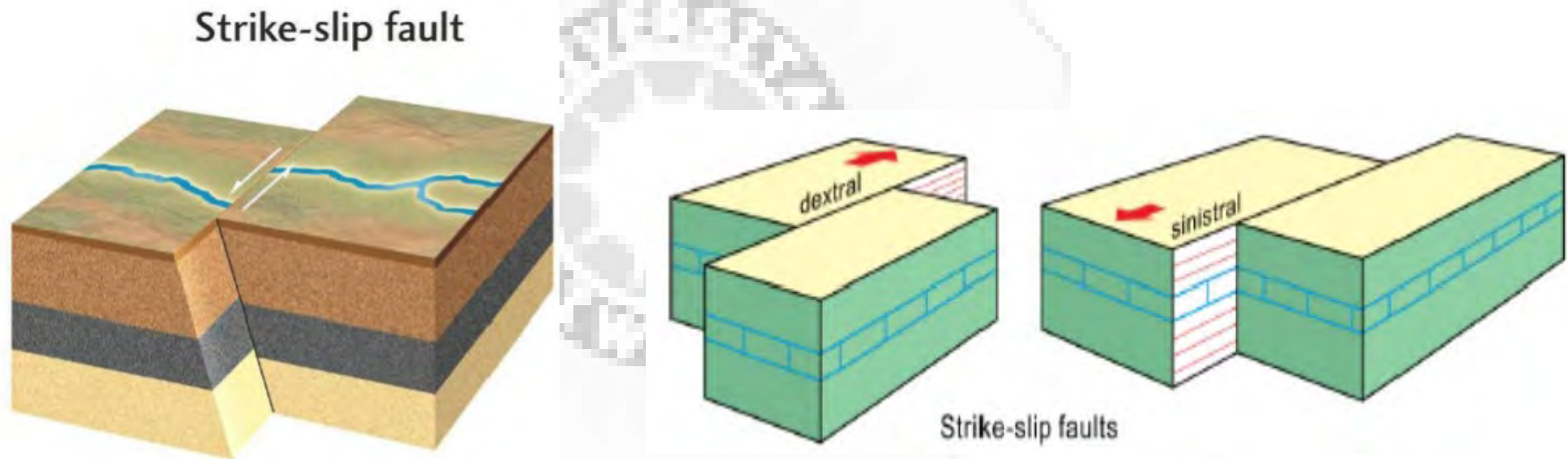
Graben



ENERGIAN

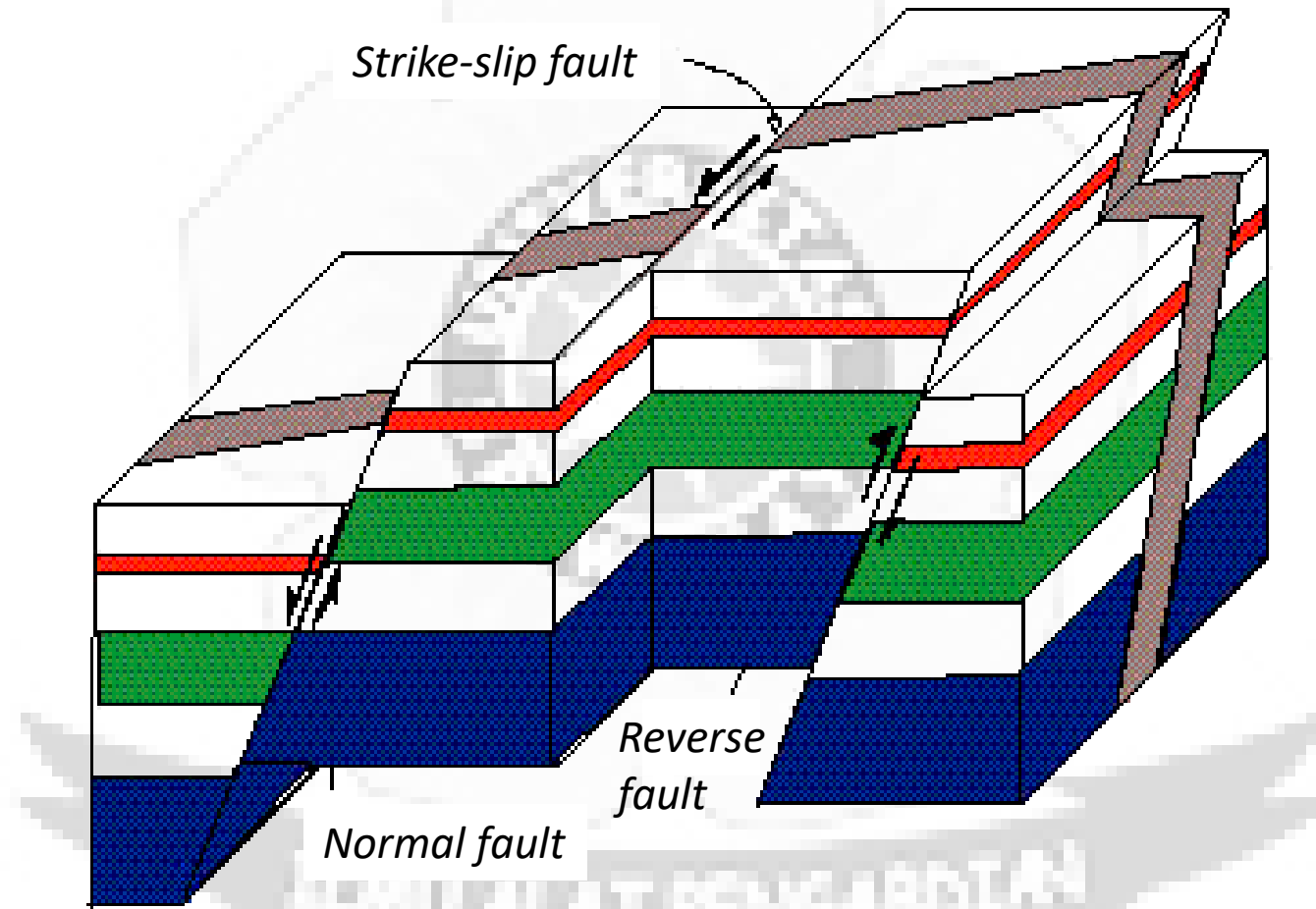
Sesar (*Fault*)

- Sesar akibat kedua batuan pada sesar bergerak saling menggelangsar: **sesar geseran-jurus** (*strike-slip fault*).



- Sesar normal dan sesar terbalik menghasilkan perpindahan vertikal (*vertical displacement*), sedangkan sesar geseran-jurus menghasilkan perpindahan horizontal (*horizontal displacement*).

Sesar (*Fault*)



Tiga jenis sesar (*fault*)

Spreading and Subduction

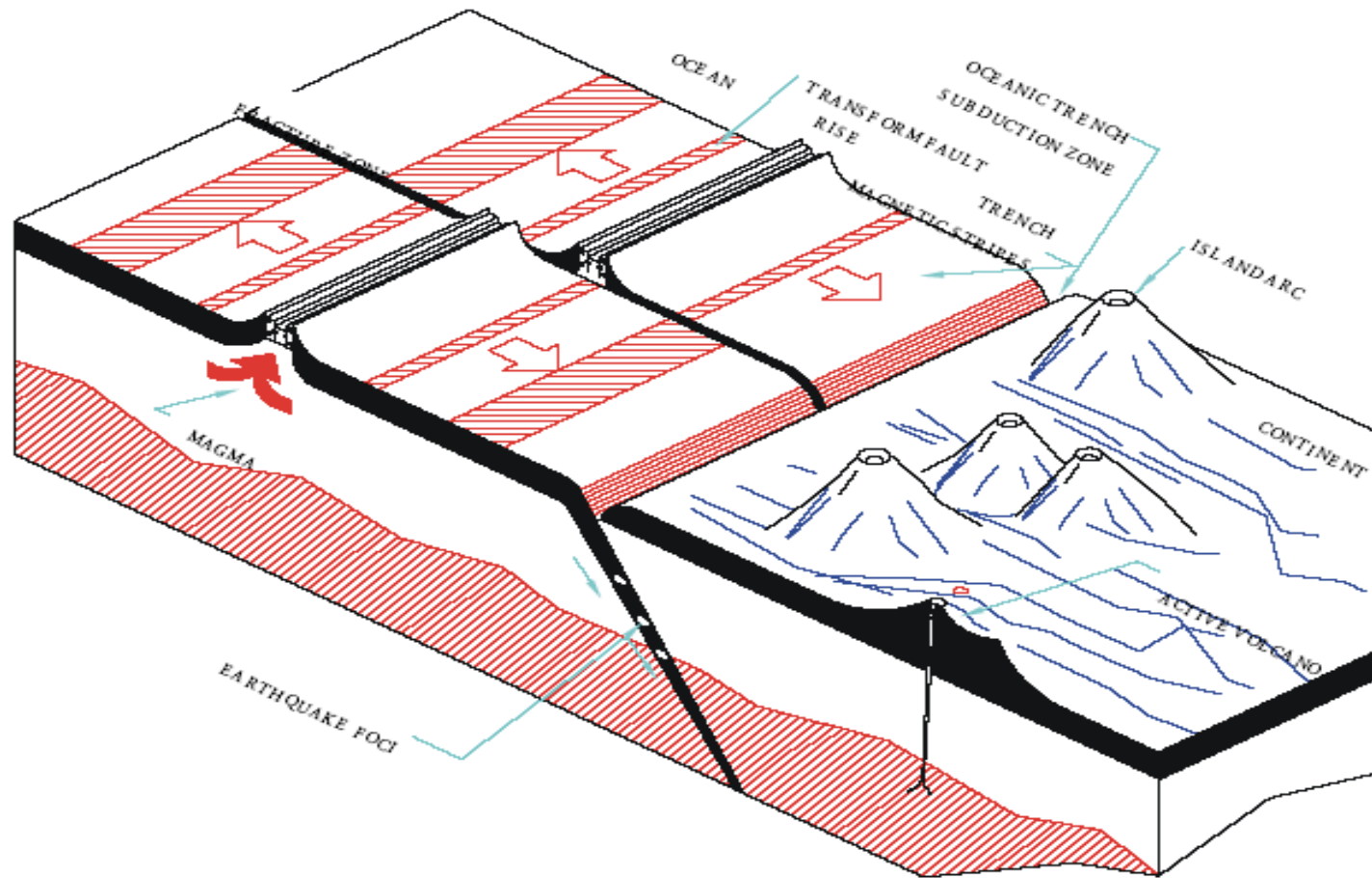
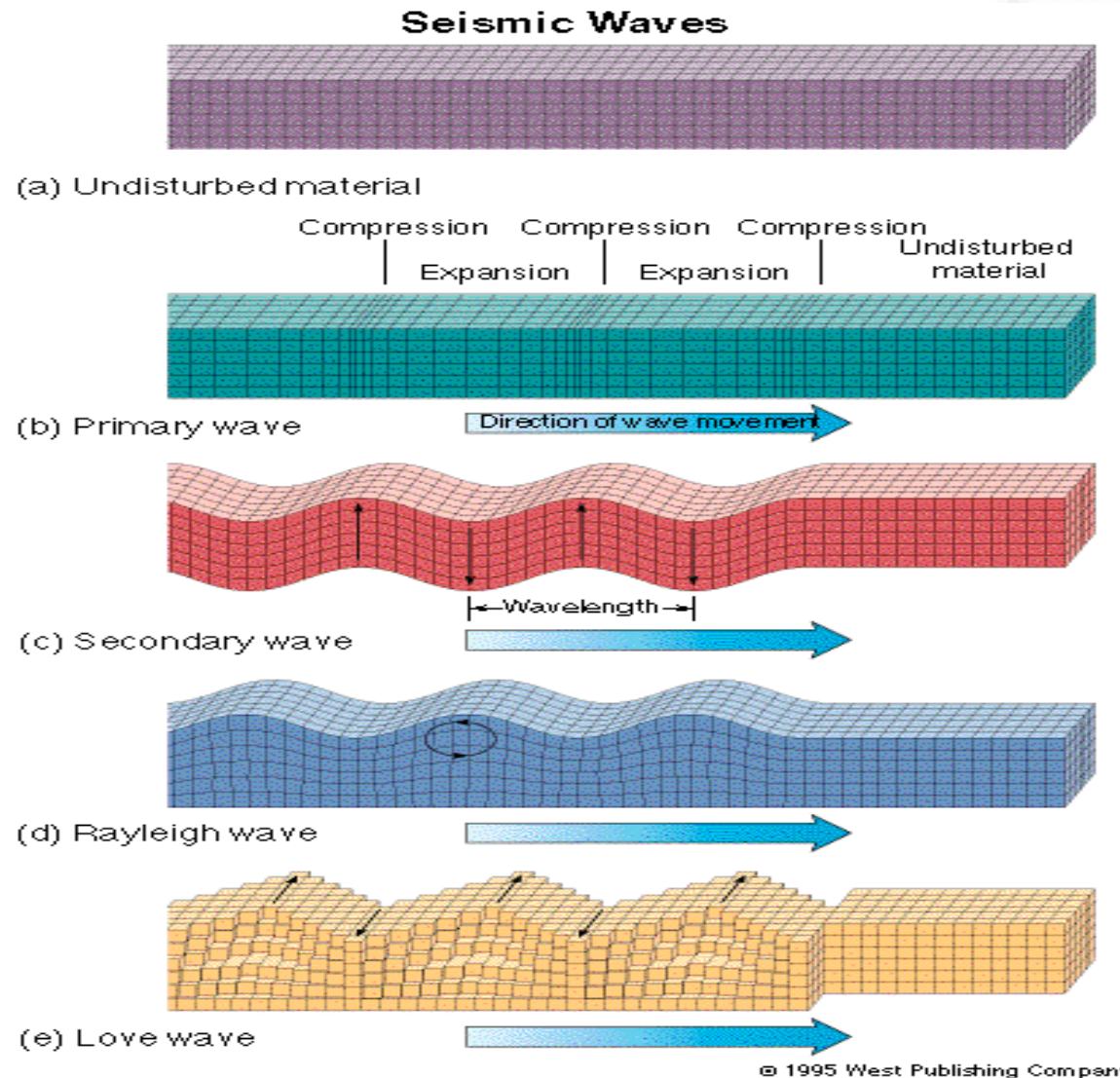


Figure 1-4. A sketch of the Earth's crust showing mid-oceanic ridges and active continental margin along a deep trench

Mekanisme terjadinya gempa

Getaran gempa (*seismic waves*)



Pergeseran pelat (lempeng) menghasilkan gaya gempa yang akan menyebabkan getaran gempa (*seismic wave*). Perambatan getaran gempa diklasifikasikan berdasarkan arahnya:

- *P-wave*: getaran berosilasi searah dengan propagasi rambatan gelombang gempa.
- *S-Wave*: getaran bergerak secara transversal.
- *Rayleigh wave* adalah gelombang permukaan. *Rayleigh wave* bergerak mundur secara vertical elipse
- *Love wave* adalah gelombang permukaan. *Love wave* bergerak secara transversal.

© 1995 West Publishing Company

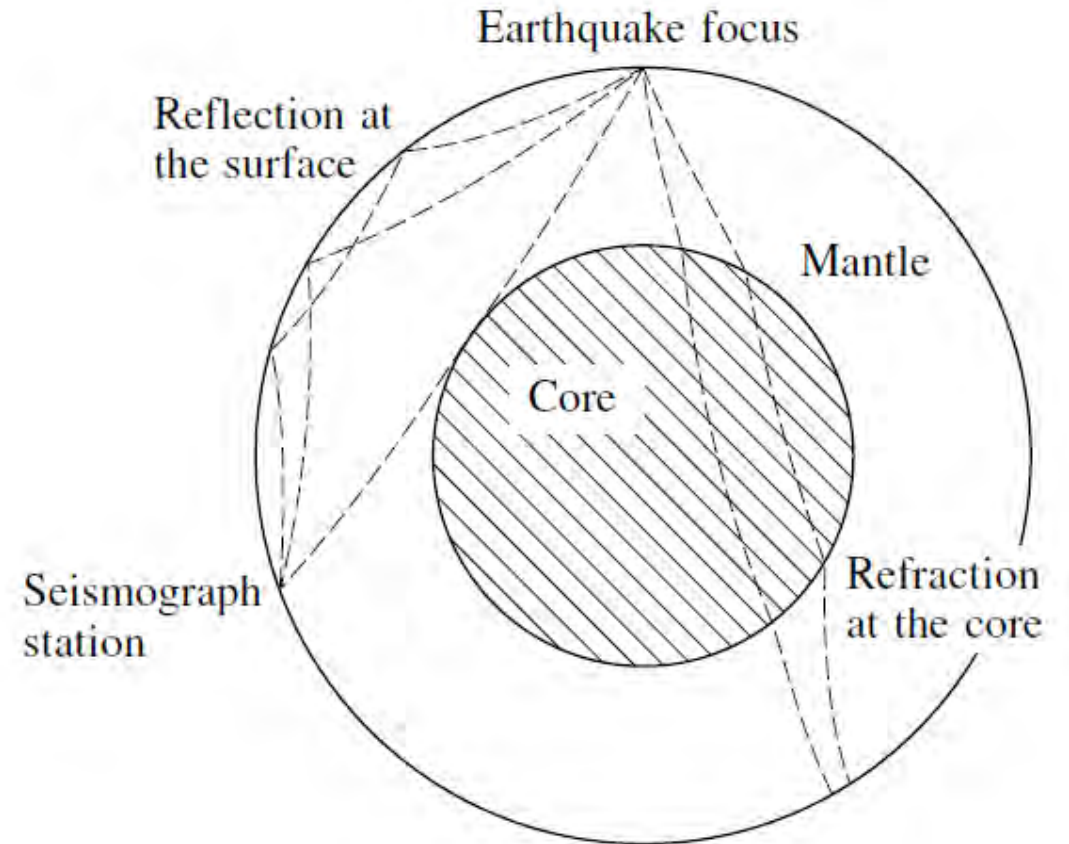
Jenis perambatan gelombang pada lapisan tanah

Perambatan gelombang gempa

Gelombang gempa merambat di dalam lapisan bumi kemudian akan sampai kepada struktur bangunan.

Dalam perjalanan menuju struktur bangunan tersebut, gelombang akan melewati berbagai **lapisan tanah** dan **jarak tertentu**, sehingga **getaran yang terjadi pada struktur tidak sama dengan getaran pada sumber gempa**.

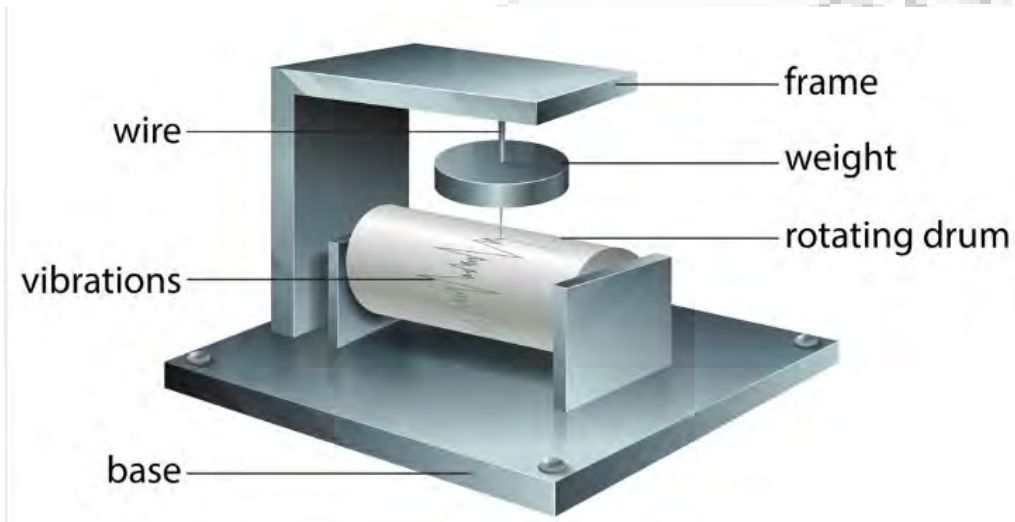
Dengan demikian, dapat terjadi percepatan gempa pada struktur lebih besar atau lebih kecil daripada percepatan gempa di sumber gempa.



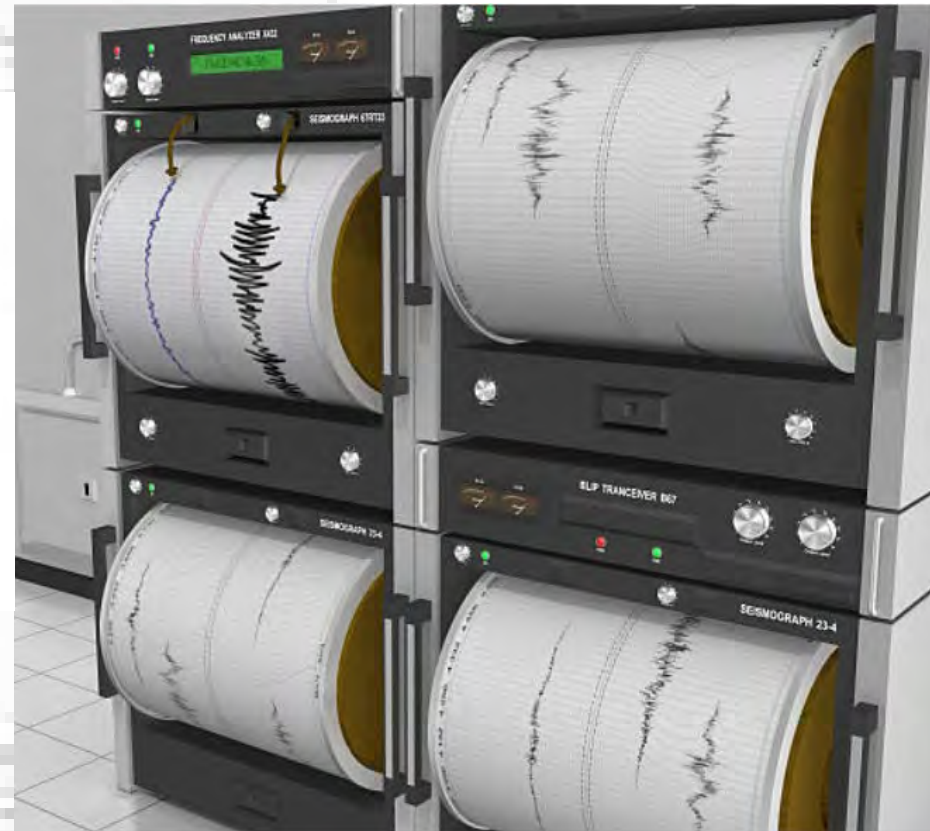
Jalur gelombang gempa

Seismograf dan seismogram

- Seismograf adalah peralatan yang merekam pergerakan gempa.
- Seismogram adalah rekaman visual yang dibuat oleh seismograf.



Bagian-bagian pembentuk seismograf



Pencatatan data gempa dengan seismograf

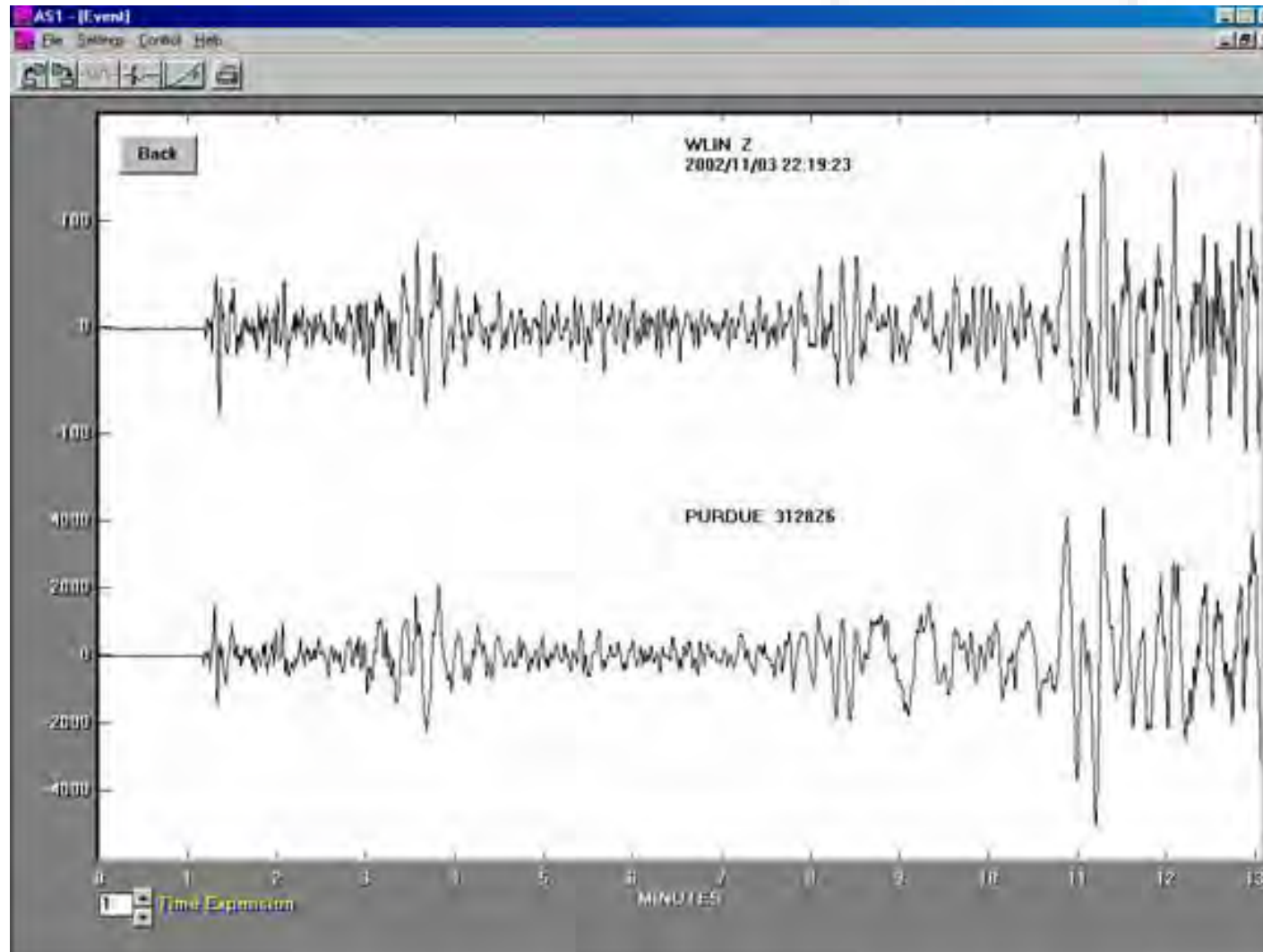
Seismograf dan seismogram

Seismogram

Comparison of the first 12 minutes of the November 3, 2002 central Alaska earthquake seismogram (upper trace; band pass filtered from 0.001 – 0.1 Hz in AmaSeis) recorded by an AS-1 seismograph at West Lafayette, Indiana with a similar seismogram (lower trace; band pass filtered from 0.1 – 2 Hz in AmaSeis) recorded by a Guralp high-performance, broadband, digital seismograph at West Lafayette, Indiana. Both seismograms are vertical component records. **The seismograph stations are about 5 km apart.**

Source:

<http://web.ics.purdue.edu/~braile/educmod/as1mag/as1mag1.htm>



Seismograf dan akselerograf

- **Seismograf** adalah istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan alat perekam yang **mendeteksi gerakan tanah** karena gempa bumi. Biasanya ini akan terdiri dari perekam dan **seismometer**, yang merupakan sensor yang mendeteksi **kecepatan tanah**. Seismometer bersifat **sangat sensitif** dan mudah mendeteksi ledakan kuat pada jarak 100 km. Seismometer tidak boleh disamakan dengan *geophone*, yang juga mendeteksi kecepatan tanah tetapi biasanya kurang sensitif dan digunakan untuk pemantauan dan survei jarak dekat.
- **Akselerograf** adalah perekam yang menggunakan akselerometer untuk **mendeteksi percepatan tanah**. Accelerometer jauh **kurang sensitif** dibandingkan seismometer, tetapi memiliki **jangkauan yang jauh lebih besar**, mendeteksi $\pm 2g$ ($g = \text{gravitasi}$) atau lebih percepatan tanah (benda mulai terbang dari tanah pada kondisi $1g$).
- Penggunaan yang tepat: seismometer untuk mendeteksi tingkat gerakan tanah yang sangat kecil (dari peristiwa yang sangat kecil atau sangat jauh), dan akselerometer untuk merekam gerakan tanah yang kuat yang berpotensi merusak di lokasi perekaman. Pemasangan seismograf dan akselerograf akan menghasilkan data sensor terbaik.

Akselerograf (alat pencatat percepatan getaran gempa)

- Kejadian gempa dicatat oleh **akselograf** dalam bentuk **akselerogram (rekaman percepatan getaran gempa)**. Akselerogram menunjukkan nilai percepatan gempa pada suatu titik dalam suatu kurun waktu. Riwayat waktu (*time history*) gempa diperoleh dari akseleogram.
- Dalam kondisi ideal, data getaran suatu gempa direkam oleh banyak banyak stasiun pencatat.
- Sampai saat ini, kejadian gempa tidak dapat diprediksi dan di sisi lain diperlukan anggaran untuk pembangunan instalasi dan perawatan peralatan akselerograf, maka tidak ada banyak catatan *time history* kejadian-kejadian gempa besar pada area terjadinya getaran terbesar.
- Walaupun demikian, terdapat banyak catatan time history yang diperoleh dari area yang mengalami getaran tanah sedang.



Akselerograf

- Rekaman akselerasi (percepatan) gempa El-Centro dengan alat akselerograf.
- Gaya gempa yang terjadi merupakan fungsi waktu.
- Kecepatan dan perpindahan tanah adalah hasil integrasi percepatan tanah.

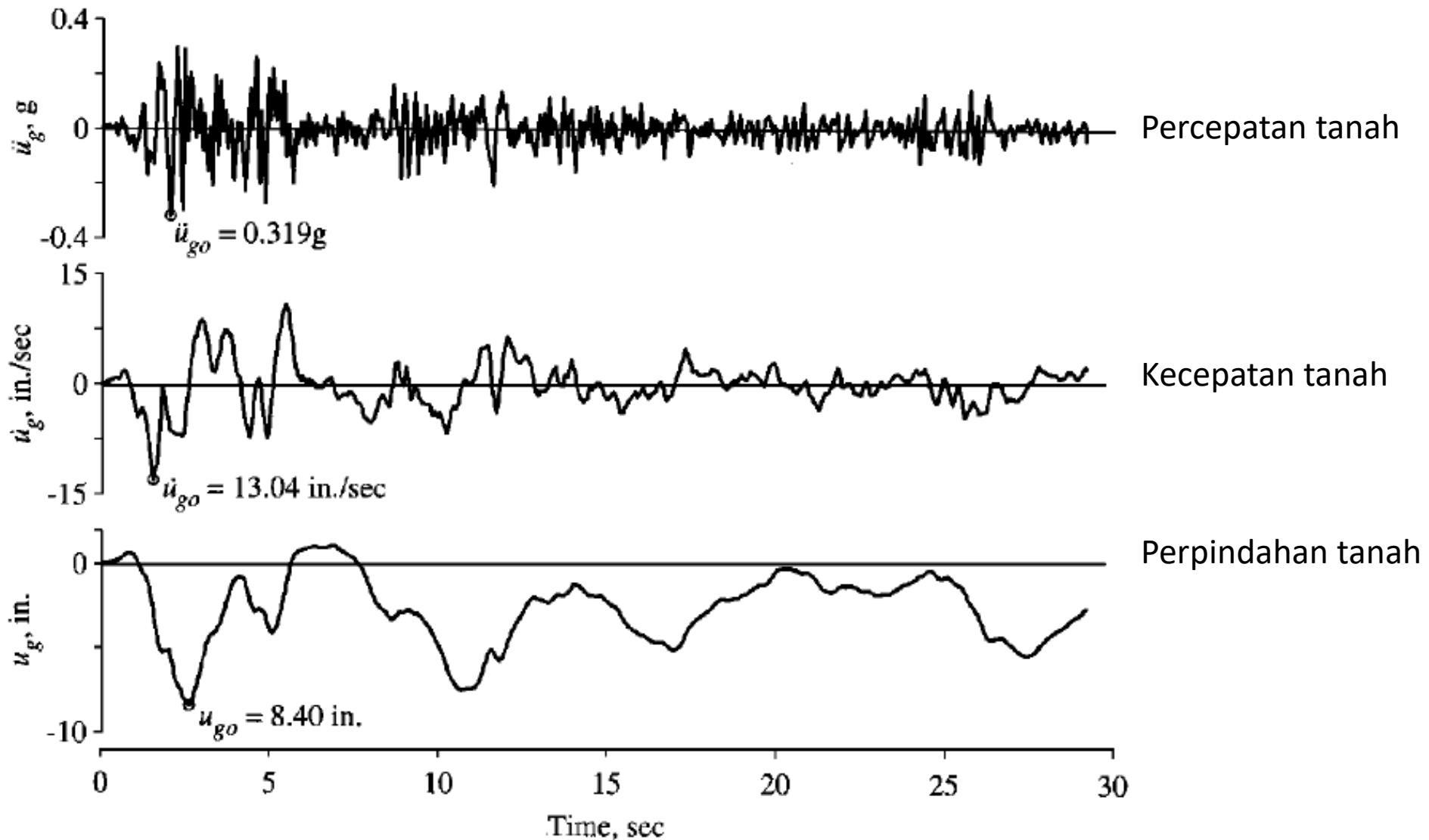
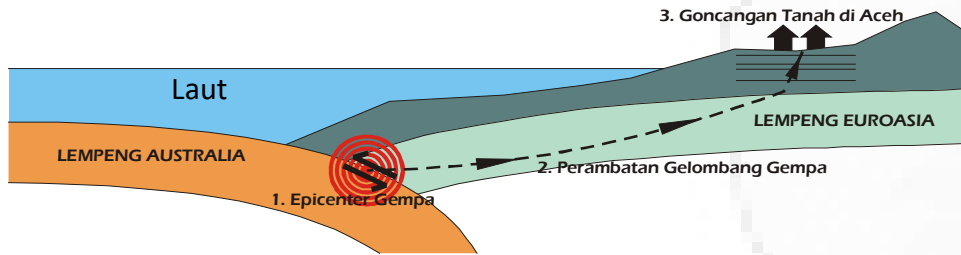


Figure 6.1.4 North-south component of horizontal ground acceleration recorded at the Imperial Valley Irrigation District substation, El Centro, California, during the Imperial Valley earthquake of May 18, 1940. The ground velocity and ground displacement were computed by integrating the ground acceleration.

Contoh data gempa di Aceh tahun 2004



Perambatan gelombang gempa Aceh (2004)

Event Information

Description	Sumatra-Nicobar Islands, Indonesia
ID	20041226005853
Magnitude	9.0
Depth	21.5 km
Longitude	95.700°E
Latitude	3.277°N
Origin Time	2004-12-26T00:58:53Z
Mechanism	RS
Mechanism source	composite
Location	Sumatra-Nicobar Islands, Indonesia
Flinn Engdahl region	705 - OFF W COAST OF NORTHERN SUMATERA
Fault file(s)	NEIC04_fault.txt
Fault reference(s)	NEIC (2004) based on aftershock distribution
Tectonic regime	SZ (generic)
Number of seismic stations	0
Number of DYFI stations	230

Ground Motion/Intensity Information

Type	Max value in grid	Max value on land	Bias
Intensity	8.56 intensity	8.56 intensity	-0.67
PGA	79.12 %g	65.37 %g	-0.3359
PGV	92.45 cm/s	92.45 cm/s	-0.4057
PSA03	151.42 %g	119.11 %g	-0.489
PSA10	129.01 %g	129.01 %g	0
PSA30	28.35 %g	28.35 %g	-1.1052

Map Information

Type	Latitude	Longitude
Span	14.97°	15°
Grid Spacing	3.686 km	3.705 km
Number of points	450	451
Min	0.208°S	89.200°E
Max	14.762°N	104.200°E

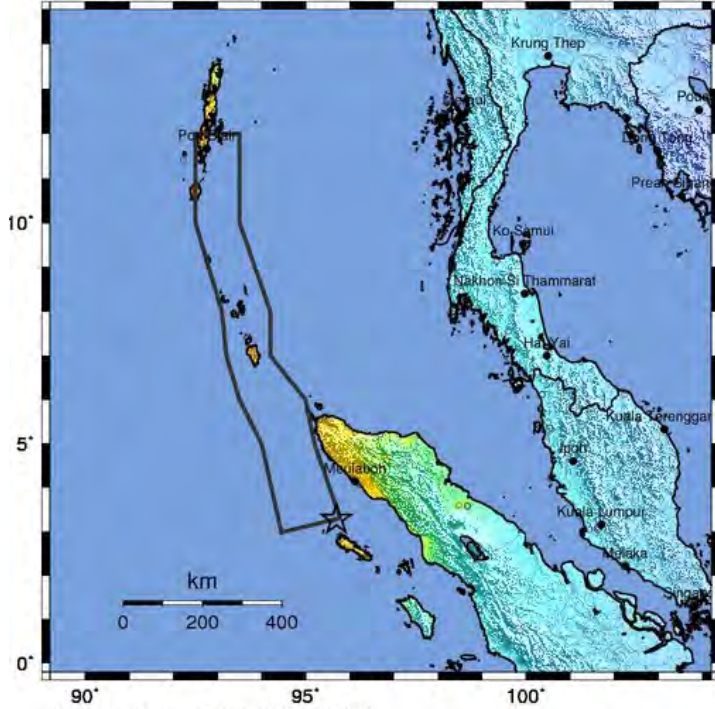
Uncertainty

M 9.1 - off the west coast of northern Sumatra (Magnitude: 9,1 skala Richter)

Sumber: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/official20041226005853450_30#shakemap

Contoh data gempa di Aceh tahun 2004

USGS ShakeMap : Sumatra–Nicobar Islands, Indonesia
 Dec 26, 2004 00:58:53 UTC M 9.0 N3.28 E95.70 Depth: 21.5km ID:20041226005853



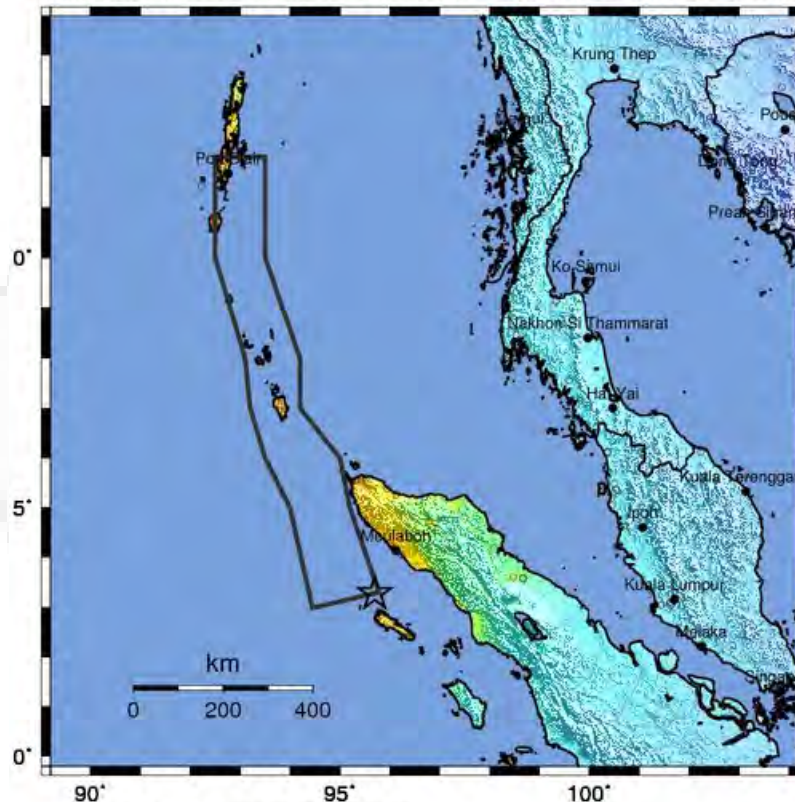
Map Version 1 Processed 2017-01-27 00:56:50 UTC

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Worden et al. (2012)

Intensity map

USGS ShakeMap : Sumatra–Nicobar Islands, Indonesia
 Dec 26, 2004 00:58:53 UTC M 9.0 N3.28 E95.70 Depth: 21.5km ID:20041226005853



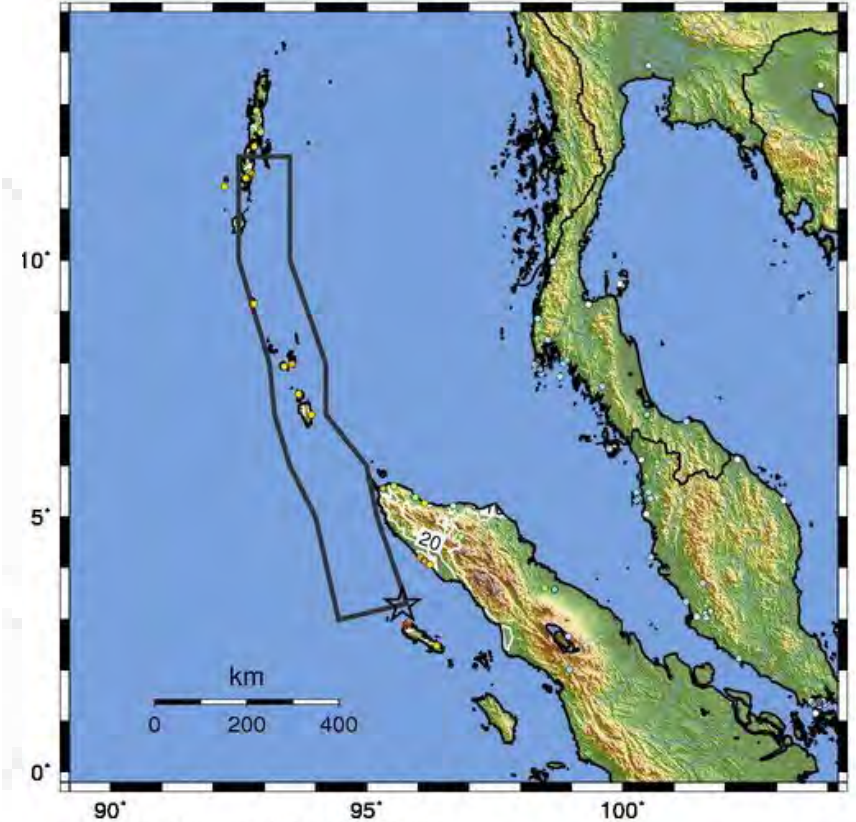
Map Version 1 Processed 2017-01-27 00:56:50 UTC

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Worden et al. (2012)

Peak acceleration map

USGS Peak Velocity Map (in cm/s) : Sumatra–Nicobar Islands, Indonesia
 Dec 26, 2004 00:58:53 UTC M 9.0 N3.28 E95.70 Depth: 21.5km ID:20041226005853



Map Version 1 Processed 2017-01-27 00:56:50 UTC

PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Worden et al. (2012)

Peak velocity map

Contoh data gempa di Pulau Lombok, NTB tahun 2018

Magnitude: ukuran kekuatan gempa bumi yang menggambarkan besarnya energi seismik yang dikeluarkan oleh sumber gempa dan dicatat oleh seismograf.

Input

Event Information

Description	LOMBOK REGION, INDONESIA
ID	us2000ggb5
Magnitude	6.4
Depth	14.0 km
Longitude	116.508°E
Latitude	8.239°S
Origin Time	2018-07-28T22:47:38Z
Mechanism	ALL
Mechanism source	composite
Location	LOMBOK REGION, INDONESIA
Flinn Engdahl region	285 - SUMBAWA REGION, INDONESIA
Fault file(s)	-
Fault reference(s)	-
Tectonic regime	SZ (on-shore)
Number of seismic stations	1
Number of DYFI stations	23

Output

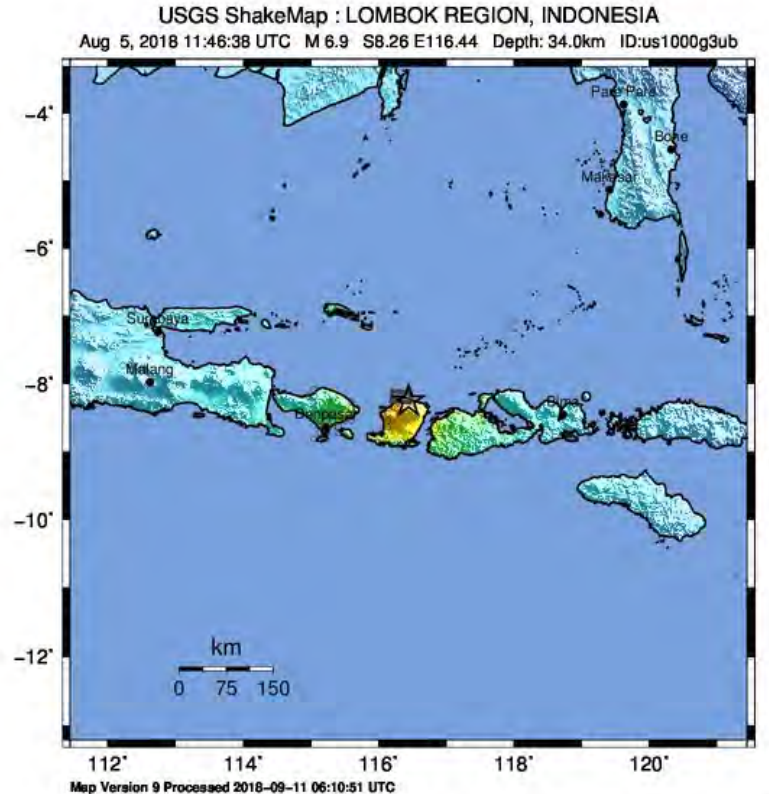
Ground Motion/Intensity Information

Type	Max value in grid	Max value on land	Bias
Intensity	7.2 intensity	7.2 intensity	0.52
PGA	38.61 %g	38.61 %g	1.3137
PGV	43.35 cm/s	43.35 cm/s	1.2539
PSA03	94.81 %g	94.81 %g	1.5481
PSA10	48.08 %g	48.08 %g	1.517
PSA30	11.35 %g	11.35 %g	1.0218

Map Information

Type	Latitude	Longitude
Span	9.9°	10°
Grid Spacing	1.843 km	1.836 km
Number of points	595	601
Min	13.190°S	111.508°E
Max	3.289°S	121.508°E

Uncertainty



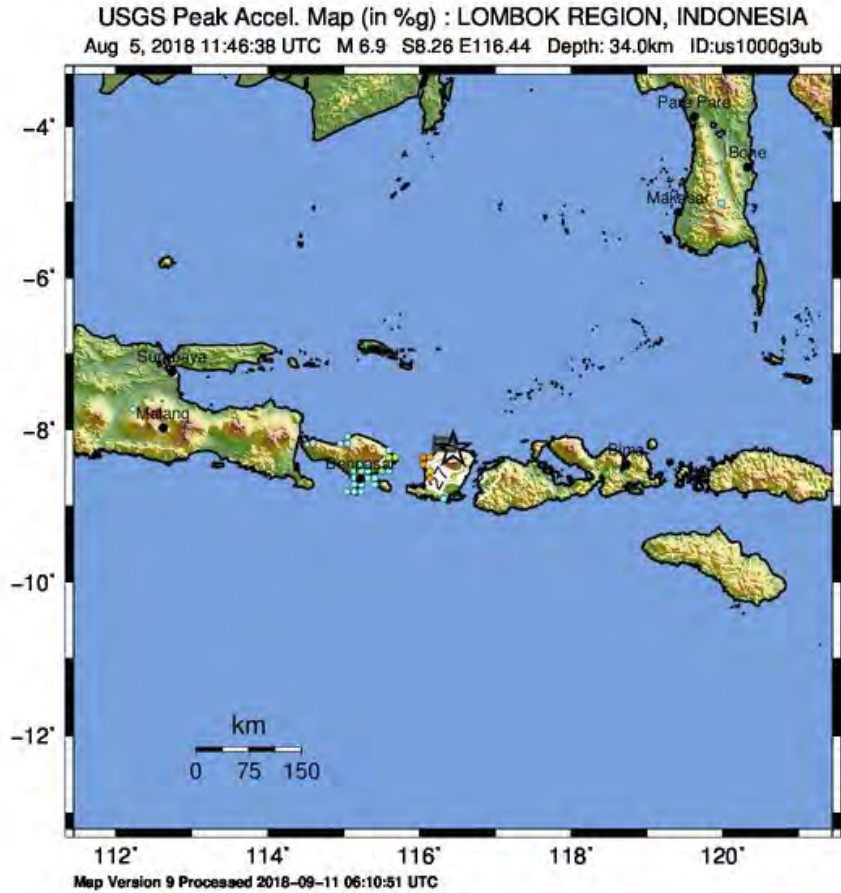
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC (%g)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL (cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Worden et al. (2012)

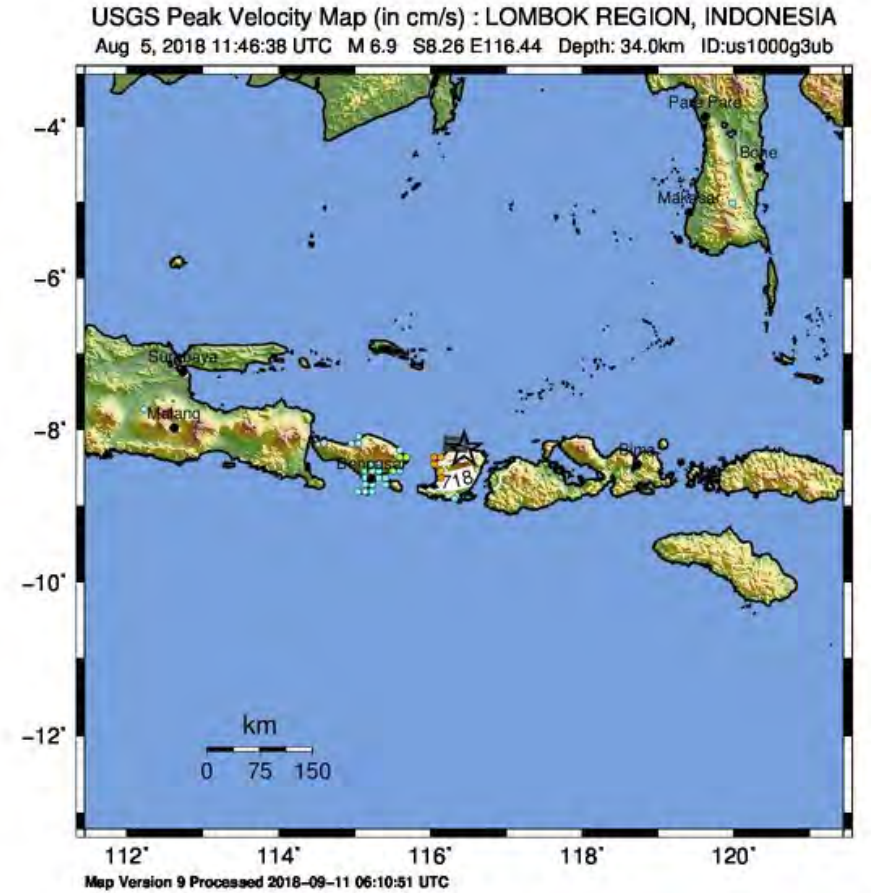
Intensity map

Sumber: https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/official20041226005853450_30#shakemap

Contoh data gempa di Pulau Lombok, NTB tahun 2018



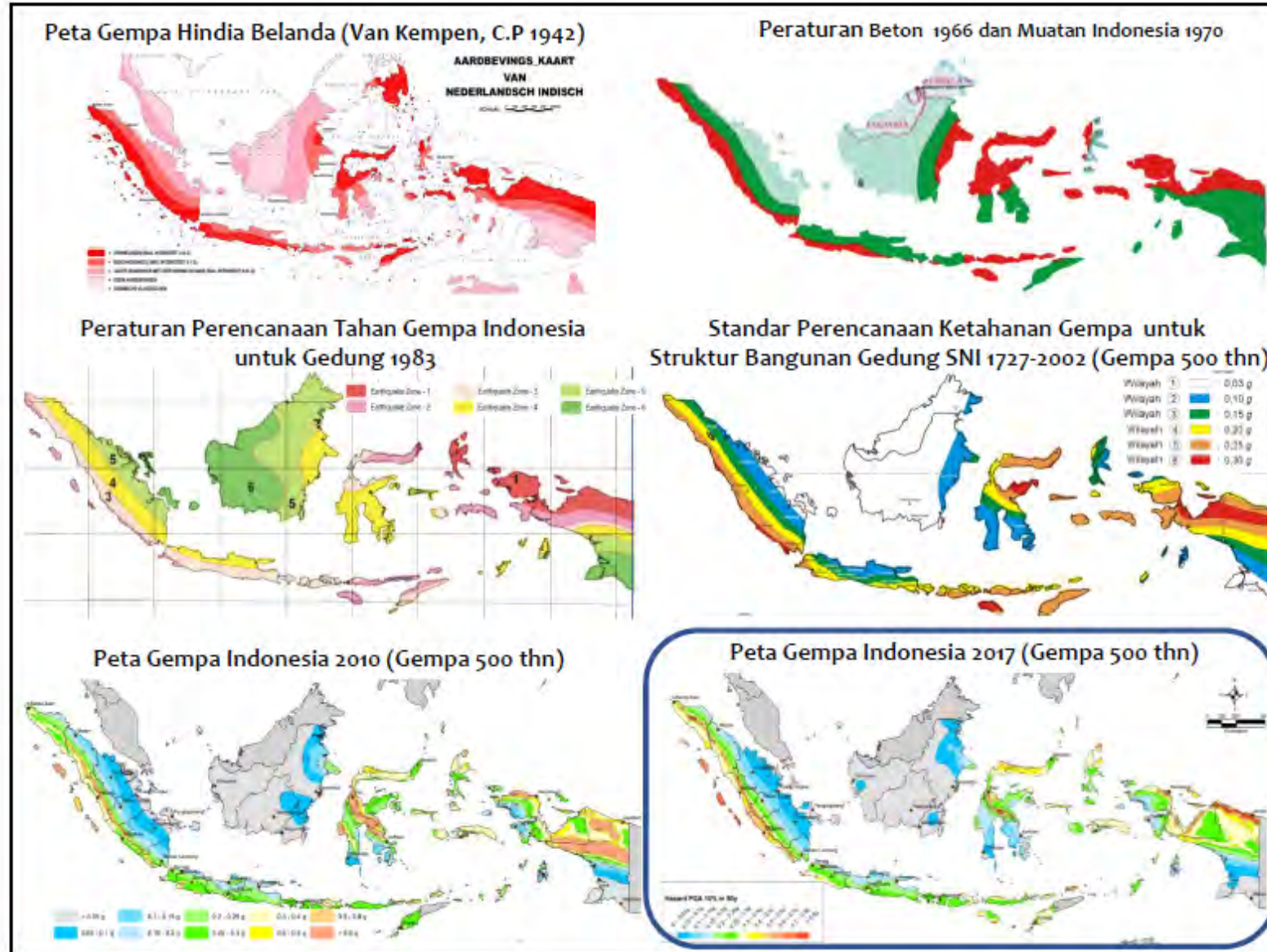
Peak acceleration map



Peak velocity map

Peta gempa Indonesia dan Standar Nasional Indonesia





Seismic Hazard Map of Indonesia

(Peraturan Beton Indonesia 1962; tidak digunakan lagi)

PETA DAERAH GEMPA DI - INDONESIA .

