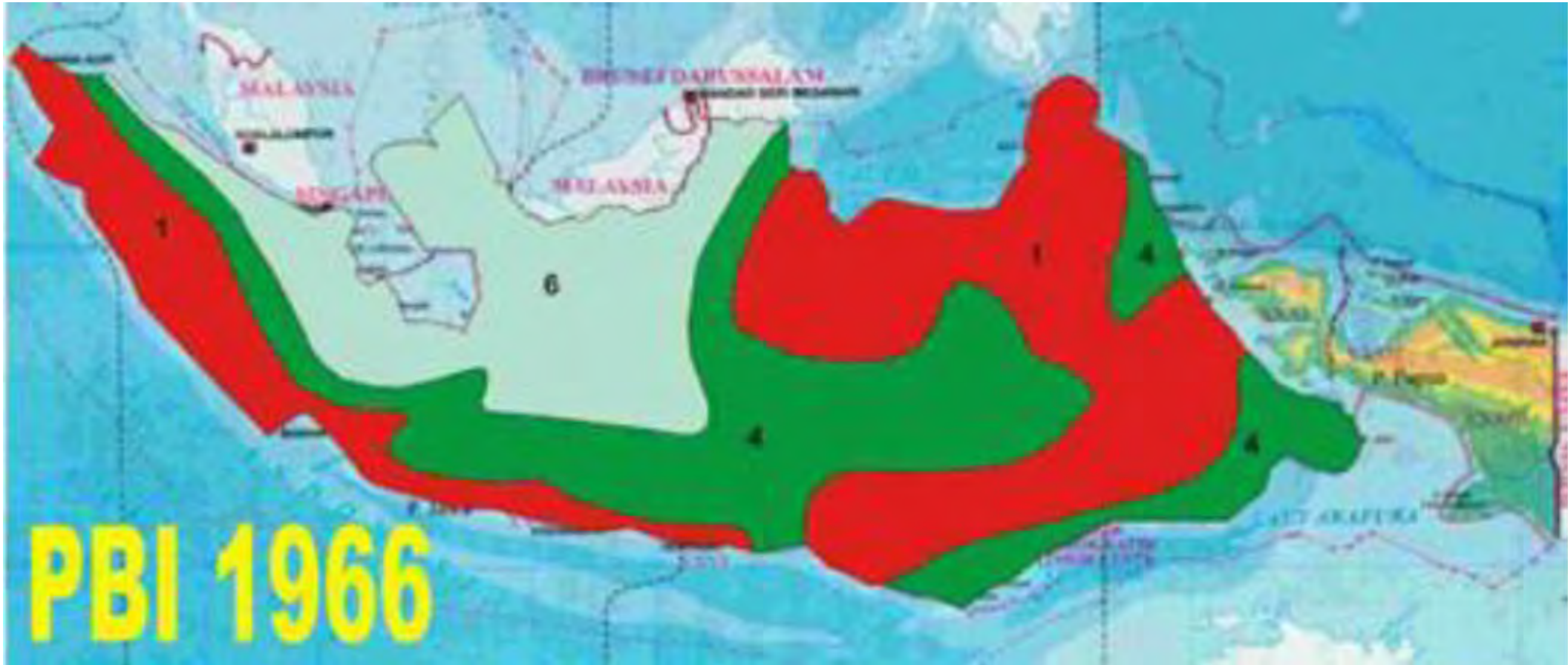


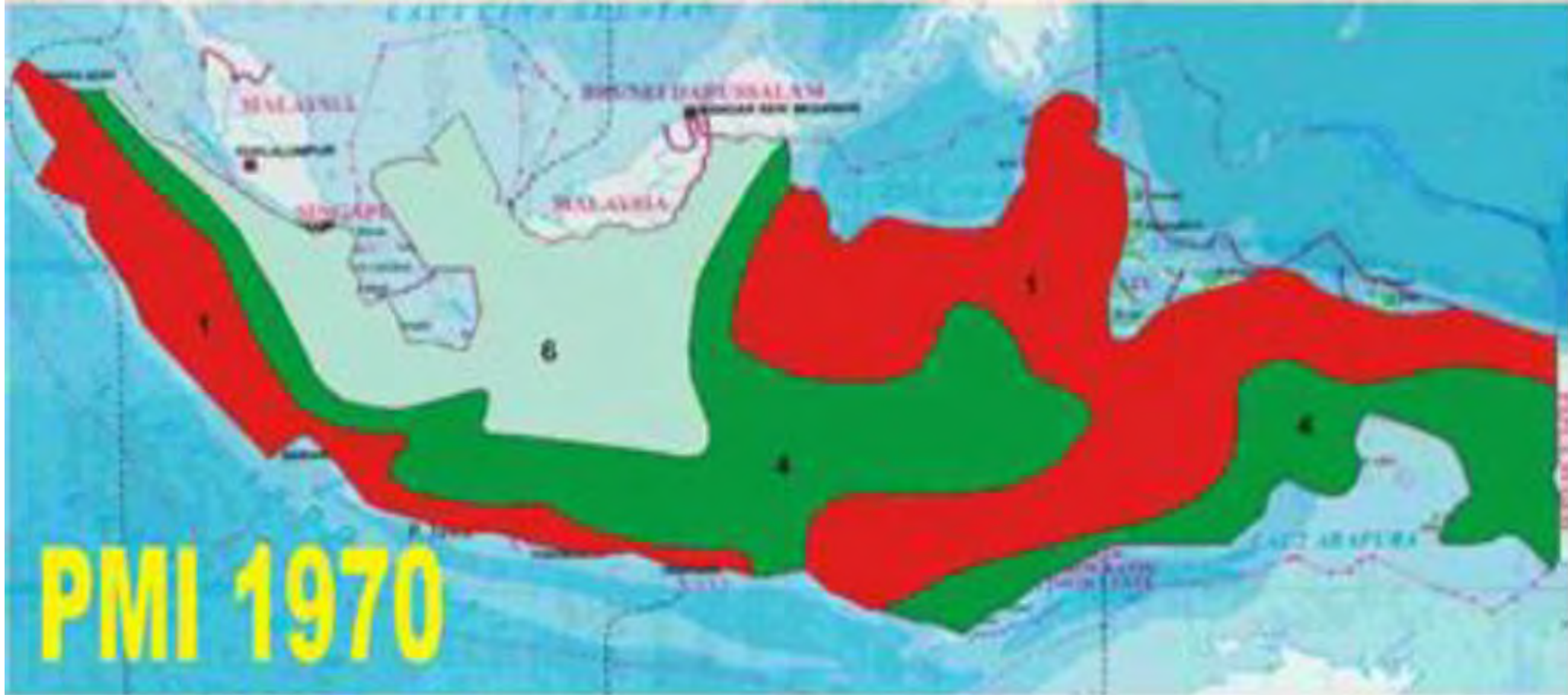
Seismic Hazard Map of Indonesia

(Peraturan Beton Indonesia 1966; tidak digunakan lagi)



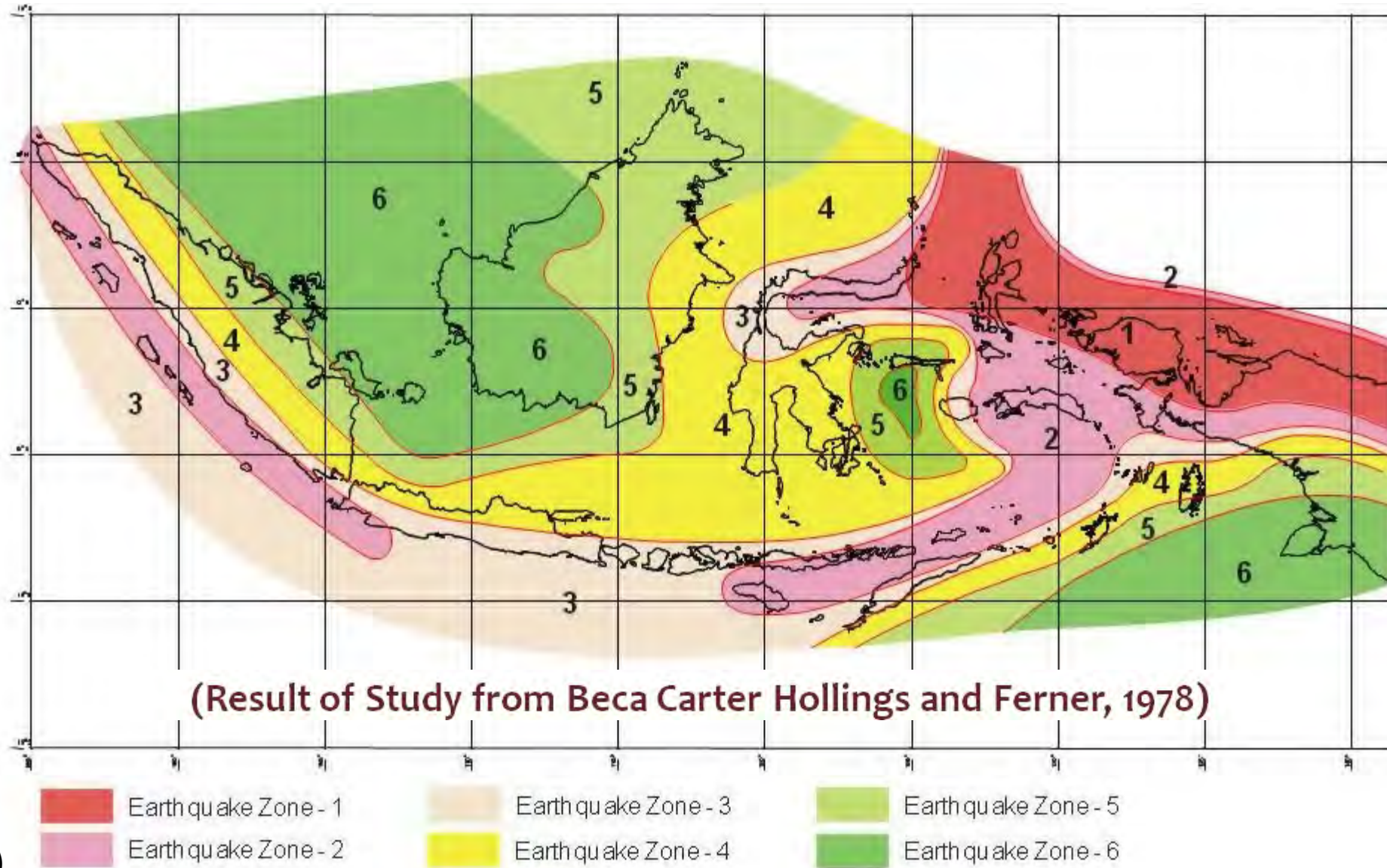
Seismic Hazard Map of Indonesia

(Peraturan Muatan Indonesia 1970; tidak digunakan lagi)



Seismic Hazard Map of Indonesia

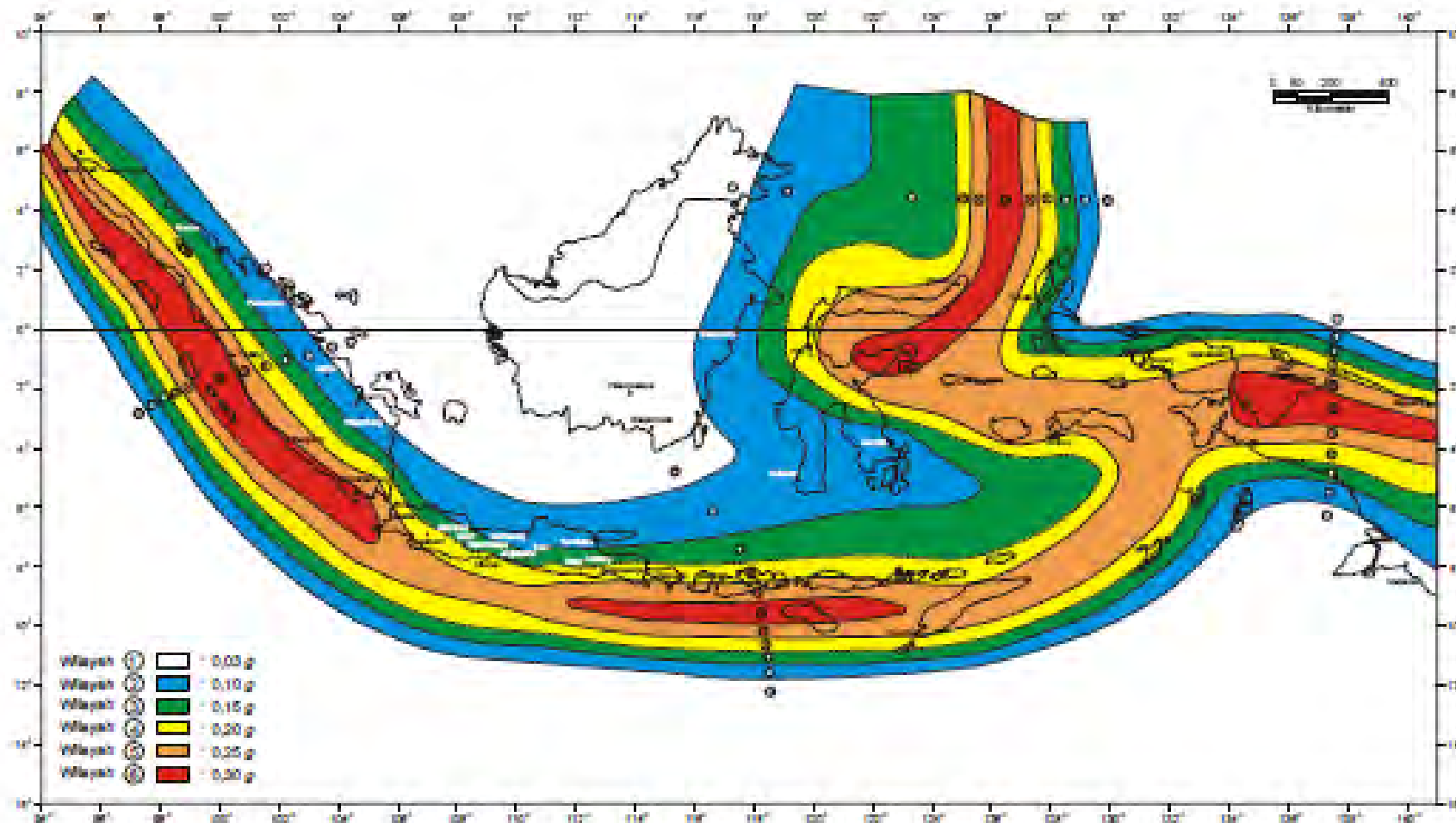
(Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1983; tidak digunakan lagi)



Peta gempa Indonesia tahun 2002; SNI 1726: 2002 (tidak digunakan lagi)

SNI-1726-2002

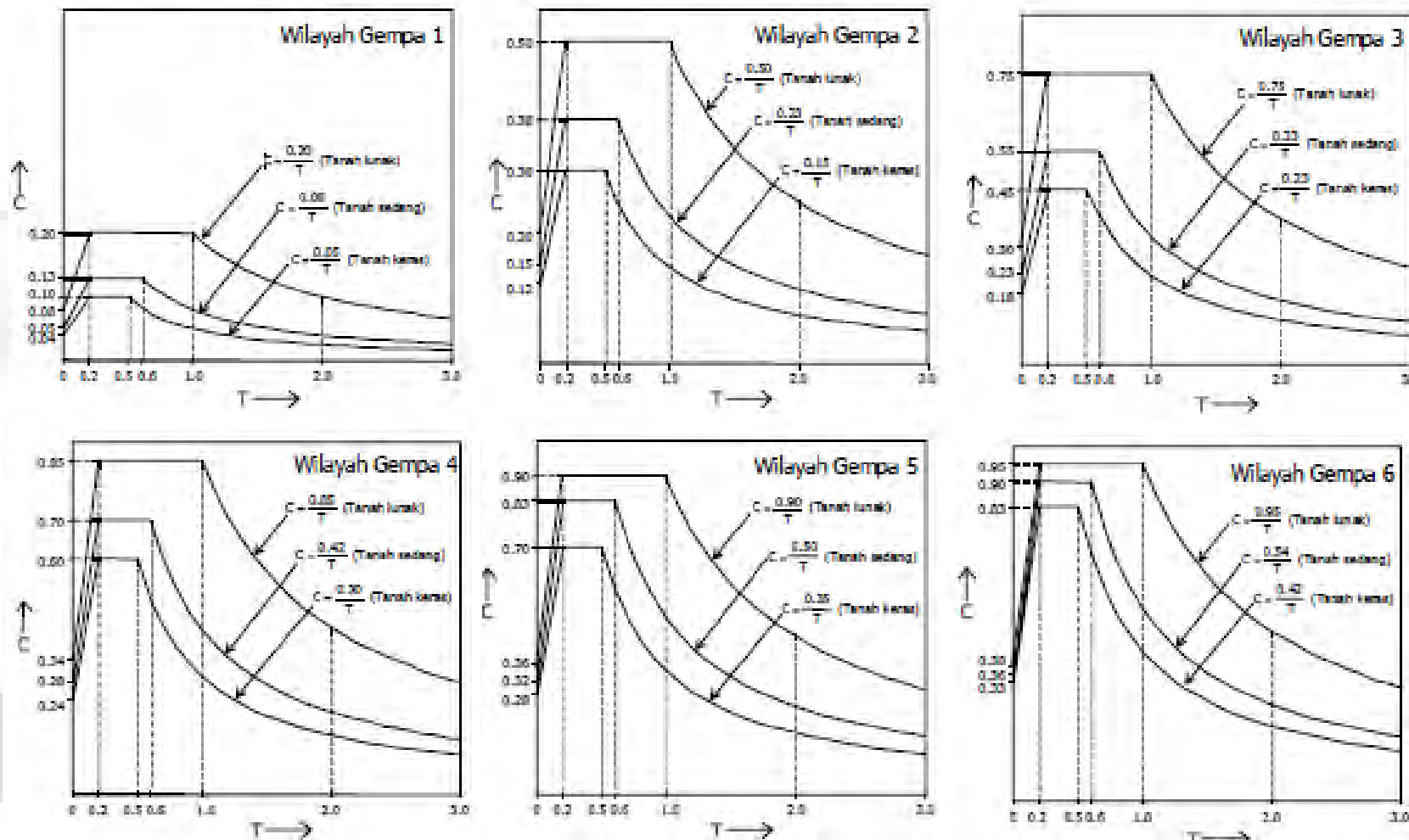
- SNI-1726-2002
*Standar
Perencanaan
Ketahanan Gempa
Untuk Struktur
Bangunan Gedung*
- Mengatur ketentuan
tentang beban gempa
Indonesia pada
bangunan Wilayah
Indonesia terbagi
dalam **6 zonasi
kegempaan
berdasarkan
percepatan tanah**



Gambar 2.1. Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan perioda ulang 500 tahun

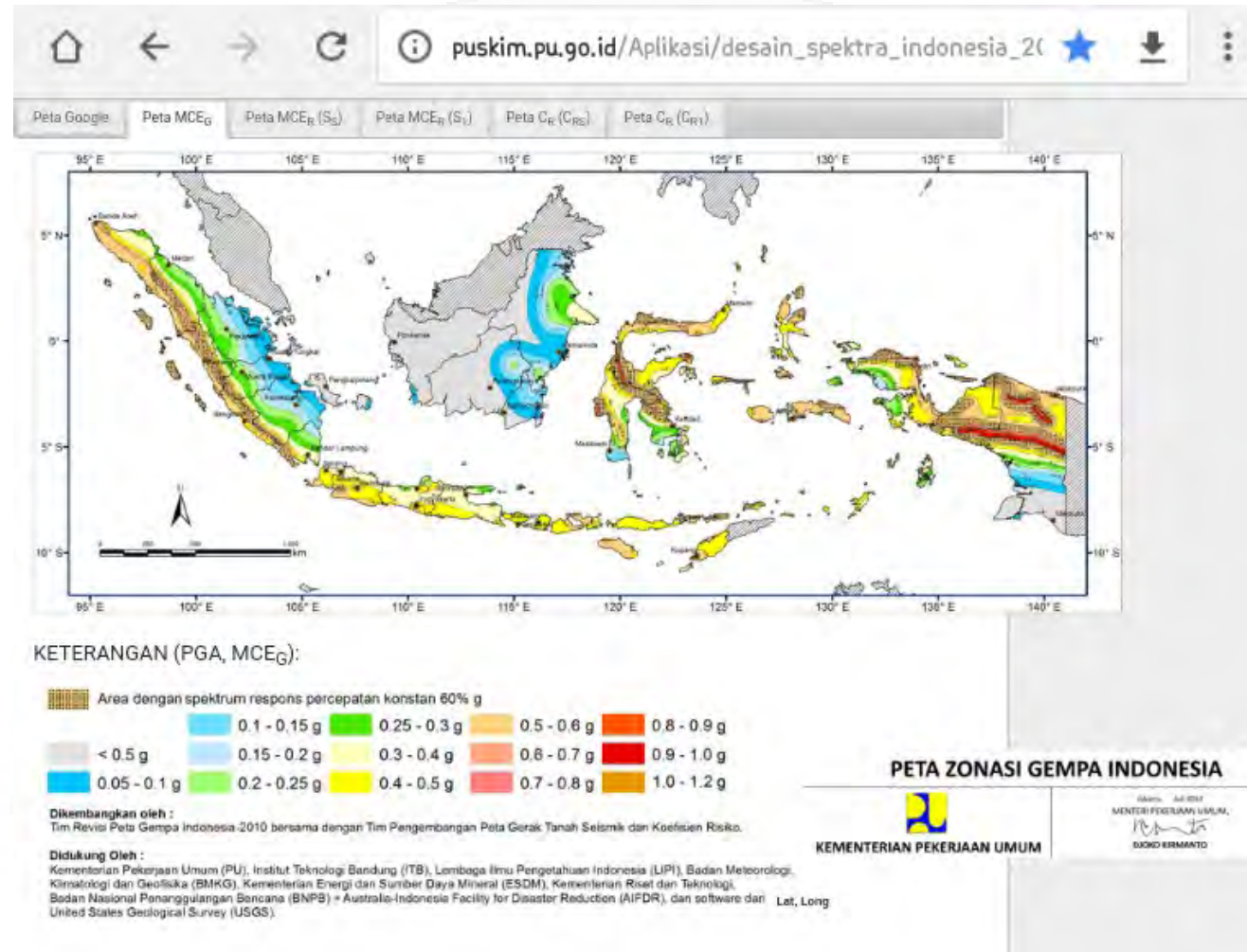
Peta gempa Indonesia tahun 2002; SNI 1726: 2002 (tidak digunakan lagi)

- SNI-1726-2002 *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*
- Setiap 6 zonasi kegempaan memiliki **respons spektra tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras**
- **Respons spektra** adalah kurva hubungan **percepatan gempa (C)** dengan **waktu (T)**



Respons spektra gempa rencana

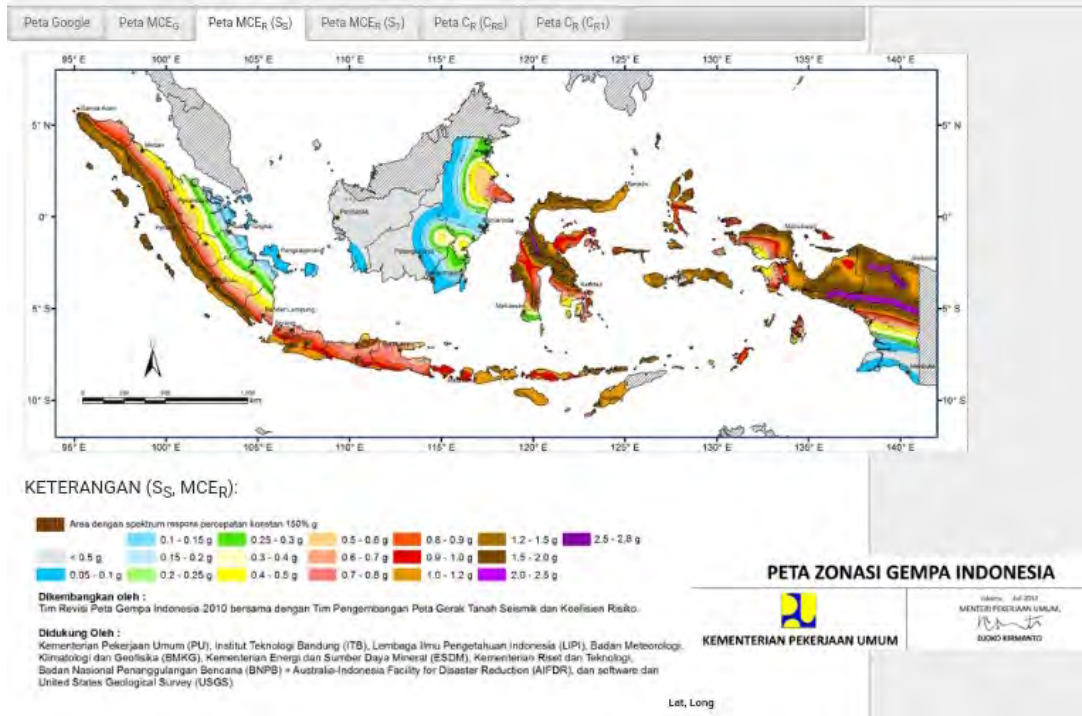
Peta gempa Indonesia tahun 2010; SNI 1726: 2013 (tidak digunakan lagi)



Peak Ground Acceleration (PGA) di Indonesia

<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010/>

Peta gempa Indonesia tahun 2010; SNI 1726: 2013 (tidak digunakan lagi)

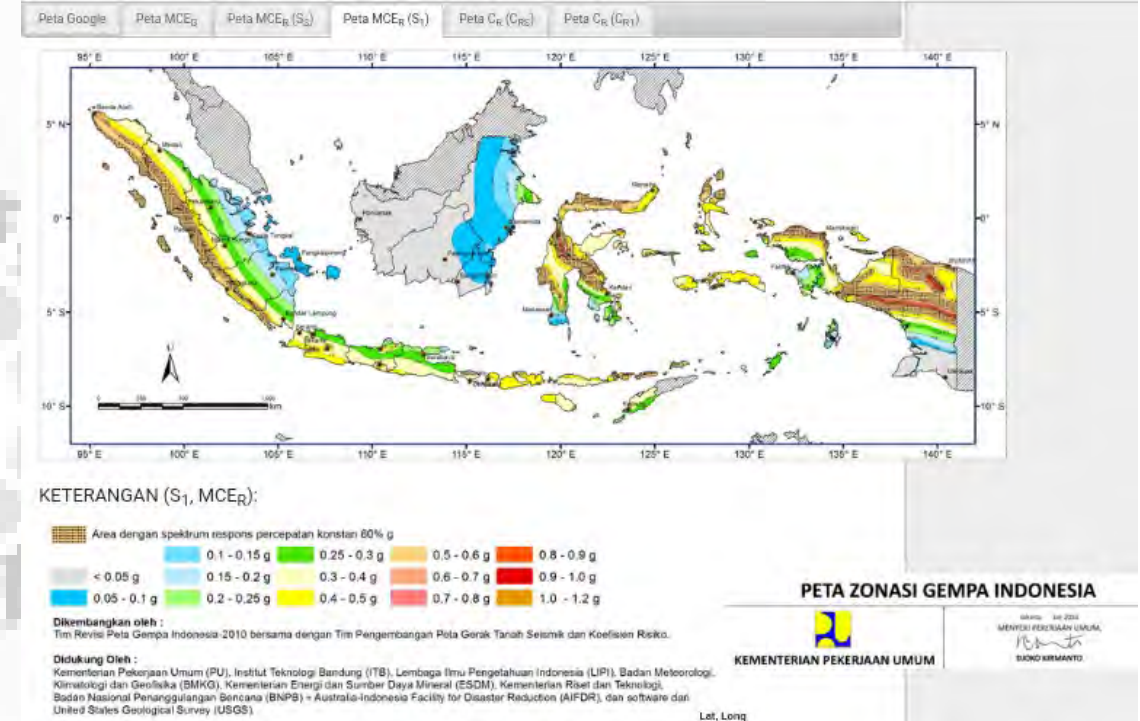


Peta nilai S_s

Keterangan:

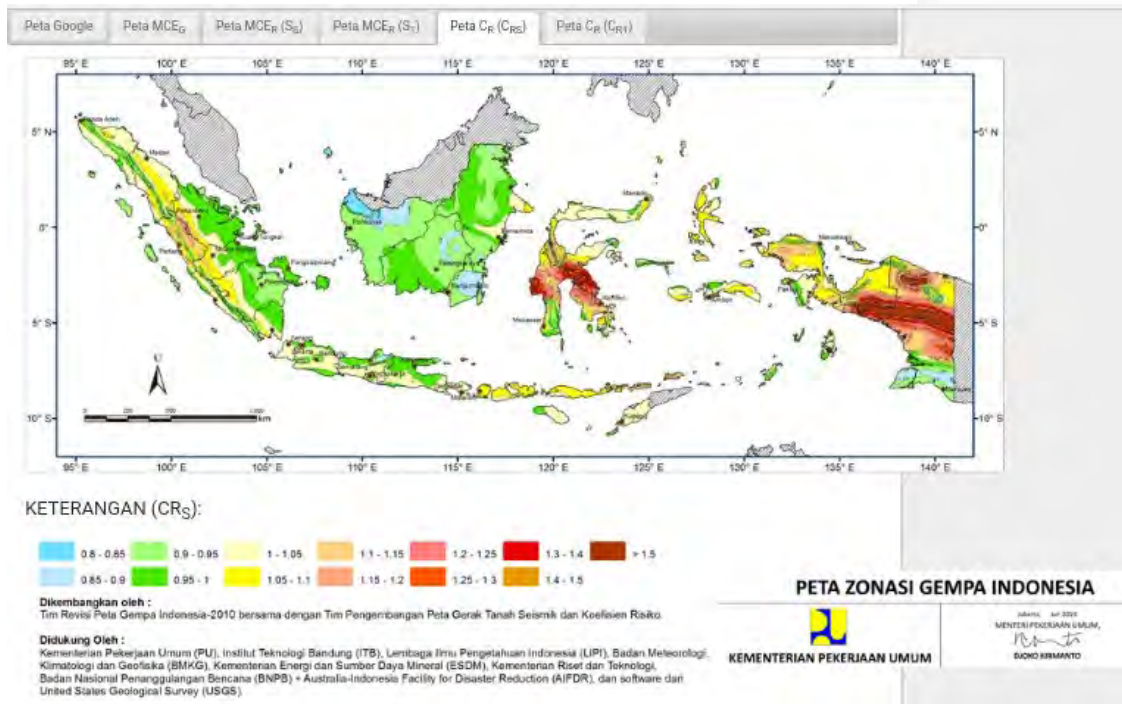
Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda pendek, redaman 5 persen: S_s (g)

Parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik, redaman 5 persen: S_1 (g)

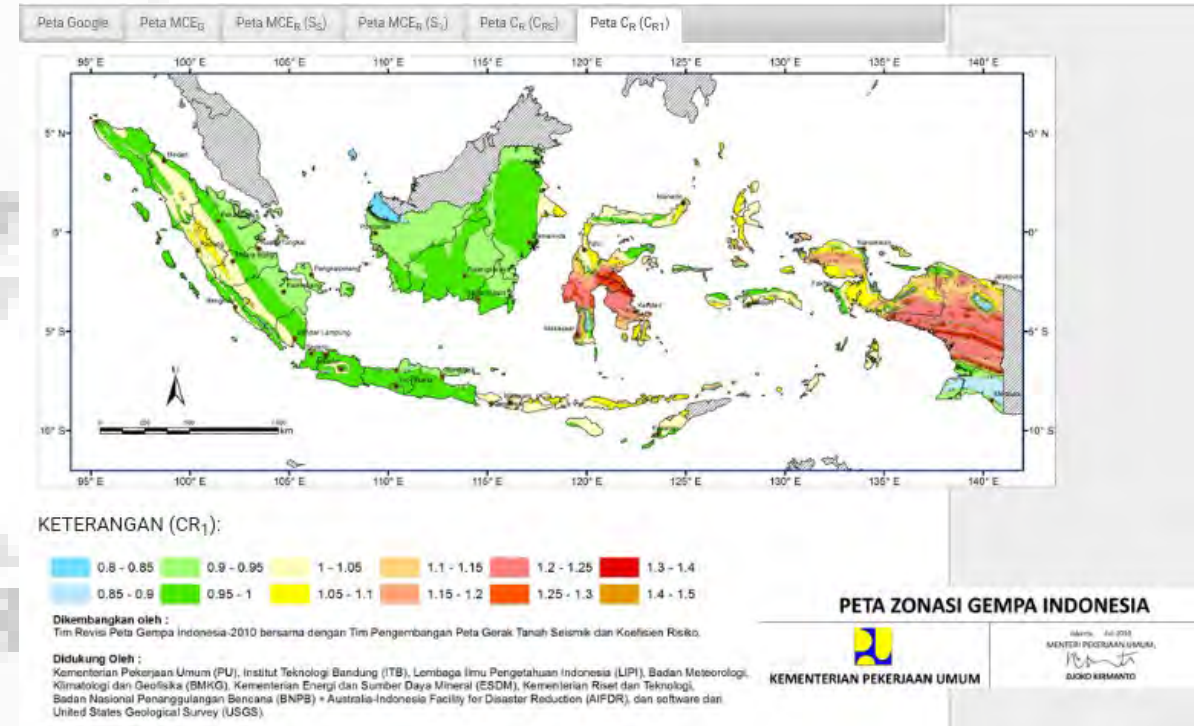


Peta nilai S_1

Peta gempa Indonesia tahun 2010; SNI 1726: 2013 (tidak digunakan lagi)



Peta nilai CR_s



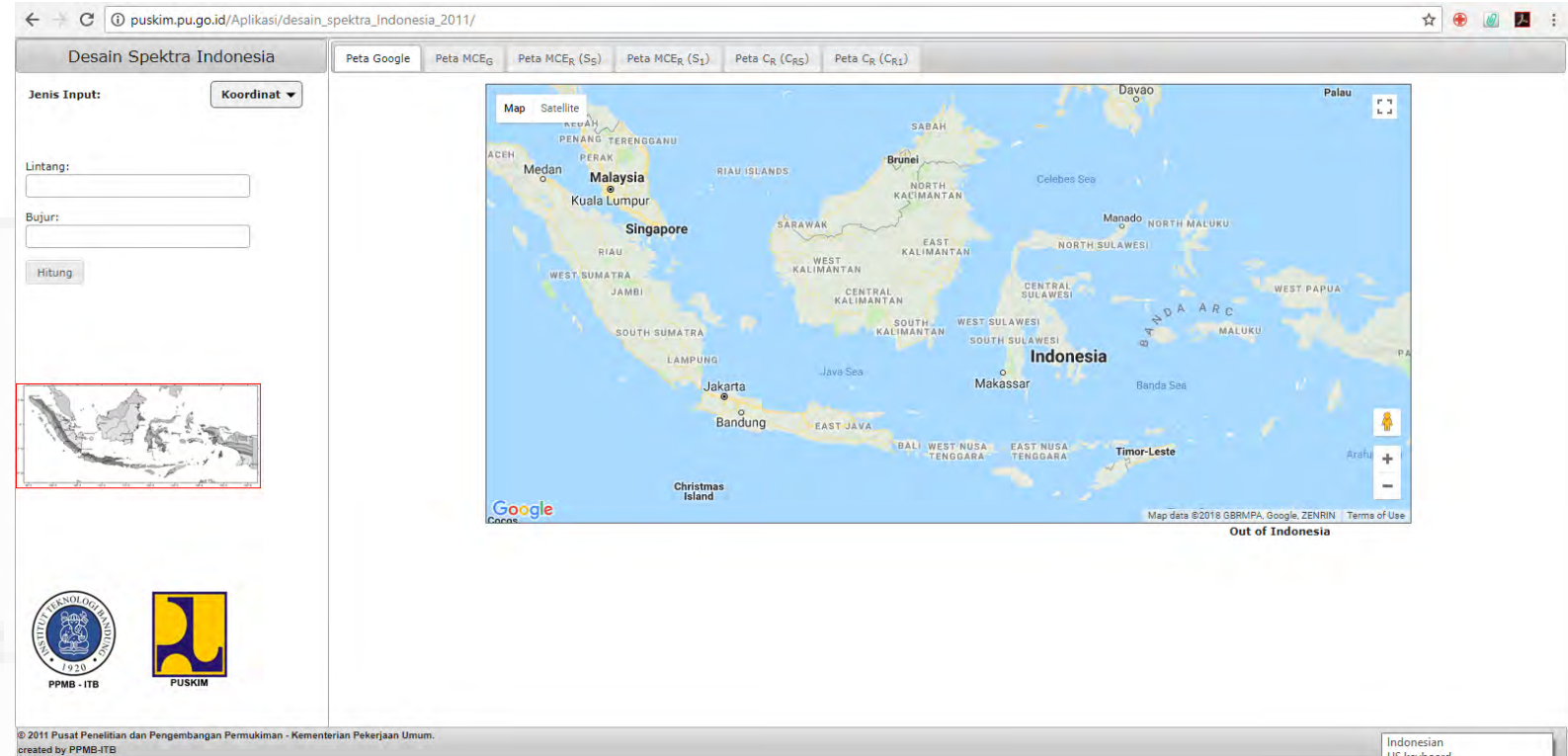
Peta nilai CR_1

Keterangan:

Percepatan tanah puncak, <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA):	PGA (g)
Nilai terpetaka koefisien risiko spesifik situs pada perioda pendek:	C_{RS}
Nilai terpetaka koefisien risiko spesifik situs pada perioda 1 detik:	C_{R1}

Respons spektra gempa Indonesia tahun 2010 (tidak digunakan lagi)

- SNI 1726:2012 *Standar Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung menggunakan respons spektra gempa Indonesia tahun 2011*
- **Koefisien kegempaan dan Respons Spektra** untuk suatu lokasi di Indonesia dapat diperoleh dari *website (prior) Pusat Litbang Permukiman, Badan Litbang dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat:*



Keterangan: Masukkan data **koordinat lokasi** atau **nama kota**, klik “hitung”, maka akan muncul data koefisien kegempaan dan respons spektra.

<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2010/>

Respons spektra gempa Indonesia tahun 2010 (tidak digunakan lagi)

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.353
S ₀ (g)	0.664
S ₁ (g)	0.293
C _{RS}	0.989
C _{RI}	0.938
F _{PGA}	1.000

T (detik)	SA (g)
0	0.177
T _G	0.443
T _S	0.443
T _S +0	0.361
T _S +0.1	0.305
T _S +0.2	0.263



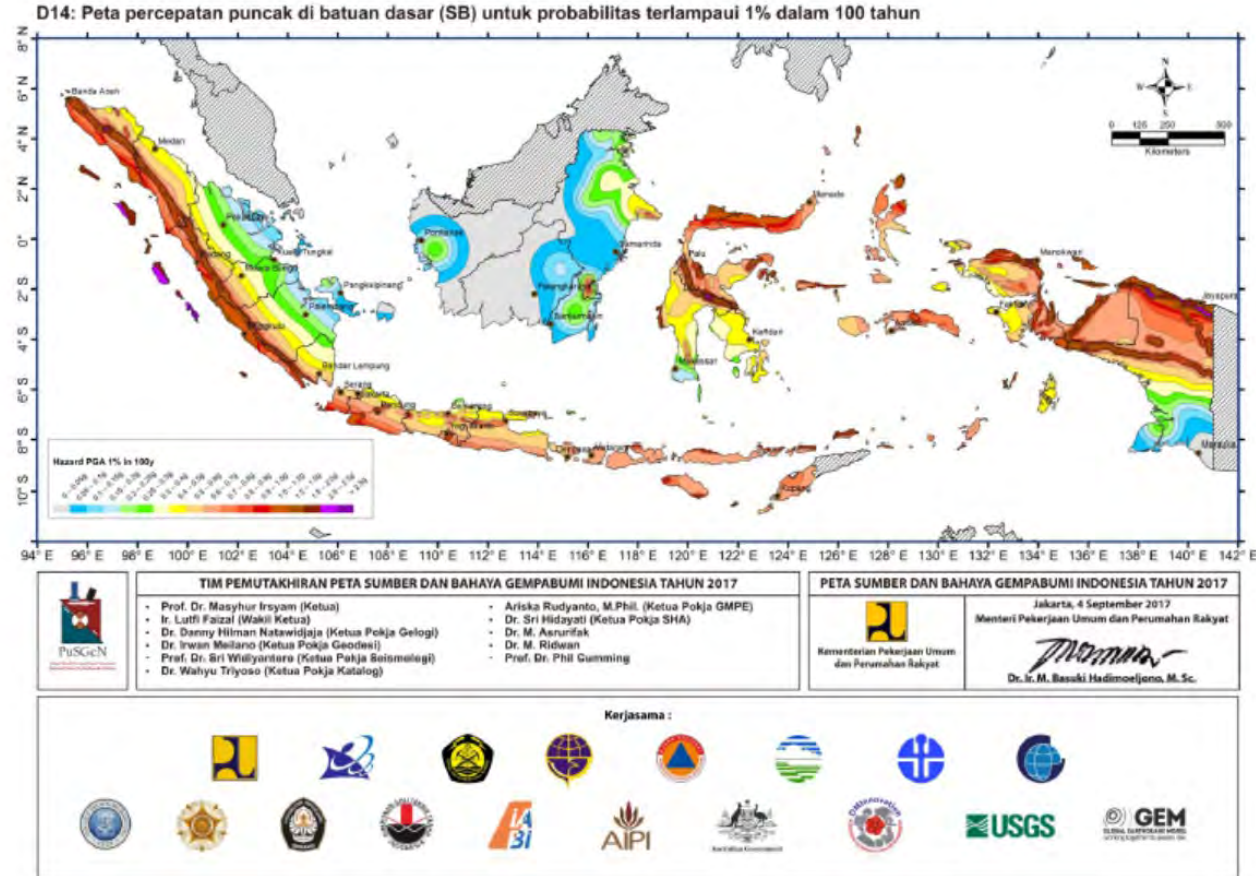
PPMB-ITB Puskim-Kemen. PUPR

Input koordinat lokasi atau nama kota: Jakarta

Data koefisien kegempaan dan respons spektra Jakarta

Peta gempa Indonesia tahun 2017; SNI 1726:2019, Program RSA2021 (berlaku saat ini)

RSA: Respons Spectra Analysis



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

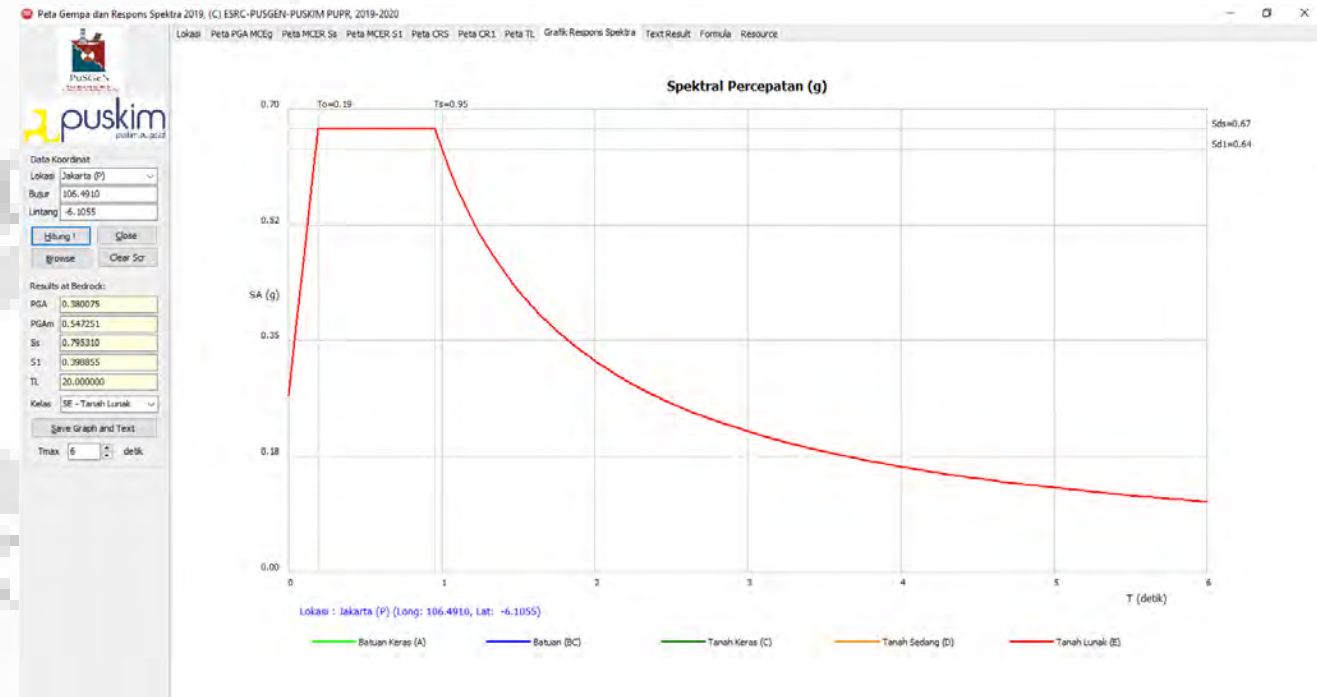
Peta Peak Ground Acceleration (PGA) Indonesia

Peta gempa Indonesia tahun 2017; SNI 1726:2019, Program RSA2021 (berlaku saat ini)

RSA: Respons Spectra Analysis

Koefisien kegempaan dan Respons Spektra untuk suatu lokasi di Indonesia dapat diperoleh dari program di website Direktorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat:

<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/> atau download di <http://bit.ly/DinstrukGempa>, folder **Program Gempa Indonesia 2021_Produk PuSGeN**



Download dan buka program **AplikasiRSA**, pilih nama kota atau isi koordinat lokasi, pilih jenis tanah (batuan keras, batuan, keras, sedang, atau lunak), klik “Hitung!”, maka akan muncul data koefisien kegempaan dan respons spektra.

Klik “Save Graph and Text”, maka data kegempaan dapat disimpan.



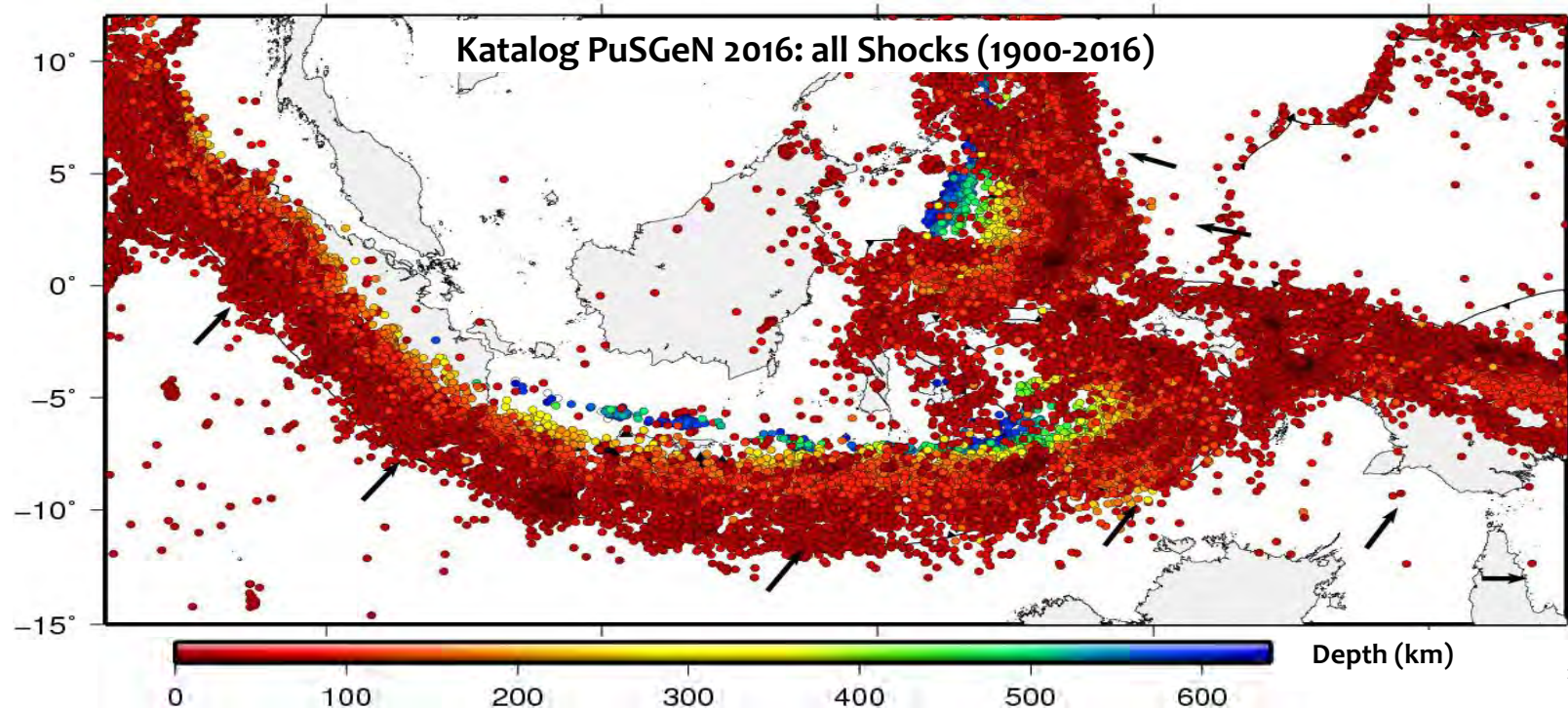
Mengapa perlu peta gempa terbaru?

Pemuthakhiran Peta Gempa Indonesia 2017



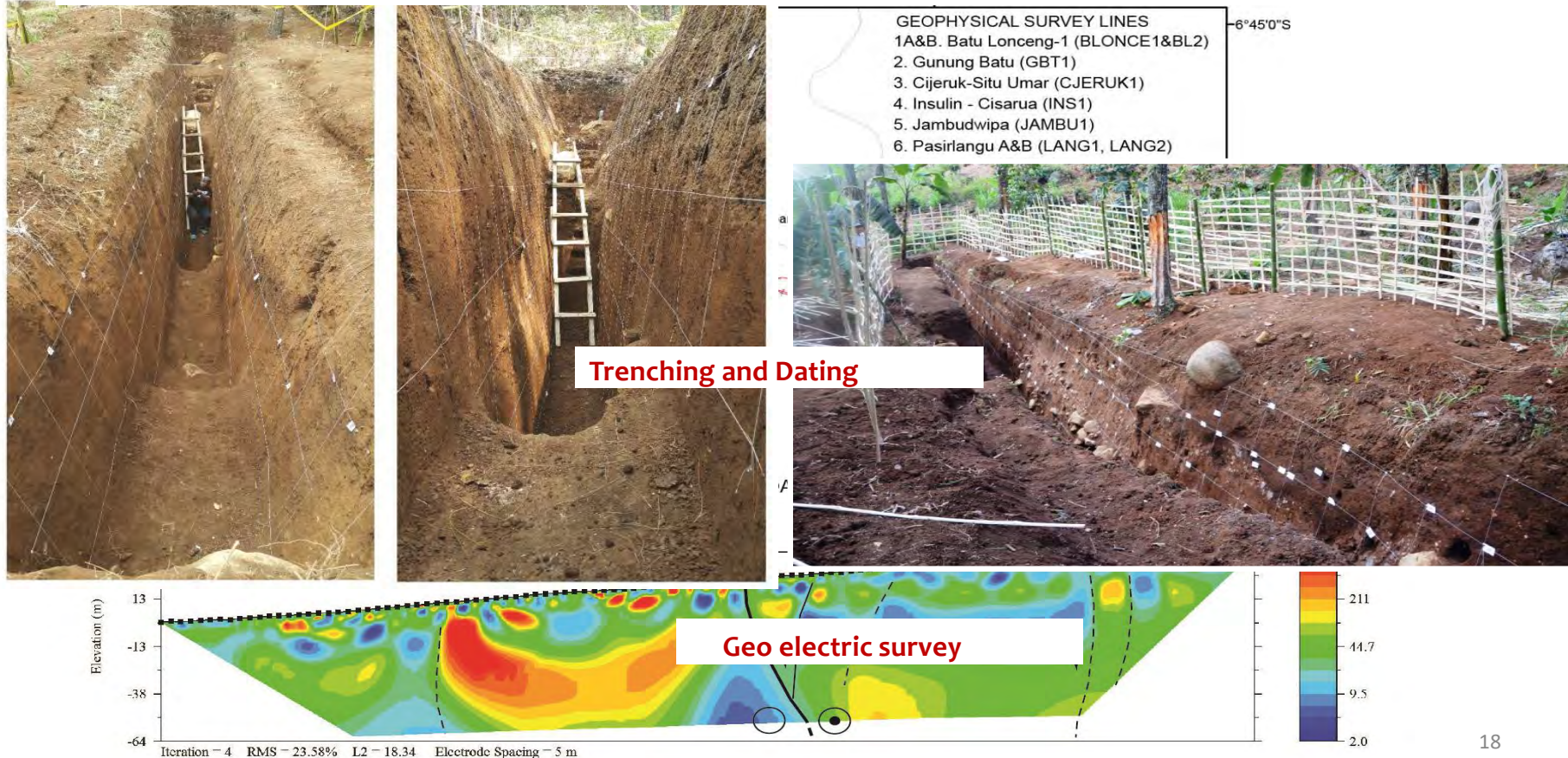
Upaya penyempurnaan peta gempa yang dilakukan meliputi:

(a) pemakaian data dasar yang lebih baik seperti SRTM-30, IFSAR, LiDAR, dan katalog gempa sampai tahun 2016,

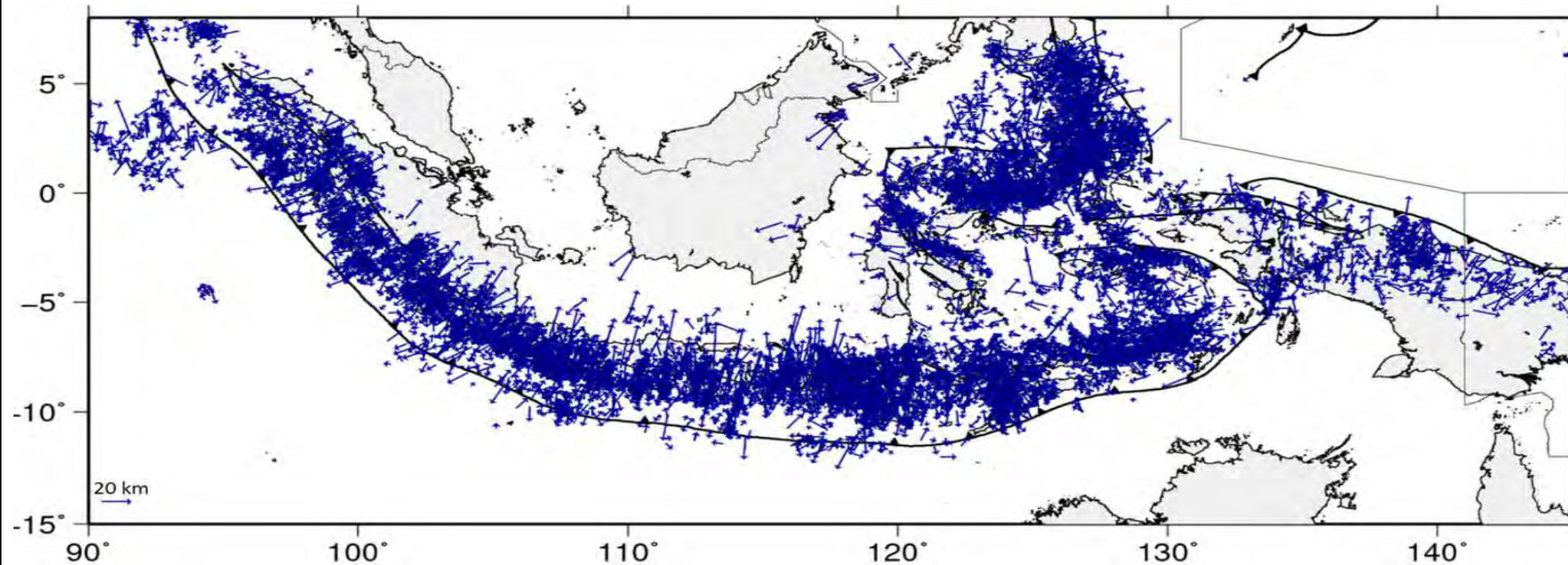


(b) - pemutakhiran data sumber gempa berdasarkan studi sesar aktif terkini dengan memanfaatkan geoelectric survey, trenching, dan *carbon dating* dalam studi paleoseismologi yang dilakukan oleh tim Geologi.

Investigation of Lembang Fault (near Bandung) Natawijaya et al. 2016

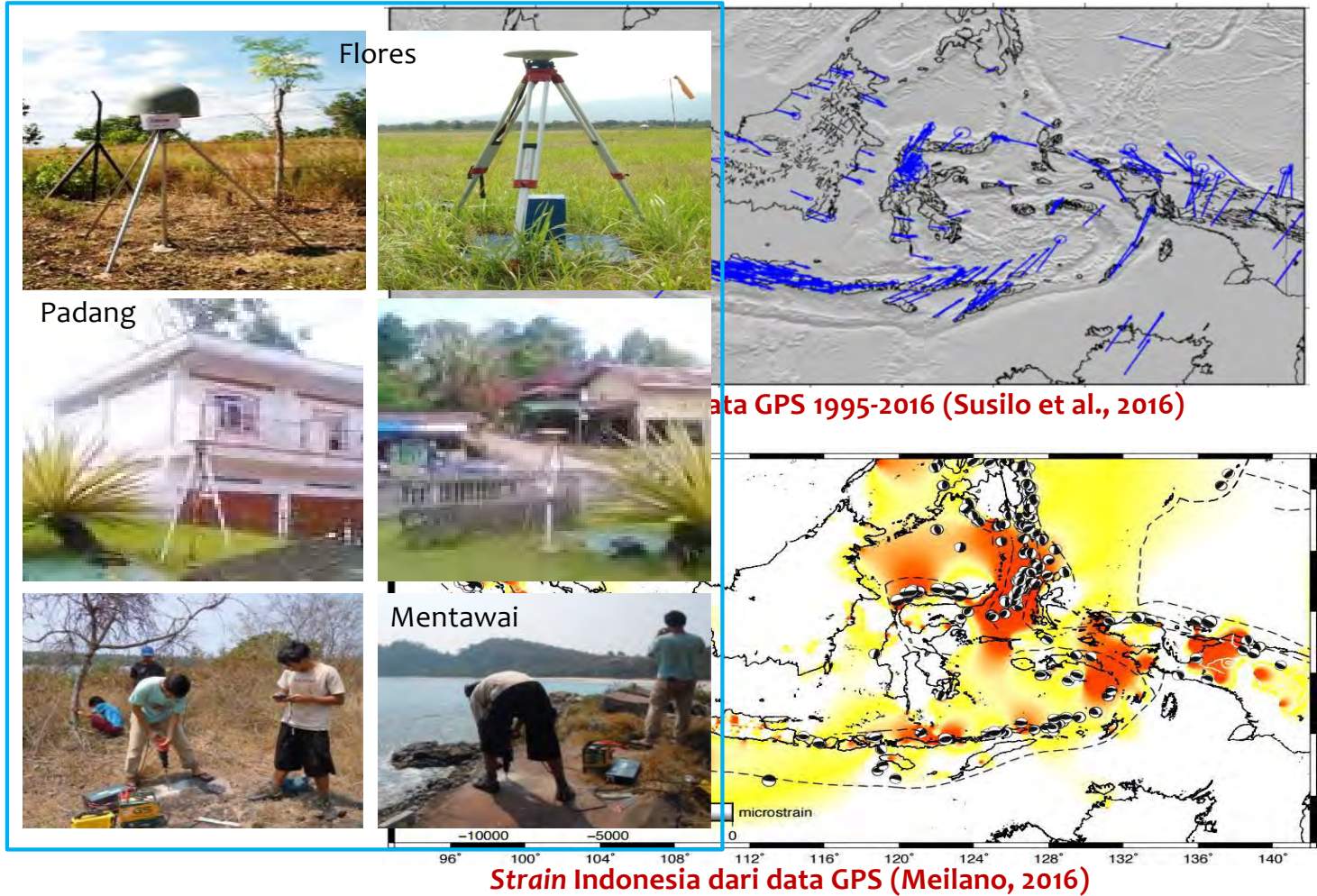


(c) Memanfaatkan relokasi lebih dari 12.000 hiposenter yang dilakukan oleh Pokja Seismologi

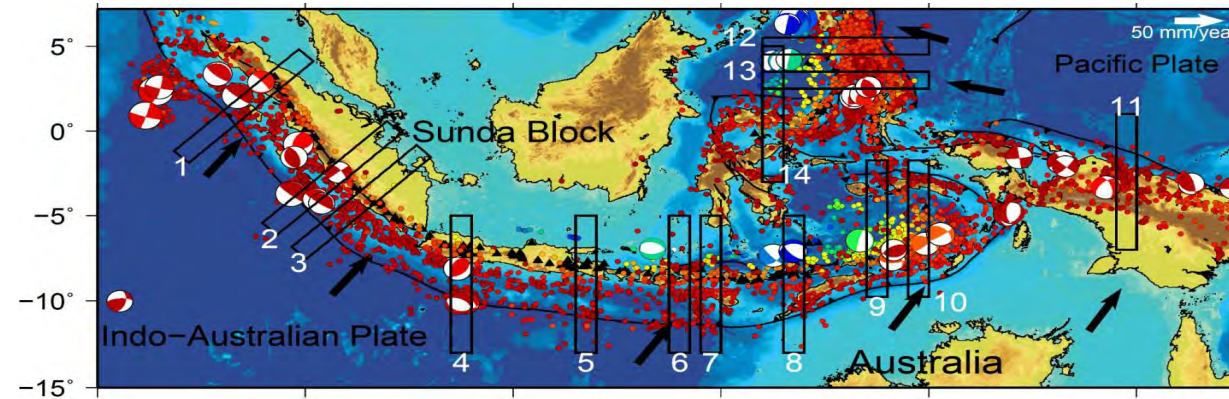


Vektor pergeseran episenter hasil relokasi untuk seluruh wilayah Indonesia (Widiyantoro et al., 2016)

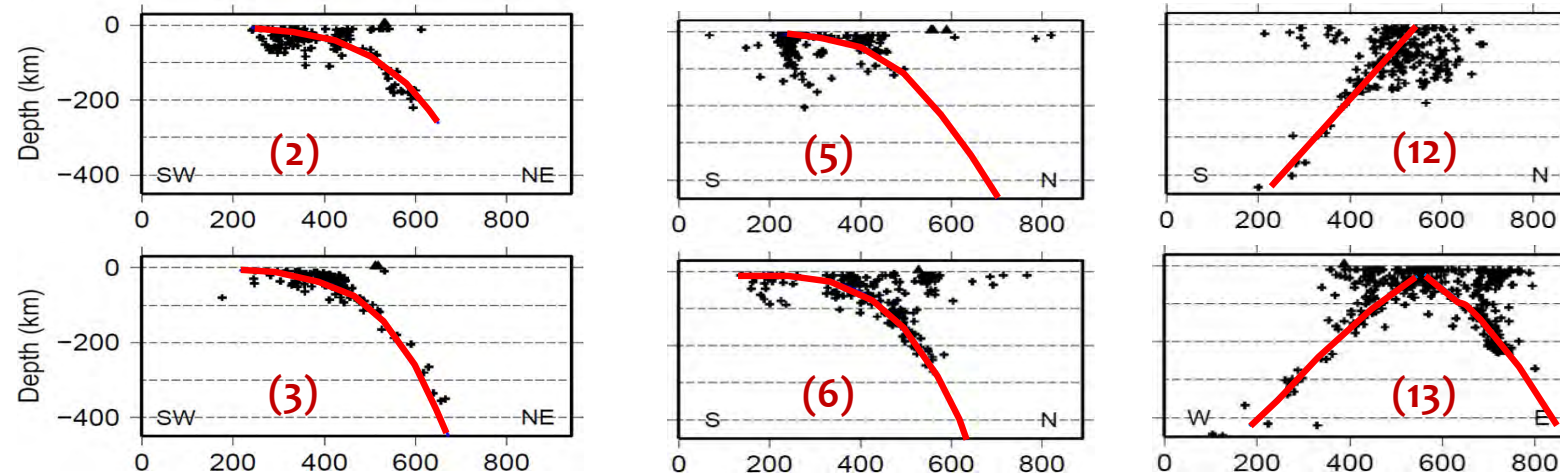
(d) Memanfaatkan analisis regangan berdasarkan data GPS sampai tahun 2016 oleh Pokja Geodesi



(e) Penyempurnaan melalui peningkatan kualitas tomografi dengan menggunakan 3D velocity model oleh Pokja Seismologi untuk menghasilkan geometri subduksi lempeng yang lebih rinci



Tomography of subduction based on relocation using 3D velocity model (Widiyantoro et al, 2016)



GMPEs: Ground Motion Prediction Equations

(f). Memperhitungkan GMPE terakhir setelah Gempa Tohoku dan NGA-West2 serta Software terbaru

GMPE for 2010 Maps:

- 1.Boore-Atkinson NGA (Boore and Atkinson, 2007)
- 2.Campbell-Bozorgnia NGA (Campbell and Bozorgnia, 2007)
- 3.Chiou-Youngs NGA (Chiou and Youngs, 2007)

- 1.Geomatrix subduction (Youngs et al, 1997)
- 2.Atkinson-Boore BC rock & global source (Atkinson & Boore, 1995)
- 3.Zhao et al., with variable Vs30 (Zhao et al, 2006)

- 1.Atkinson-Boore intraslab (Atkinson and Boore, 2003)
- 2.Geomatrix slab seismicity rock (Youngs et al, 1997)
- 3.Atkinson-Boore intraslab seismicity world data BC-rock condition (Atkinson and Boore, 1995)

2017 Maps:

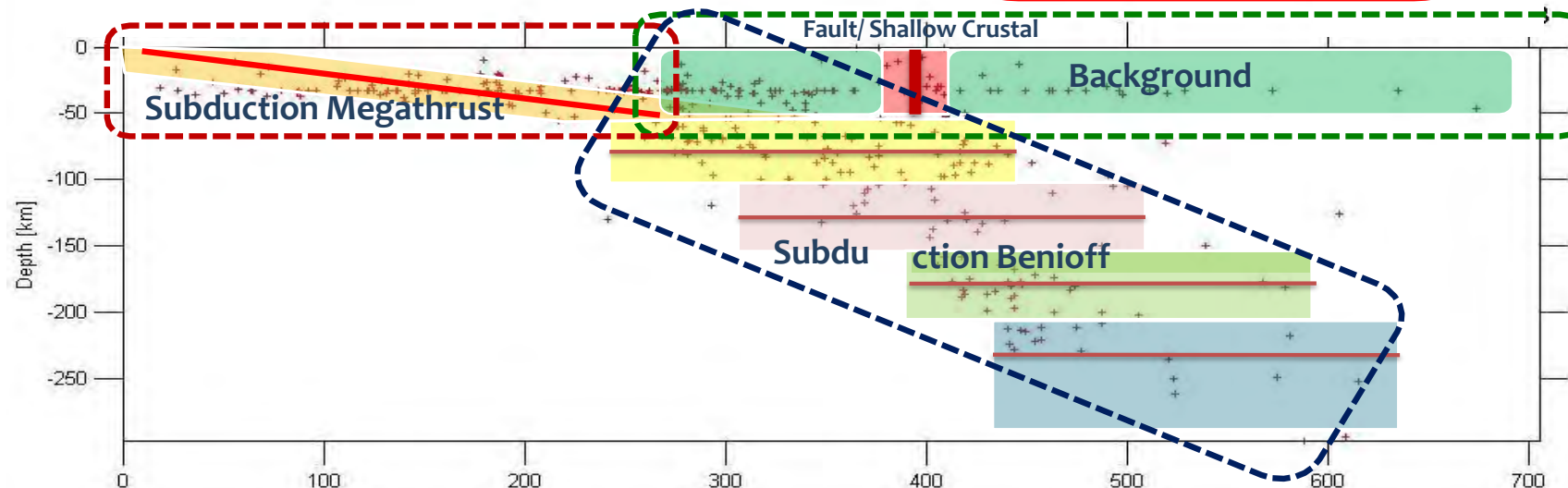
- NGA West-2 2014:
- Abrahamson et al.
 - Boore et al.
 - Campbell and Bozorgnia
 - Chiou and Youngs
 - Idriss

+ BC Hydro (Addo et al. 2012)

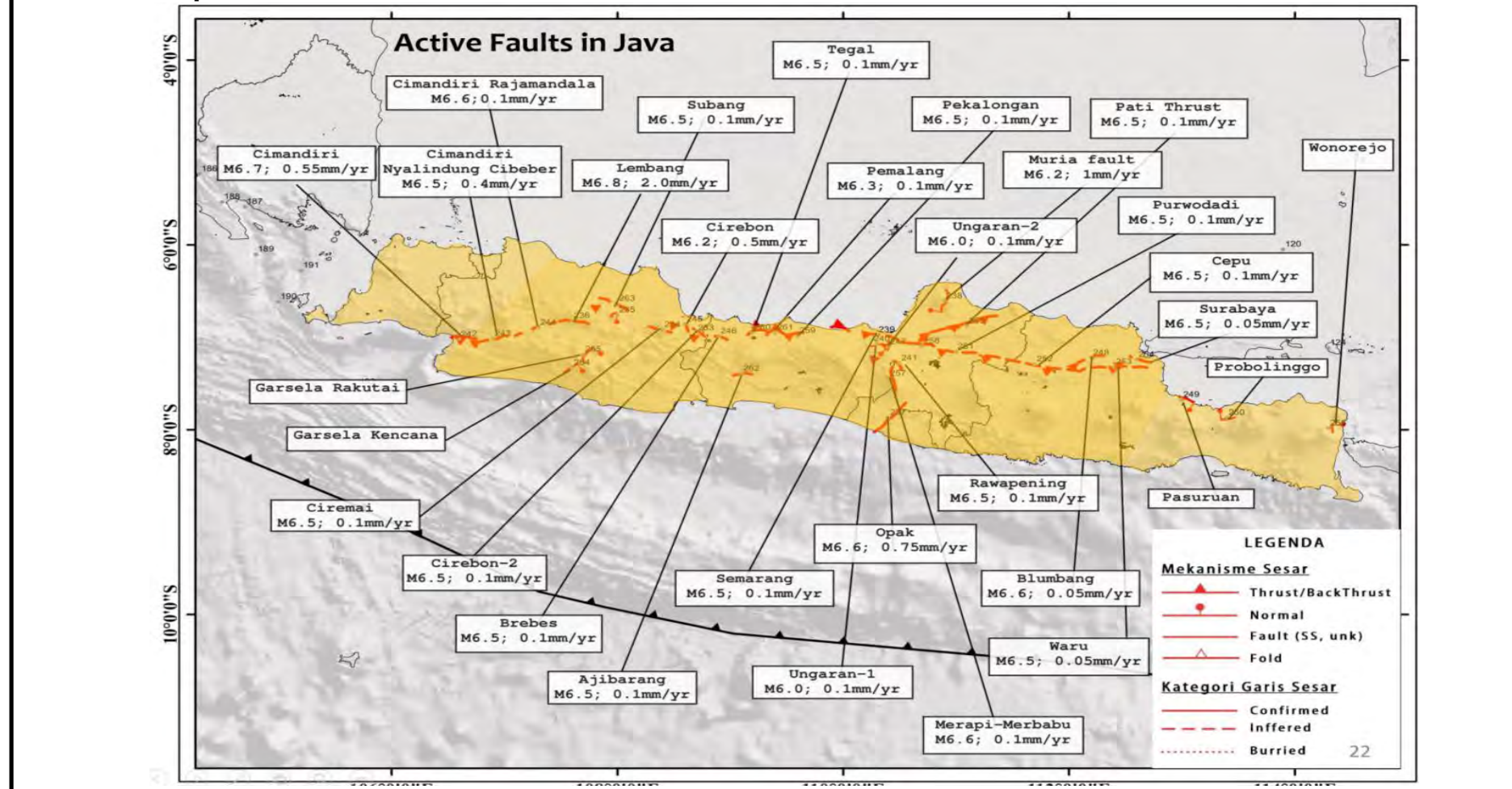
+ BC Hydro (Addo et al. 2012)

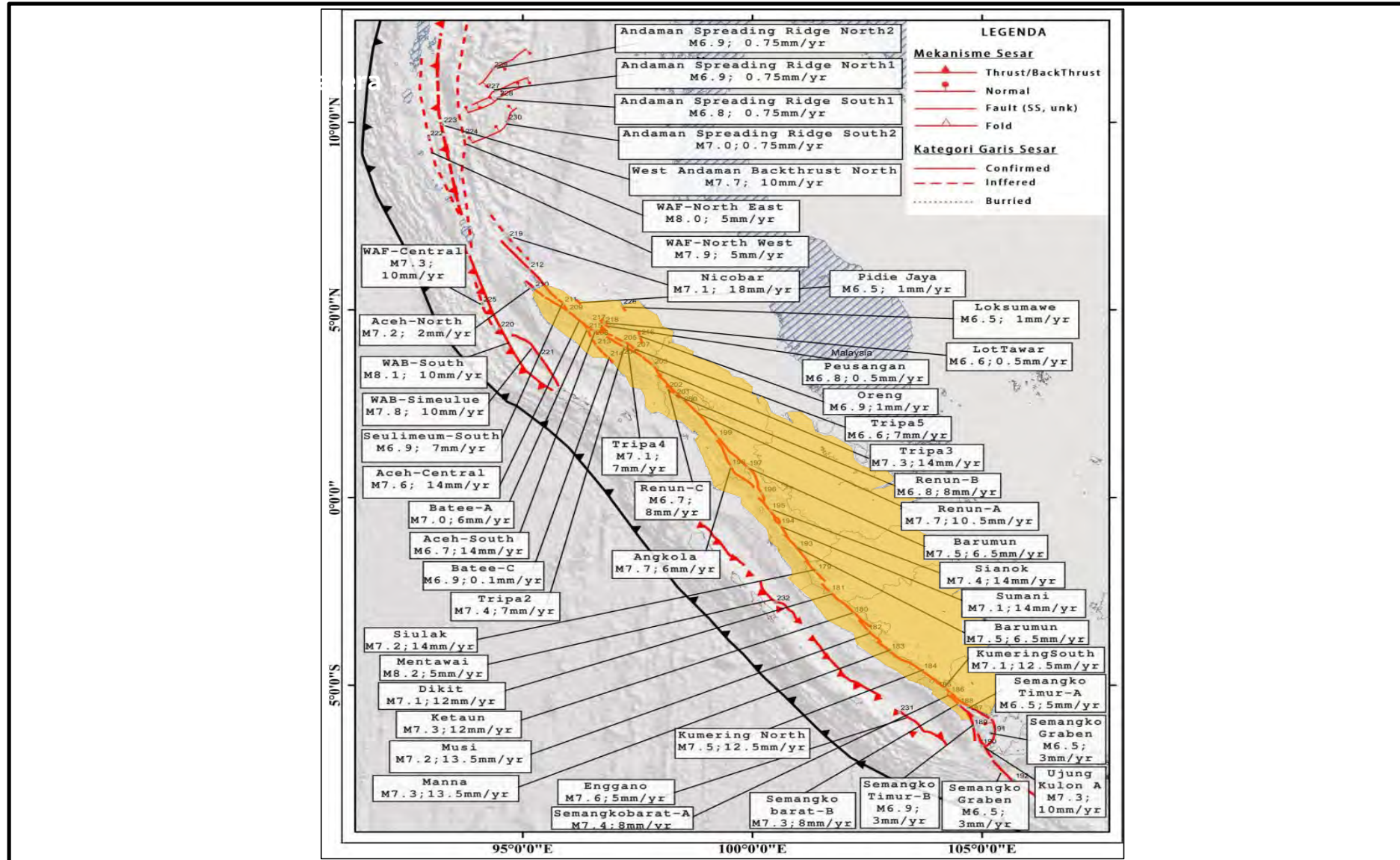
+ Zhao et al. 2006

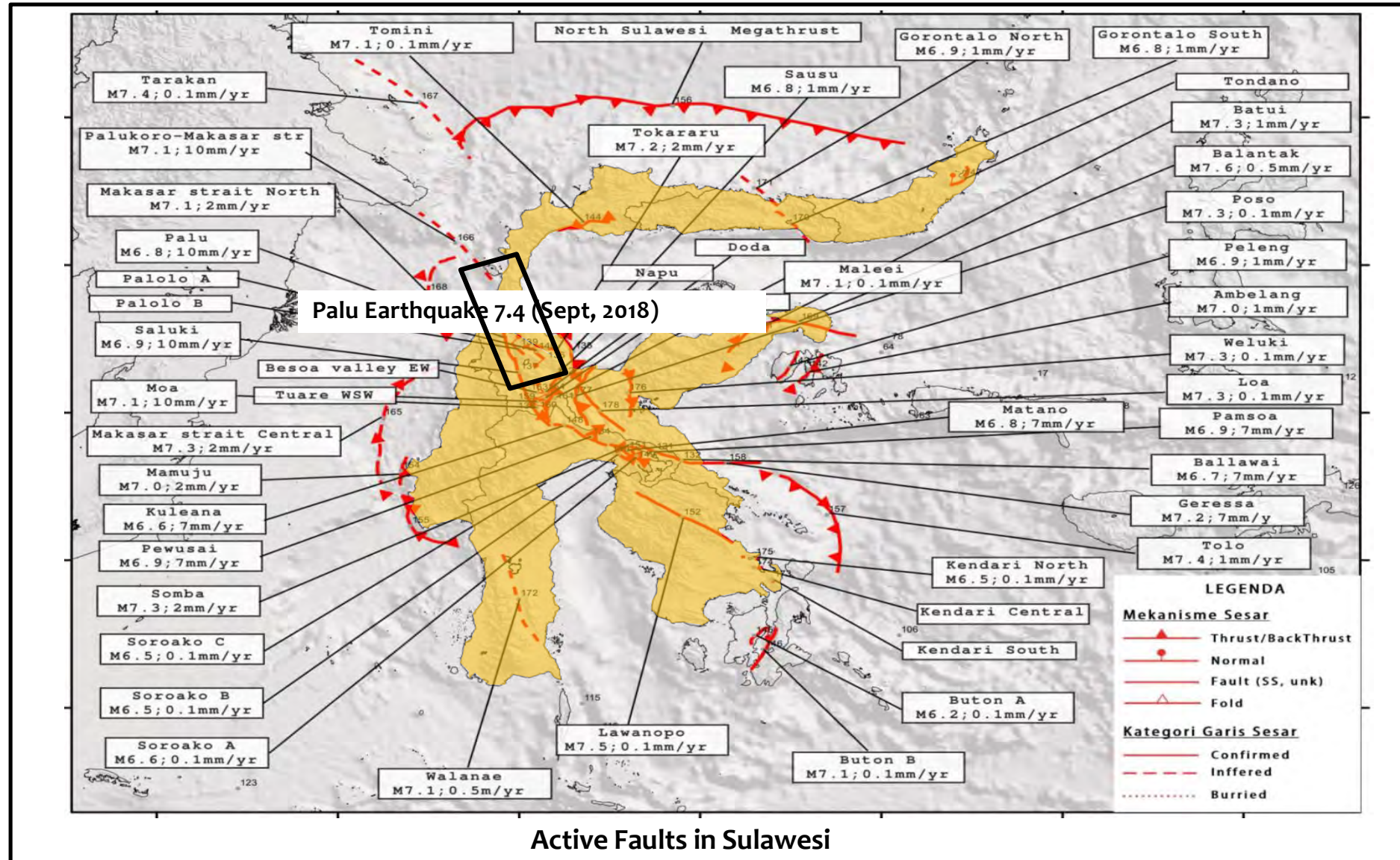
OpenQuake Software

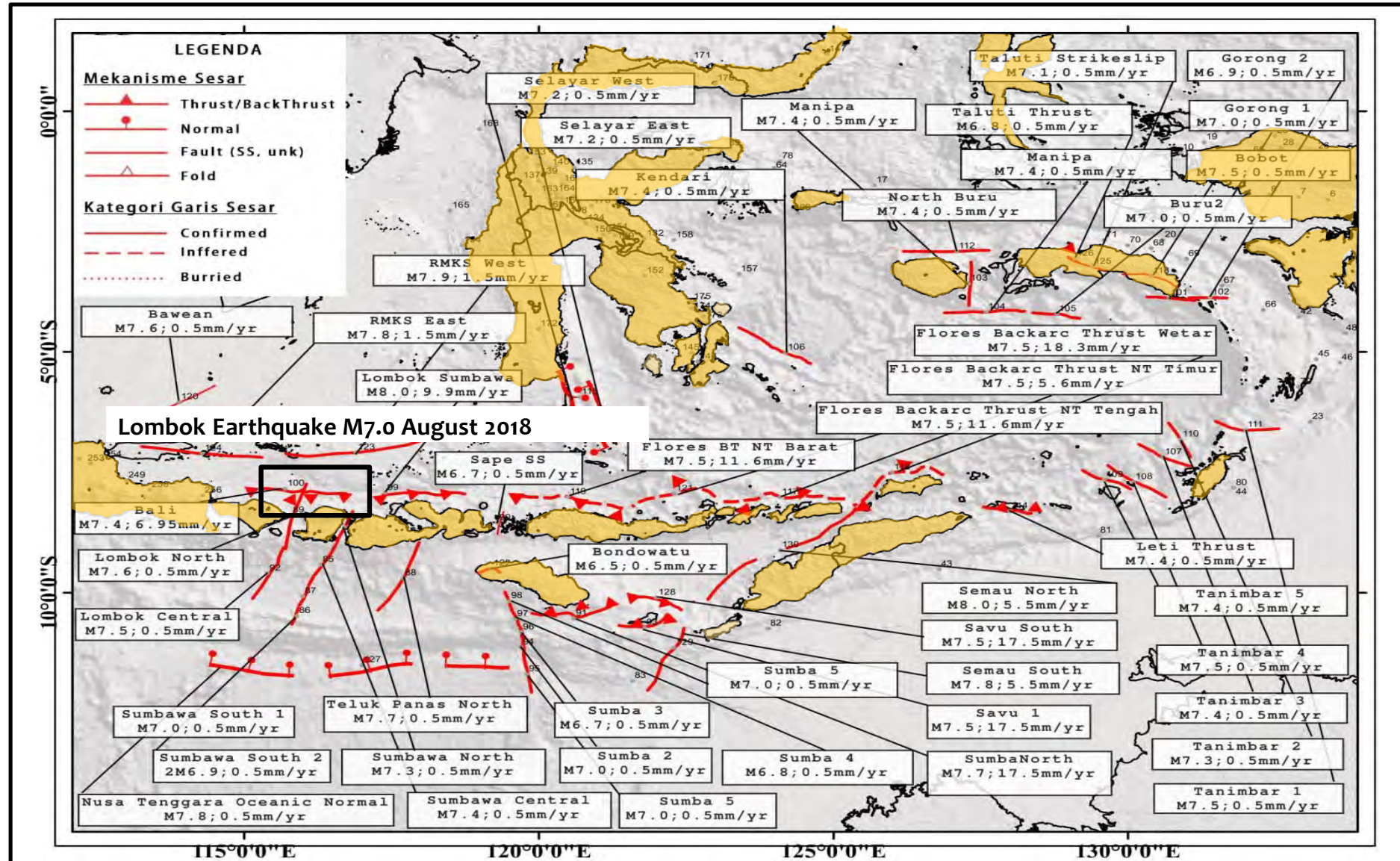


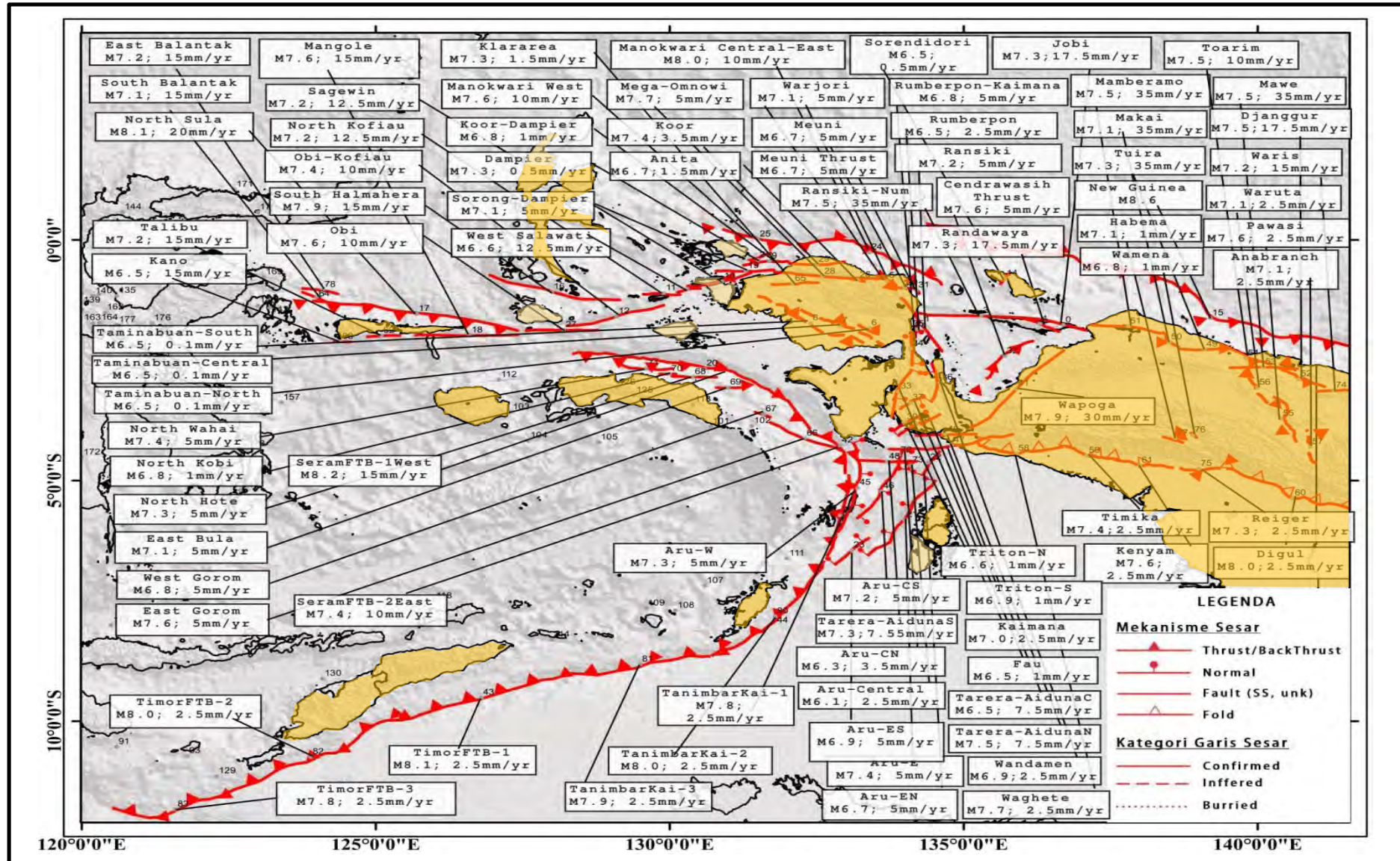
- (g) Penyempurnaan oleh Pokja Geologi dengan merevisi lokasi dari jalur sesar aktif yang sudah dipetakan sebelumnya dan menambahkan banyak jalur-jalur sesar aktif yang belum diperhitungkan dalam peta 2010.



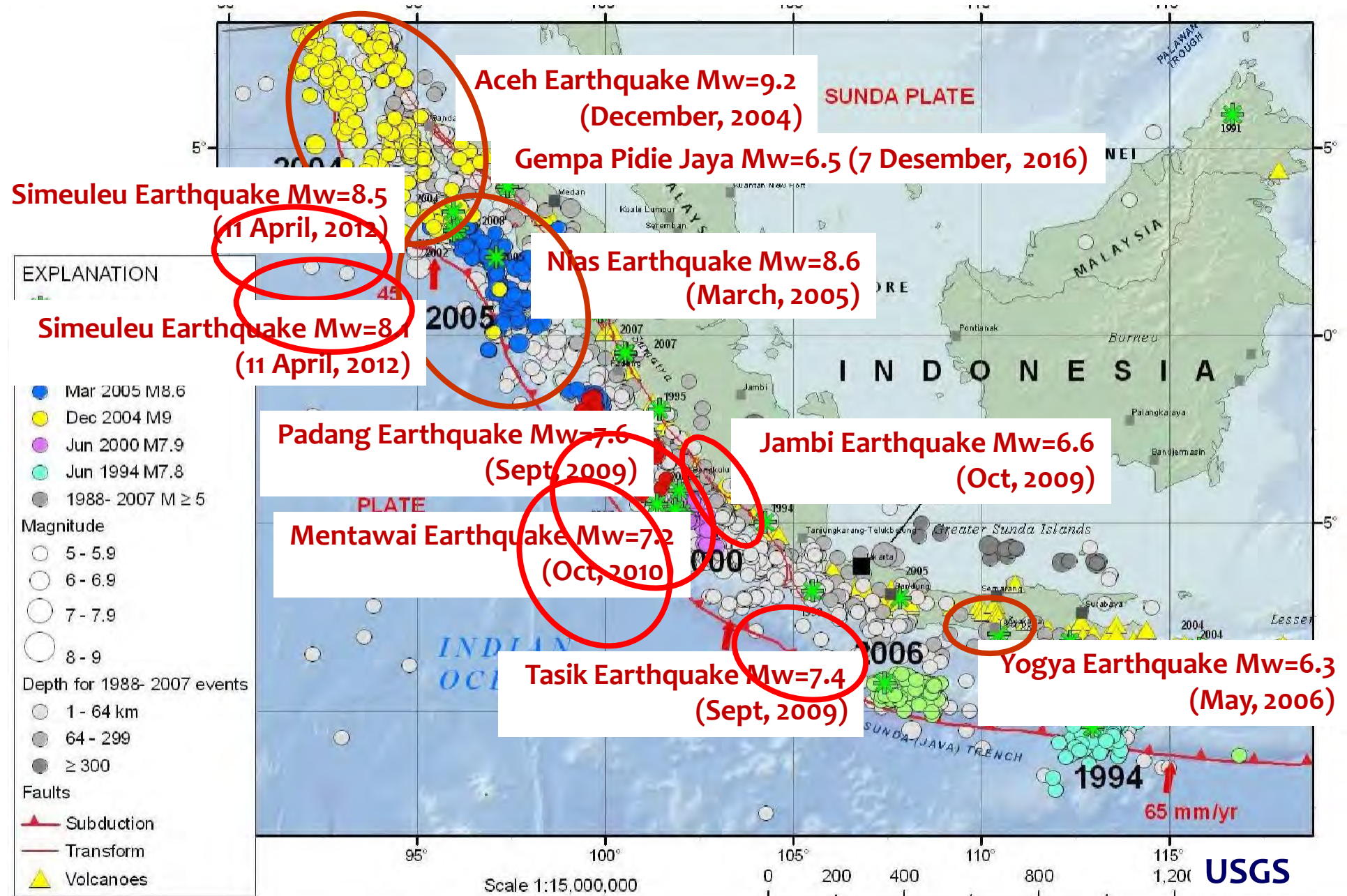






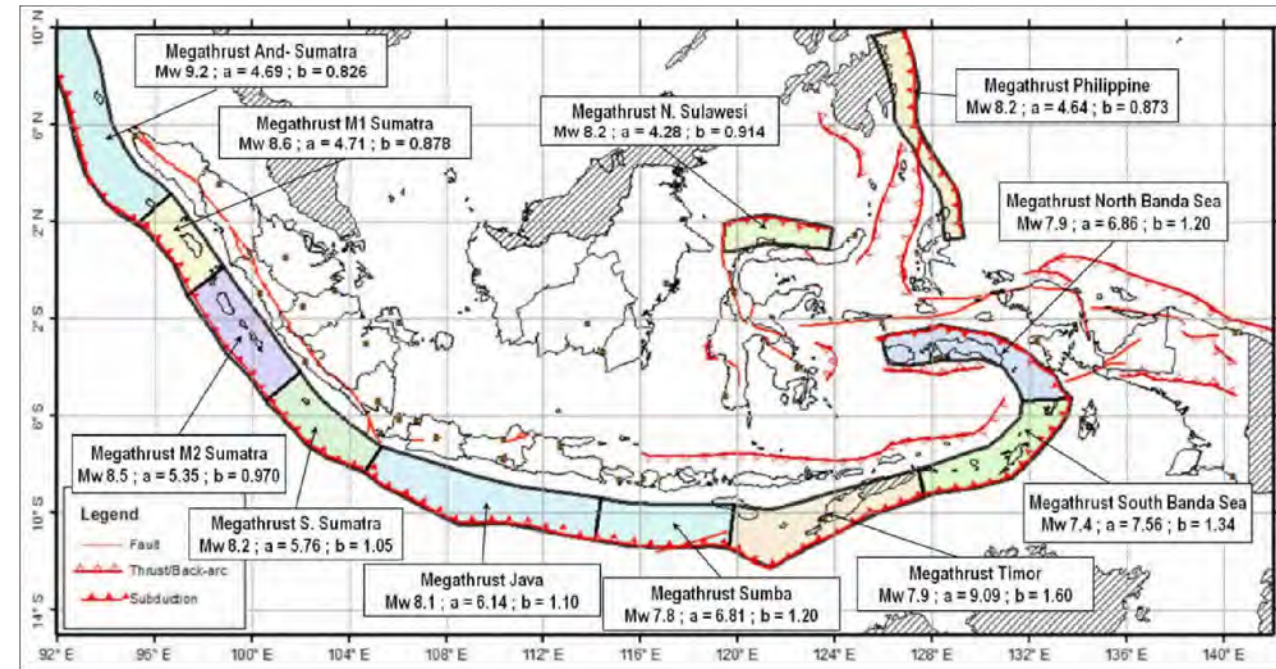
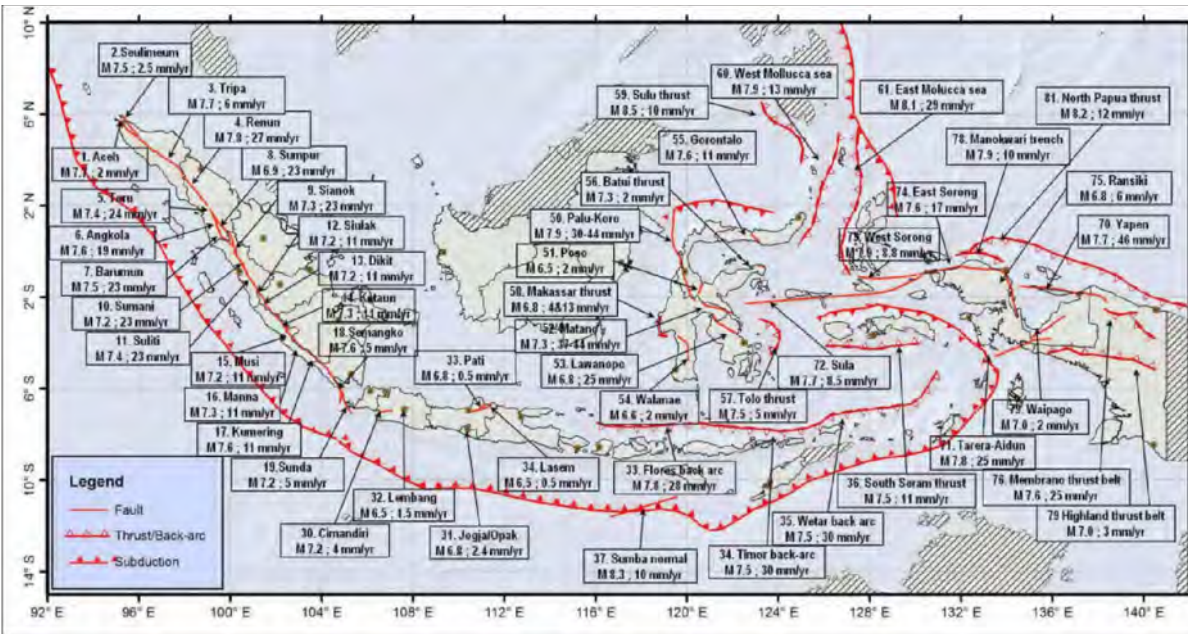


Adanya kejadian gempa-gempa signifikan yang belum diakomodir Peta sebelumnya



INFORMASI TERBARU PARAMETER SUMBER-SUMBER GENPA YANG BELUM DIAKOMODIR DI PETA GEMPA LAMA

Input Parameter Peta Gempa Indonesia, 2010

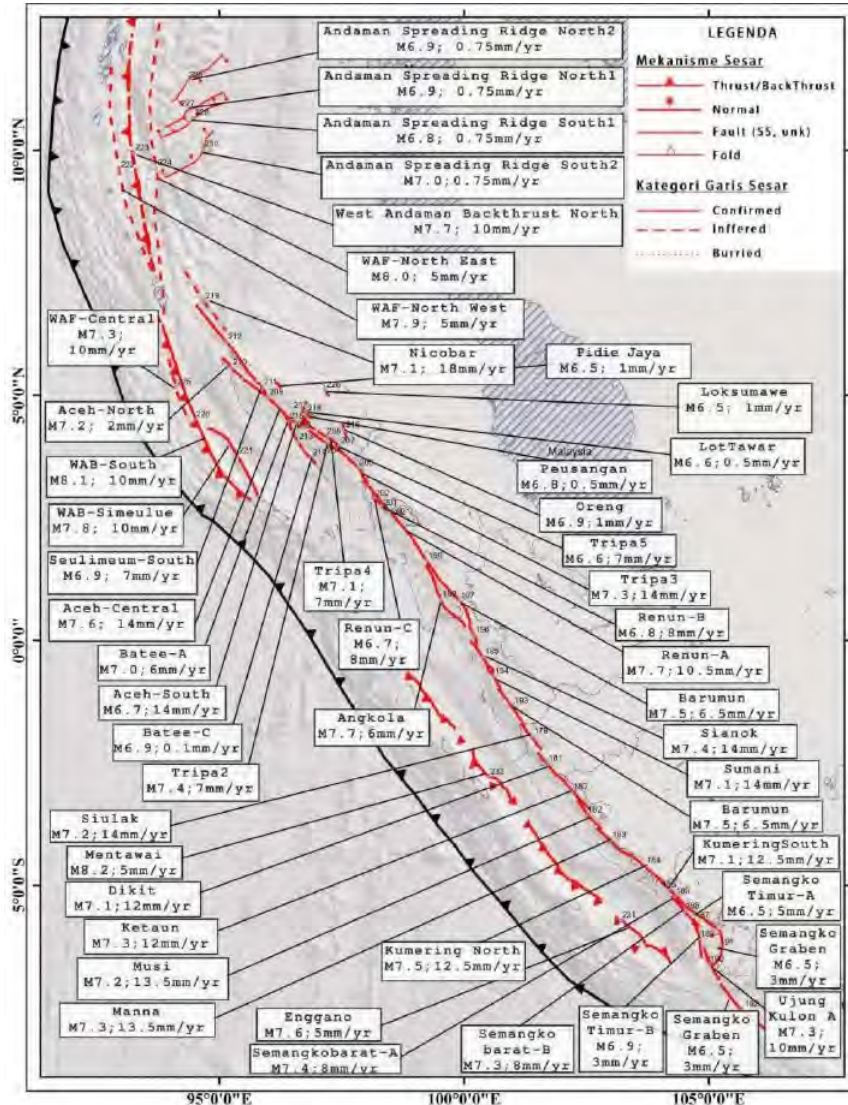


81 sesar aktif untuk input PSHA

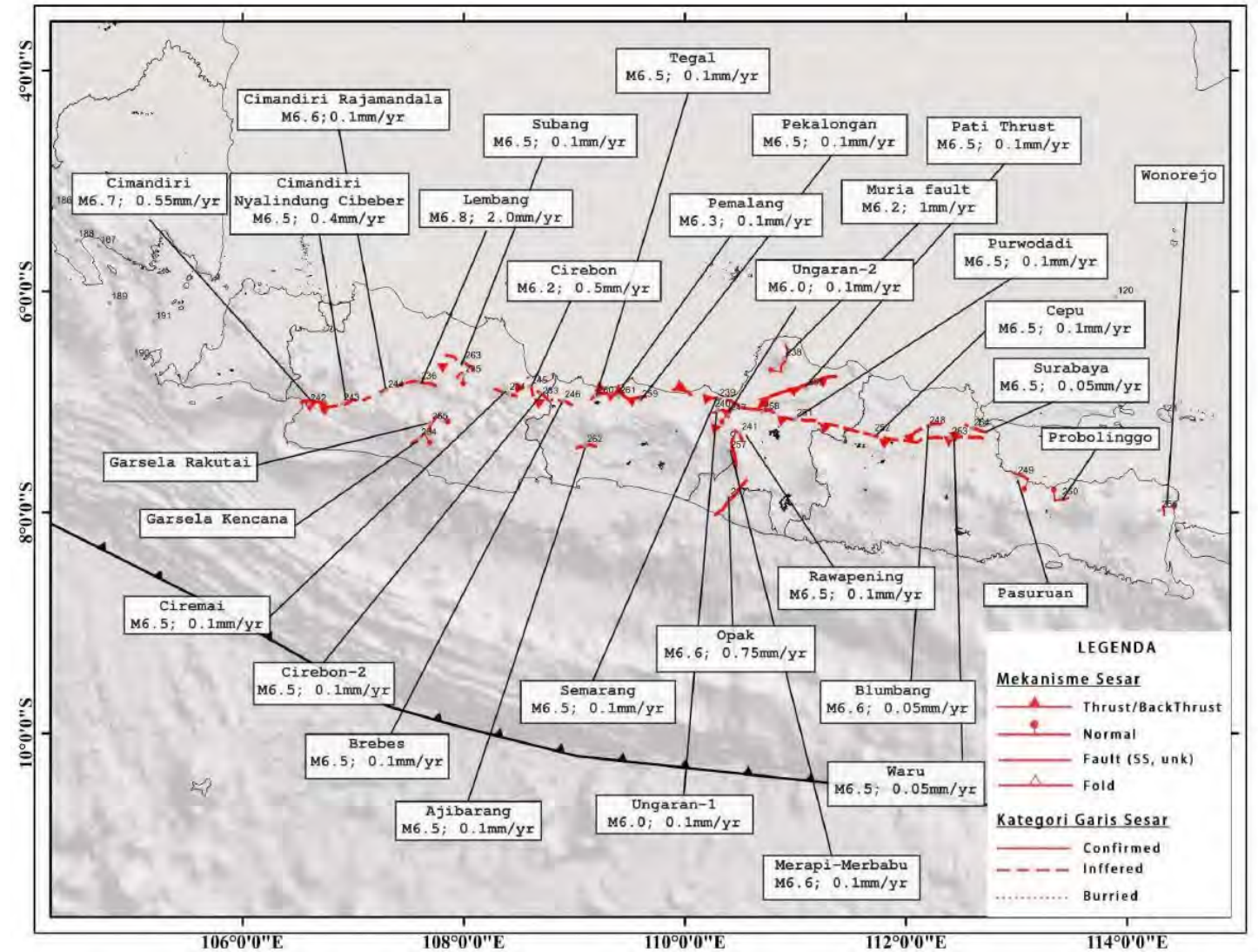
PSHA: Probabilistic Seismic Hazard Assessment

11 model Subduksi untuk input PSHA

PARAMETER SUMBER GEMPA TERBARU 2017 (251 SESAR AKTIF UNTUK INPUT PSHA)

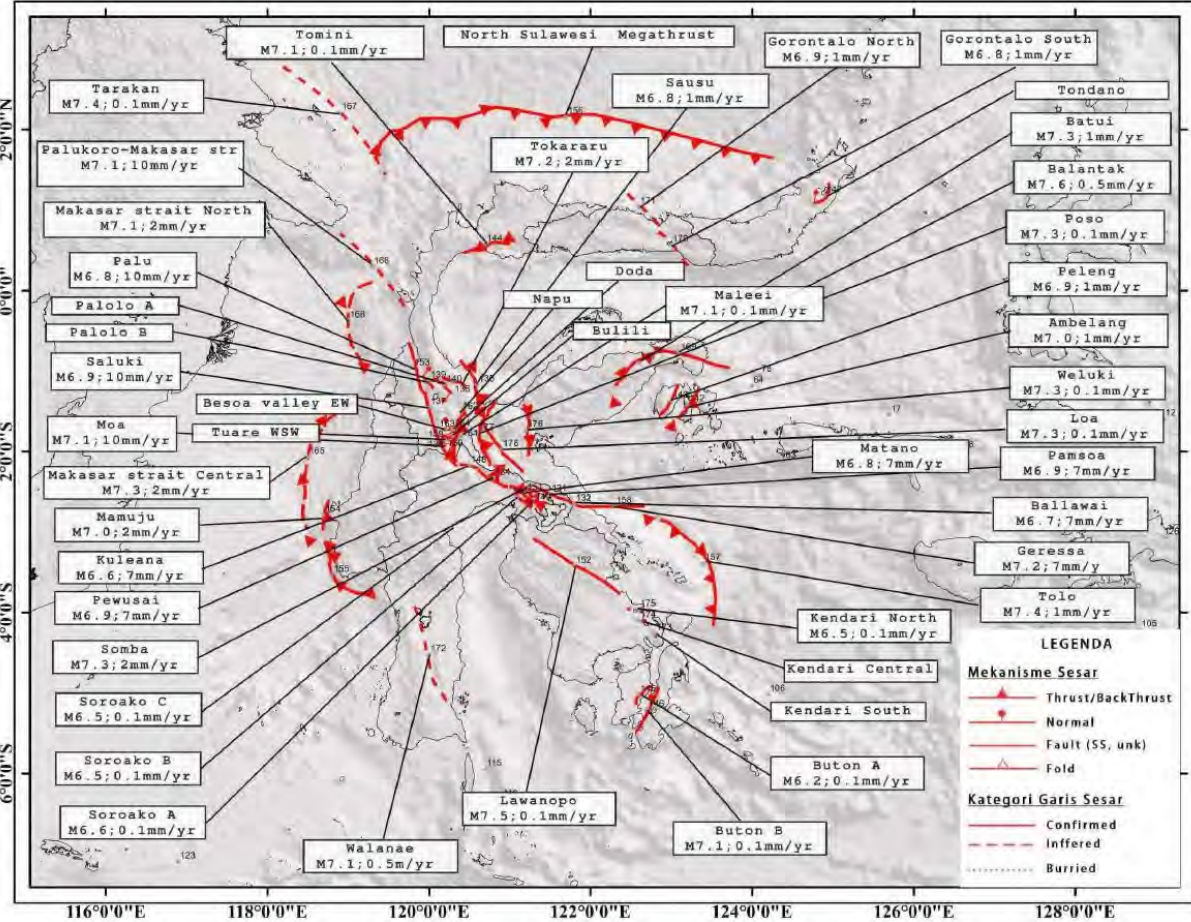


SESAR DI SUMATRA DAN SEKITARNYA

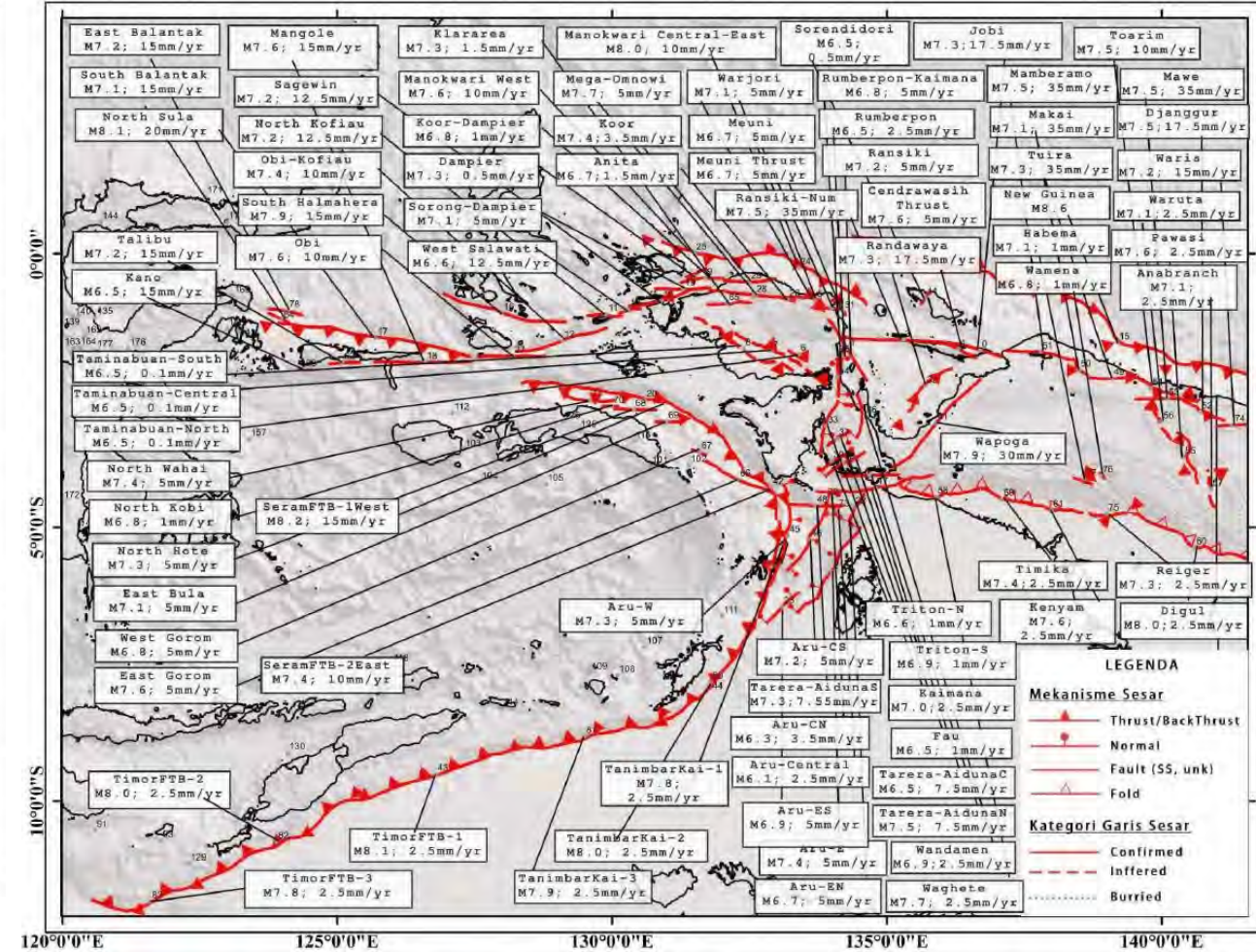


SESAR DI JAWA DAN SEKITARNYA

PARAMETER SUMBER GEMPA TERBARU 2017 (251 SESAR AKTIF UNTUK INPUT PSHA)

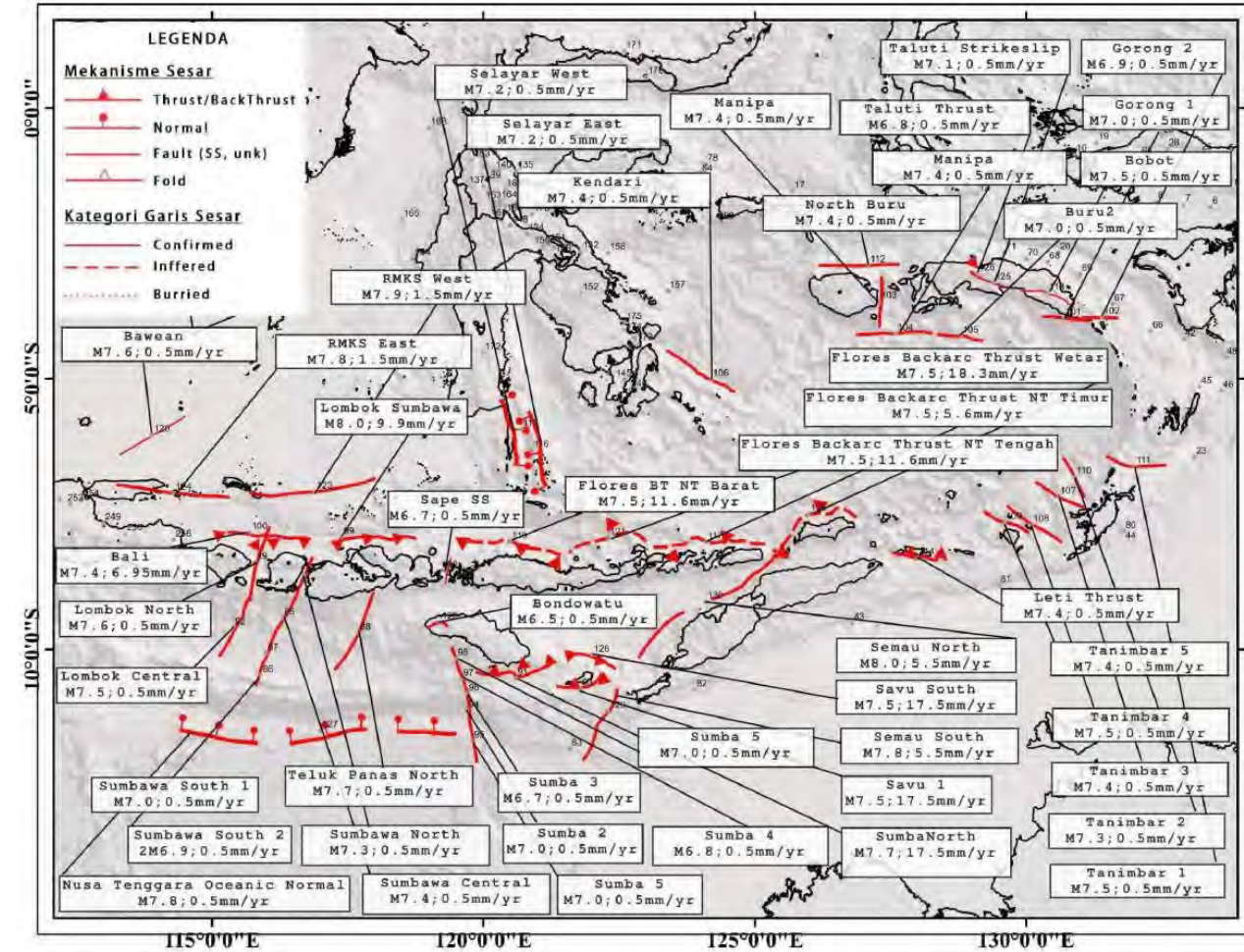


SESAK DI SULAWESI DAN SEKITARNYA

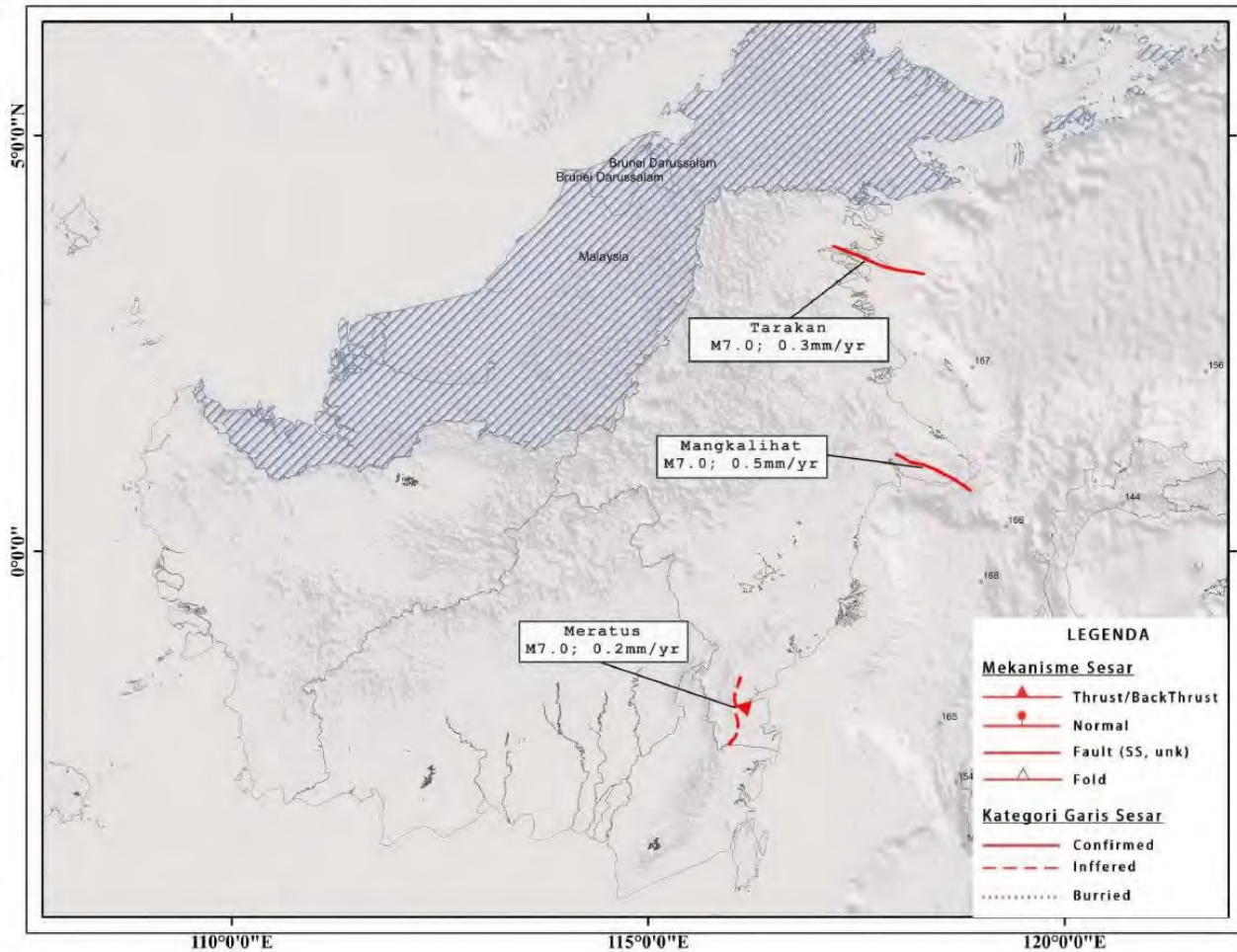


SESAK DI PAPUA DAN SEKITARNYA

PARAMETER SUMBER GEMPA TERBARU 2017 (251 SESAR AKTIF UNTUK INPUT PSHA)



SESAK DI NUSATENGGARA-BANDA DAN SEKITARNYA



SESAK DI KALIMANTAN DAN SEKITARNYA



Skala Kekuatan Gempa

Skala intensitas Mercalli yang dimodifikasi dan skala Richter

- Skala besarnya (*magnitude*) Richter dikembangkan pada tahun 1935 oleh Charles F. Richter dari Institut Teknologi California sebagai perangkat matematika untuk membandingkan ukuran gempa bumi.
- Besarnya gempa bumi ditentukan dari **logaritma amplitudo** gelombang yang direkam oleh seismograf. Penyesuaian termasuk untuk variasi jarak antara berbagai seismograf dan episentrum gempa bumi.
- Pada Skala Richter, besarnya dinyatakan dalam bilangan bulat dan pecahan desimal. Sebagai contoh, ***magnitude 5,3* dapat dikategorikan sebagai gempa bumi berkekuatan sedang, dan gempa berkekuatan tinggi dapat dinilai sebagai *magnitude 6,3*.**
- Karena menggunakan basis logaritmik, **setiap peningkatan angka setara dengan peningkatan sepuluh kali lipat kekuatan gempa** dalam amplitudo terukur.
- Sebagai perkiraan besarnya energi, setiap peningkatan nilai skala *magnitude* sesuai dengan pelepasan sekitar 31 kali lebih banyak energi daripada nilai sebelumnya.

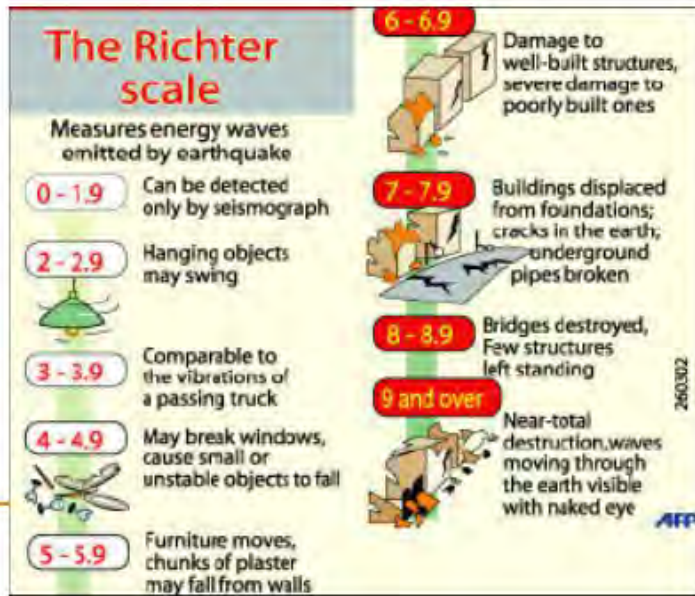
Skala intensitas Mercalli yang dimodifikasi dan skala Richter

Hubungan Skala MMI dan Richter

Richter Scale

Logarithmic Scale: Each increase in magnitude is 10x more energy released

- 5.0 is 10x greater than 4.0
- 5.0 is 100x greater than 3.0
- 5.0 is 1000x greater than 2.0



Modified Mercalli Intensity Scale

- | | |
|--------|---|
| I | Not felt |
| II | Felt only by persons at rest |
| III/IV | Felt by persons indoors only |
| V/VI | Felt by all: some damage to plaster/chimneys |
| VII | People run outdoors, damage to poorly built structures |
| VIII | Well-built structures slightly damaged, poorly-built structures suffer major damage |
| IX | Buildings shifted off foundation |
| X | Some well-built structures destroyed |
| XI | Few masonry structures remain standing, bridges destroyed |
| XII | Damage is total: waves seen on ground, objects thrown into air |

Modified Mercalli Scale		Richter Magnitude Scale
I	Detected only by sensitive instruments	1.5
II	Felt by few persons at rest, especially on upper floors; delicately suspended objects may swing	2
III	Felt noticeably indoors, but not always recognized as earthquake; standing autos rock slightly, vibration like passing truck	2.5
IV	Felt indoors by many, outdoors by few, at night some may awaken; dishes, windows, doors disturbed; autos rock noticeably	3
V	Felt by most people; some breakage of dishes, windows, and plaster; disturbance of tall objects	3.5
VI	Felt by all, many frightened and run outdoors; falling plaster and chimneys, damage small	4
VII	Everybody runs outdoors; damage to buildings varies depending on quality of construction; noticed by drivers of autos	4.5
VIII	Panel walls thrown out of frames; fall of walls, monuments, chimneys; sand and mud ejected; drivers of autos disturbed	5
IX	Buildings shifted off foundations, cracked, thrown out of plumb; ground cracked; underground pipes broken	5.5
X	Most masonry and frame structures destroyed; ground cracked, rails bent, landslides	6
XI	Few structures remain standing; bridges destroyed, fissures in ground, pipes broken, landslides, rails bent	6.5
XII	Damage total; waves seen on ground surface, lines of sight and level distorted, objects thrown up in air	7

Sumber: ATC-40 (1996) dan FEMA 356 (2000)

Beberapa URL tentang kegempaan

- Peta gempa 2010 dan 2021: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>
- Peta gempa terbaru: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
- Program peta gempa terbaru:
https://drive.google.com/drive/folders/148YwiXqHPVpX_j3niU56Hfy923RqfAAAn?usp=sharing
- Produk PusGeN (laporan): <https://drive.google.com/drive/folders/1y-Km1GUt1gC31qfQxv5At0Bl0VdmFMwy>
- Buku peta gempa 2017: <http://perpus.ditbtp.id/digital/buku/detail/2194>
- Program peta gempa 2021:
https://drive.google.com/drive/folders/1CuexI2uu2Xqz0nLHTYXIBx91M_CNhZ9m
- Materi Lokakarya Virtual Megastruktur dan Infrastruktur Tahan Gempa Indonesia Karya Anak Bangsa:
https://drive.google.com/drive/folders/13lXaA4dhSntYBddAO--7DJwoHj35_Cu0
- Youtube Lokakarya Virtual Megastruktur dan Infrastruktur Tahan Gempa Indonesia Karya Anak Bangsa:
<https://www.youtube.com/watch?v=UXQsSoz5m4U>

Referensi



- American Society of Civil Engineers (ASCE), (2000): *Federal Emergency Management Agency (FEMA) 356 Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, FEMA, Washington, D.C.
- Applied Technology Council (ATC), (1996): *ATC-40 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume 1*, ATC, Sacramento, CA.
- Asrurifak, M., dkk., *Peta Gempa Indonesia 2017 dan Aplikasinya untuk Perencanaan Gedung dan Insfrastruktur Tahan Gempa*, Workshop Pengurangan Risiko Bencana Gempa Kota Surabaya & Jawa Timur, ITS Surabaya, 19 Oktober 2017.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), (1983): *Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung*, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), (2002): *SNI 1726-2002 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), (2012): *SNI 1726-2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), (2019): *SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*, BSN, Jakarta, Indonesia.
- Budiono, B., (2015): *Materi kuliah pasca sarjana Teknik Sipil*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Chopra, A.K., (1995): *Dynamics of Structures: Theory and Application to Earthquake Engineering*, Prentice-Hall, Inc., New-Jersey.
- Isryam, Mahsyur (2021): *PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017: PERKEMBANGAN DAN APLIKASINYA UNTUK PERENCANAAN STRUKTUR DAN INFRASTRUKTUR TAHAN GEMPA DI INDONESIA*, *Webinar Bedah Buku Peta Gempa Indonesia 7 Juli 2021*, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>