

HATTI MENGAJAR IX 2021

PETA HAZARD GEMPA INDONESIA DAN SPEKTRUM-RESPONSE DISAIN UNTUK PERENCANAAN GEDUNG DAN INFRASTRUKTUR TAHAN GEMPA DALAM ASPEK GEOTEKNIK



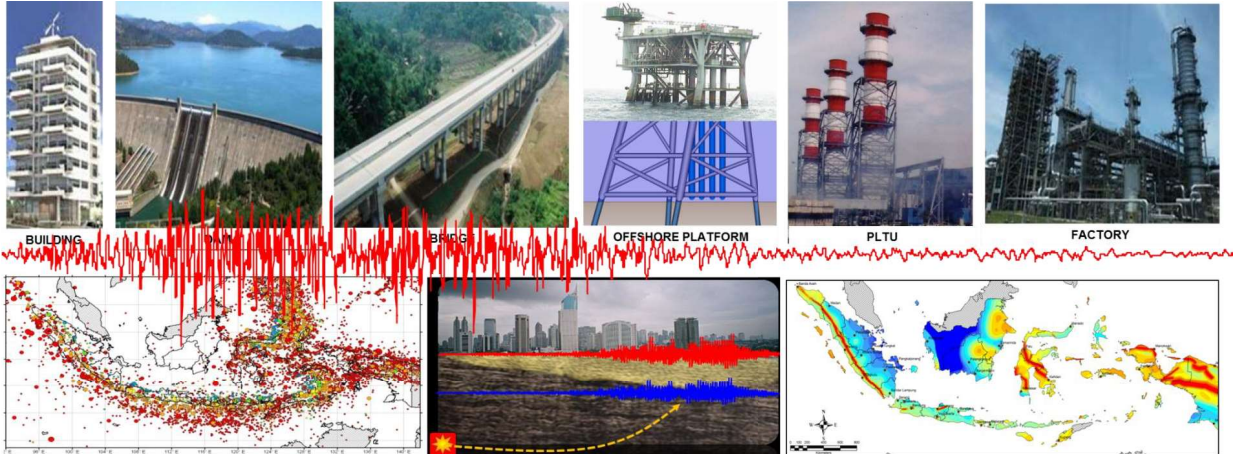
M. ASRURIFAK DKK

Wakil Ketua I Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)

Dosen Pascasarjana ISTN Jakarta

Anggota Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN)

Anggota Tim Mikrozonasi Kota-kota Besar Indonesia



Disampaikan dalam HATTI MENGAJAR IX 2021 dengan tema:
“INTRODUCTION TO EARTHQUAKE ENGINEERING”
21 Oktober 2021

LINGKUP BAHASAN

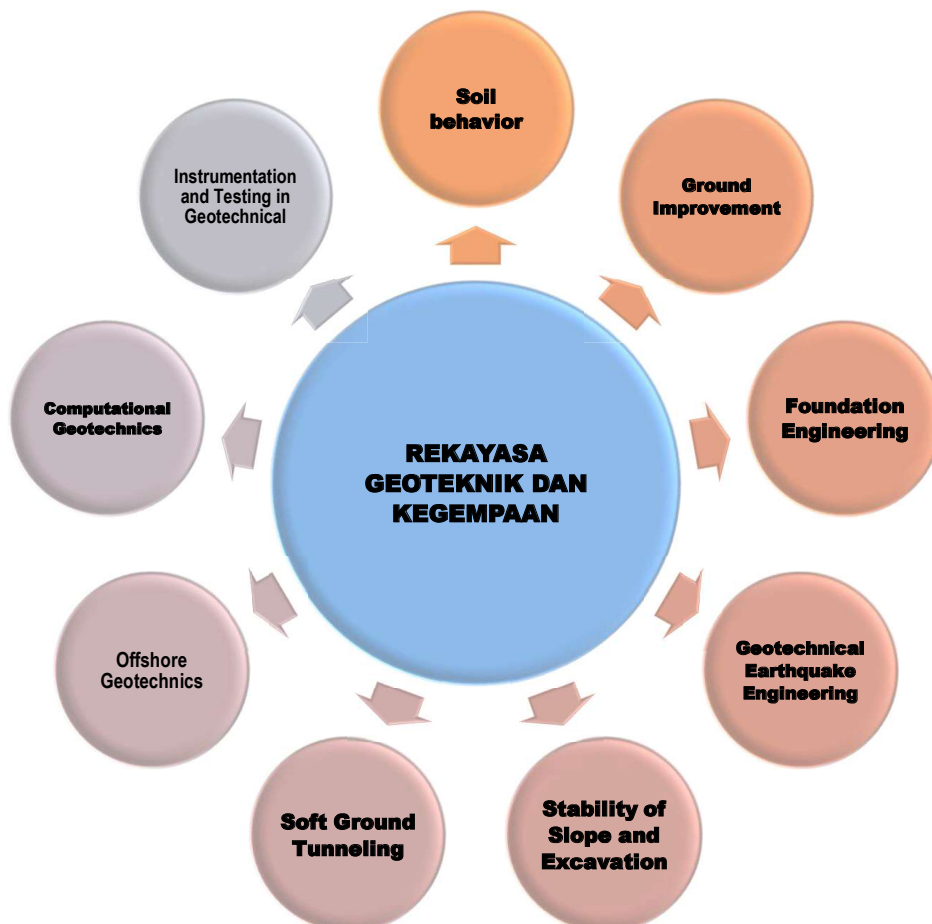
- **Pendahuluan / Latar Belakang**
- **Dampak Gempabumi Terhadap Struktur Bangunan**
- **Kondisi Kegempaan Wilayah Indonesia**
- **Peta Gempa Indonesia 2017 dan SNI Gempa**
- **Perhitungan Konstruksi Tahan Gempa**
- **Penutup**

PENDAHULUAN

Geoteknik adalah salah satu cabang dari ilmu [Teknik Sipil](#). Di dalamnya diperdalam pembahasan mengenai permasalahan kekuatan tanah dan batuan serta hubungannya dengan kemampuan menahan beban bangunan yang berdiri di atasnya. Pada dasarnya ilmu ini tergolong ilmu tua yang berjalan bersamaan dengan tingkat peradaban manusia, dari mulai pembangunan piramid di Mesir, candi Borobudur hingga pembangunan gedung pencakar langit sekarang ini. Salah satu permasalahan geoteknik yang melegenda ialah kemiringan menara Pisa di Italia, yang disebabkan oleh ketidakseragaman dukungan tanah di bawahnya terhadap menara tersebut. Secara keilmuan, cabang teknik sipil yang satu ini mempelajari lebih mendalam ilmu ilmu:

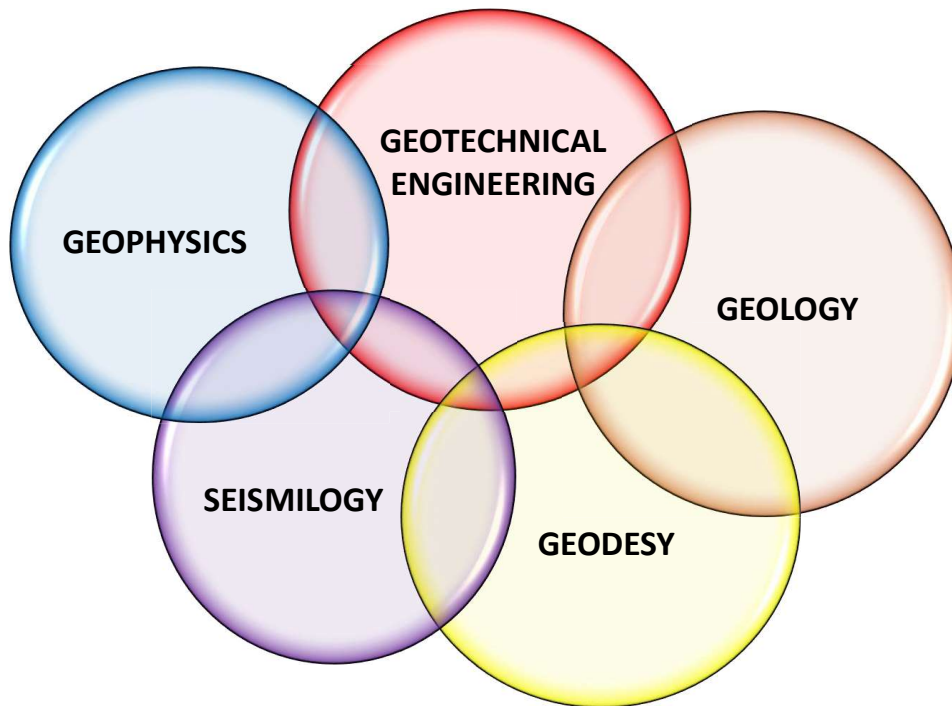
- [Mekanika Tanah](#)
- [Mekanika batuan](#)
- [Teknik Pondasi](#)
- Struktur bawah tanah dan batuan (bendungan, terowongan, dan underground space)

CABANG BARU GEOTEKNIK → REKAYASA GEOTEKNIK DAN KEGEMPAAN



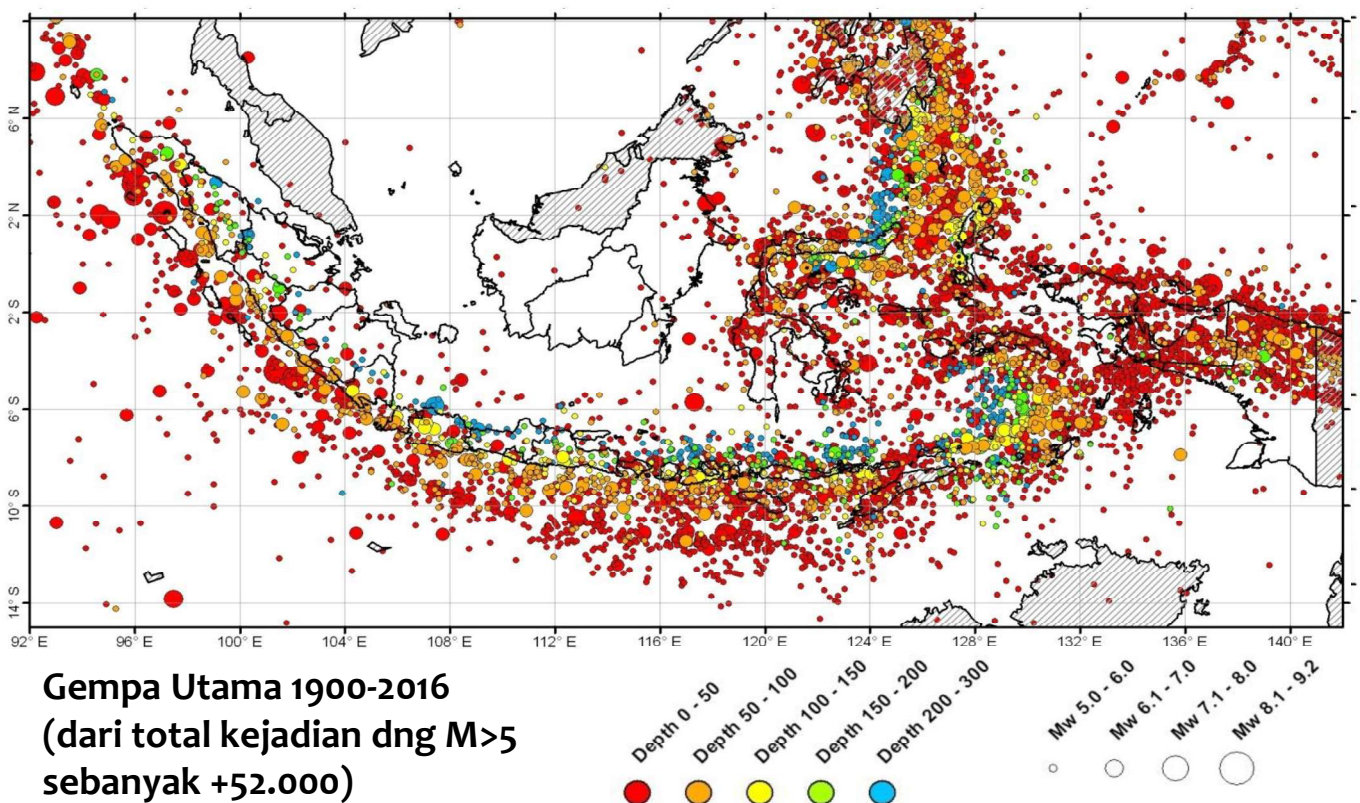
STUDI BERSAMA ANTAR DISIPLIN ILMU PENGETAHUAN

GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING



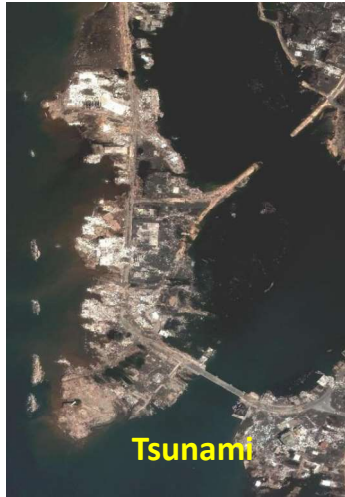
LATAR BELAKANG

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



LATAR BELAKANG

Gempa bumi → fenomena alam yang sangat merusak **MANUSIA TAK MAMPU MENOLAK**



STRATEGI PENGURANGAN RESIKO (MITIGASI) GEMPA

Kebutuhan dasar untuk terlindungi dari implikasi buruk adanya gempa

(FEMA 451b, 2007)

FENOMENA ALAM GEMPA



Sangat berpotensi mengakibatkan kerugian besar



Manusia tidak dapat mencegah



Kejadian alam yang belum dapat diperkirakan secara akurat: kapan, dimana, magnituda

Efek Gempa	Strategi
Fault rupture	Hindari
Tsunami	Hindari
Kelongsoran (besar)	Hindari
Likuifaksi	Hindari/ Ditanggulangi
Goncangan/ Gerakan Tanah	Ditanggulangi

Bangunan/Infrastruktur perlu didisain tahan gempa

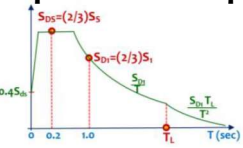
Parameter Gerak Tanah Seismik untuk Desain Bangunan Tahan Gempa

Analisis Respons Spectral

Analisis Respons Spektral Spesifik-situs

Spektrum Respons Desain

Modified Acceleration Time History

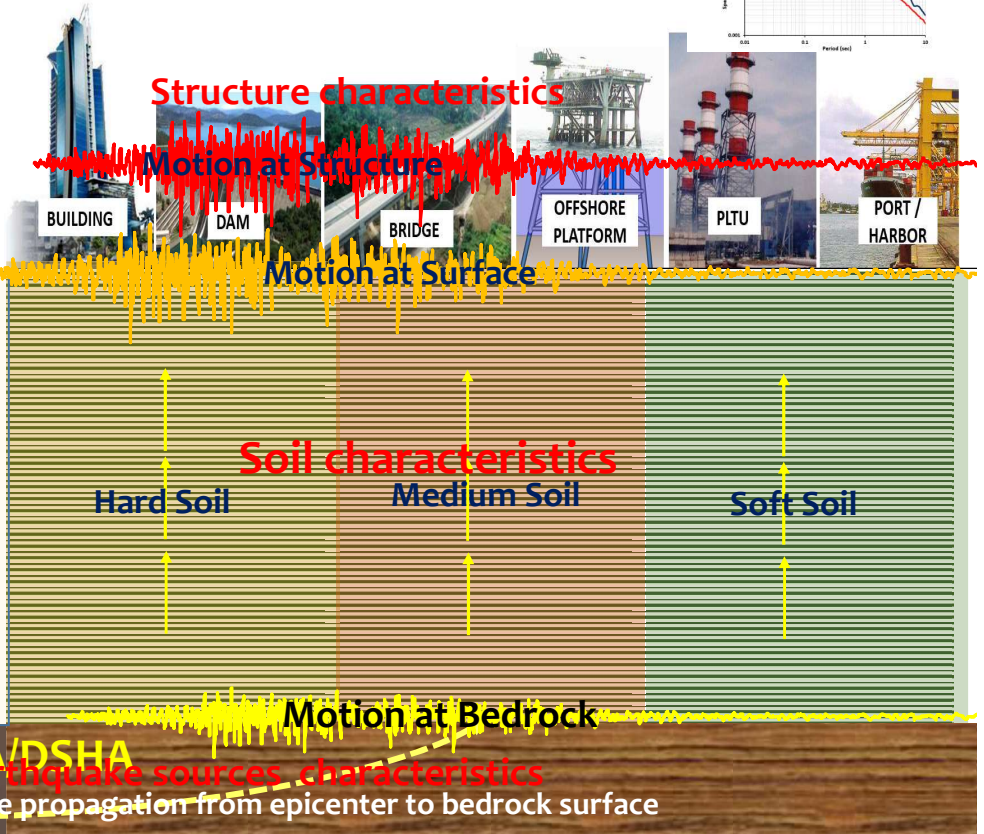


UPPER STRUCTURE

H

SUB STRUCTURE

Hazard Maps



LINGKUP BAHASAN

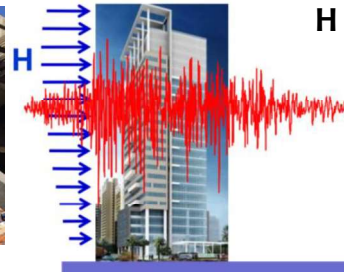
- Pendahuluan / Latar Belakang
- Dampak Gempabumi Terhadap Struktur Bangunan
- Kondisi Kegempaan Wilayah Indonesia
- Peta Gempa Indonesia 2017 dan SNI Gempa
- Perhitungan Konstruksi Tahan Gempa
- Penutup

DAMPAK GEMPA TERHADAP STRUKTUR

Why can building collapse?



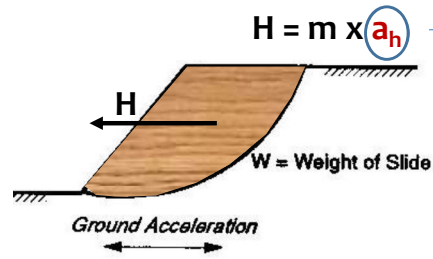
Seismic Force H



2nd Newton's law:

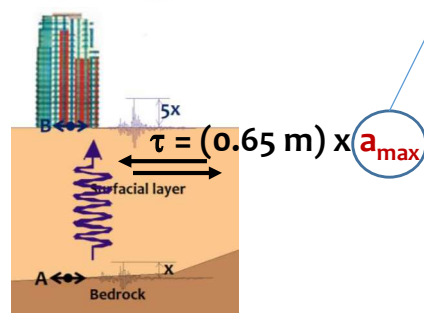
$$H = m \times a$$

Why can landslide occur?



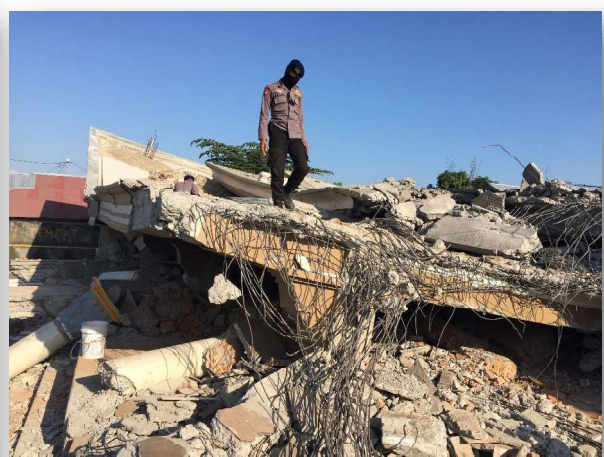
Earthquake hazard need to be quantified by **a** (=acceleration / spectral acceleration)

Why can liquefaction happend?



Irsyam et al (2019)

DAMPAK GEMPA TERHADAP STRUKTUR BANGUNAN Gempa Lombok 2018



BANGUNAN ROBOH/HANCUR

Gempa Lombok 2018



KONSEP "STRONG COLUMN WEAK BEAM" BELUM DITERAPKAN



STANDAR PENULANGAN MINIMAL

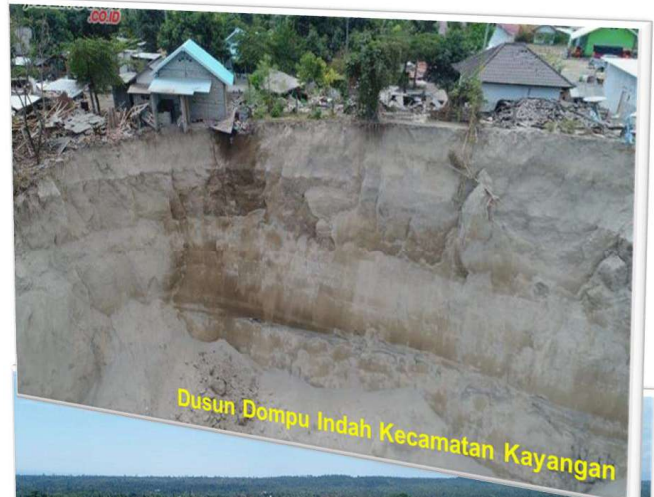


LANDSLIDE

Lombok Eq. 2018



Longsor di Desa Sambi Bangkol



Dusun Dampu Indah Kecamatan Kayangan



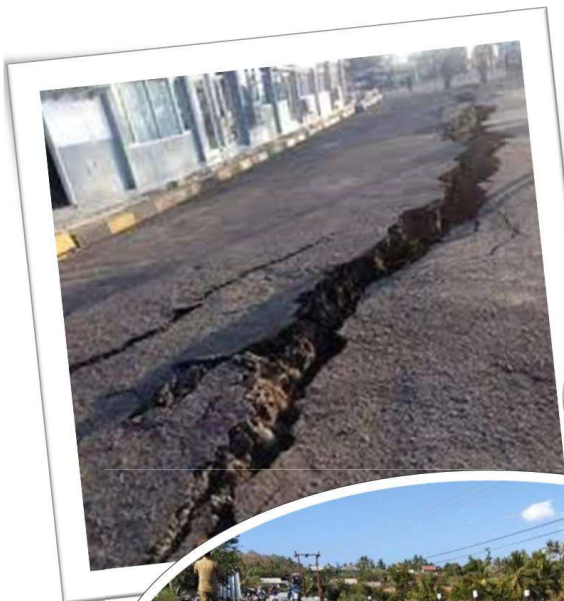
Longsong di lereng Rinjani



Longsor di Lombok Utara

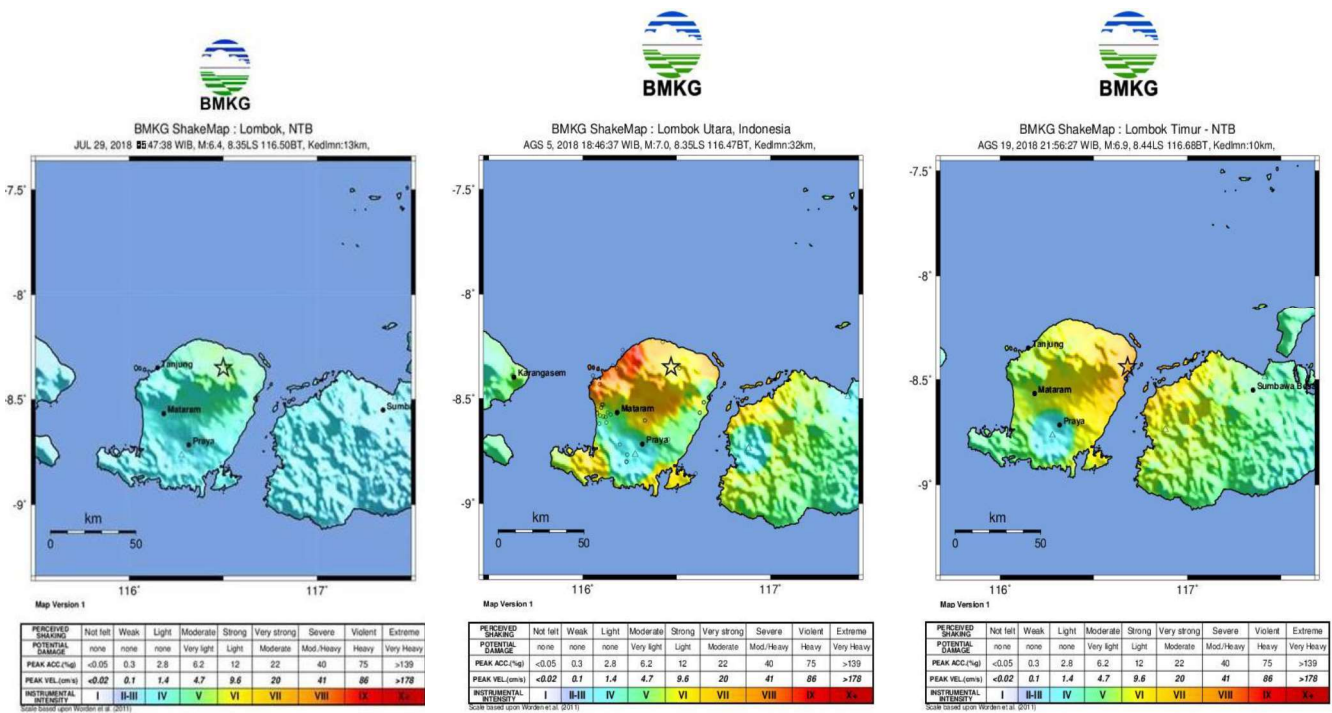
LIQUIFACTION

Lombok Eq. 2018



PELAJARAN DARI GEMPA LOMBOK 2018

Lombok Earthquake Intensity Map in MMI by BMKG



M6.4, 29 Juli 2018

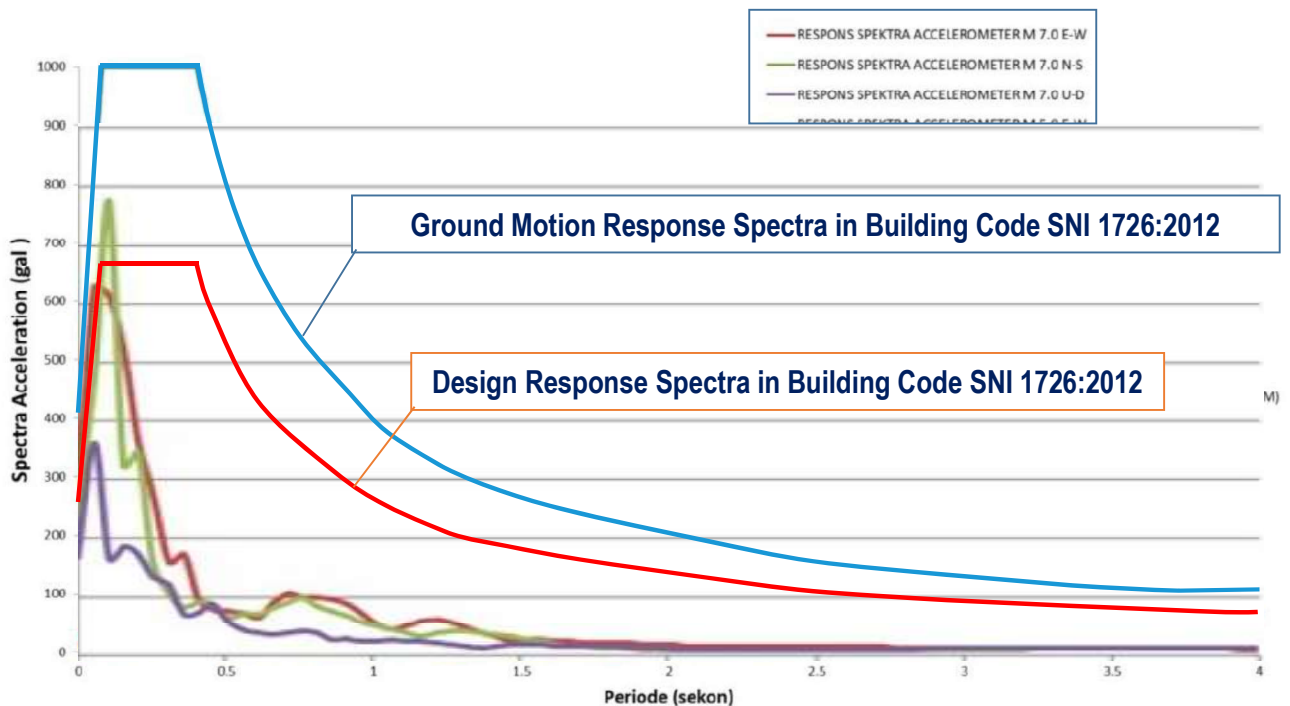
M7.0, 5 Agustus 2018

M6.9, 19 Agustus 2018

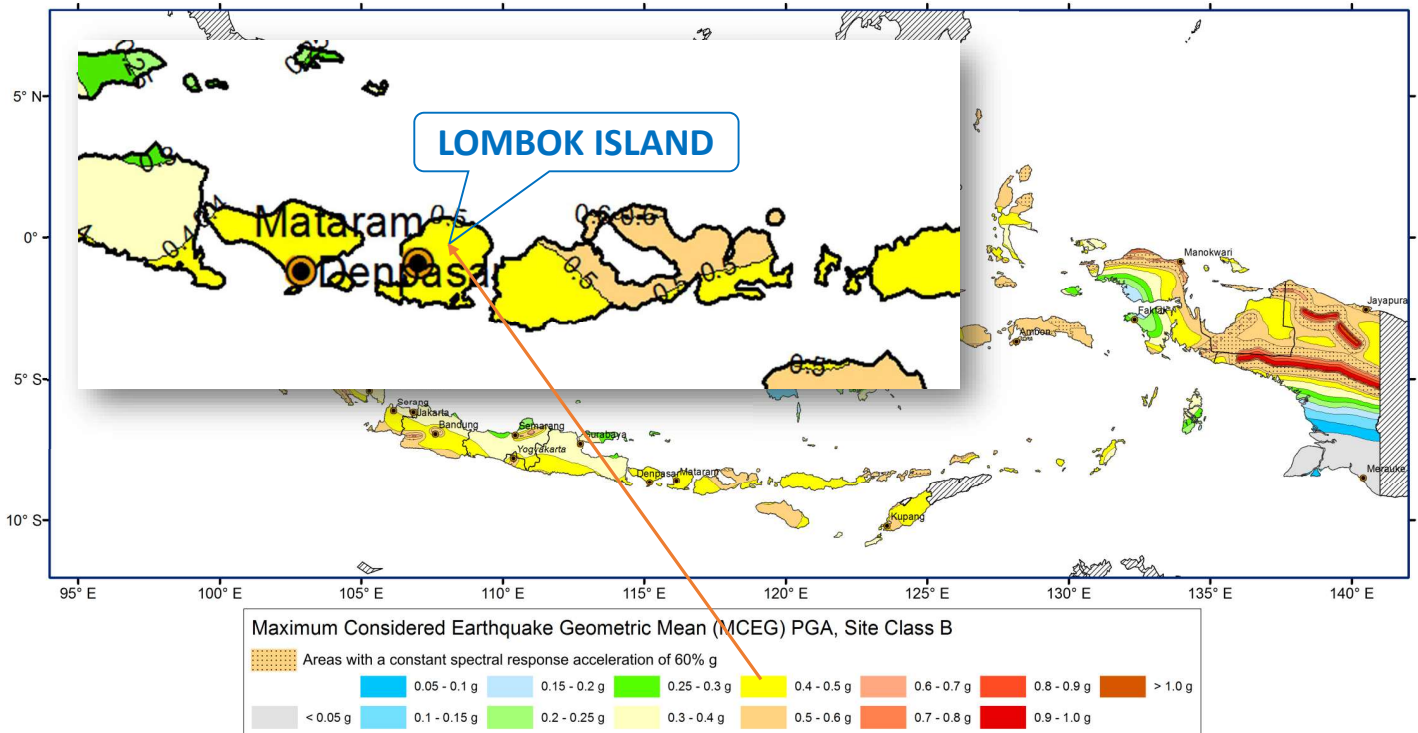
Value of MMI about VII



Design and Recorded Response Spectra at Geophysics Taliwang Station M 7.0 Lombok Earthquake 2018



Maximum Considered Earthquake Geometric mean (MCE_G) PGA in Building Code SNI-1726-2012



PELAJARAN DARI GEMPA LOMBOK 2018

Berdasarkan hasil analisa data akselerograf BMKG, rangkaian Gempabumi di Lombok memberikan Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) sebagai berikut:

- 1. Gempa foreshock M6.4 tanggal 29 Juli 2018**, tercatat di stasiun Praya (MASE) yang berjarak 47.9 km dari episenter, sebesar 6.2 gal. Sedangkan stasiun Taliwang (TWSI) yang berjarak 55.9 km mencatat PGA sebesar 41 gal.
- 2. Gempa mainshock M7.0 tanggal 5 Agustus 2018**, tercatat di stasiun Praya (MASE) yang berjarak 48 km dari episenter, sebesar 44 gal. Sedangkan stasiun Taliwang (TWSI) yang berjarak 58.48 km mencatat PGA sebesar 18 gal.
- 3. Gempa aftershock M5.9 tanggal 9 Agustus 2018**, tercatat di stasiun Praya (MASE) yang berjarak 36.97 km dari episenter, sebesar 33 gal. Sedangkan stasiun Taliwang (TWSI) yang berjarak 80.74 km mencatat PGA sebesar 13 gal.
- 4. Gempa mainshock baru M6.9 tanggal 19 Agustus 2018**, tercatat di stasiun Praya (MASE) yang berjarak 48.9 km dari episenter, sebesar 12 gal. Sedangkan stasiun Taliwang (TWSI) yang berjarak 34.7 km mencatat PGA sebesar 293 gal.

DAMPAK GEMPA BUMI TERHADAP STRUKTUR BANGUNAN

CASE STUDY: LOMBOK Eq. 2018

Analisis guncangan yang dirasakan di daerah Lombok Utara dan Lombok Timur mencapai VI-VII MMI (*BMKG, Detik News Senin 20 Agustus 2018, 01:47 WIB*).

VII MMI scale → converted to PGA about 0.18-0.34g (**Actual Ground Motion**)

Risk map (MCE_G) in SNI 1726:2012 (*Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*)

for Lombok → 0.4-0.5g (bedrock)

bila ada dipermukaan, maka nilai PGA ini bisa bertambah besar karena terjadi amplifikasi akibat dari kondisi tanah setempat.

Namun kenyataannya banyak dijumpai bangunan-bangunan yang mengalami kerusakan struktural sedang hingga berat, bahkan sampai runtuh akibat gempa yang terjadi.

DAMPAK GEMPA TERHADAP STRUKTUR BANGUNAN GEMPA PALU/DONGGALA



BUILDINGS COLLAPSE
Palu Eq. 2018



BUILDINGS COLLAPSE
Palu Eq. 2018



DAMAGE & LIQUIFACTION

Palu Eq. 2018



Hotel Roa Roa di kawasan Maesa di Kelurahan Lolu Timur, Kota Palu, luluh lantak dihantam rangkaian gempa yang melanda Sulawesi Tengah. Puluhan tamu belum diketahui nasibnya. (KOMPAS.com/ROSYID A 47UAD)

Tim SAR menemukan salah satu korban meninggal dunia dari reruntuhan Hotel Roa Roa Palu akibat gempa, Minggu (30/9/2018). (Dok Humas Kantor SAR Palu)

BRIDGE COLLAPSE



Donggal, house slided



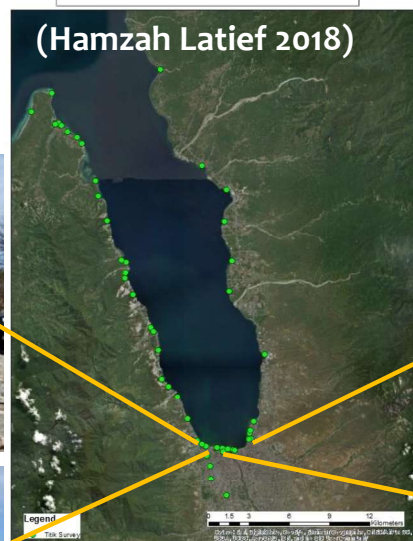
SURVEY OF PALU TSUNAMI



Donggala, Road Shoulder was eroded



SURVEY OF PALU TSUNAMI



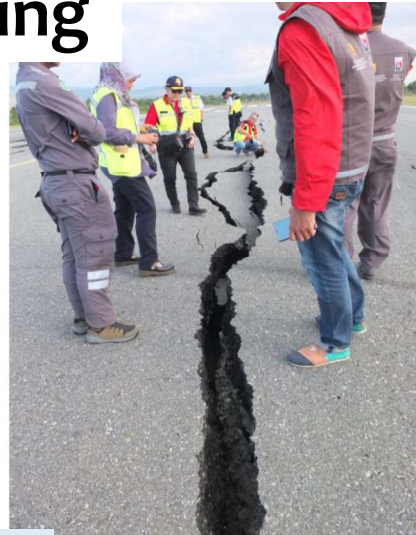
Wood and car transported by Tsunami



Mosque in front of the Gas Station

Yellow Bridge

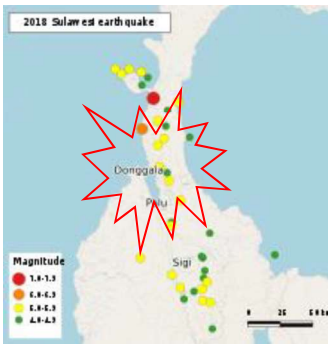
Ground Cracking



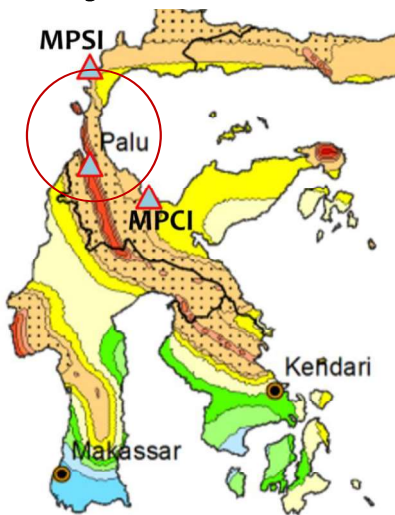
Ground Cracking at Palu Airport



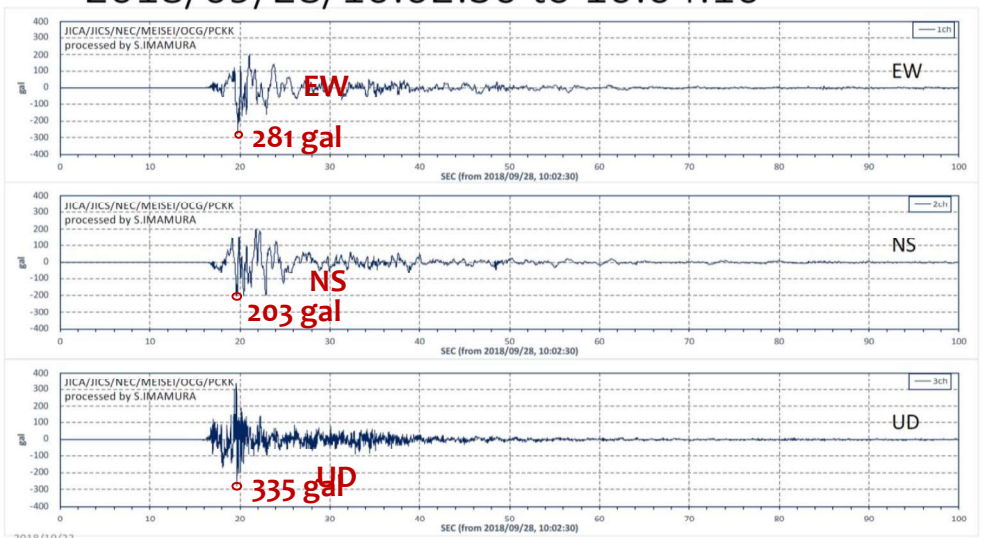
PELAJARAN DARI GEMPA PALU



MCE_G (SNI 1726:2012)



Acceleration waveform from 2018/09/28/10:02:30 to 10:04:10



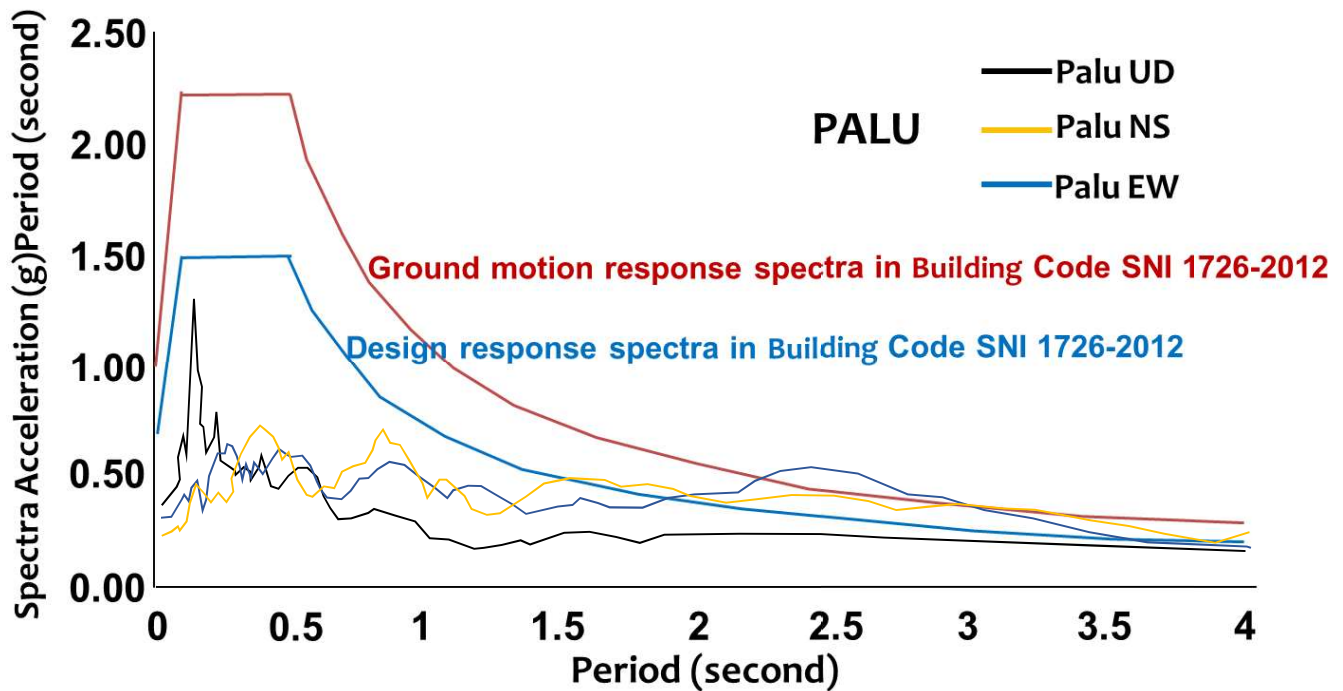
PGA & MMI

- EW: 281gal VII, NS: 203gal VII, UD: 335gal VII
- Horizontal vector: 333gal VIII
- 3 component vector: 400gal VIII

for Palu → 0.8-0.9g (bedrock)

(Sigit Pramono, 2018)

Design and Recorded Response Spectra at Geophysics Station of Palu



Kasus hampir sama dg gempa Lombok 2018

Gempa PALU → Actual GM < Design GM → TETAPI, BANYAK BAGUNGAN YANG RUSAK / ROBOH

PERTANYAAN ???

- Apakah **PERENCANA** struktur sudah: MENGETAHUI..... ?
MEMAHAMI..... ? **SNI Gempa**
MELAKSANAKAN... ?

SNI 1726:2019

Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non Gedung.

SNI 2833:2013

Standar perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan

- Apakah **PELAKSANA** struktur sudah: MENGETAHUI..... ?
MEMAHAMI..... ?
MELAKSANAKAN... ?

PERLU !!!

Disaster awareness / Kesadaran bencana
Budaya Sadar Risiko

ILUSTRASI

Disaster awareness / Kesadaran bencana



<http://www.kaskus.us/showthread.php?t=5192751>



http://arekmozar.blogspot.com/2010_01_01_archive.html



BlueFame Upload™

<http://argakencana.blogspot.com/2010/02/angkutan-motor-terunik.html>



http://cewekhonda.blogspot.com/2010_04_01_archive.html

Ilustrasi Budaya Tidak Sadar Risiko



<http://www.faridnugroho.my.id/2012/11/berbahaya-tapi.html>



<http://www.rubunnews.com/images/regional/new/878991/20ai-kan-keselamatan>



<http://archive.kaskus.co.id/thread/8162381/1>

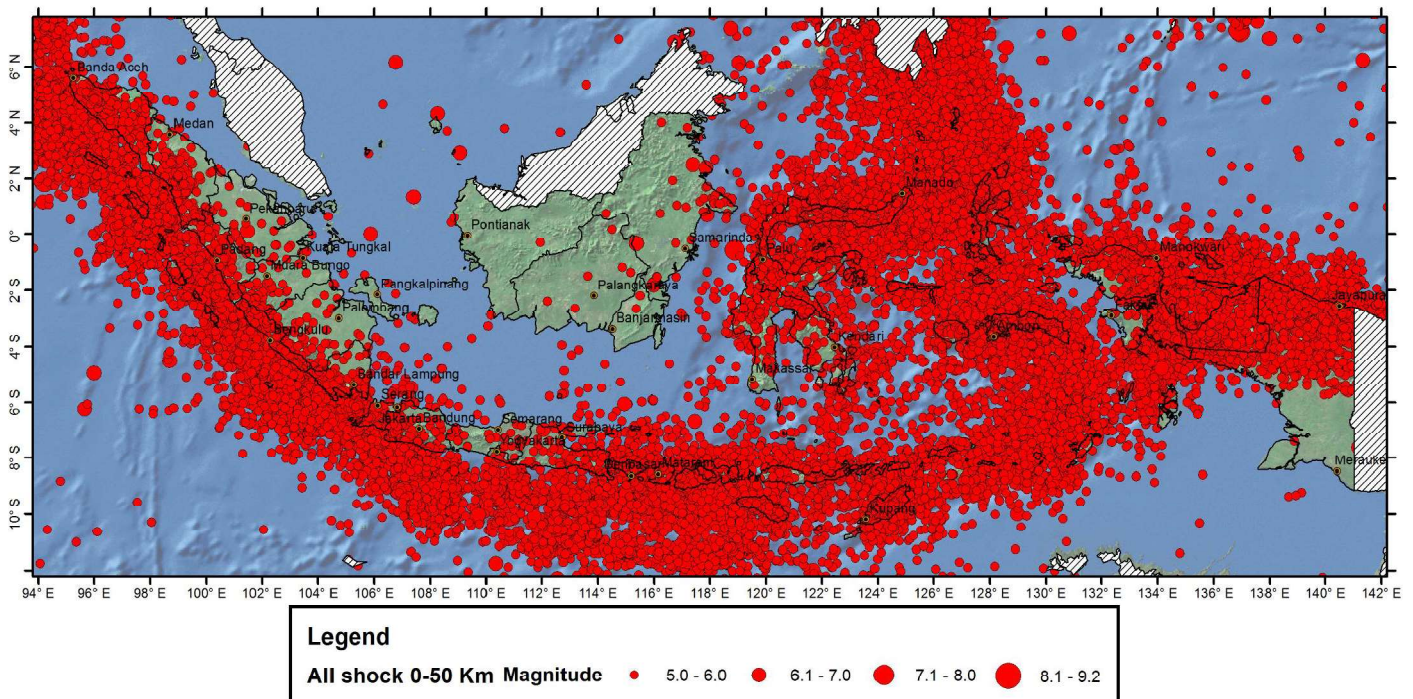


<http://www.radarpna.com/index.php/kesra/77-kesra/3917-waduh-giswi-di-purwakarta-dikeluarkan-gara-gara-bawa-mobil>

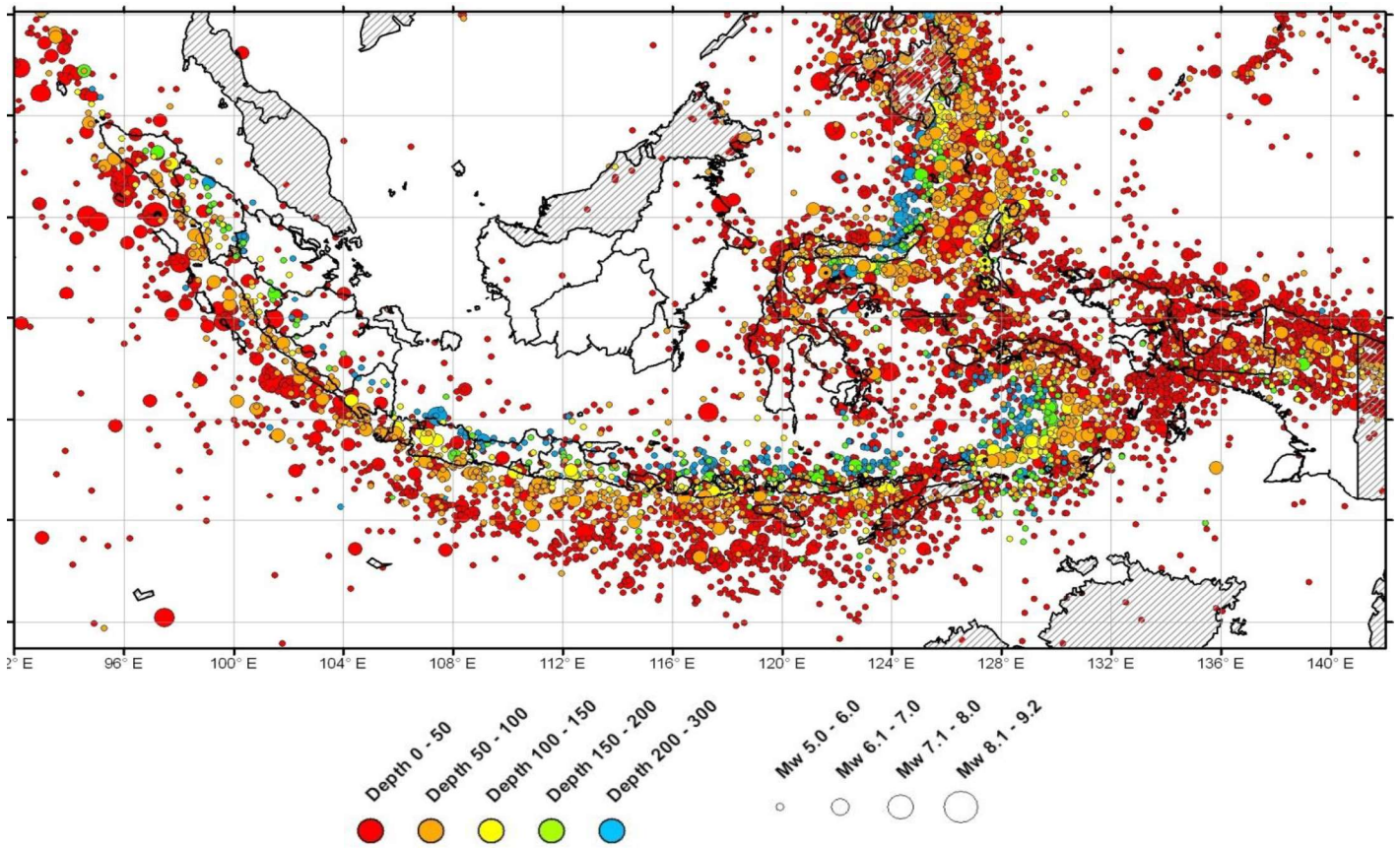
LINGKUP BAHASAN

- Pendahuluan / Latar Belakang
- Dampak Gempabumi Terhadap Struktur Bangunan
- Kondisi Kegempaan Wilayah Indonesia**
- Peta Gempa Indonesia 2017 dan SNI Gempa
- Perhitungan Konstruksi Tahan Gempa
- Penutup

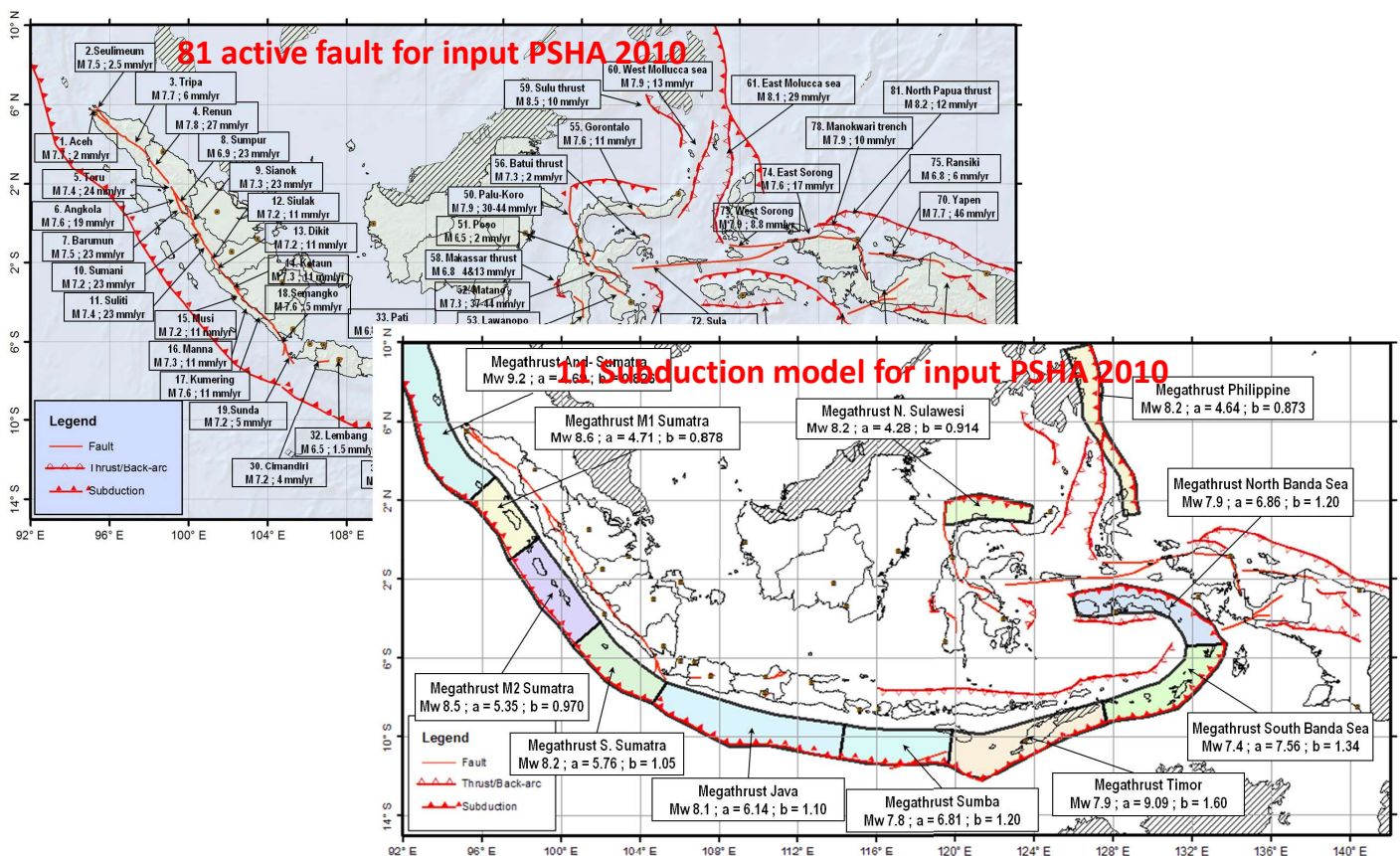
Episenter Gempa Dangkal 1900-2016



Gempa Utama Indonesia Hingga 2016

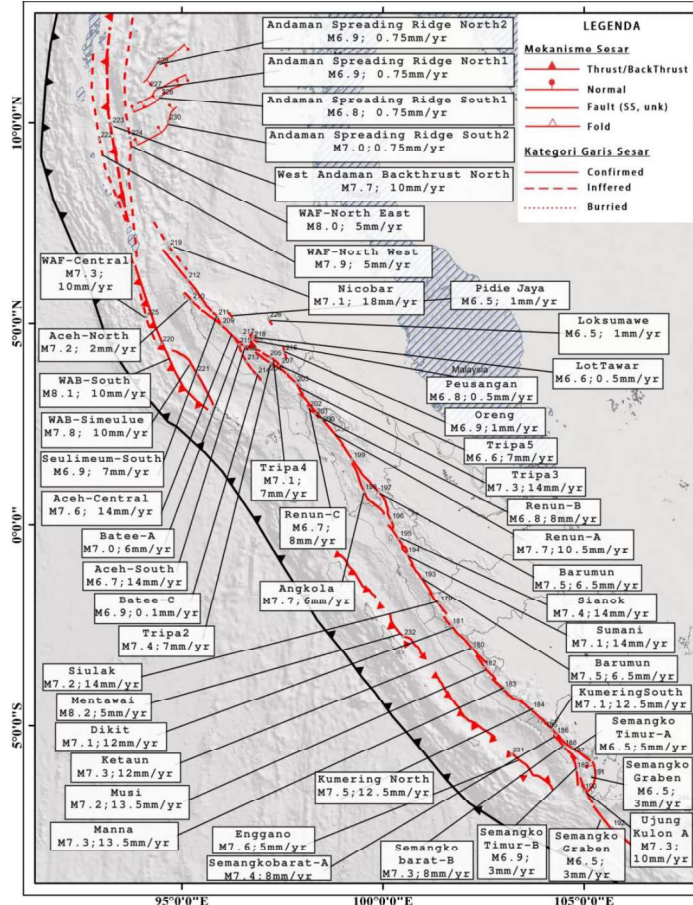


INFORMASI TERBARU SUMBER-SUMBER GENPA YANG BELUM DIAKOMODIR DI PETA GEMPA LAMA



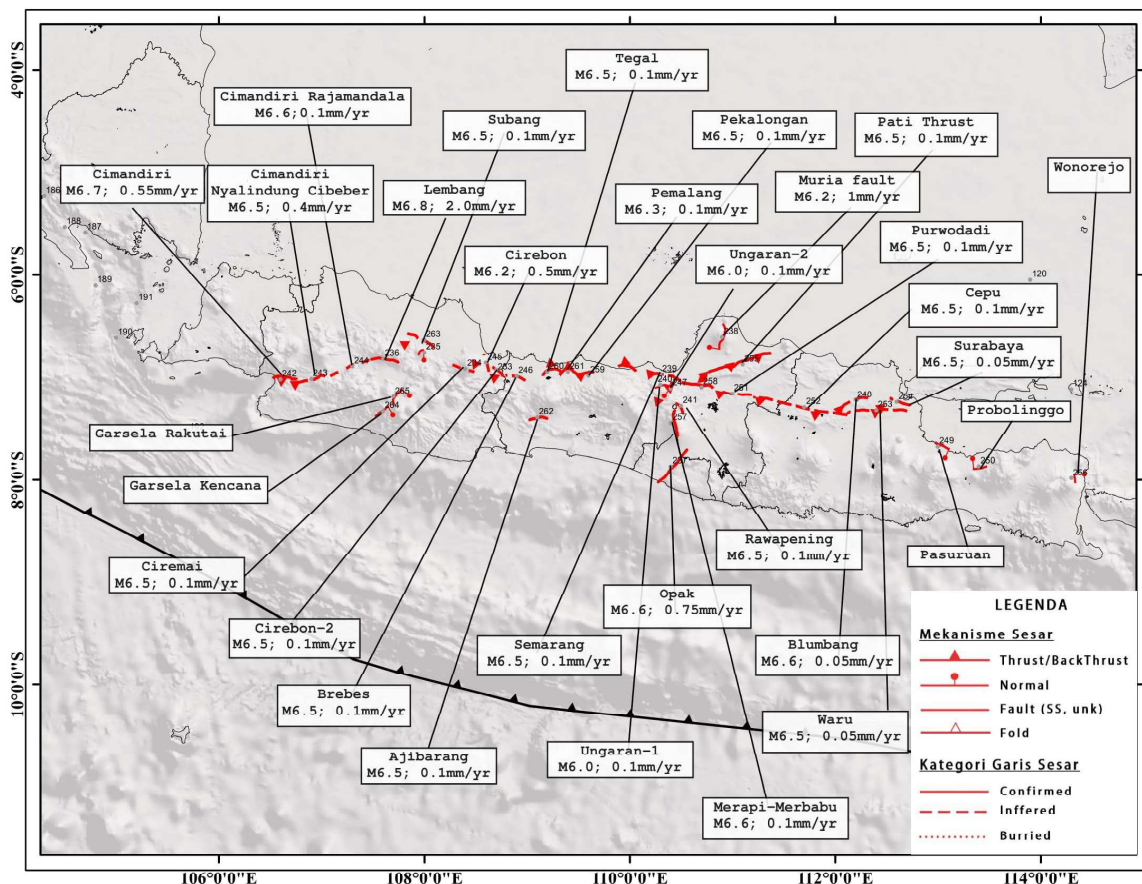
Input Parameters Indonesian hazard map, 2010

NEW PARAMETER FOR SEISMIC SOURCES 2017 (251 ACTIVE FAULT FOR INPUT PSHA)



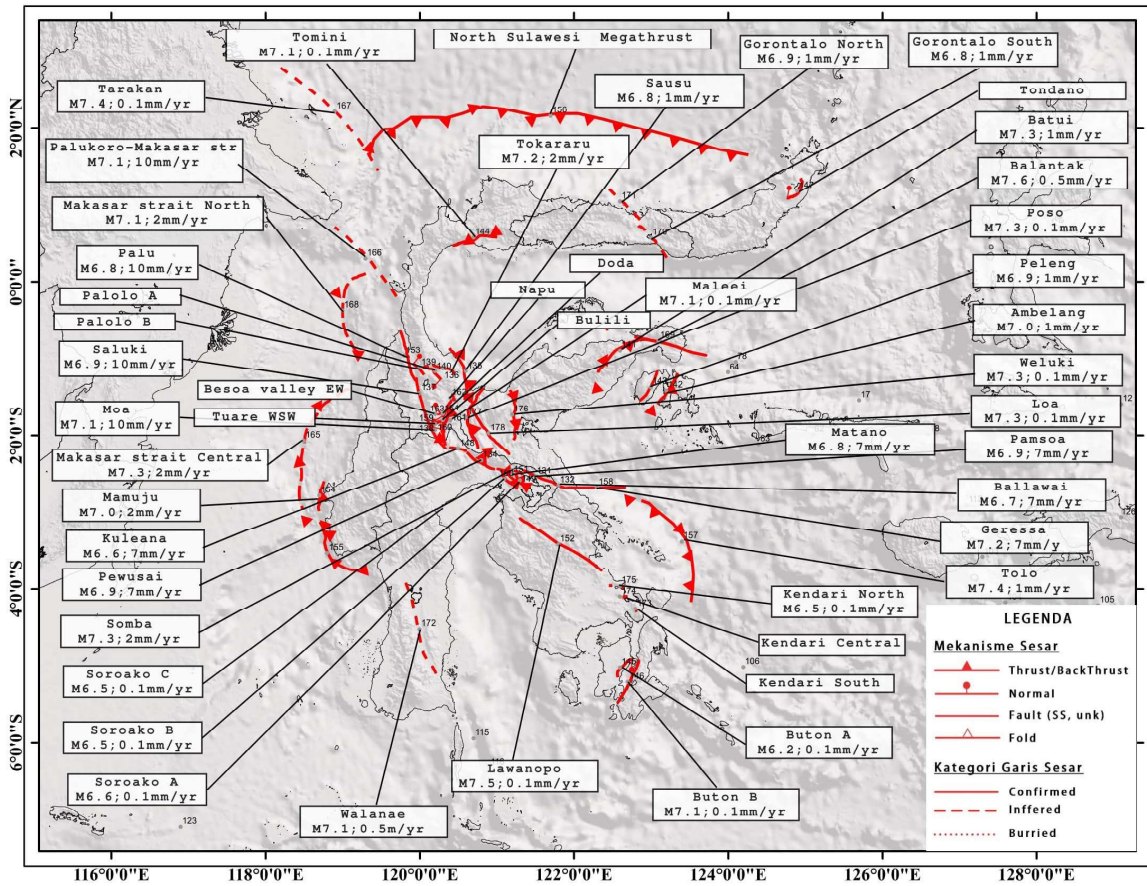
SUMATRA ACTIVE FAULT AND SURROUNDING

NEW PARAMETER FOR SEISMIC SOURCES 2017 (251 ACTIVE FAULT FOR INPUT PSHA)



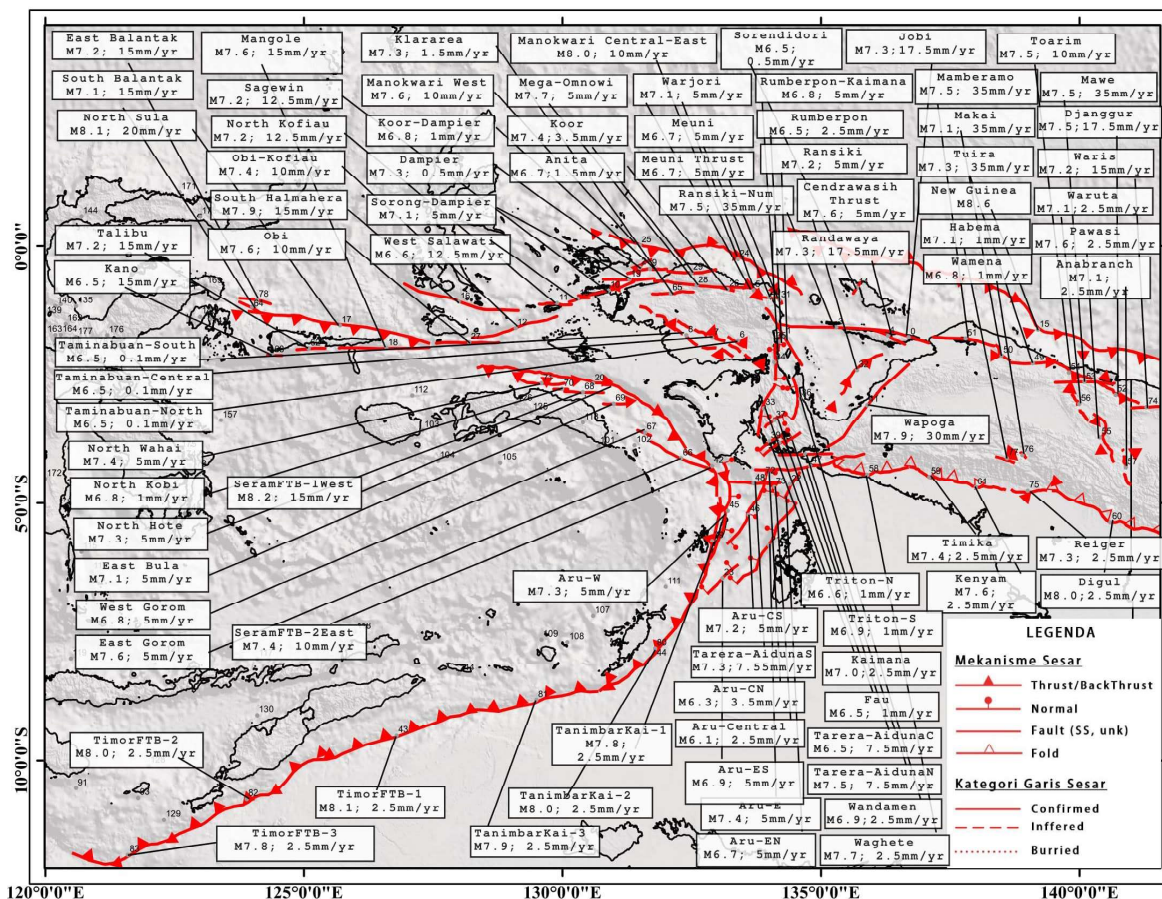
JAVA ACTIVE FAULT AND SURROUNDING

NEW PARAMETER FOR SEISMIC SOURCES 2017 (251 ACTIVE FAULT FOR INPUT PSHA)



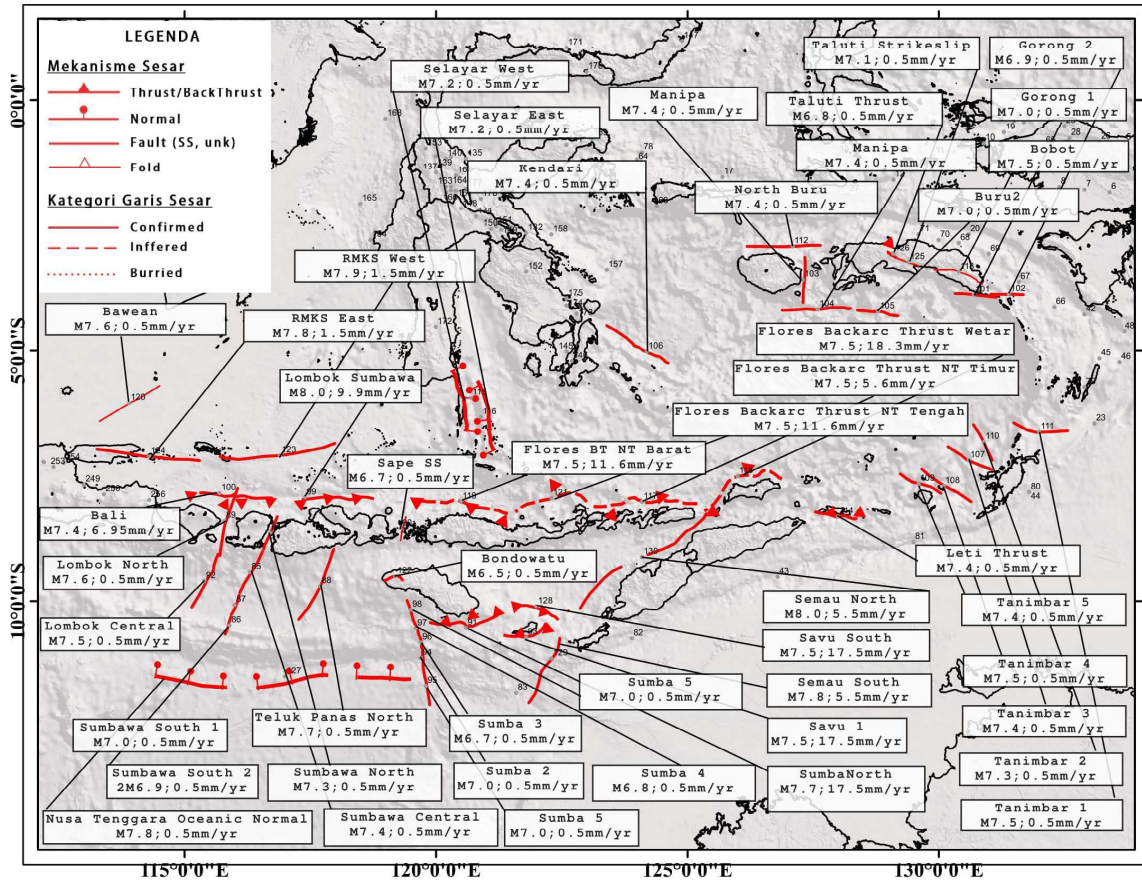
SULAWESI ACTIVE FAULT AND SURROUNDING

NEW PARAMETER FOR SEISMIC SOURCES 2017 (251 ACTIVE FAULT FOR INPUT PSHA)



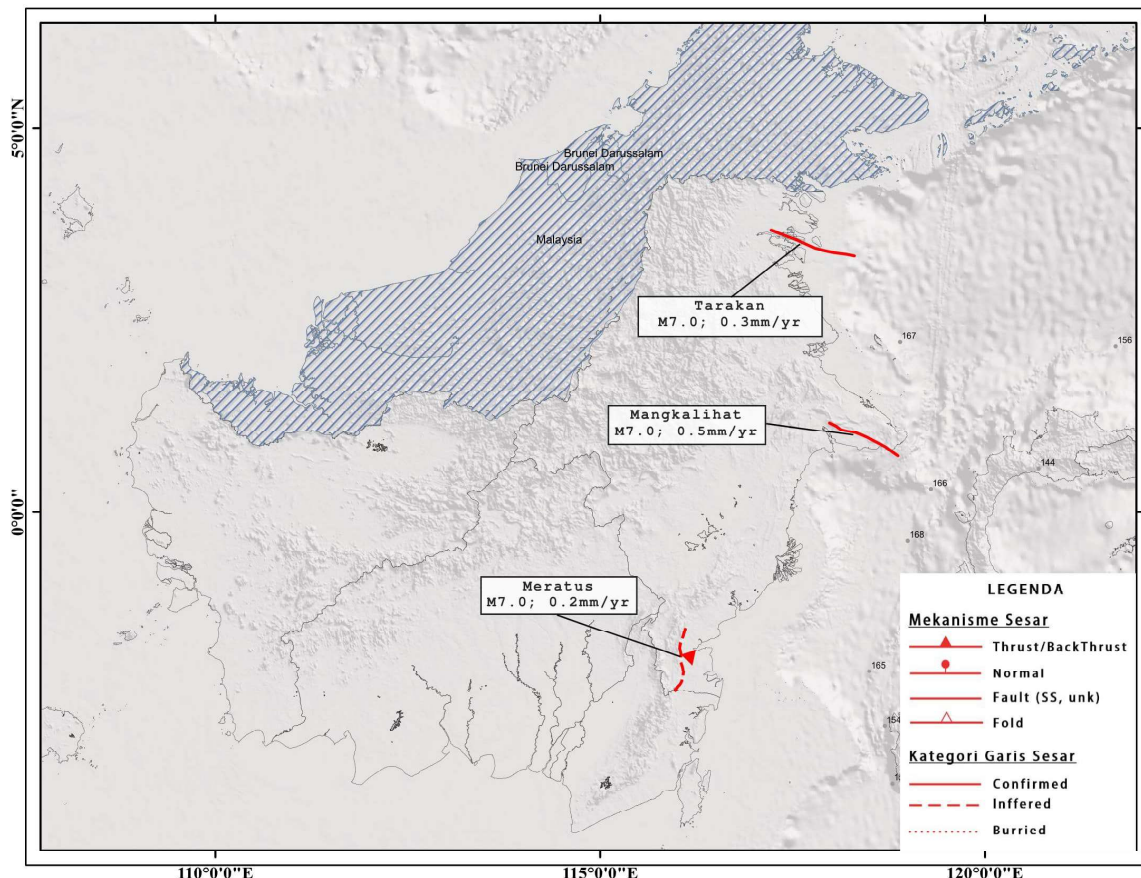
PAPUA ACTIVE FAULT AND SURROUNDING

NEW PARAMETER FOR SEISMIC SOURCES 2017 (251 ACTIVE FAULT FOR INPUT PSHA)



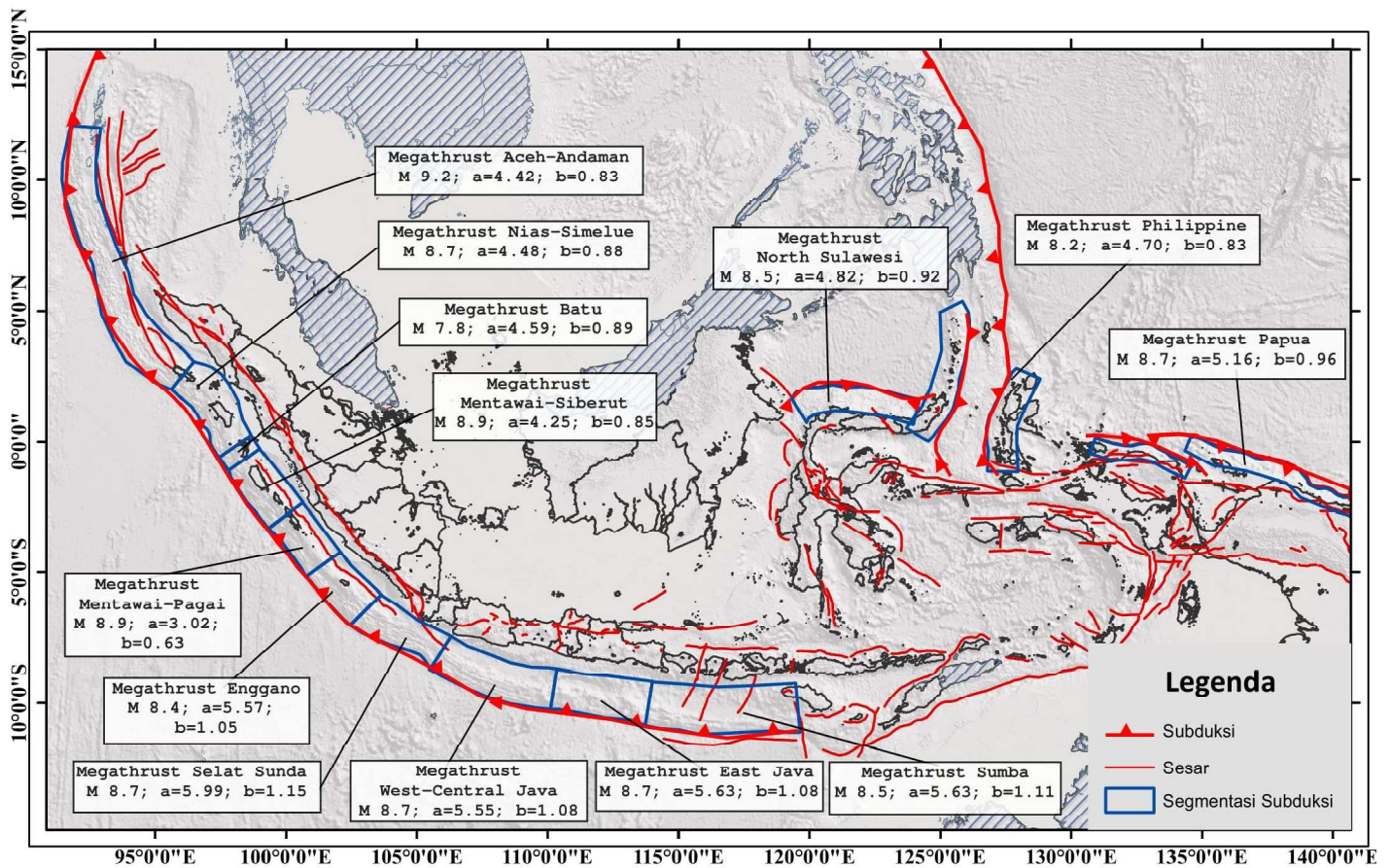
NUSATENGARA-BANDA ACTIVE FAULT AND SURROUNDING

NEW PARAMETER FOR SEISMIC SOURCES 2017 (251 ACTIVE FAULT FOR INPUT PSHA)



KALIMANTAN ACTIVE FAULT AND SURROUNDING

MEGATHRUST PARAMETERS FOR INPUT PSHA 2017

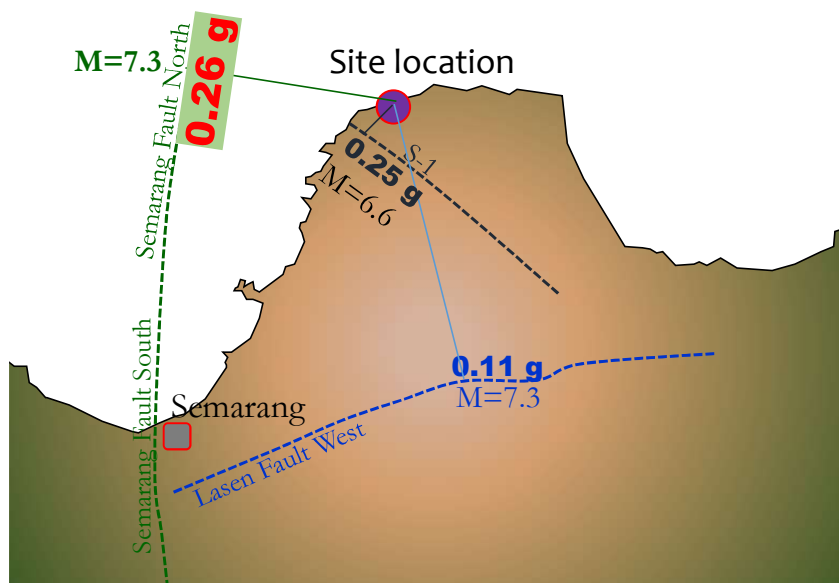


**Cerita Tentang Gempabumi
Di Indonesia Sebagai Realisasi dari
dinamika Plate Tectonic
(Referring The Work Of Robert Hall)**

Cara Mengkuantifikasi Goyangan Gempa? Dengan *Seismic Hazard Analysis*

Deterministic (DSHA)	Probabilistic (PSHA)
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analisis mudah difahami/sederhana ➤ Worst case scenario (kondisi terjelek): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Magnitude maksimum ▪ Jarak terdekat 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bukan hanya worst case scenario, tapi juga berbagai level dan kemungkinan ➤ Memperhitungkan semua sumber gempa yang mungkin akan terjadi di site yg ditinjau ➤ Gempa dg perioda ulang tertentu Tergantung umur bangunan dan Kemungkinan terlampaui
<p>Cara terbaik dengan mengintegrasikan keduanya ➔ SNI 1726:2012 & 2019 Untuk wilayah yang dekat dengan sumber gempa digunakan DSHA dan yang cukup jauh digunakan PSHA</p>	

1. Procedure for Developing Deterministic Hazard Map



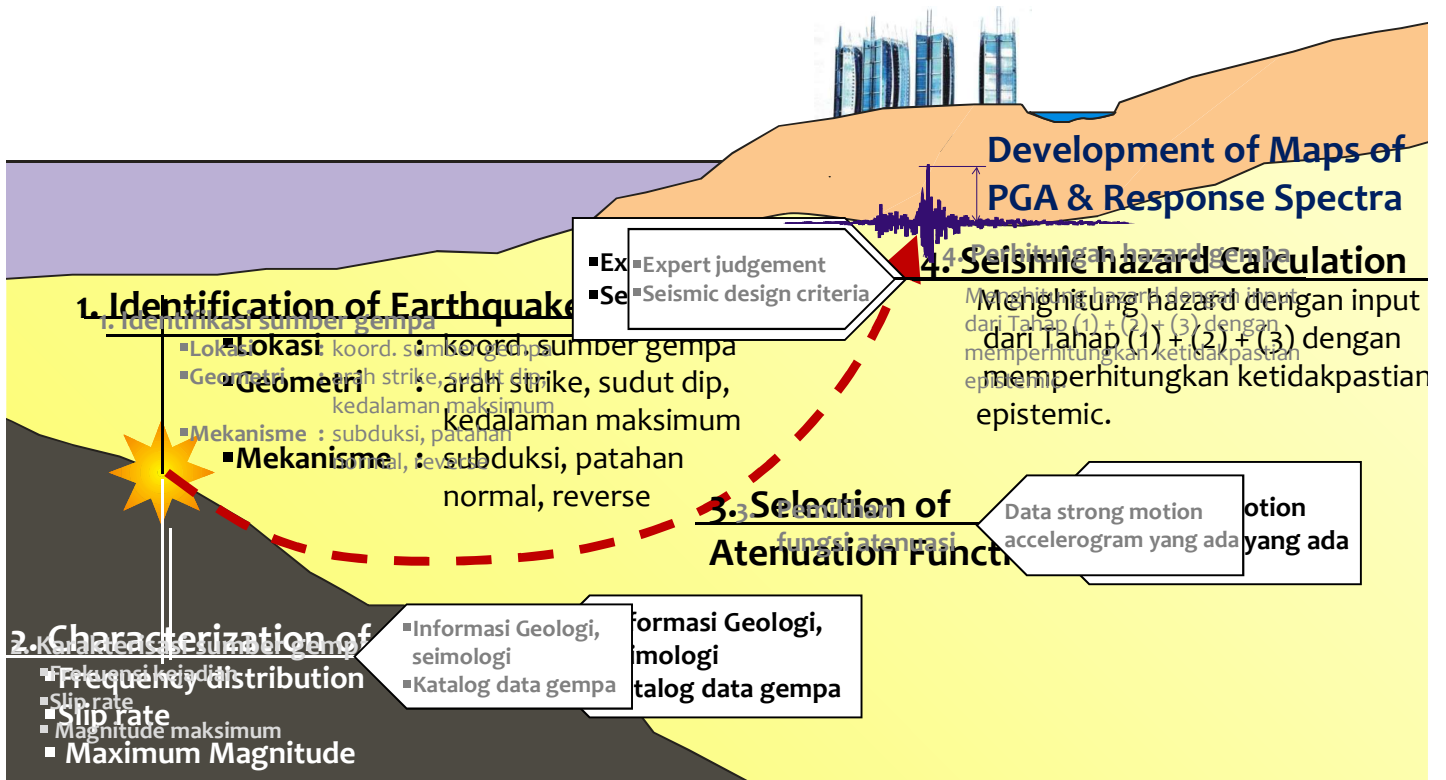
Identification of active faults surrounding the site location

Selecting the maximum magnitude (M_{\max}) and closest distance (R_{\min}) for each fault

Determining the ground motions based on M_{\max} and R_{\min}

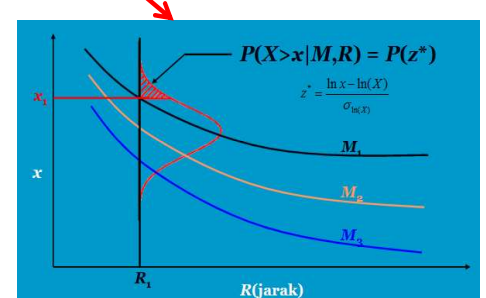
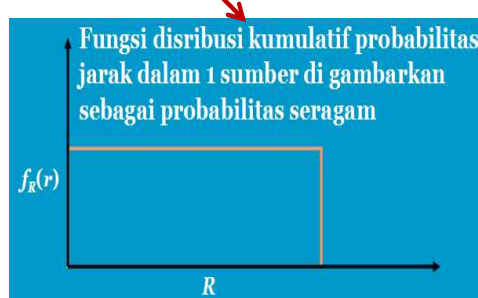
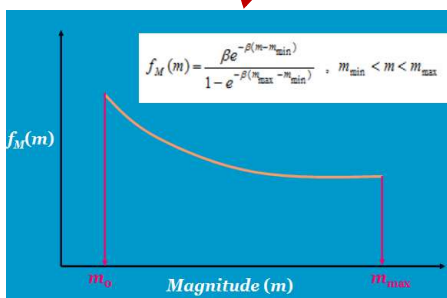
Selecting the worst scenario

2. Procedure for Developing Probabilistic Hazard Map

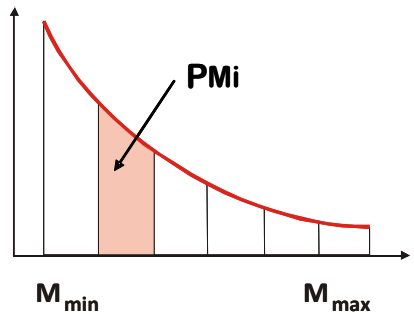


PETA HAZARD GEMPA Dari Analisis Total Probability Theorem

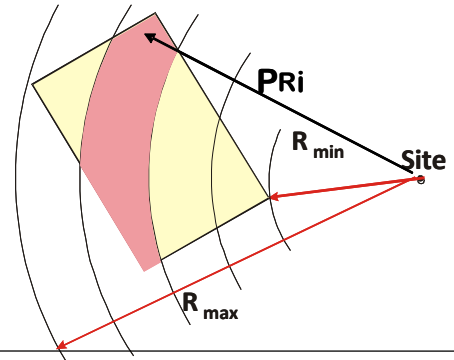
$$P_X(x) = \int_m f_M(m) \int_l f_{LR}(l) \int_r P(X > x) | m, r) f_{R|MLR}(r, m, l) dr dl dm$$



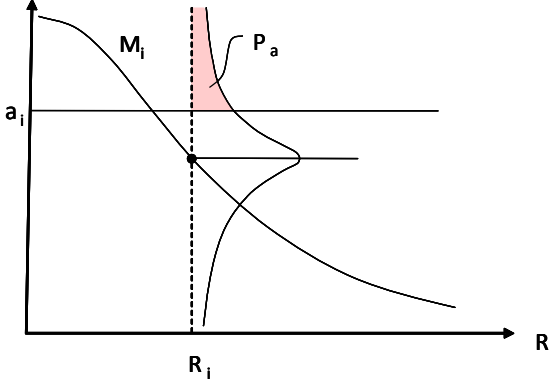
Probability → Magnitude



Probability → Jarak



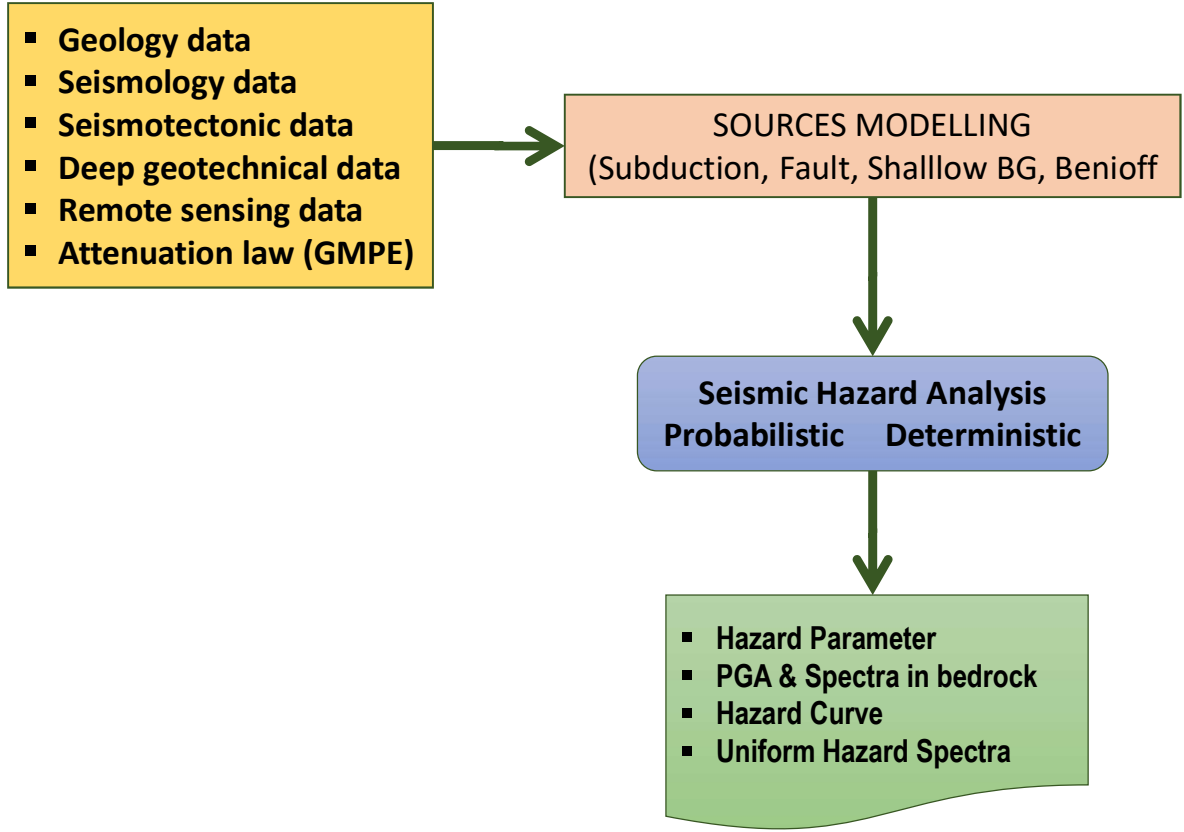
Probability → Fungsi Atenuasi



Total Probability :
 $P_M \times P_R \times P_a$

Probability kejadian gempa :
 dng Percepatan $a \geq 0.25 \text{ g}$
 dng M dari M_{\min} sampai M_{\max}
 dng R dari R_{\min} sampai R_{\max}

FLOW CHART SEISMIC HAZARD ANALYSIS



SEISMIC SOURCE MODELS

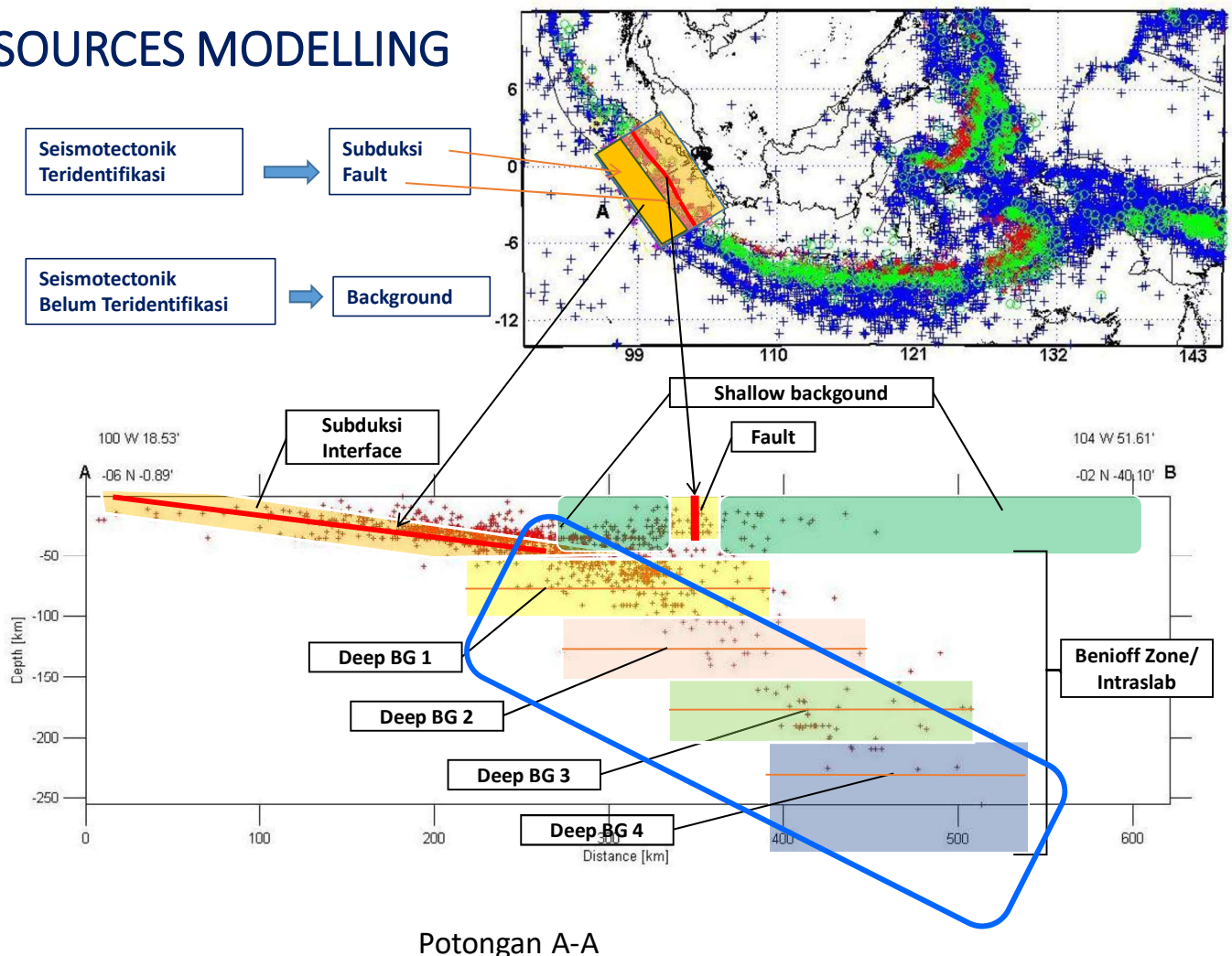
Parameter Sumber Gempa:

Menerjemahkan kondisi alam (geologi, seismologi, seismotektonik, geoteknik, dll) untuk dikuantifikasi, sehingga dapat diterjemahkan ke dalam angka-angka yang selanjutnya dapat digunakan untuk input analisis bahaya gempa (SHA).

Model-model Sumber Gempa (USGS concept)

- 1) Sumber gempa Subduksi (complex fault)
- 2) Sumber gempa sesar dangkal (simple fault)
- 3) Sumber gempa Background (Gridded Seismicity)

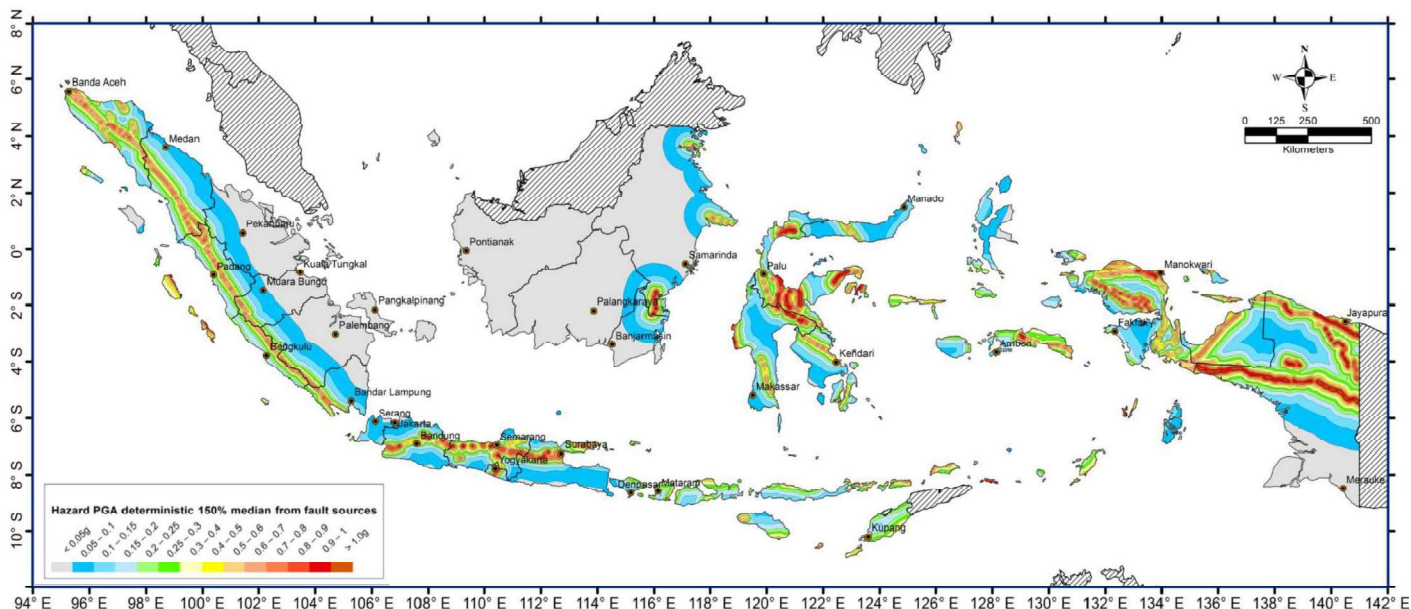
SOURCES MODELLING



LINGKUP BAHASAN

- Pendahuluan / Latar Belakang
- Dampak Gempabumi Terhadap Struktur Bangunan
- Kondisi Kegempaan Wilayah Indonesia
- Peta Gempa Indonesia 2017 dan SNI Gempa
- Perhitungan Konstruksi Tahan Gempa
- Penutup

Deterministic Peak Ground Acceleration (PGA) for Faults at Bedrock S_B with 84% percentile (150% Median)



	TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017	PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017
	<ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Masyhur Irsyam (Ketua) • Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua) • Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi) • Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi) • Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi) • Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ariska Rudyanto, M.Phil. (Ketua Pokja GMPE) • Dr. Sri Hidayati (Ketua Pokja SHA) • Dr. M. Asrurifak • Dr. M. Ridwan • Prof. Dr. Phil Cummins

Kerja sama:



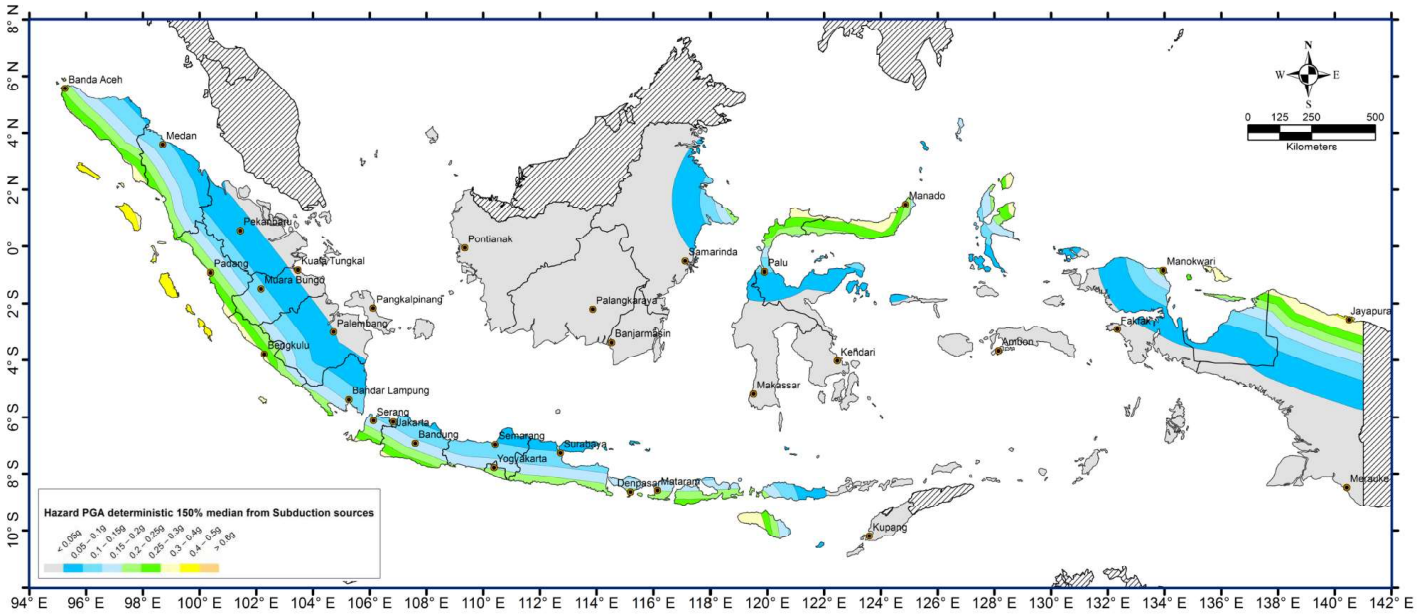








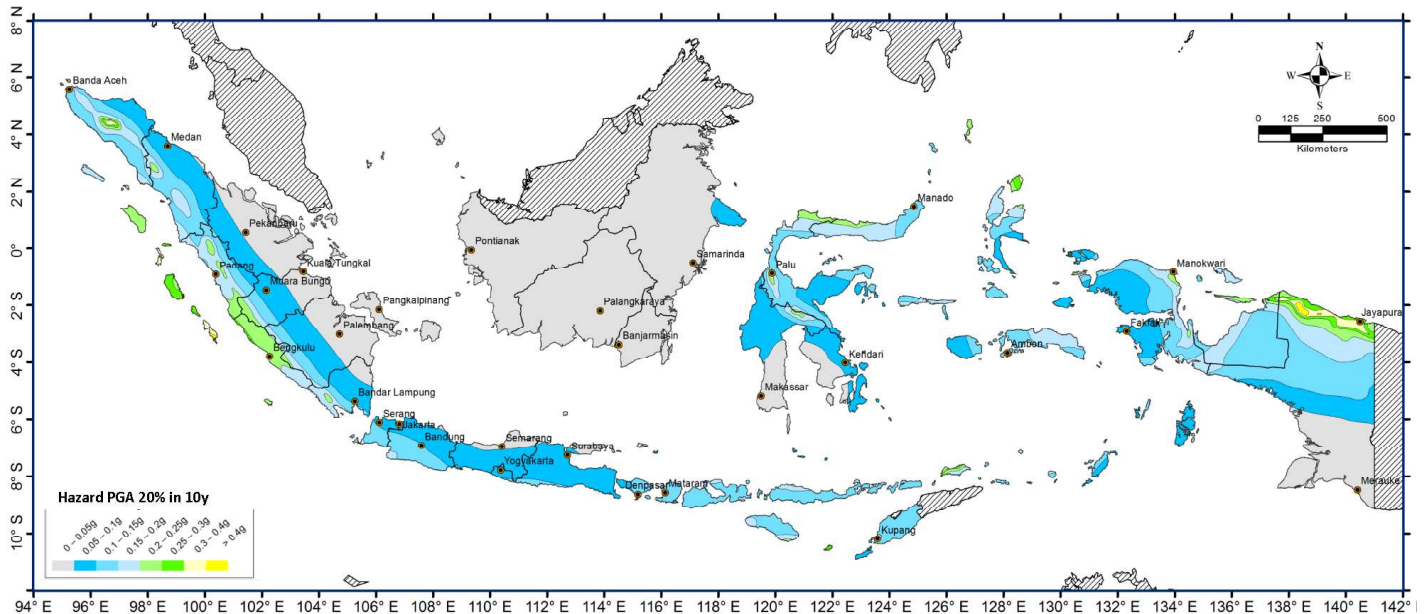

Deterministic Peak Ground Acceleration (PGA) for Subduction at Bedrock S_B with 84% percentile (150% Median)



	TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017	PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017
	<ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Masyhur Irsyam (Ketua) • Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua) • Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi) • Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi) • Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi) • Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ariska Rudyanto, M.Phil. (Ketua Pokja GMPE) • Dr. Sri Hidayati (Ketua Pokja SHA) • Dr. M. Asrurifak • Dr. M. Ridwan • Prof. Dr. Phil Cummins



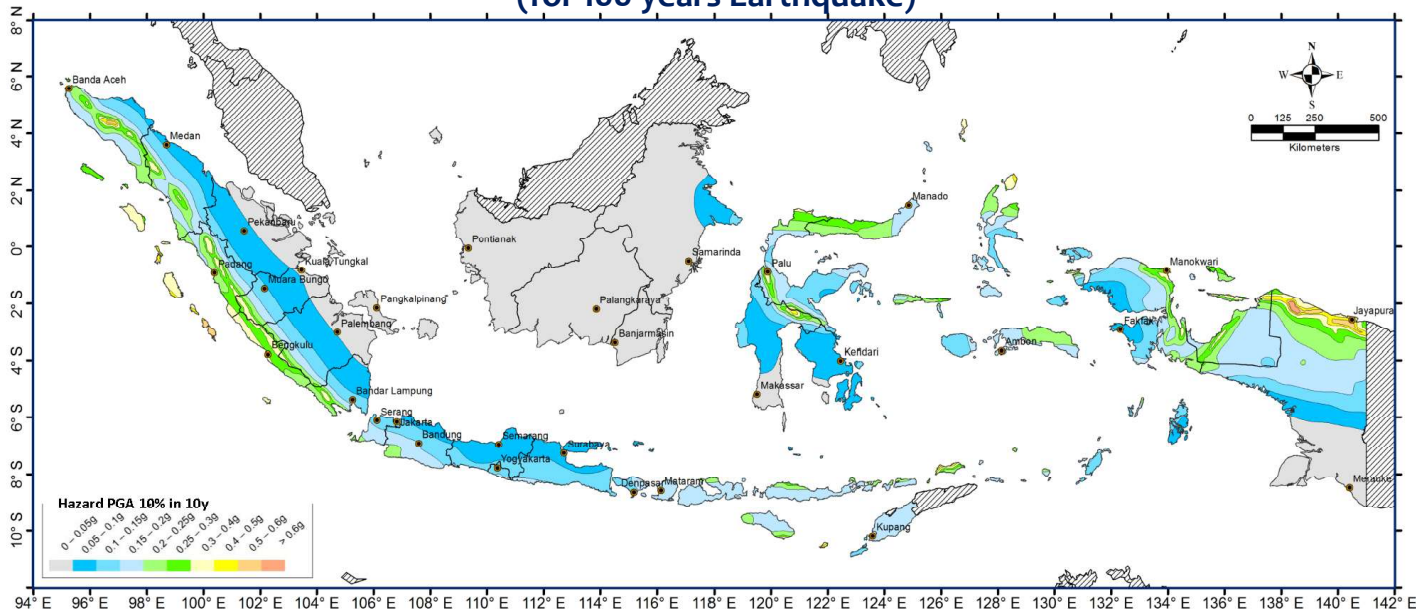
Peak Ground Acceleration (PGA) at Bedrock S_B (for 50 years Earthquake)



	TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017	PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017
	<ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Masyhur Irsyam (Ketua) • Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua) • Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi) • Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi) • Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi) • Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ariska Rudyanto, M.Phil. (Ketua Pokja GMPE) • Dr. Sri Hidayati (Ketua Pokja SHA) • Dr. M. Asrurifak • Dr. M. Ridwan • Prof. Dr. Phil Cummins



Peak Ground Acceleration (PGA) at Bedrock S_B (for 100 years Earthquake)



 PuSGeN	TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017 <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Masyhur Irsyam (Ketua) • Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua) • Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi) • Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi) • Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi) • Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog) 	PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017 <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat </div> <div style="text-align: right;"> Jakarta, 4 September 2017 Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  <u>M. Basuki Hadimuljiono</u> </div> </div>
---	---	--

Kerja sama:



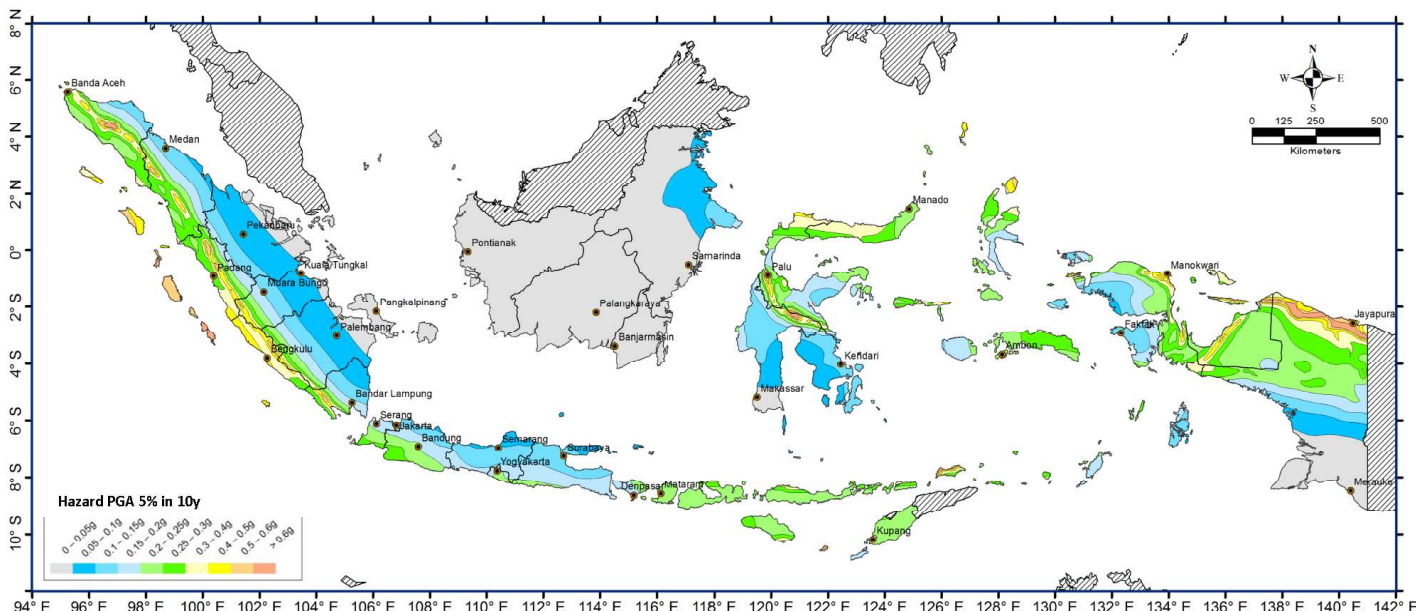








Peak Ground Acceleration (PGA) at Bedrock S_B (for 200 years Earthquake)



 PuSGeN	TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017 <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Masyhur Irsyam (Ketua) • Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua) • Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi) • Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi) • Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi) • Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog) 	PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017 <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat </div> <div style="text-align: right;"> Jakarta, 4 September 2017 Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  <u>M. Basuki Hadimuljiono</u> </div> </div>
---	---	--

Kerja sama:



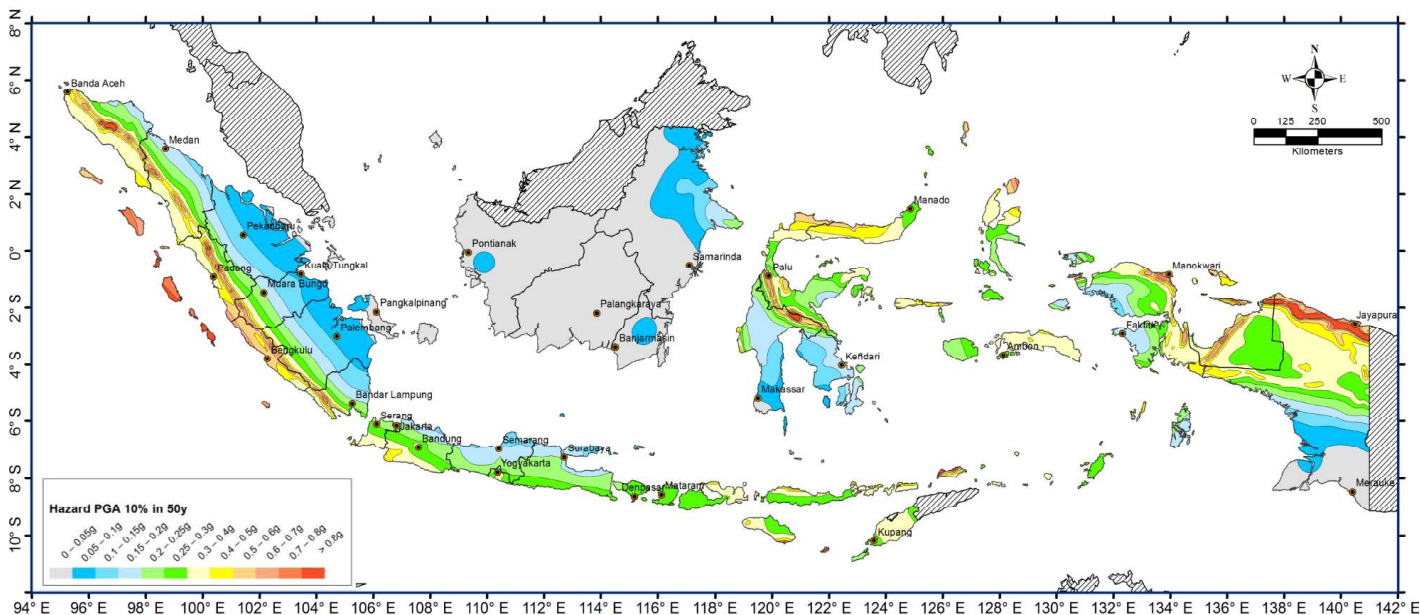








Peak Ground Acceleration (PGA) at Bedrock S_B Probability of exceedence 10% in 50 years (500 years EQ)

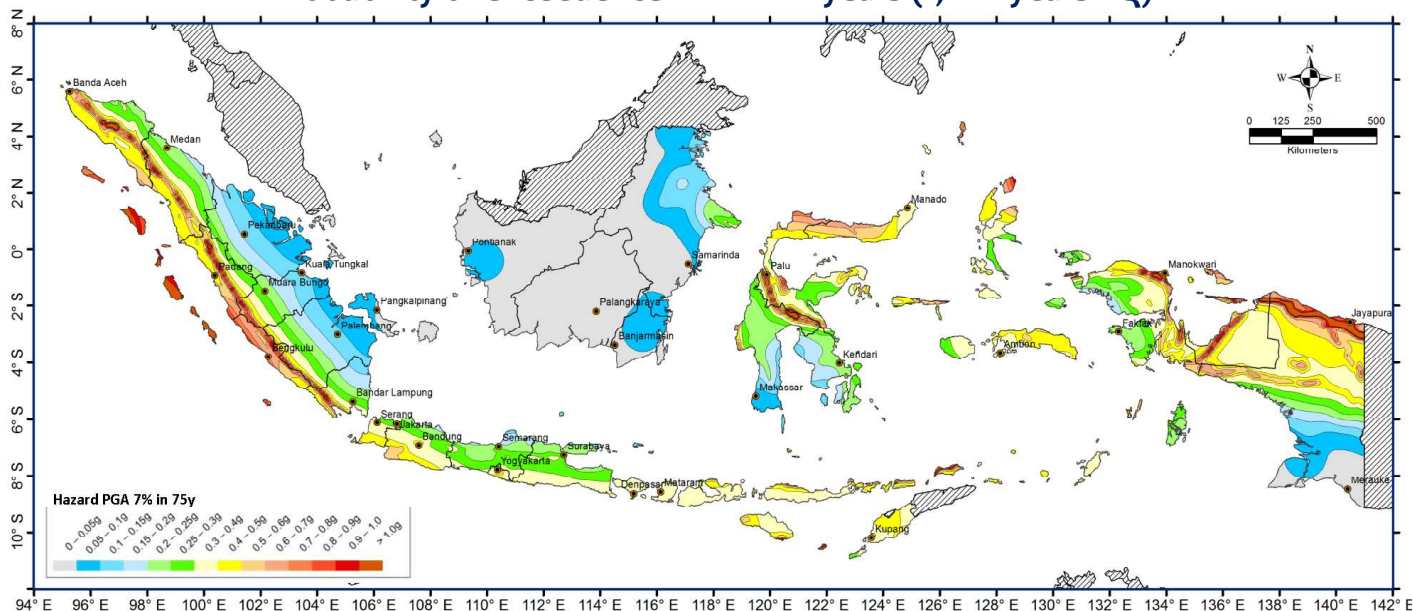


 PuSGeN	TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017	PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017
	<ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Masyhur Irsyam (Ketua) • Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua) • Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi) • Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi) • Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi) • Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ariska Rudyanto, M.Phil. (Ketua Pokja GMPE) • Dr. Sri Hidayati (Ketua Pokja SHA) • Dr. M. Asrurifak • Dr. M. Ridwan • Prof. Dr. Phil Cummins
		 Jakarta, 4 September 2017 Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  <u>M. Basuki Hadimuliono</u>

Kerja sama:



Peak Ground Acceleration (PGA) at Bedrock S_B Probability of exceedence 10% in 100 years (1,000 years EQ)

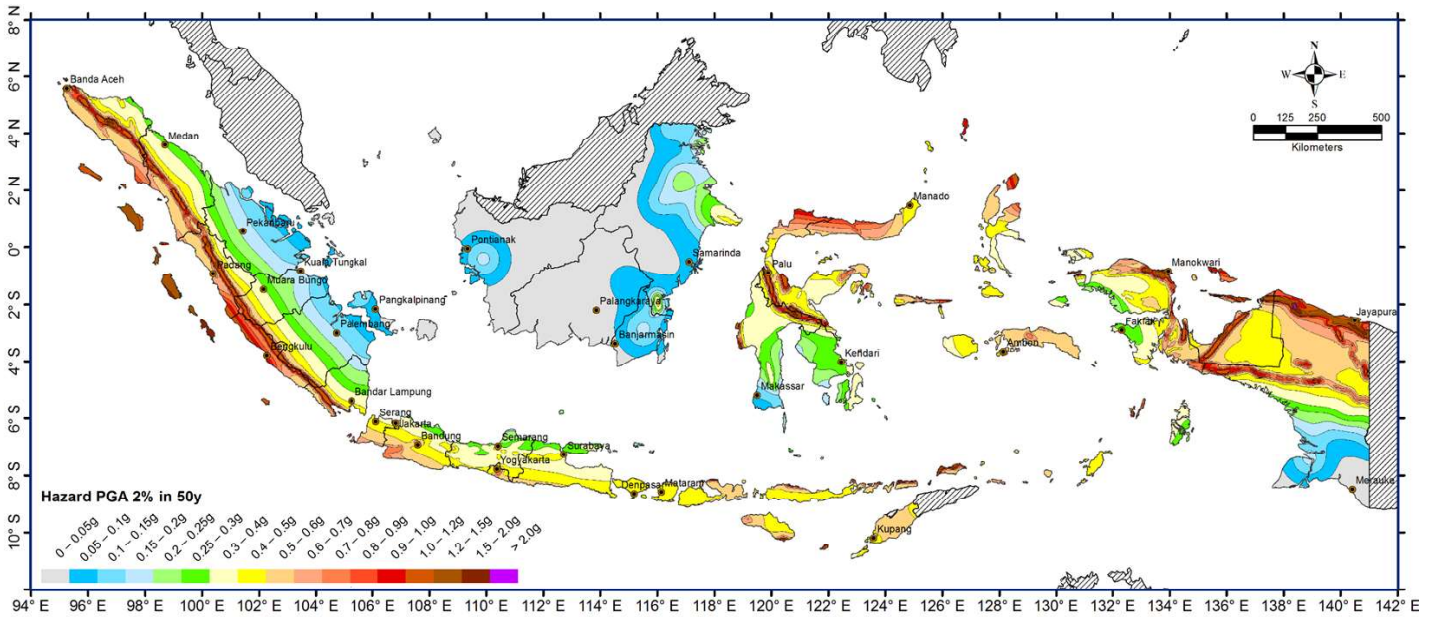


 PuSGeN	TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017	PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017
	<ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Masyhur Irsyam (Ketua) • Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua) • Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi) • Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi) • Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi) • Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ariska Rudyanto, M.Phil. (Ketua Pokja GMPE) • Dr. Sri Hidayati (Ketua Pokja SHA) • Dr. M. Asrurifak • Dr. M. Ridwan • Prof. Dr. Phil Cummins
		 Jakarta, 4 September 2017 Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  <u>M. Basuki Hadimuliono</u>

Kerja sama:



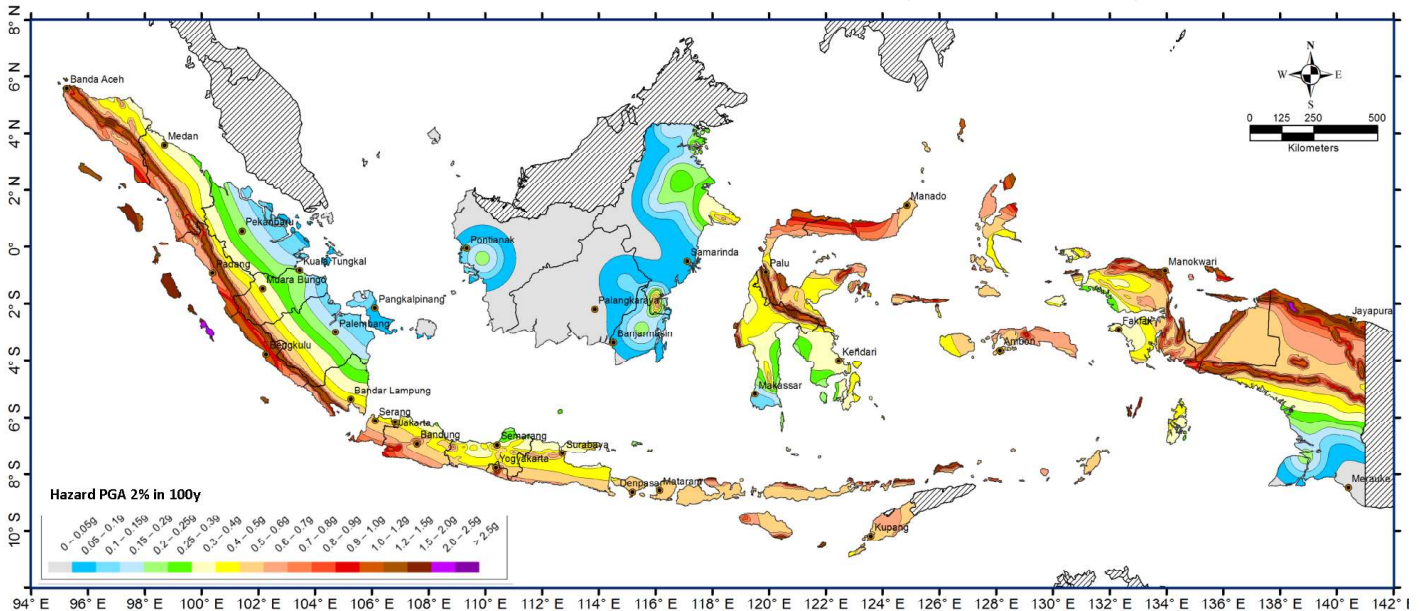
Peak Ground Acceleration (PGA) at Bedrock S_b Probability of exceedence 2% in 50 years (2500 years EQ)



 <p>TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Masyhur Irsyam (Ketua) • Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua) • Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi) • Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi) • Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi) • Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ariska Rudyanto, M.Phil. (Ketua Pokja GMPE) • Dr. Sri Hidayati (Ketua Pokja SHA) • Dr. M. Asrurifak • Dr. M. Ridwan • Prof. Dr. Phil Cummins 	 <p>PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017</p> <p>Jakarta, 4 September 2017 Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat</p> <p style="text-align: right;"><i>T. R. M. M.</i> M. Basuki Hadimuliono</p>
---	--	--



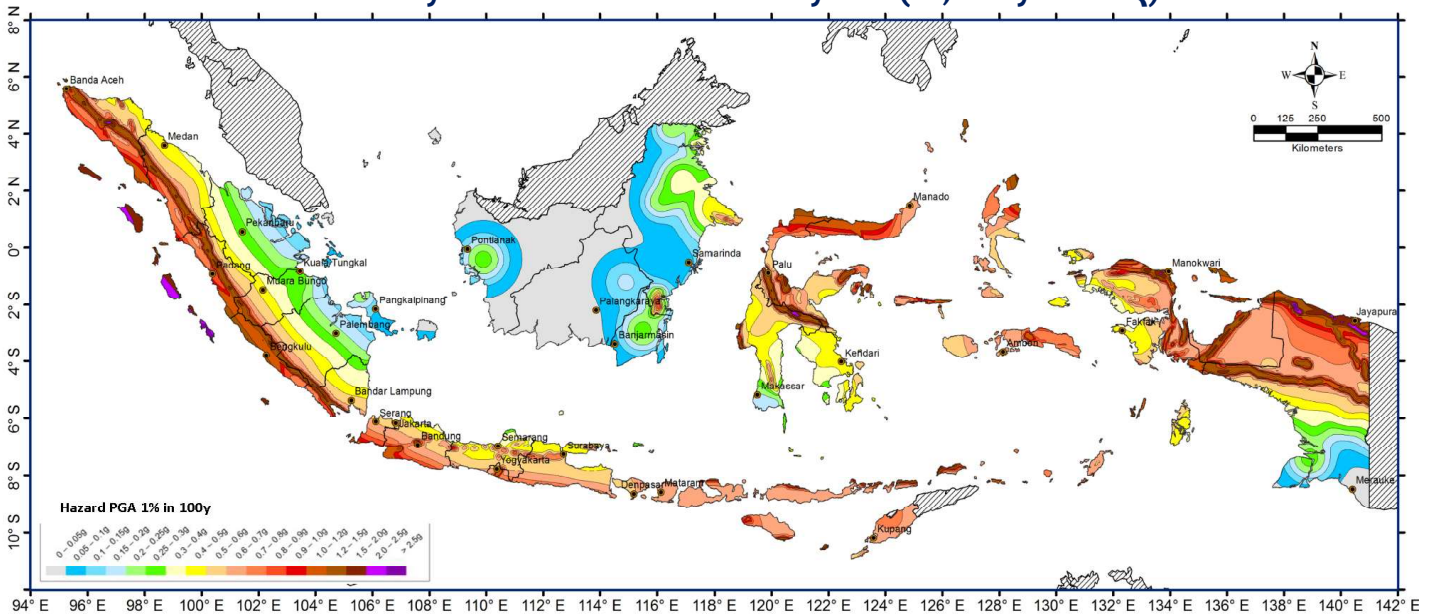
Peak Ground Acceleration (PGA) at Bedrock S_b Probability of exceedence 2% in 100 years (5,000 years EQ)



 <p>TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Masyhur Irsyam (Ketua) • Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua) • Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi) • Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi) • Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi) • Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ariska Rudyanto, M.Phil. (Ketua Pokja GMPE) • Dr. Sri Hidayati (Ketua Pokja SHA) • Dr. M. Asrurifak • Dr. M. Ridwan • Prof. Dr. Phil Cummins 	 <p>PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017</p> <p>Jakarta, 4 September 2017 Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat</p> <p style="text-align: right;"><i>T. R. M. M.</i> M. Basuki Hadimuliono</p>
---	--	--

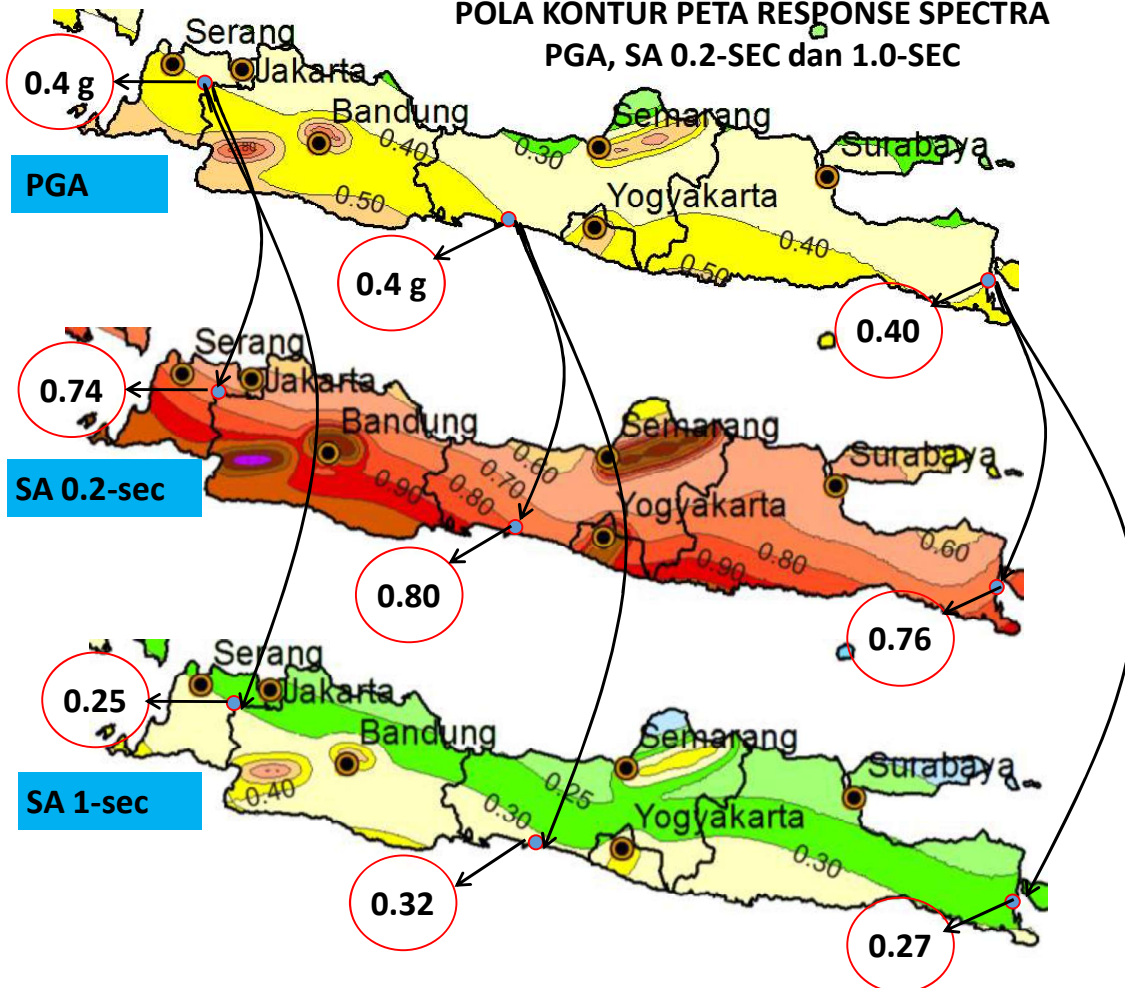


Peak Ground Acceleration (PGA) at Bedrock S_b Probability of exceedence 1% in 100 years (10,000 years EQ)

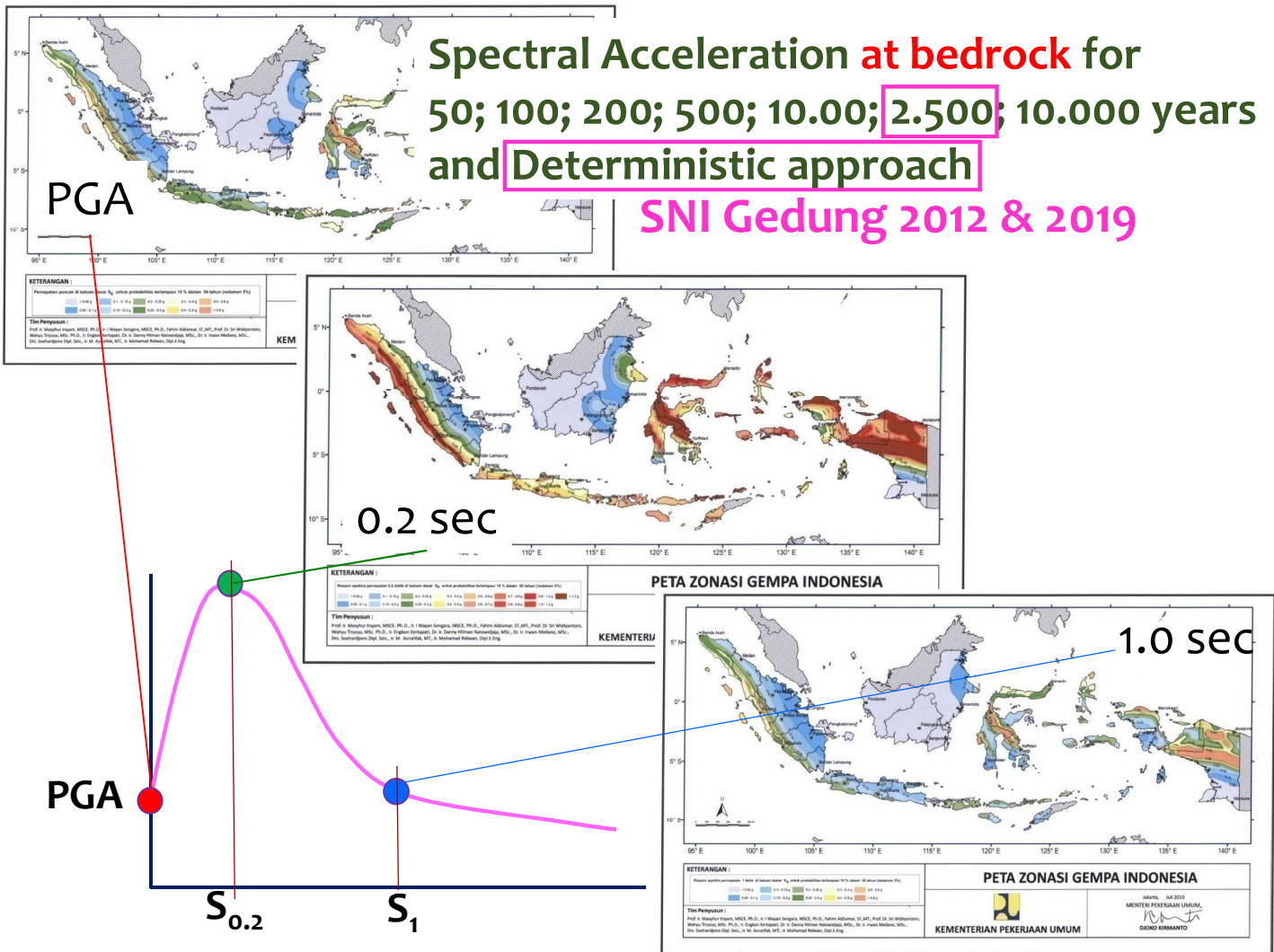


 PuSGeN	TIM PEMUTAKHIRAN PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017	PETA SUMBER DAN BAHAYA GEMPA INDONESIA 2017
	<ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Masyhur Irsyam (Ketua) • Ir. Lutfi Faizal (Wakil Ketua) • Dr. Danny Hilman Natawidjaja (Ketua Pokja Geologi) • Dr. Irwan Meilano (Ketua Pokja Geodesi) • Prof. Dr. Sri Widiyantoro (Ketua Pokja Seismologi) • Dr. Wahyu Triyoso (Ketua Pokja Katalog) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ariska Rudyanto, M.Phil. (Ketua Pokja GMPE) • Dr. Sri Hidayati (Ketua Pokja SHA) • Dr. M. Asrurifak • Dr. M. Ridwan • Prof. Dr. Phil Cummins
		 Jakarta, 4 September 2017 Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat  M. Basuki Hadimuliono
Kerja sama:		
		

SNI 1726 2002 Vs 2012 & 2019 POLA KONTUR PETA RESPONSE SPECTRA PGA, SA 0.2-SEC dan 1.0-SEC



Pola kontur spektra $T = 0.2$ detik dan $T = 1.0$ detik berbeda sehingga nilai faktor respon spektra berbeda untuk PGA yang sama terhadap nilai respon spektra pada lokasi yang berbeda,

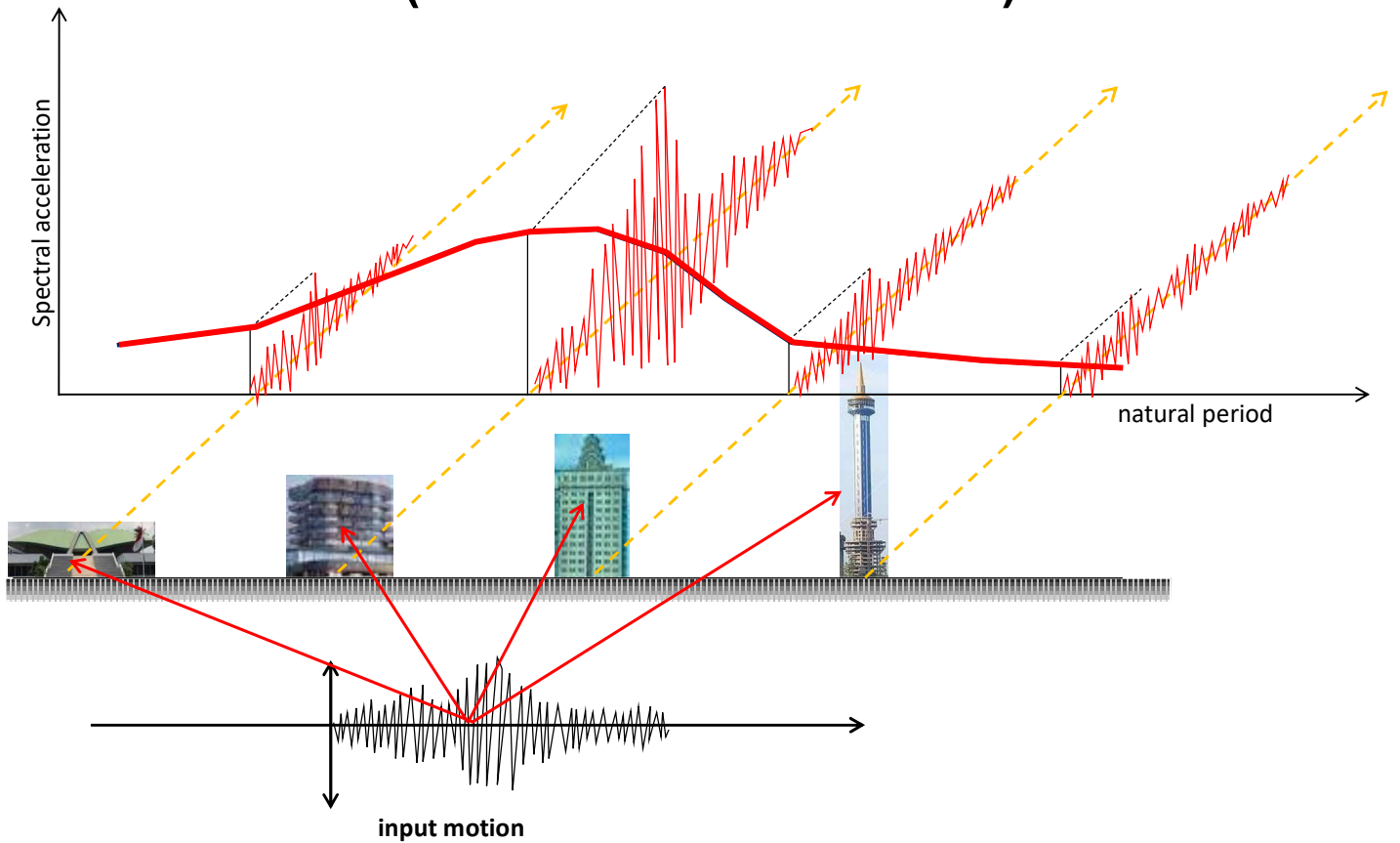


DEFINISI RESPONSE SPECTRA (SPEKTRUM RESPON)

Adalah : nilai yang menggambarkan respons maksimum dari sistem berderajat-kebebasan-tunggal (SDOF) pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah

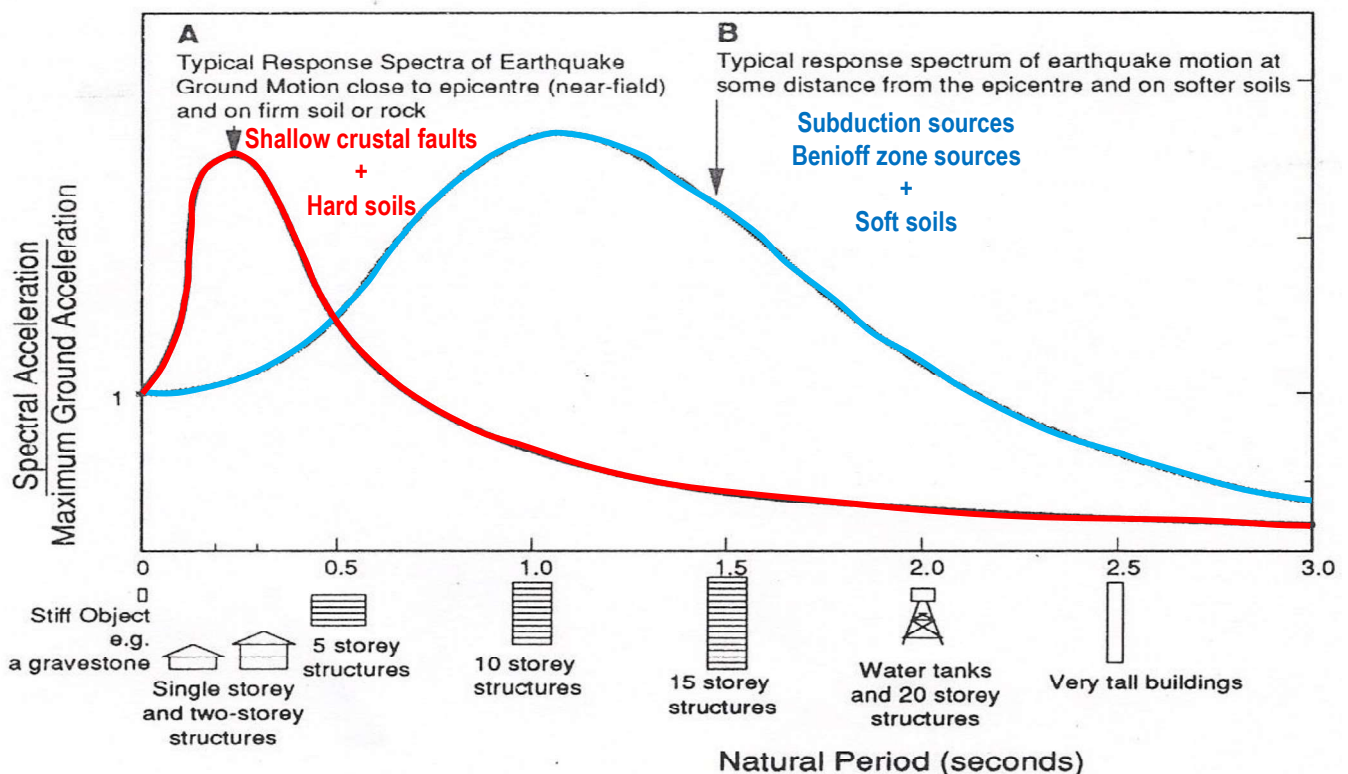
Untuk kebutuhan praktis, maka spektrum respons percepatan dibuat dalam bentuk spektrum respons yang sudah disederhanakan

DEFINISI RESPONSE SPECTRA (SPEKTRUM RESPONS)



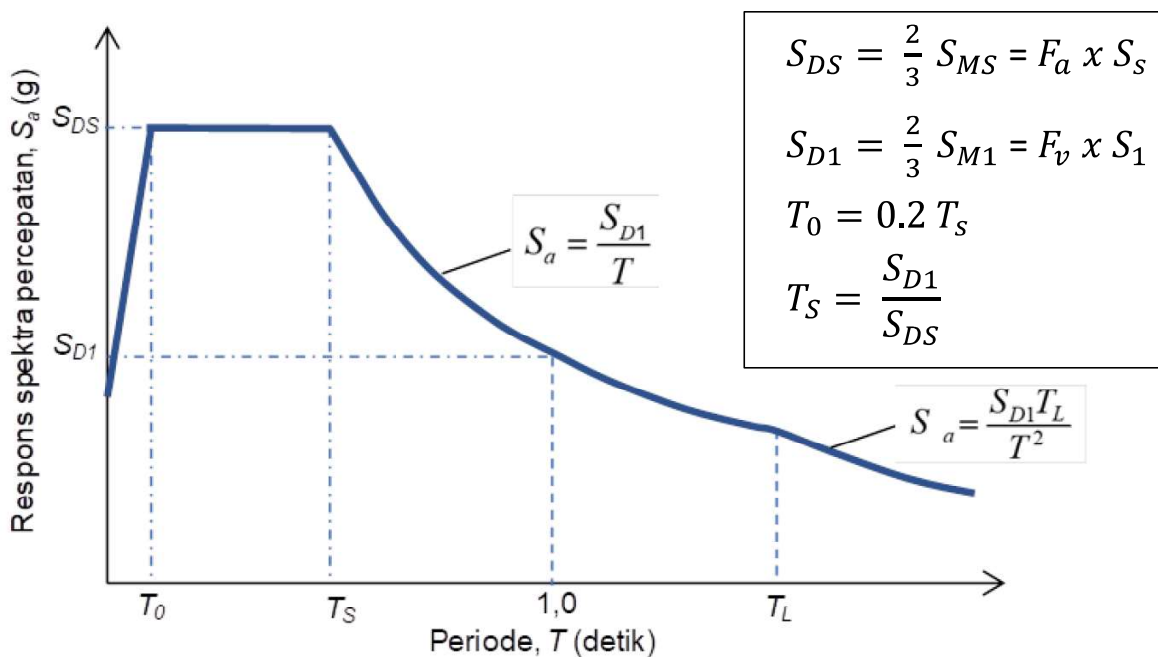
asrurifak@gmail.com

Hubungan Spektrum Respons, Jarak Sumber Gempa, Kondisi Tanah Setempat dan Pengaruh Terhadap Periode Alami Bangunan.



SPEKTRUM RESPONS DESAIN SNI 1726:2019

Untuk kebutuhan praktis, maka spektrum respons percepatan dibuat dalam bentuk spektrum respons yang sudah disederhanakan



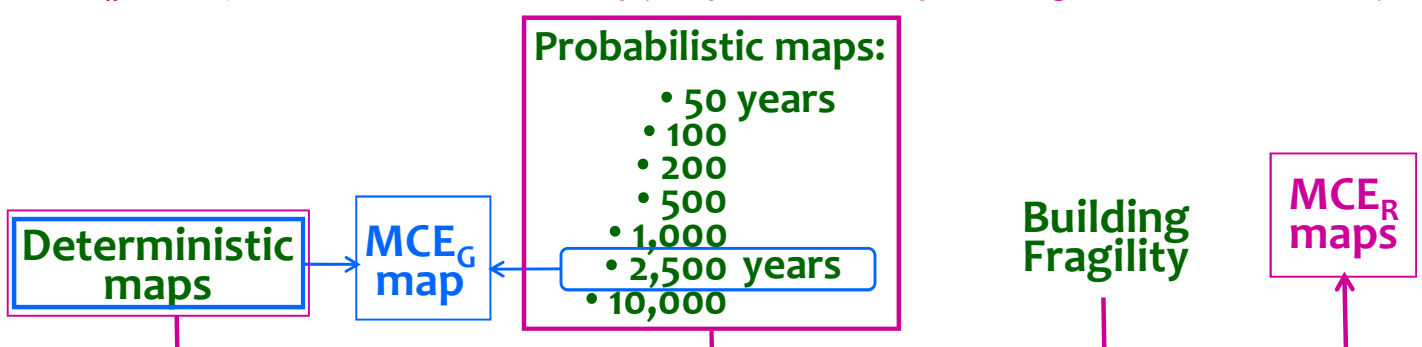
Gambar 3 – Spektrum respons desain

SEAOC Vision 2000 Committee dan FEMA 273

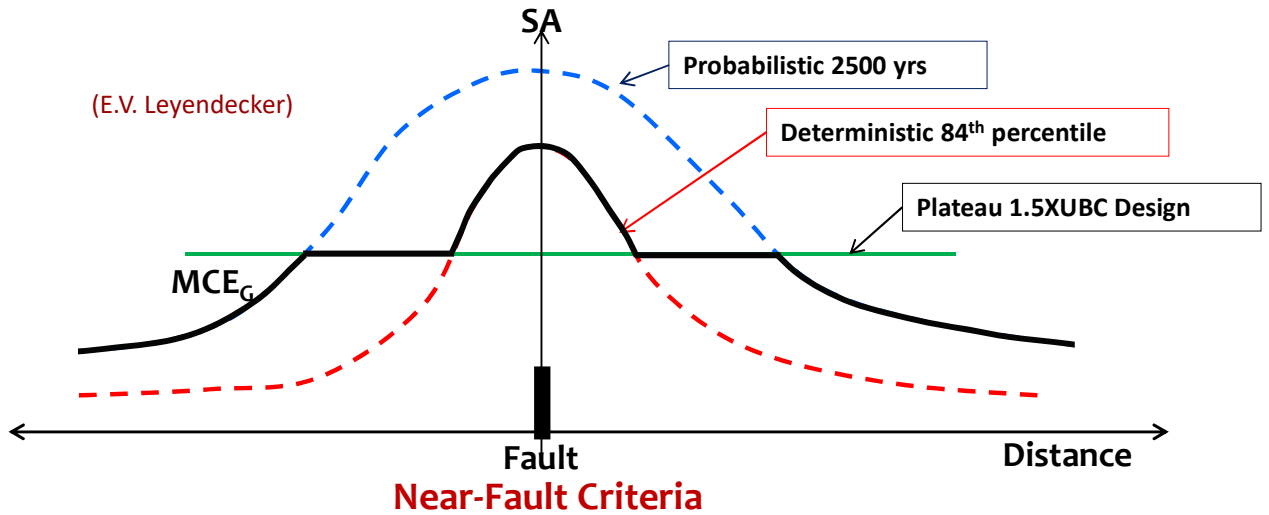
Design Live	Probability of Exceedance	Earthquake Level		
50 tahun	20%	Immediate Occupancy	225 years	SNI 1983
	10%	Live Safety (Rare Earthquake)	500 years	SNI 2002
	2%	Near Collapse (Very Rare Earthquake)	MCE*: - Prb 2,500 years + - Deterministic	IBC 2009
	Risk of Colapse: 1%	Near Collapse (Very Rare Earthquake)	MCE _G + MCE _R **: - Probabilistic + - Deterministic + - Fragility	SNI 2012/2019 ASCE 2010

*MCE: Maximum Considered Eq. (Gempa Maksimum Dipertimbangkan Rata-rata Geometric)

**MCE_R: Risk-Adjusted Maximum Considered Eq. (Gempa Maksimum Dipertimbangkan Resiko-Tersesuaikan)



Gb 17: PGA MCE_G (Maximum Considered Earthquake Geometric mean) Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Rata-rata Geometrik



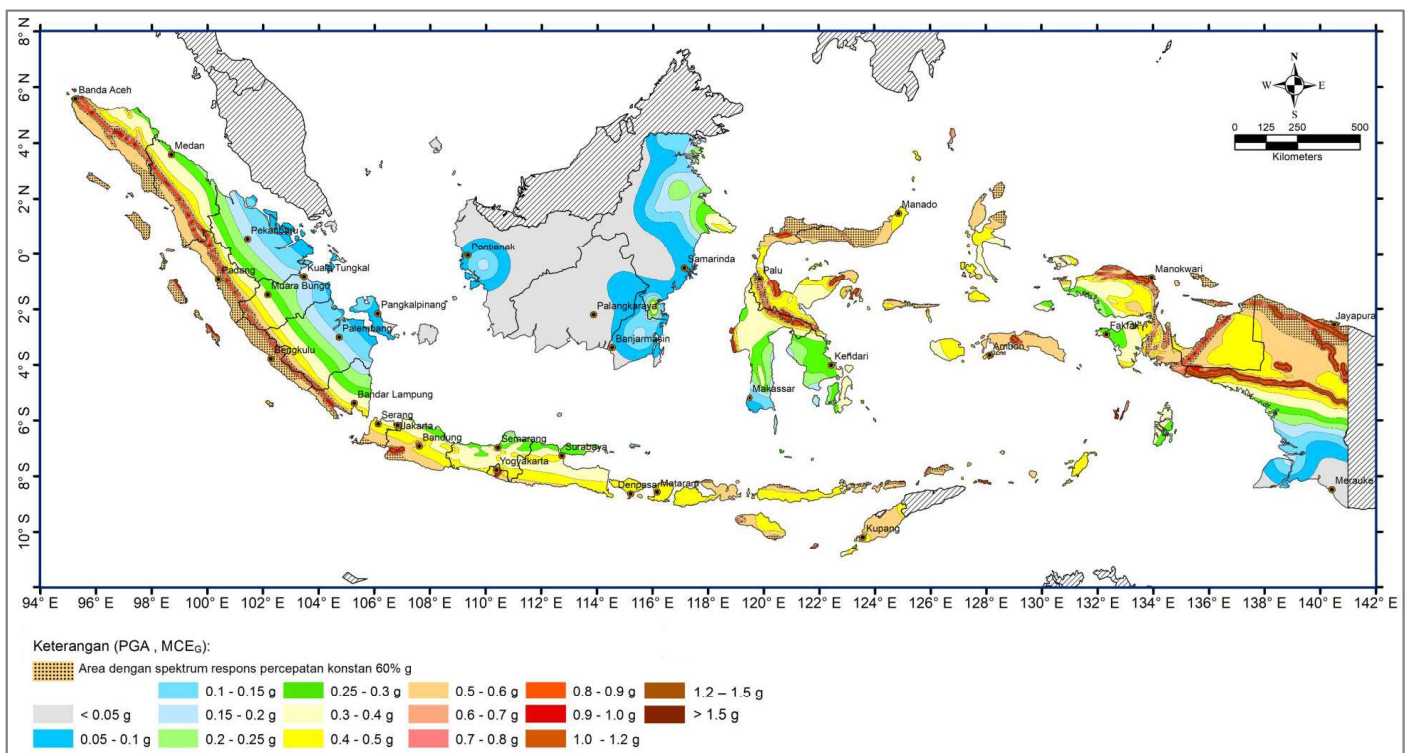
Combination of

Probabilistic 2500 yrs

Deterministic



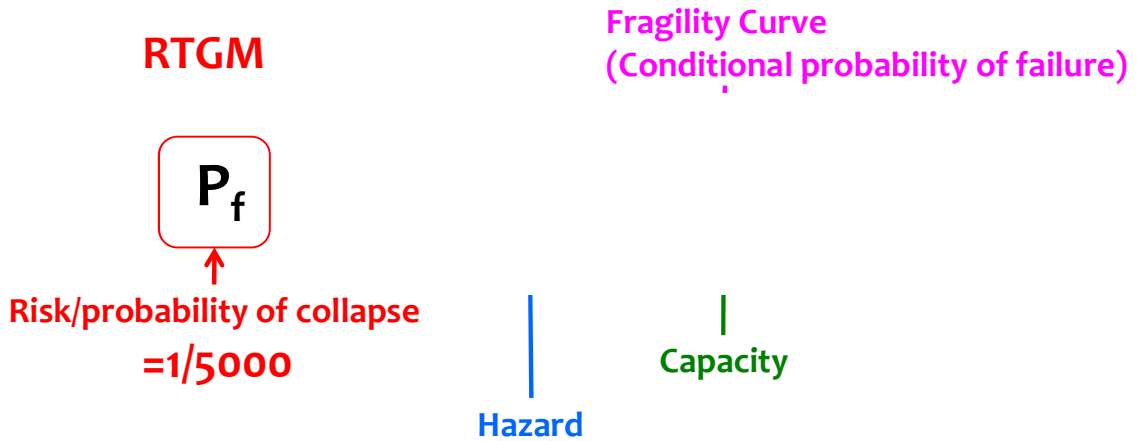
Maximum Considered Earthquake Geometric mean (MCE_G) PGA SNI 1726:2019



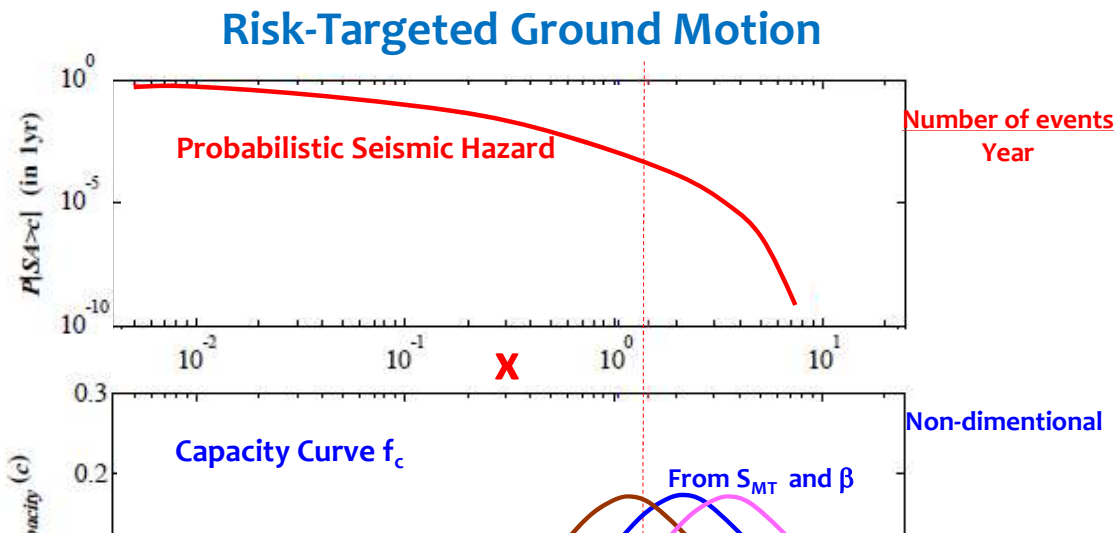
Gambar 17. PGA, Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (MCEG) wilayah Indonesia, pada kelas situs BC (S_{BC})

Risk-Targeted Ground Motion

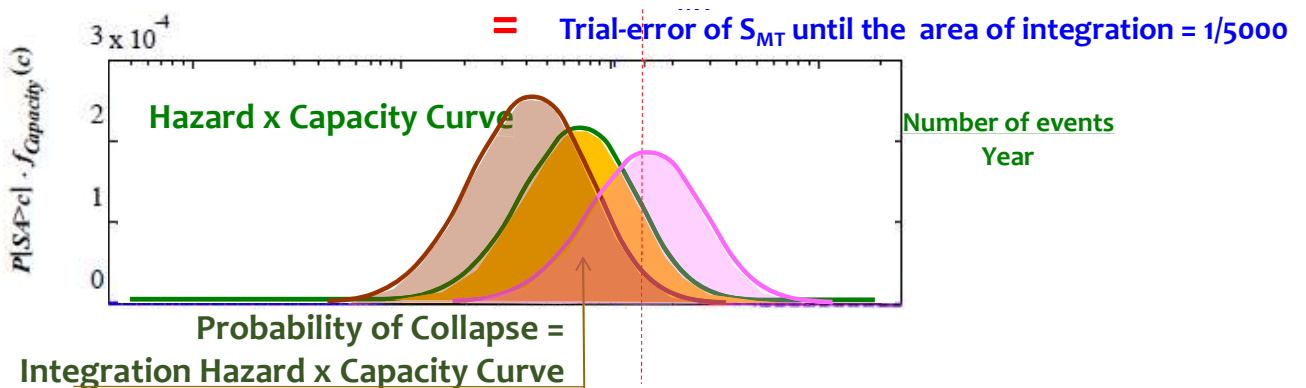
ASCE-2010: Risk of Collapse is 1% in 50 yrs (= 1/5000 per yr)



Luco, 2009

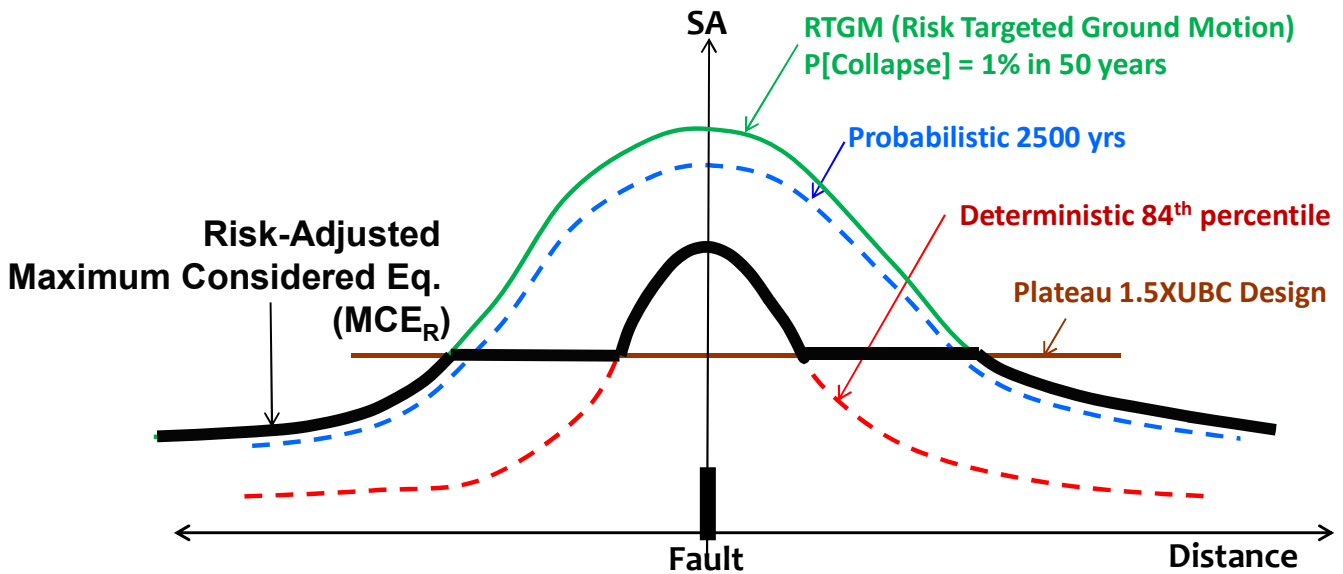


These RTGM maps are then combined with deterministic maps to produce the MCER (Risk-Adjusted Maximum Considered Earthquake)



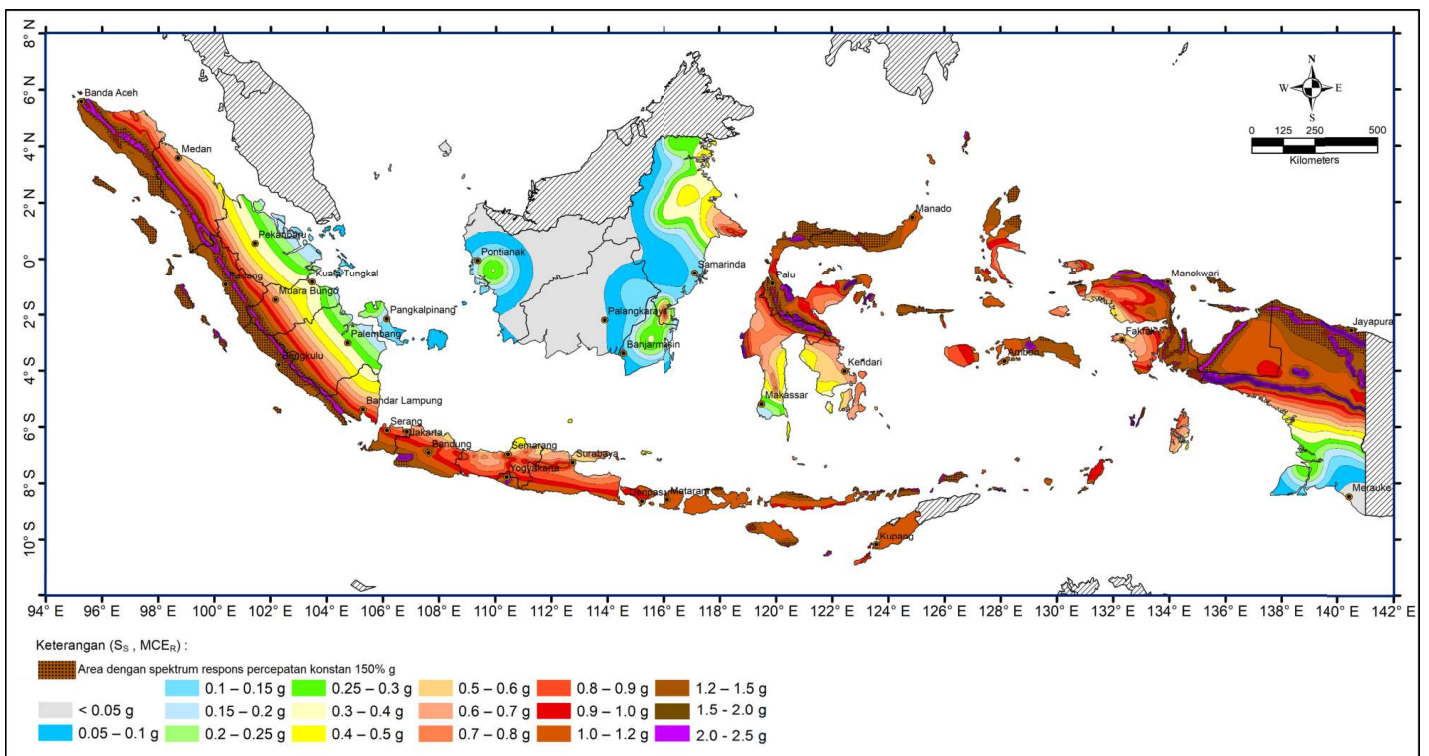
(SNI 1726:2019)

Gambar 9-10: Risk-Adjusted Maximum Considered Eq.(MCE_R) (Gempa Maksimum Dipertimbangkan Resiko-Tersesuaikan)



(E.V. Leyendecker)

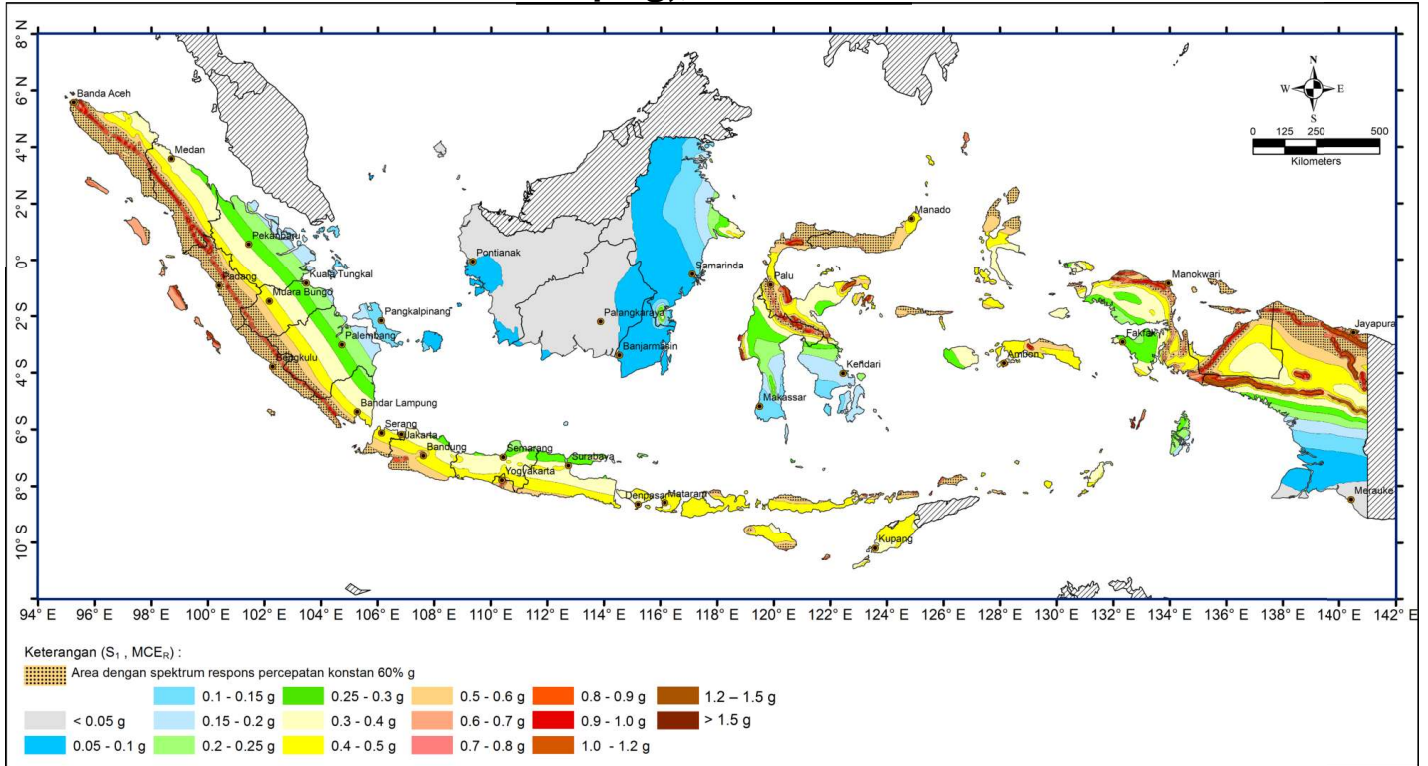
S_s Risk-Adjusted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) Ground Motion Parameter for Indonesia for 0.2 s Spectral Response Acceleration (5% of Critical Damping), Site Class BC



Gambar 15. Parameter gerak tanah S_s, gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0.2-detik (redaman kritis 5%), pada kelas situs BC (S_{BC})



Ss Risk-Adjusted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) Ground Motion Parameter for Indonesia for 1.0 s Spectral Response Acceleration (5% of Critical Damping), Site Class BC



Gambar 16. Parameter gerak tanah S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 1-detik (redaman kritis 5%), pada kelas situs BC (S_{BC})

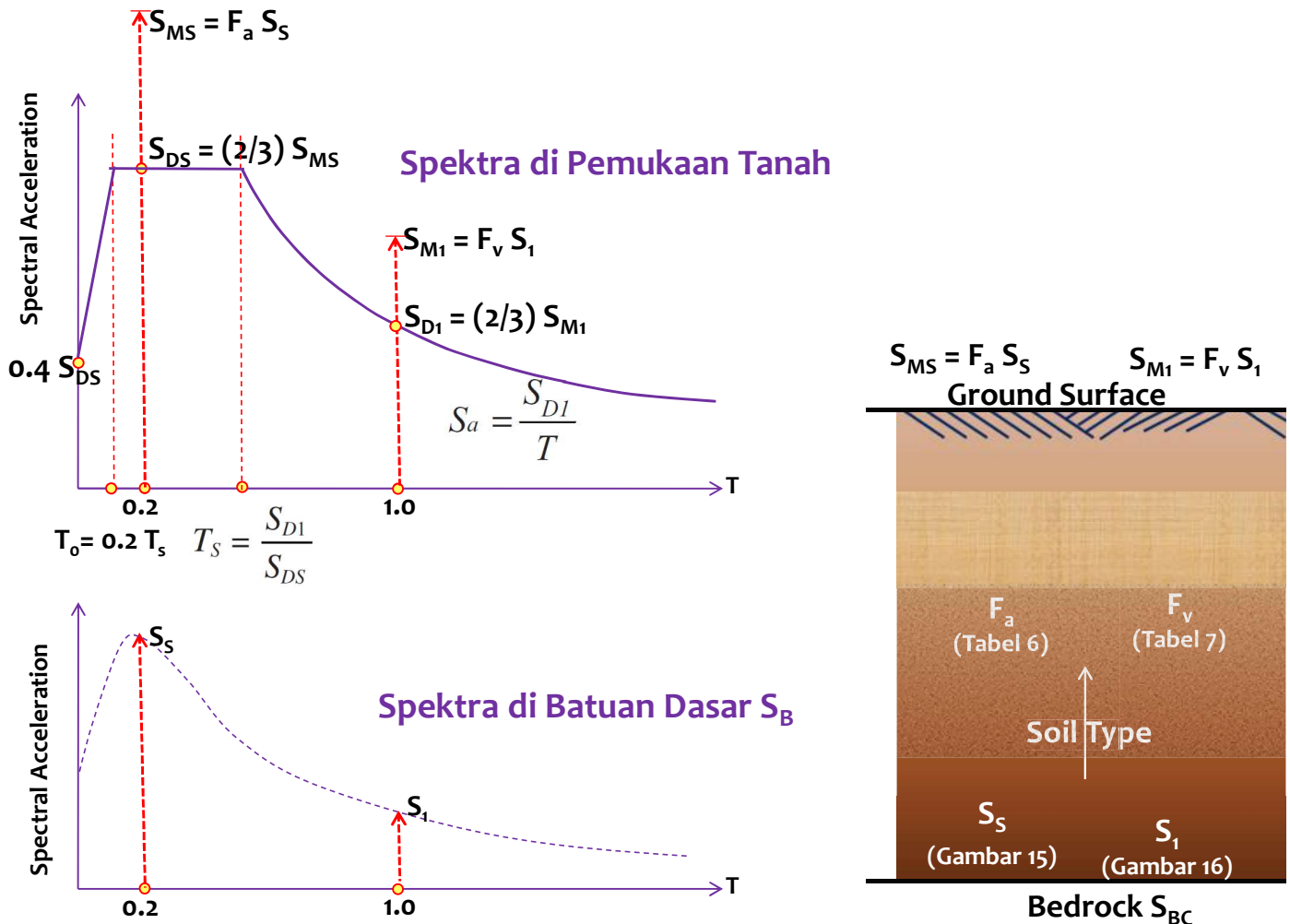


Table 11.4-1 Site Coefficient, F_a

Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) Spectral Response Acceleration Parameter at Short Period					
Site Class	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	See Section 11.4.7				

Table 11.4-2 Site Coefficient, F_v

Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) Spectral Response Acceleration Parameter at 1-s Period					
Site Class	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	See Section 11.4.7				

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values of S_1 .

TABEL AMPLIFIKASI FAKTOR SNI 1726:2012

Tabel 4 Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat Pasal 6.9.1

Tabel 5 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Tabel 8 Koefisien Situs F_{PGA}

Kelas Situs	PGA $\leq 0,1$	PGA = 0,2	PGA = 0,3	PGA = 0,4	PGA $\geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	Lihat Pasal 6.9				

CATATAN Gunakan interpolasi linier untuk mendapatkan nilai PGA antara.

TABEL AMPLIFIKASI FAKTOR SNI 1726:2019

Tabel 6 – Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_e					
	$S_e \leq 0,25$	$S_e = 0,5$	$S_e = 0,75$	$S_e = 1,0$	$S_e = 1,25$	$S_e \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

CATATAN:

(a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 7 – Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_l					
	$S_l \leq 0,1$	$S_l = 0,2$	$S_l = 0,3$	$S_l = 0,4$	$S_l = 0,5$	$S_l \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

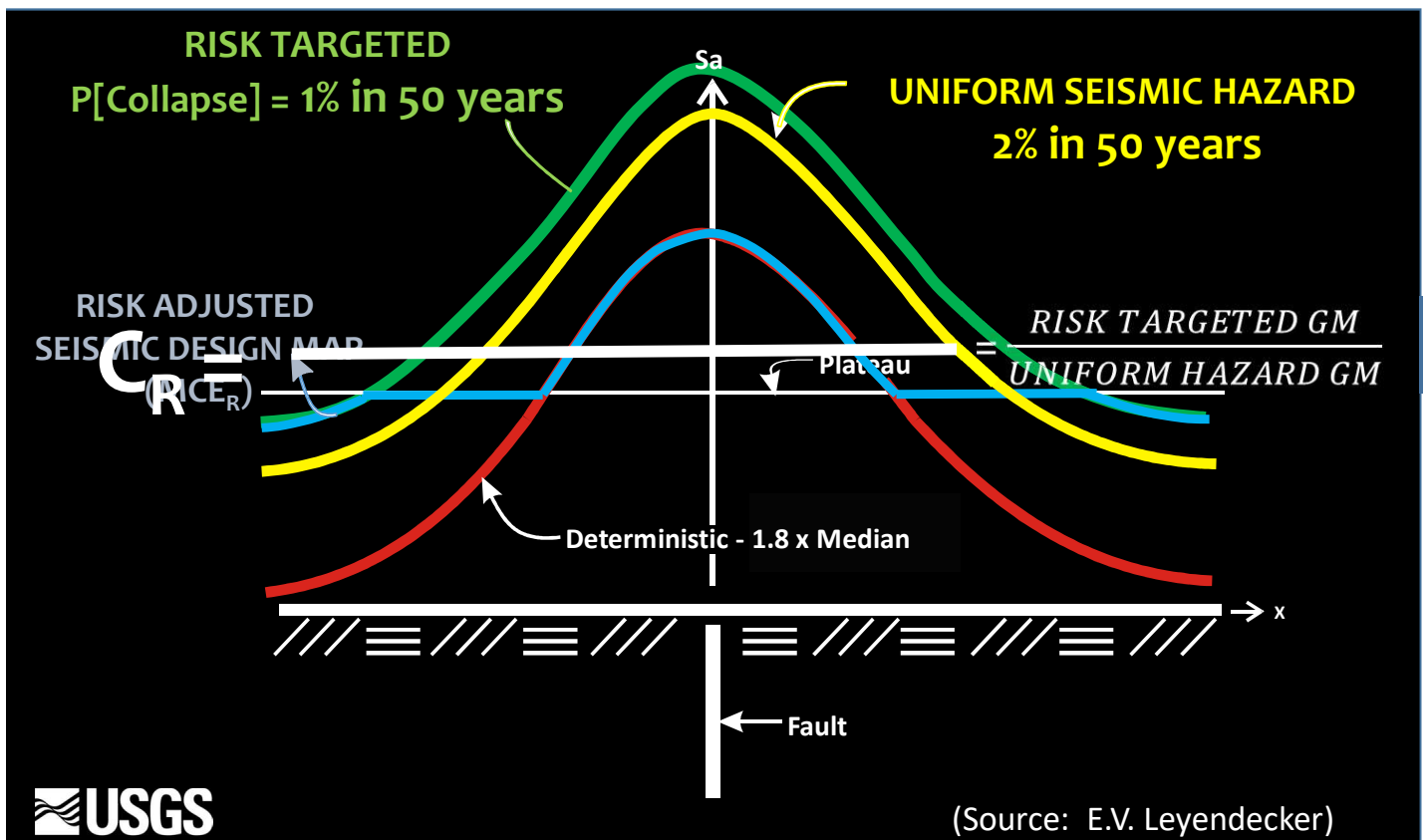
Tabel 10 – Koefisien Situs F_{PGA}

Kelas Situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA = 0,2$	$PGA = 0,3$	$PGA = 0,4$	$PGA = 0,5$	$PGA \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1
SE	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1
SF	SS ^(a)					

CATATAN:

(a) SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.9

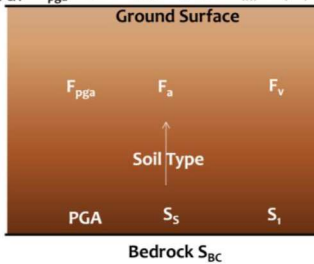

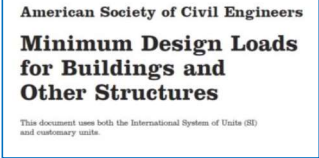
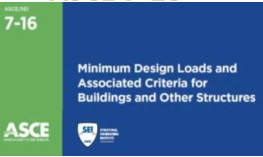
RISK-COEFFICIENT (C_R) MAP



PERKEMBANGAN & PERUBAHAN SNI-1726

SNI 1726-2002	SNI 1726-2012	SNI 1726-201X
Criteria for Seismic Maps		
10% Probability of Exceedance in 50 yrs	1% Risk of Collapse in 50 yrs	1% Risk of Collapse in 50 yrs
<div style="text-align: center;">↑</div> Developed based on		
Seismic Hazard / Risk Analysis		
- Probabilistic SHA	- Probabilistic SHA - Deterministic SHA - Fragility function	- Probabilistic SHA - Deterministic SHA - Fragility function - De-Agregation (for T_L)
Fragility Function		
No fragility function	$\beta = 0.70$	$\beta = 0.65$
Correction factors for maximum directions		
- No correction factor	- 1.05 for S_S (average of UBC 2009 and ASCE 2010) - 1.15 for S_1 (average of UBC 2009 + ASCE 2010)	- 1.10 for S_S (ASCE 2010, 2017) - 1.30 for S_1 (ASCE 2010, 2017)

PERKEMBANGAN & PERUBAHAN SNI-1726

SNI 1726-2002	SNI 1726-2012	SNI 1726-201X
Local Site Effects		
$S_{PGA} = F_{pga} PGA$ $S_{MS} = F_a S_S$ $S_{M1} = F_v S_1$ Ground Surface 		
 UBC 1997	 ASCE 7-10	 ASCE 7-16
- F_{PGA} UBC 1997	- F_{PGA} ASCE 7-12 - F_a ASCE 7-12 - F_v ASCE 7-12	- F_{PGA} PEER/ASCE 7-16 - F_a PEER - F_v PEER

SUDAH TERSEDIA DI WEBSITE PUPR:

Spektra Disain untuk Gedung seluruh Indonesia (**Risk Map**):

<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>

Spektra Disain untuk Jembatan seluruh Indonesia (**Hazard Maps**):

<http://lini.binamarga.pu.go.id/>

tinggal click, menunjukkan lokasinya

LINGKUP BAHASAN

- **Pendahuluan / Latar Belakang**
- **Dampak Gempabumi Terhadap Struktur Bangunan**
Kondisi Kegempaan Wilayah Indonesia
- **Peta Gempa Indonesia 2017 dan SNI Gempa**
- **Perhitungan Konstruksi Tahan Gempa**
- **Penutup**

PERENCANAAN KONSTRUKSI TAHAN GEMPA

Kaidah untuk perencanaan bangunan tahan gempa umumnya didasarkan atas ketentuan sebagai berikut:

- 1. Akibat gempa ringan: bangunan tidak terjadi kerusakan baik elemen struktural maupun non struktural.**
- 2. Akibat gempa sedang: elemen struktural tidak boleh mengalami kerusakan dan non struktural boleh mengalami kerusakan tetapi masih dapat diperbaiki.**
- 3. Akibat gempa kuat: elemen struktural dan non struktural rusak (terjadi sendi plastis pada struktur) tetapi struktur tidak roboh (mekanisme roboh didesain) sehingga korban jiwa dapat dihindari.**

ADA BERBAGAI CARA UNTUK MENENTUKAN BEBAN DESAIN GEMPA, DIANTARANYA:

(1) Equivalent-static loadings in codes;

(2) Response spectra

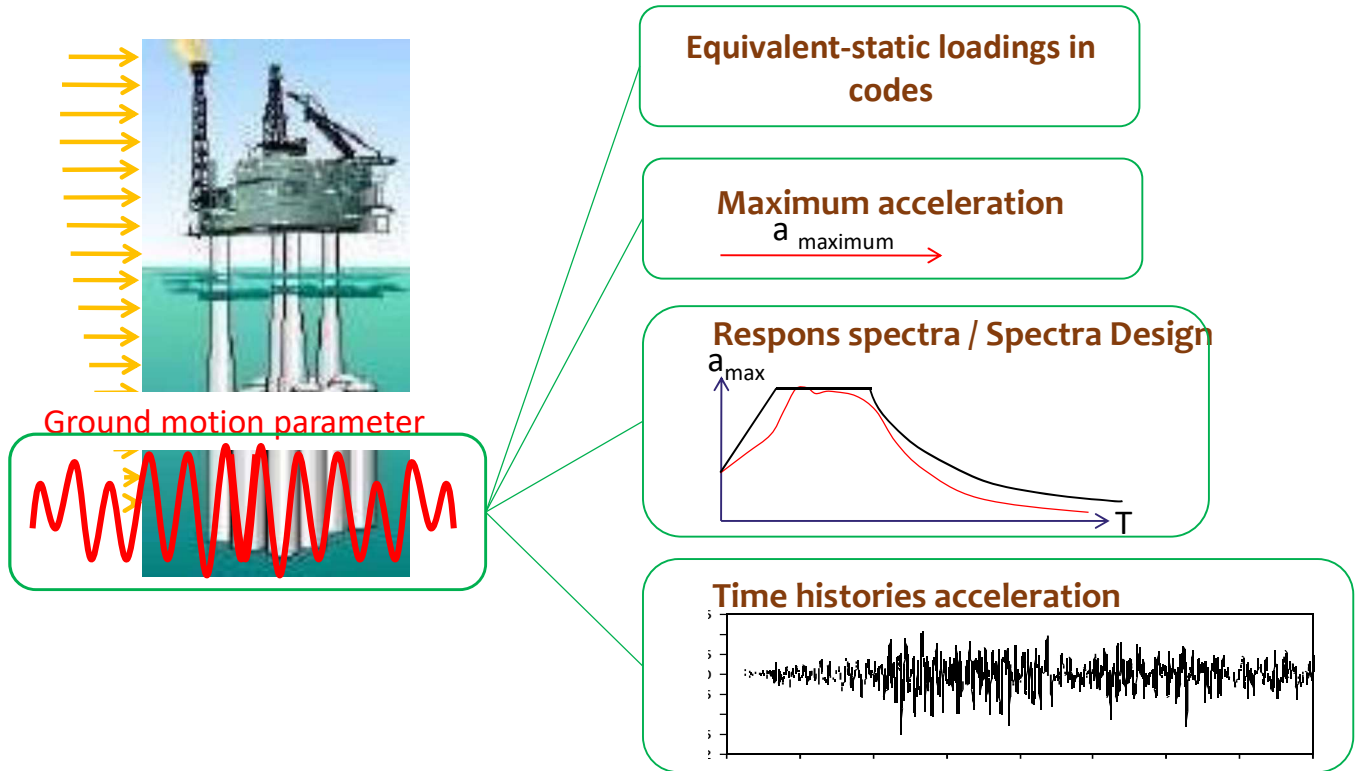
- from the design event (various methods),**
- from uniform hazard spectra;**

(3) Accelerograms

- from records of real earthquakes,**
- from theoretical simulation or modified GM**

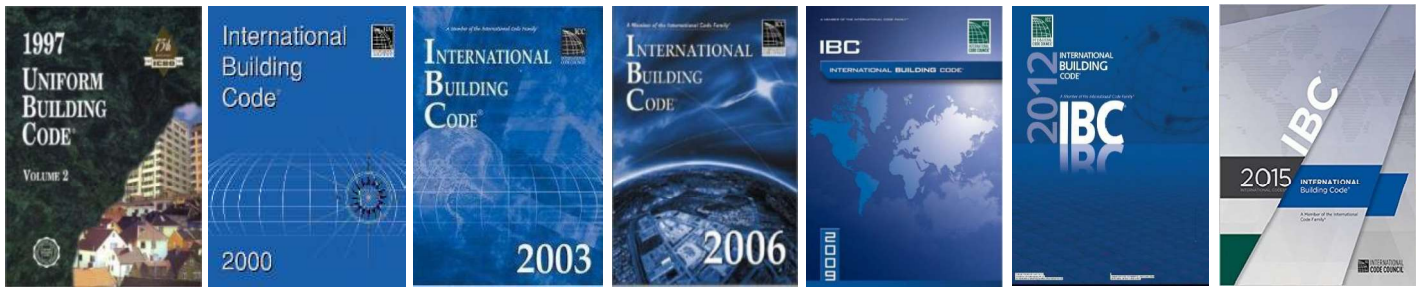
BERBAGAI CARA UNTUK MENENTUKAN PARAMETER / BEBAN GEMPA

Requires: Ground motion parameters → Forces during earthquake



Dalam aplikasinya, sesuai tingkat kesulitan dan akurasi in_asrurifak@yahoo.com

Updating International Building Code Vs Updating of Indonesian Building Code (SNI 1726)



1997 2000 2003 2006 2009 2012 2015

SEISMI

LANDAR PERENCANAAN KETAHANAN GEMPA UNTUK STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG
SNI - 1726 - 2002
APRIL 2002
SNI-03-1726-2002

DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERENCANAAN DAN PRASARANA WILAYAH
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI PERMUKIMAN
Peta Kelengkapan: Standar Nasional Indonesia No. 1726:2002, Bandung, 04/04/2002
Phone: 62-22-799393 (10 saluran), Fax: 62-22-799392, E-mail: s3n@csn.idn.or.id, csn@csn.idn.or.id

▪ **Seismic Hazard:**
Probabilistic: 10% PE in 50 yrs (500 yrs eq.)

ASCE 2010 American Society of Civil Engineers
Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures

It was decided in national consensus 2010 (government, professional societies, private consultants, and universities)

Risk of Collapse 1% in 50 yrs
MCE_R (Risk-Adjusted Maximum Considered Eq.):

- **Seismic Hazard:**
 - Probabilistic: 2% PE in 50 yrs (2,500 yrs eq.)
 - Deterministic Approach
- **Fragility of Buildings**

SNI Badan Standardisasi Nasional
SNI 1726:2012
Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung
SNI 1726:2019
Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung

ICS 91.129.20, 91.080.01

ESN BADAN STANDARDISASI NASIONAL

Updating of Bridge Design Standard in Indonesia

Development in Indonesia:

Indonesia standard and technical guideline are currently under revision to keep up with the International advancement

Timeline of Indonesian bridge design standards:

- 1992:** Referred to Department of transportation, California, 1976 (Report 579). IBMS GENERAL PROCEDURES MANUAL, FEBRUARY 1993.
- 2008:** SNI 2833:2008. 500 years return of period.
- 2010:** SNI 2833:2016. 1000 years return of period (7% in 75 years). PGA and spectral response at 0.2 and 1.0 sec.
- 2016:** SNI 2833:2016.

Development in USA:

USA standard updated regularly to accommodate the reliability of the bridge, especially in term of seismic hazard analysis

Timeline of AASHTO LRFD Bridge Design Specifications:

- 1998:** AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, Customary U.S. Units, Second Edition, 1998.
- 2005:** AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Customary U.S. Units, Third Edition, 2005 Interim Revisions.
- 2007:** AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, SI UNITS, 4th Edition, 2007.
- 2010:** 2010 INTERIM REVISIONS TO AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Fifth Edition, 2010.
- 2012-2013:** 2013 Interim Revisions to the AASHTO LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, Customary U.S. Units, Sixth Edition, 2012.

Seismic Design Guidelines for Dams

Development in ICOLD:

Timeline of ICOLD seismic design guidelines for dams:

- 1983:** SEISMICITY AND DAM DESIGN, SISMICITE ET CONCEPTION DES BARRAGES, Bulletin 68.
- 1989:** SELECTING SEISMIC PARAMETERS FOR LARGE DAMS, CHOIX DES PARAMETRES SISMICIQUES POUR GRANDS BARRAGES, Recommendations, Bulletin 72.
- 2001:** DESIGN FEATURES OF DAMS TO RESIST SEISMIC GROUND MOTION, ASPECTS DE LA CONCEPTION PARASISMIQUE DES BARRAGES, Recommendations et exemples, Bulletin 120.
- 2010:** SELECTING SEISMIC PARAMETERS FOR LARGE DAMS Guidelines, Bulletin 12, 2010 Revision.
- 2016:** CHOIX DES PARAMETRES SISMICIQUES POUR GRANDS BARRAGES Recommendations, SELECTING SEISMIC PARAMETERS FOR LARGE DAMS Guidelines, Bulletin 148.

Development in Indonesia:

Timeline of Indonesian dam design standards (PEDOMAN):

- 2004:** PEDOMAN Analisis stabilitas bendungan tipe urugan akibat beban gempa.
- 2008:** PEDOMAN ANALISIS DINAMIS BENDUNGAN URUGAN.
- 2019 - 2021:** PEDOMAN Volume IV Pemeriksaan Bendungan Pasca Gempa.

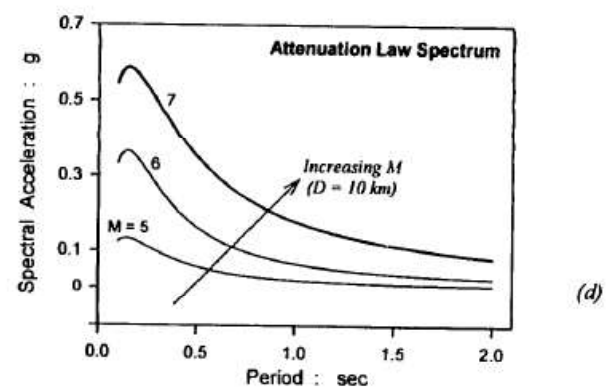
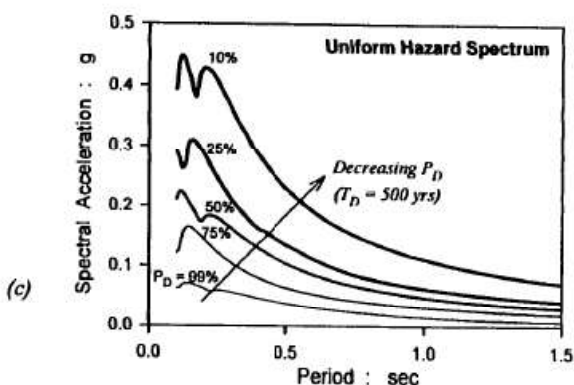
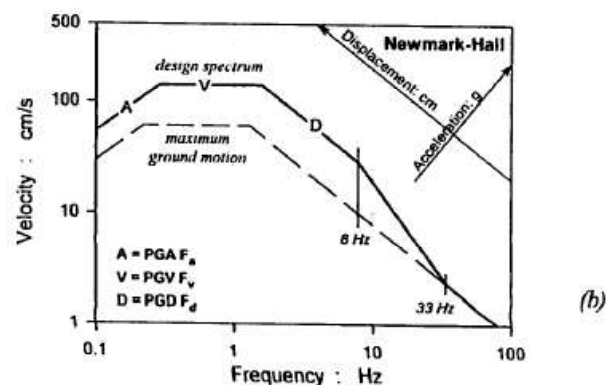
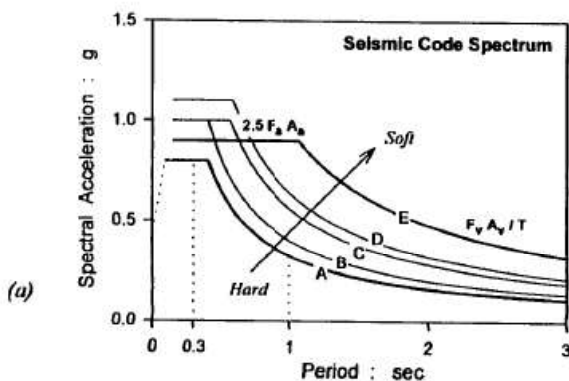
DESAIN SPECTRUM RESPONSE

Dasar:

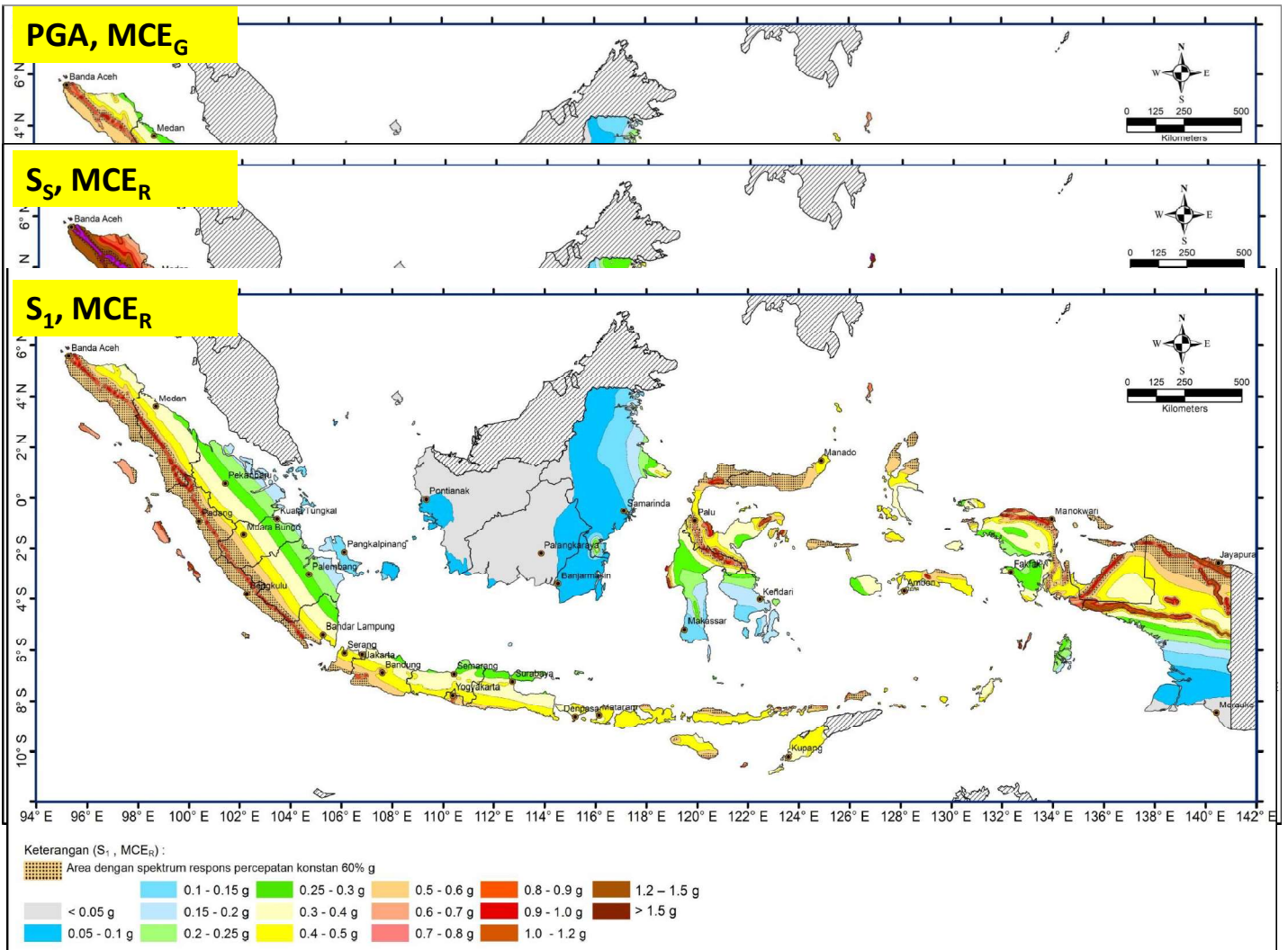
- Dengan DESAIN CODE spectrum
- Dengan NEWMARK-HALL prosedur (korelasi statistik parameter ground motion puncak (PGA, PGV dan PGD) terhadap parameter spektrum (SA, SV dan SD)
- Dengan metode PSHA → UHS
- Dengan deterministik magnitude-distance (M-R) skenario

m_asrurifak@yahoo.com

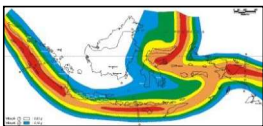
DESAIN SPECTRUM RESPONSE



m_asrurifak@yahoo.com



SPEKTRA DISAIN MENURUT UBC dan SNI-2002



Dari lokasi kota → Percepatan di Batuan dasar Z

- Wilayah ① : 0,03 g
- Wilayah ② : 0,10 g
- Wilayah ③ : 0,15 g
- Wilayah ④ : 0,20 g
- Wilayah ⑤ : 0,25 g
- Wilayah ⑥ : 0,30 g



Dari Profil Tanah → Klasifikasi jenis tanah : A,B,C,D,E

Z dan Jenis Tanah → Fa dan Fv

Tabel Faktor amplifikasi percepatan untuk F_a (UBC, I)

Klas site	Z = 0.075	Z = 0.15	Z = 0.20	Z = 0.30
A	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.1	1.2	1.2	1.0
D	1.5	1.5	1.4	1.2
E	2.4	2.0	1.7	1.2

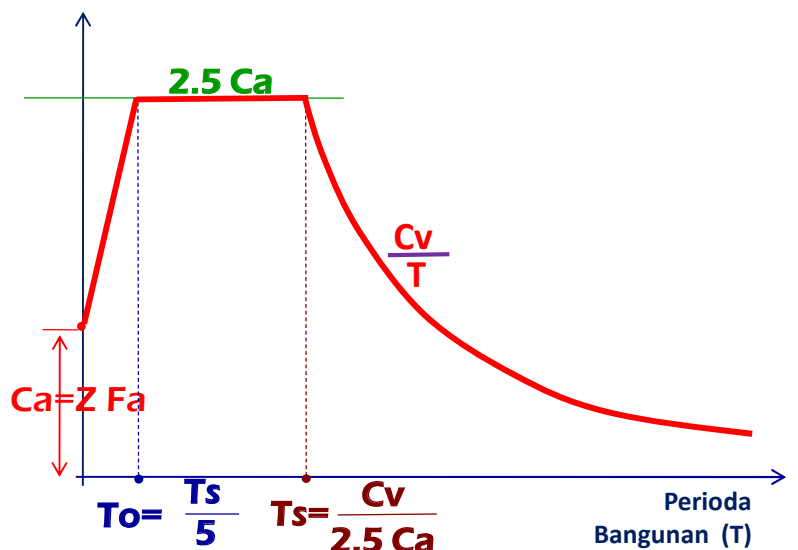
Tabel Faktor amplifikasi percepatan untuk F_v (UBC, I)

Klas site	Z = 0.075	Z = 0.15	Z = 0.20	Z = 0.30
A	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.6	1.7	1.6	1.5
D	2.3	2.1	2.0	1.8
E	3.3	3.3	3.2	2.8

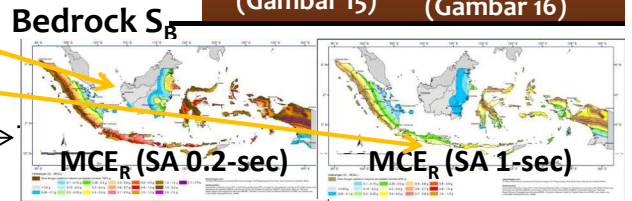
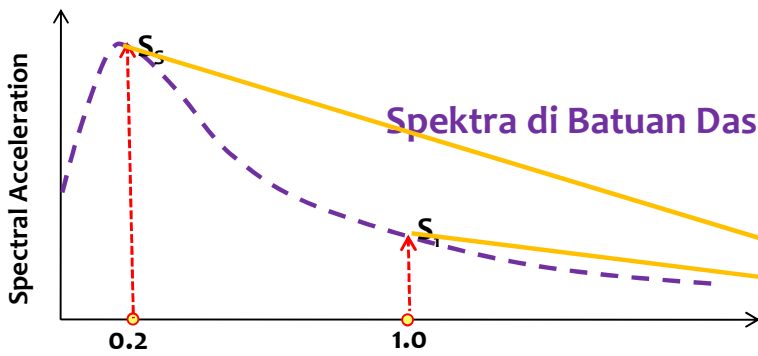
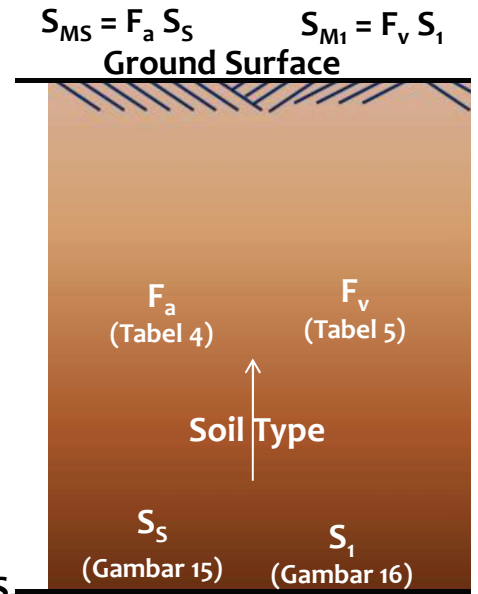
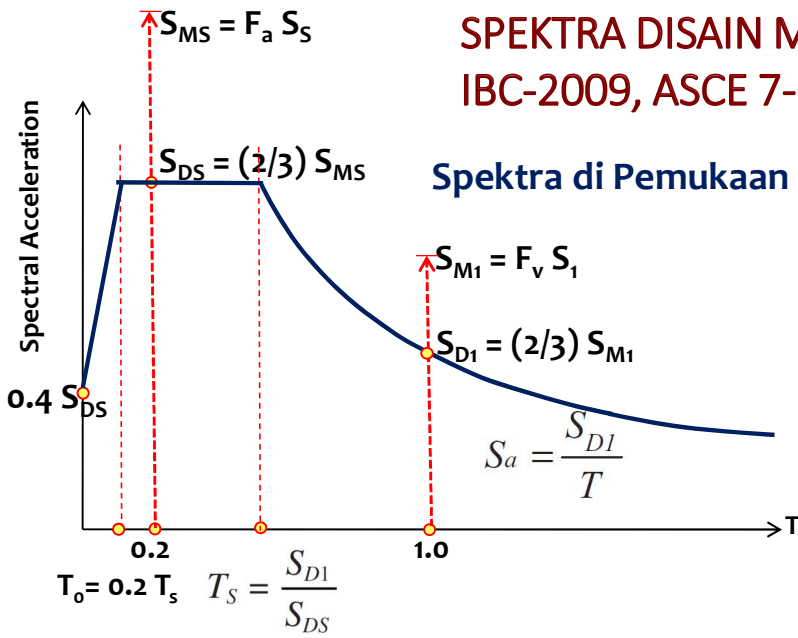
$$\rightarrow Ca = Z \times Fa$$

$$Cv = Z \times Fv$$

Spektra Percepatan (g)



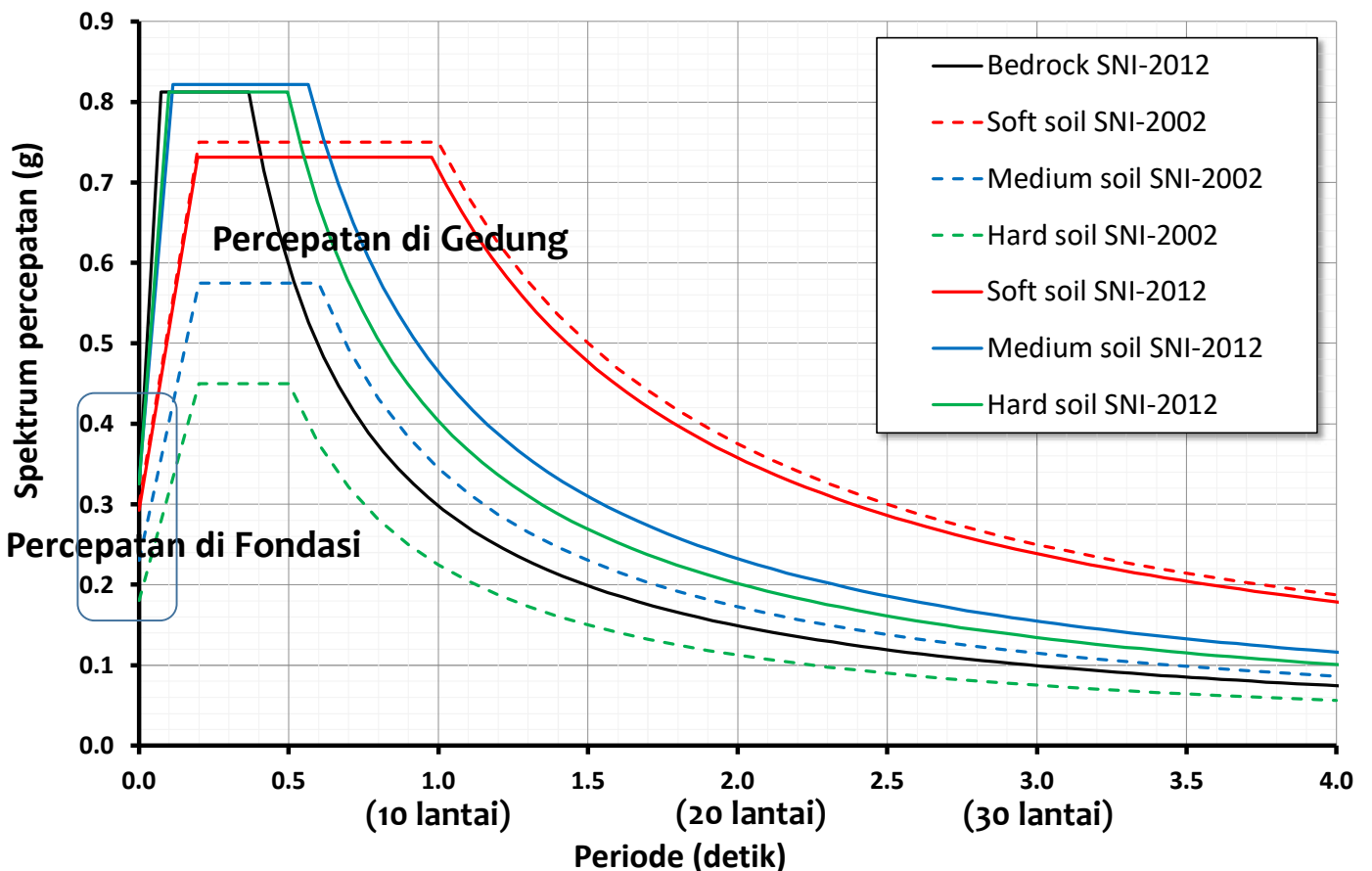
SPEKTRA DISAIN MENURUT: IBC-2009, ASCE 7-10 dan SNI 01726-2012 / 2019



m_asrurifak@yahoo.com

DESIGN SPECTRA YOGYAKARTA

(Lat: -7.797068399999999 , Long: 110.37052670000003)



m_asrurifak@yahoo.com

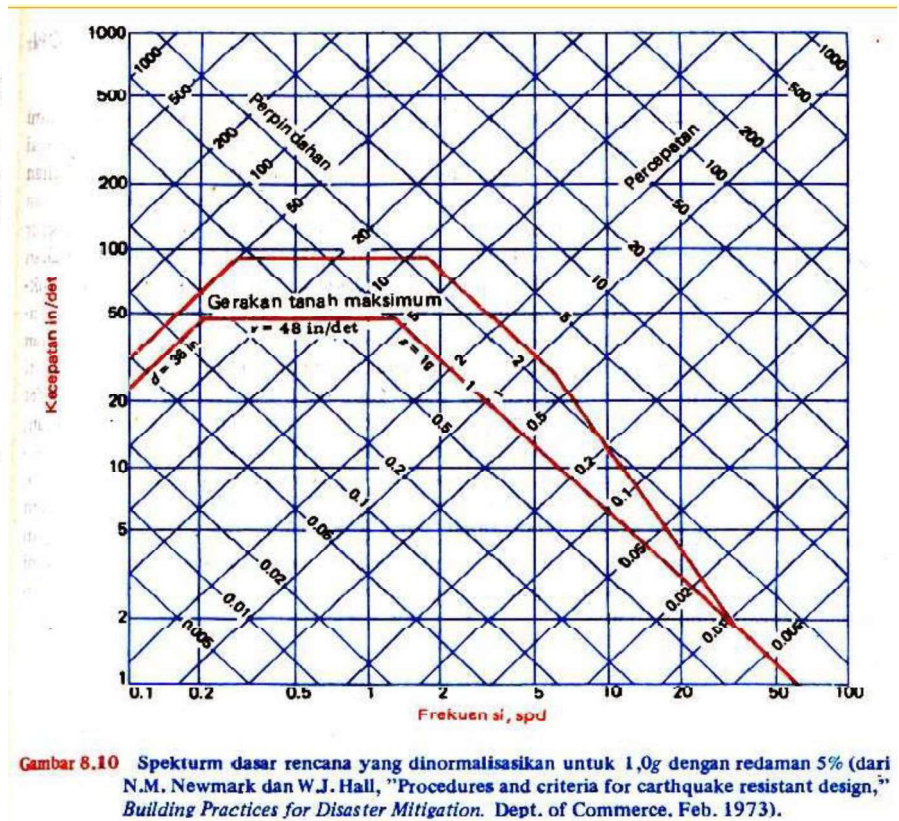
NEWMARK-HALL

Table 3-1 Relative Values of Spectrum Amplification Factors⁽³⁻³⁾

Percentage of Critical Damping	Amplification Factor for		
	Displacement	Velocity	Acceleration
0	2.5	4.0	6.4
0.5	2.2	3.6	5.8
1	2.0	3.2	5.2
2	1.8	2.8	4.3
5	1.4	1.9	2.6
10	1.1	1.3	1.5
20	1.0	1.1	1.2

Metode NEWMARK=HALL:

- Menyatakan bahwa spektrum respons struktur elastis input datum utama adalah PGA.
- Hubungan nilai PGV dg PGD adalah proporsional terhadap PGA.
- Dimana untuk $Acc=1,0g$, $PGV=48 \text{ in/dt}$ dan $PGD=36$



m_asrurifak@yahoo.com

Contoh:

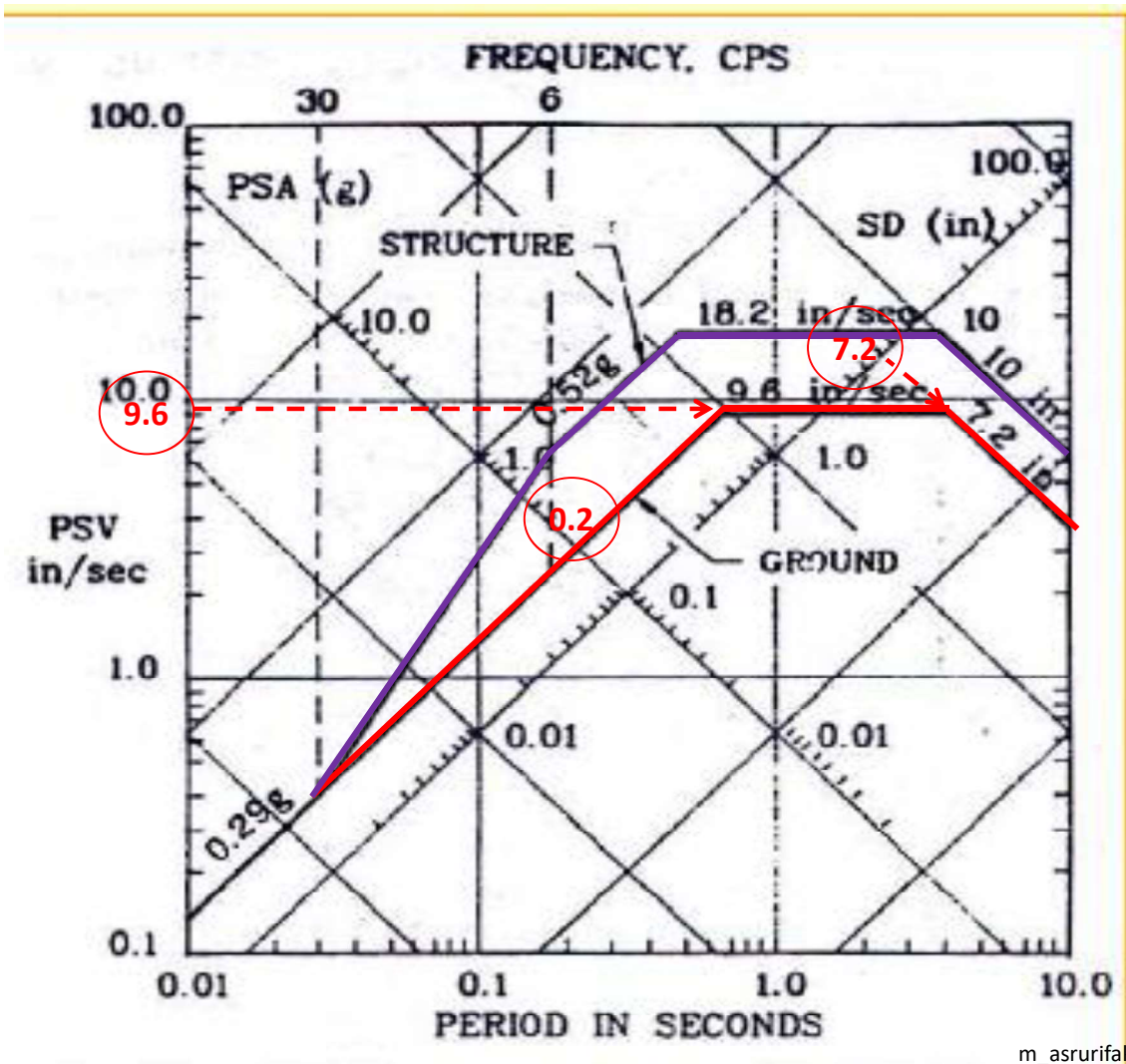
Dengan Newmark-Hall desain spektrum, ditentukan max ground acceleration = 0.2g dan $\zeta = 5\%$

- Ground acceleration = $1 \times 0.2 = 0.2 \text{ g}$
- Velocity = $48 \times 0.2 = 9.6 \text{ in/dt}$
- Displacement = $36 \times 0.2 = 7.2 \text{ in}$

Dengan $\zeta = 5\%$ dan Tabel 3-1 maka:

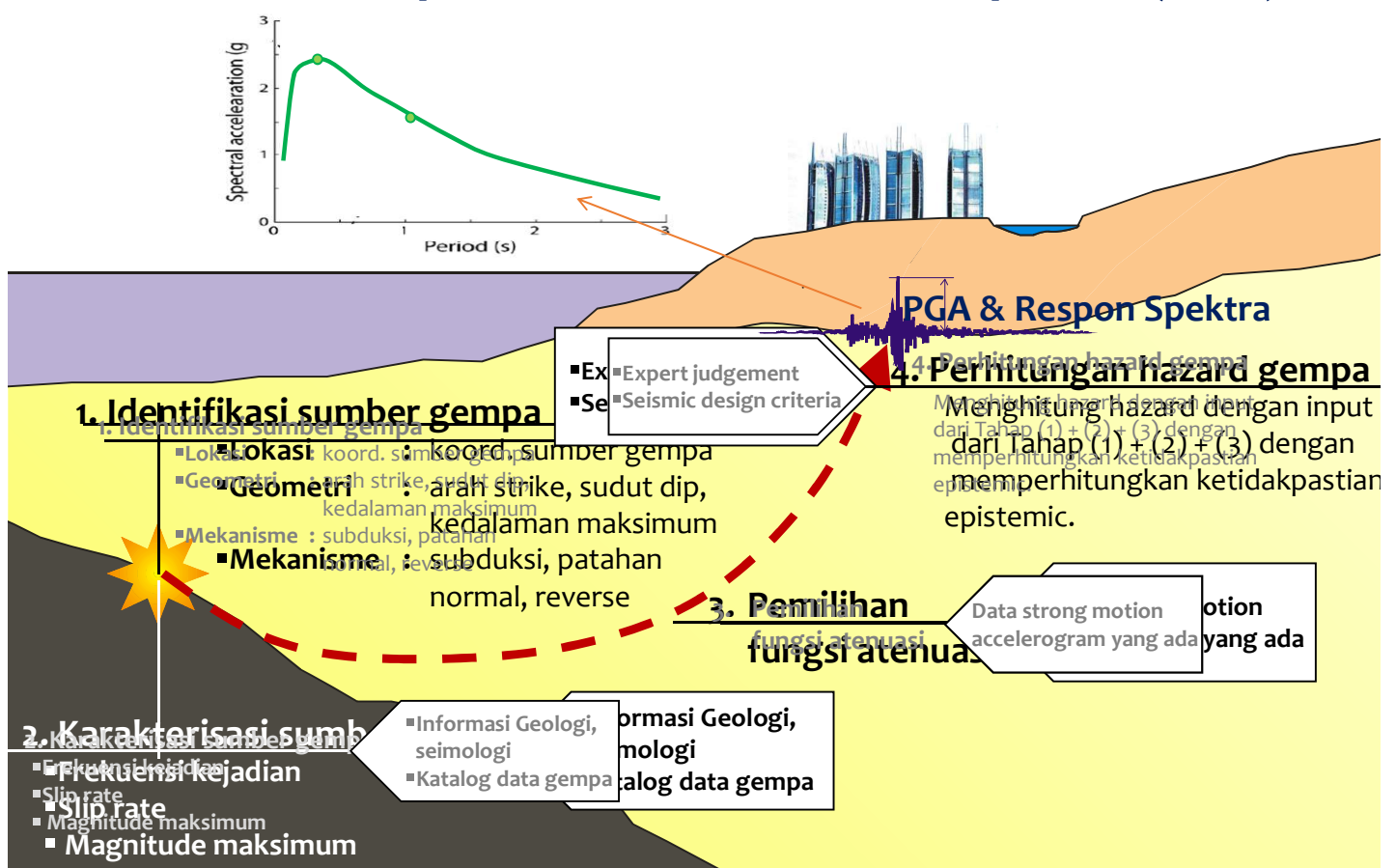
- Acceleration = $0.2 \times 2.6 = 0.52 \text{ g}$
- Velocity = $9.6 \times 1.9 = 18.2 \text{ in/dt}$
- Displacement = $7.2 \times 1.4 = 10.0 \text{ in}$

m_asrurifak@yahoo.com

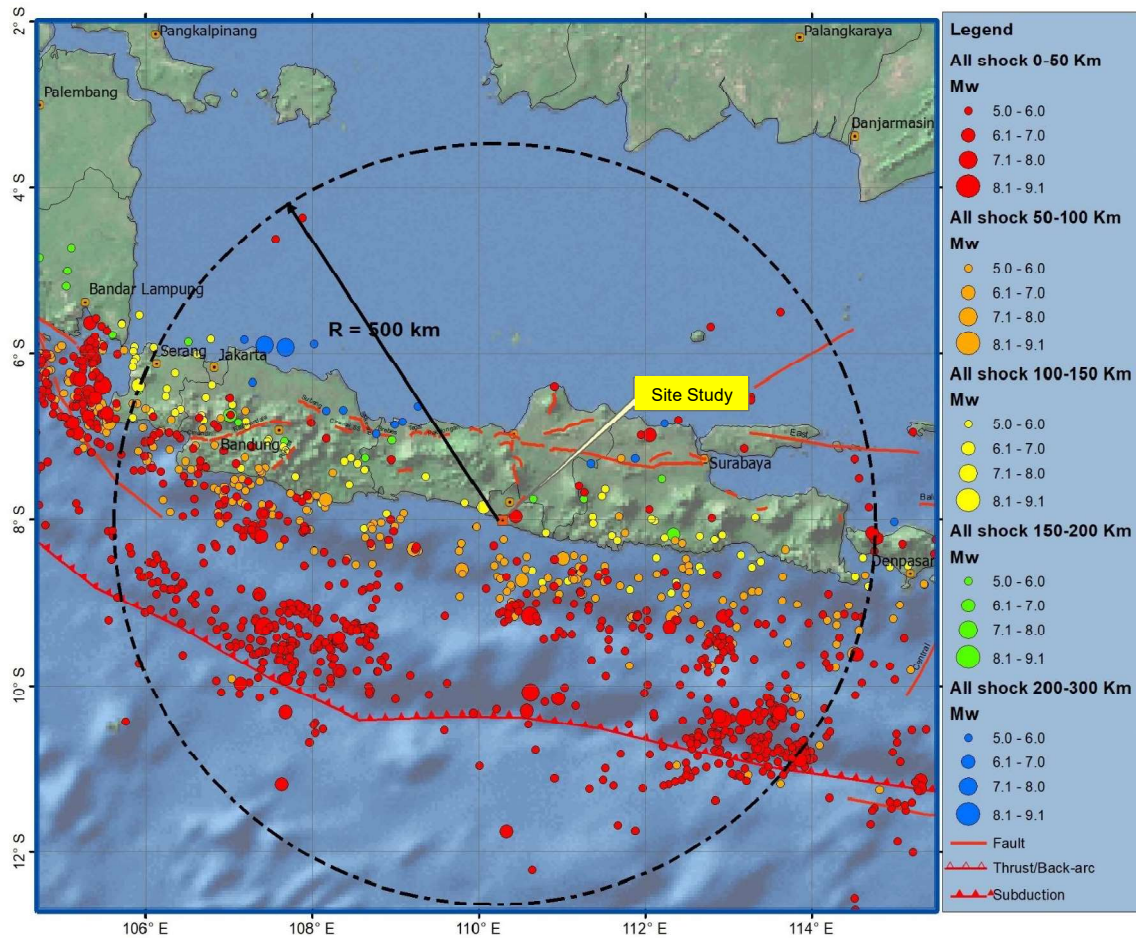


m_asrurifak@yahoo.com

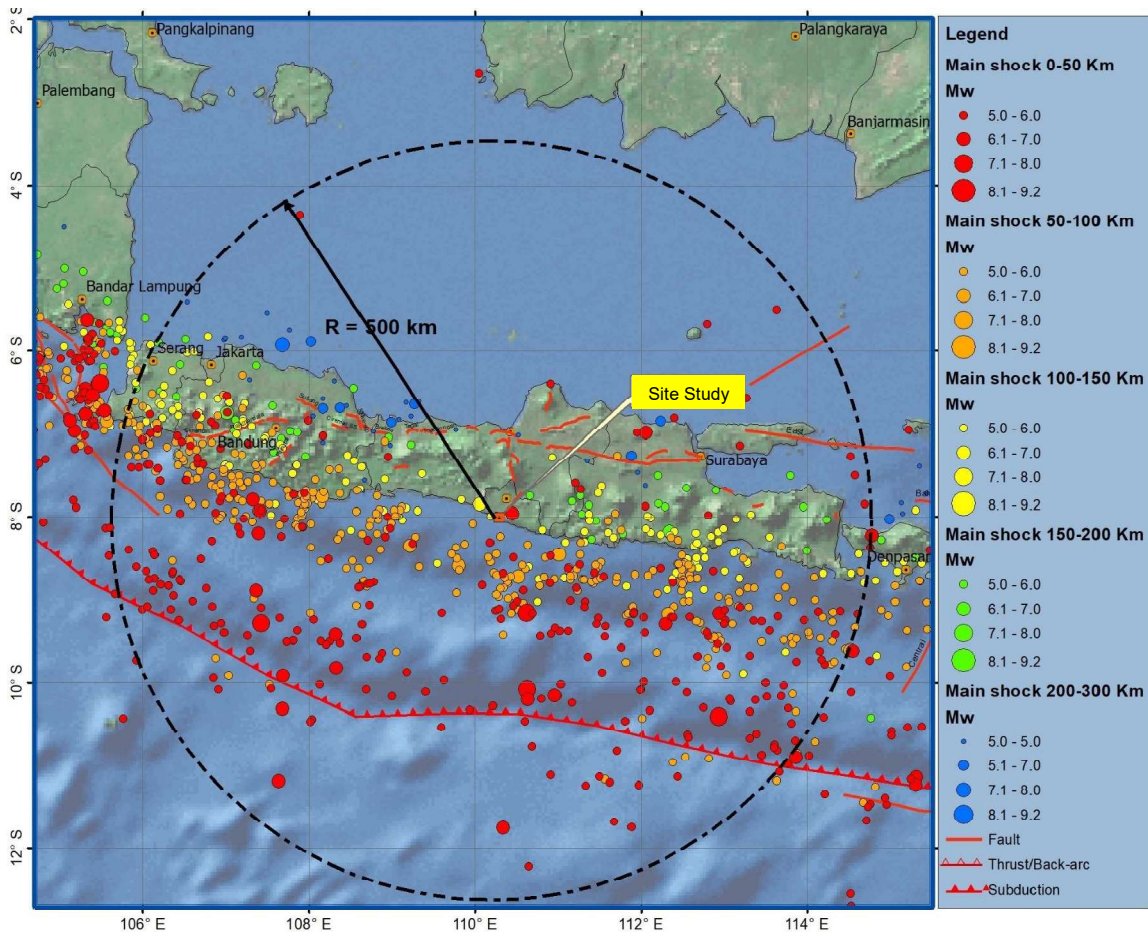
Metode PSHA Untuk Mendapatkan Uniform Hazard Spectra (UHS)



EPICENTRE GEMPA (ALL SHOCK) YOGYAKARTA DAN SEKITARNYA



EPICENTRE GEMPA (MAIN SHOCK) YOGYAKARTA DAN SEKITARNYA



BANGUNAN KHUSUS → Site specific analysis.

Beban gempa dari Accelerograms

SNI 1726-2002

4.6 Jenis tanah dan perambatan gelombang gempa

4.6.1 Kecuali bila lapisan tanah di atas batuan dasar memenuhi syarat-syarat yang ditetapkan dalam Pasal 4.6.3, pengaruh Gempa Rencana di muka tanah harus ditentukan dari hasil analisis perambatan gelombang gempa dari kedalaman batuan dasar ke muka tanah dengan menggunakan gerakan gempa masukan dengan percepatan puncak untuk batuan dasar menurut Tabel 5. Akselerogram gempa masukan yang ditinjau dalam analisis ini, harus diambil dari rekaman gerakan tanah akibat gempa yang didapat di suatu lokasi yang mirip kondisi geologi, topografi dan seismotektoniknya dengan lokasi tempat struktur gedung yang ditinjau berada. Untuk mengurangi ketidak-pastian mengenai kondisi lokasi ini, paling sedikit harus ditinjau 4 buah akselerogram dari 4 gempa yang berbeda, salah satunya harus diambil **Gempa El Centro N-S** yang telah direkam pada tanggal 15 Mei 1940 di California.

m_asrurifak@yahoo.com

SNI 1726-2002

4.6.3 Jenis tanah ditetapkan sebagai Tanah Keras, Tanah Sedang dan Tanah Lunak, apabila untuk lapisan setebal maksimum 30 m paling atas dipenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam Tabel 4.

Tabel 4 Jenis-jenis tanah

Jenis tanah	Kecepatan rambat gelombang geser rata-rata, \bar{v}_s (m/det)	Nilai hasil Test Penetrasi Standar rata-rata \bar{N}	Kuat geser niralir rata-rata \bar{S}_u (kPa)
Tanah Keras	$\bar{v}_s \geq 350$	$\bar{N} \geq 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
Tanah Sedang	$175 \leq \bar{v}_s < 350$	$15 \leq \bar{N} < 50$	$50 \leq \bar{S}_u < 100$
Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	atau, setiap profil dengan tanah lunak yang tebal total lebih dari 3 m dengan $PI > 20$, $w_n \geq 40\%$ dan $S_u < 25$ kPa		
Tanah Khusus	Diperlukan evaluasi khusus di setiap lokasi		

m_asrurifak@yahoo.com

SNI 1726:2012 & 2019

5.3 Definisi kelas situs

Tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari **Tabel 3** dan pasal-pasal berikut.

Tabel 3 Klasifikasi situs

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40$ persen, dan Kuat geser niralis $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

SNI 1726:2012 & 2019

5.3.1 Tanah khusus, kelas situs SF

Jika salah satu dari kondisi berikut ini terpenuhi, maka situs tersebut harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SF, serta selanjutnya investigasi geoteknik spesifik serta analisis respons spesifik-situs sesuai **Pasal 6.9.1** harus dilakukan.

1. Tanah yang rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat gempa seperti mudah likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, dan tanah tersementasi lemah;

PENGECEUALIAN Untuk struktur bangunan dengan perioda getar fundamental $\leq 0,5$ detik, analisis respons spesifik-situs tidak diperlukan dalam menentukan percepatan spektral untuk tanah yang berpotensi likuifaksi. Sebagai gantinya, klasifikasi situs dapat ditentukan sesuai dengan **Pasal 5.3** dan menggunakan nilai F_a dan F_v yang ditentukan dari **Tabel 4 dan 5**.

2. Lempung kadar organik tinggi dan/atau gambut, dengan ketebalan, $H > 3$ m;
3. Lempung dengan plastisitas yang sangat tinggi dengan ketebalan, $H > 7,5$ m, dengan indeks plastisitas, $PI > 75$);
4. Lempung lunak/setengah teguh, dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa.

6.10 Prosedur gerak tanah spesifik situs untuk desain seismik

6.10.1 Analisis respons situs

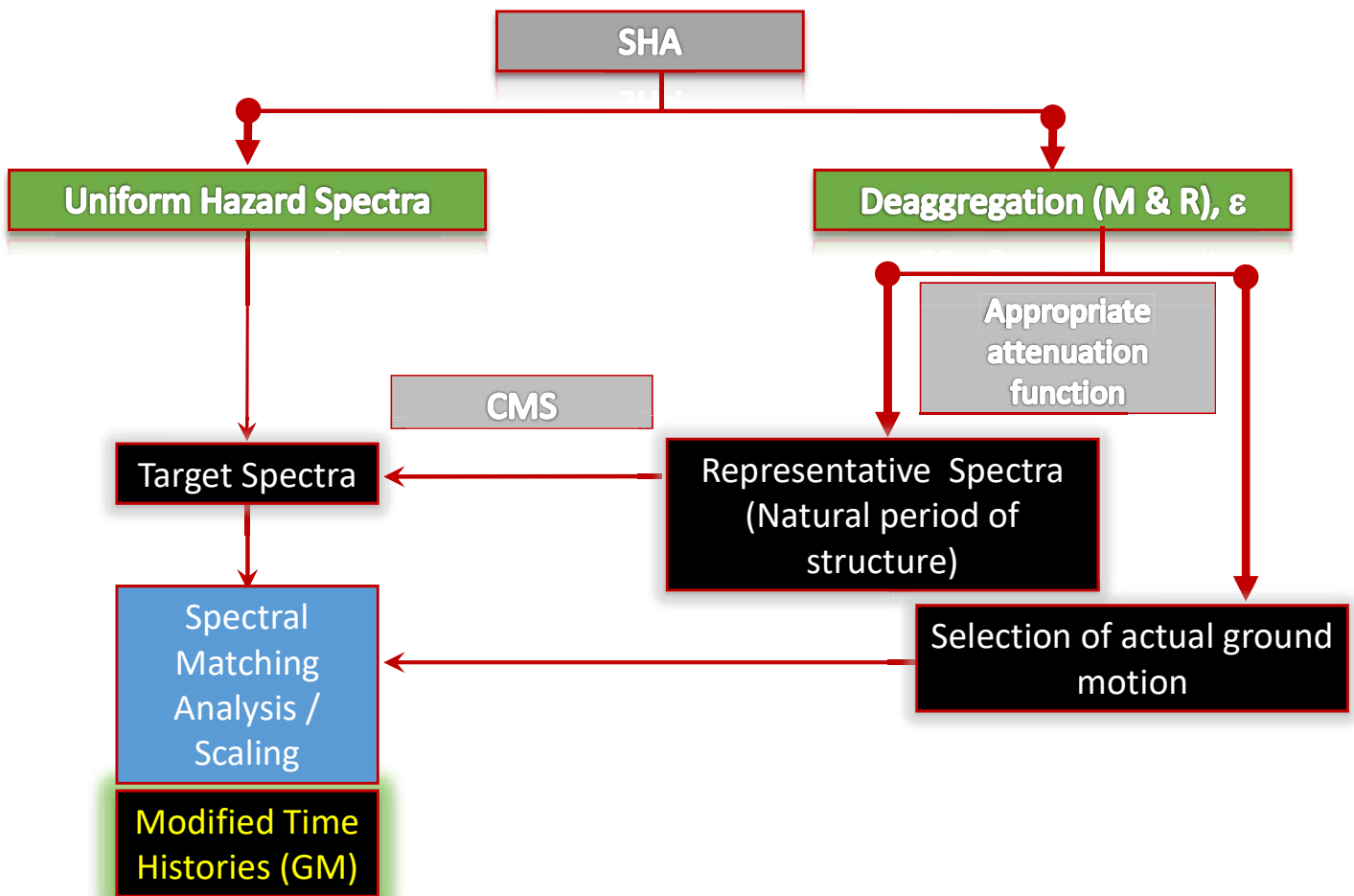
Ketentuan-ketentuan pada pasal ini harus dipenuhi di mana analisis respons situs dilakukan atau disyaratkan dalam 6.9. Analisis harus didokumentasi dalam suatu laporan yang memadai.

6.10.1.1 Gerak batuan dasar

Untuk suatu analisis spektrum respons spesifik situs, diperlukan spektrum respons gempa MCE_R pada batuan dasar. Spektrum respons gempa MCE_R pada batuan dasar ini harus dikembangkan dengan menggunakan prosedur yang ada dalam 6.8 atau 6.10.2. Kecuali telah dilakukan analisis bahaya gerak tanah pada spesifik-situs yang dijelaskan dalam 6.10.2, maka spektrum respons gempa MCE_R harus dikembangkan berdasarkan prosedur yang ada dalam 6.8, dengan asumsi kelas situs SB . Jika batuan dasarnya merupakan kelas situs SA , maka spektrum respons harus disesuaikan menggunakan koefisien situs yang diberikan dalam 6.2, kecuali koefisien-koefisien situs lainnya dapat dijustifikasi. Setidaknya diperlukan 5 (lima) rekaman atau simulasi riwayat waktu percepatan gerak tanah horizontal yang harus dipilih dari beberapa kejadian gempa dengan magnitudo dan jarak sumber gempa (sesar/patahan/subduksi) yang secara konsisten mengontrol gerak tanah gempa MCE_R . Masing-masing riwayat waktu yang dipilih tersebut harus diskalakan, sehingga spektrum respons-nya secara rata-rata kira-kira dekat dengan level spektrum respons gempa MCE_R batuan pada rentang periode yang signifikan dari respons struktur bangunan yang akan didesain.

DEAGREGASI

Generation of Modified Time Histories

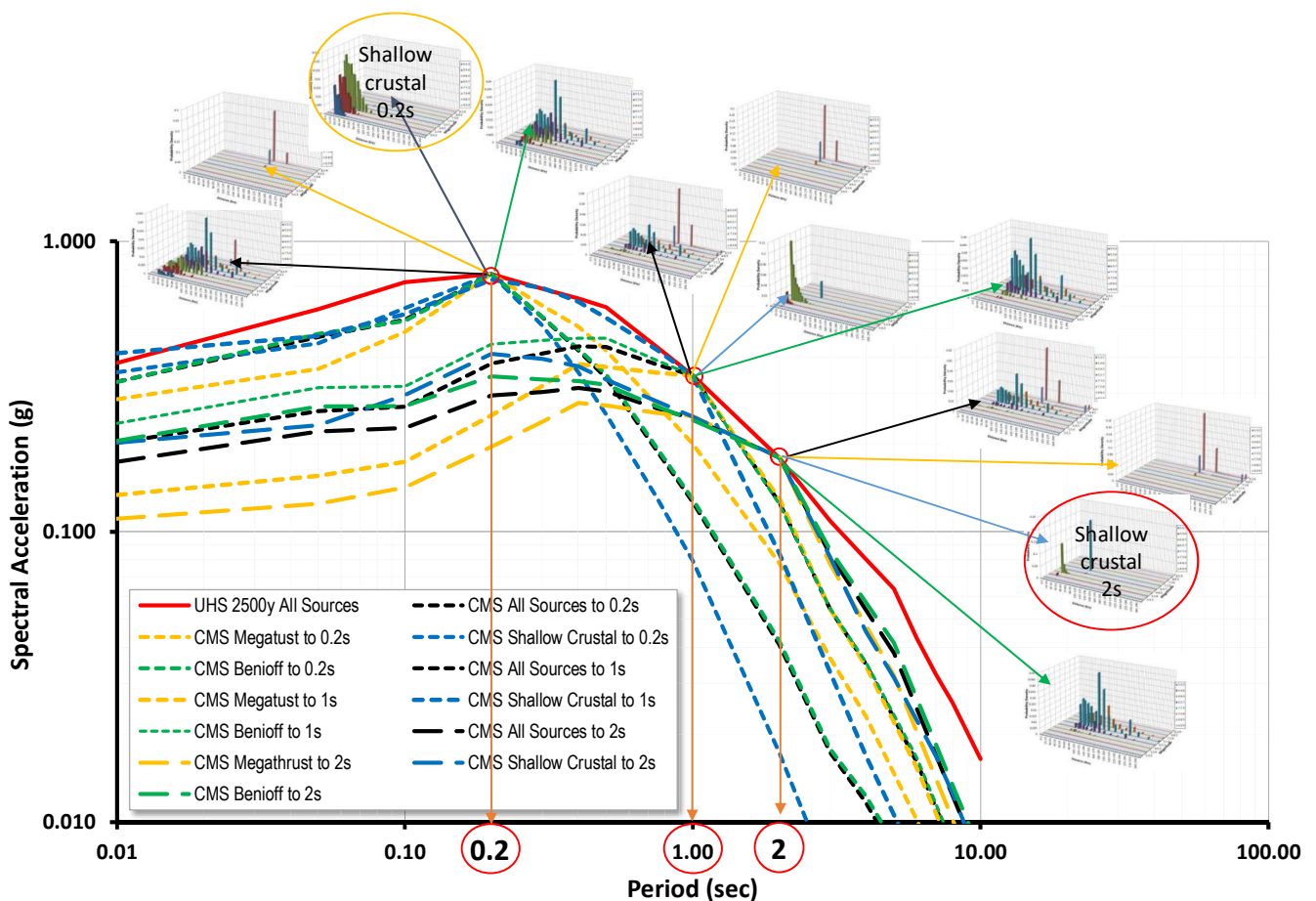


MENGAPA PERLU ANALISIS HAZARD DEAGREGATION?

- Konsep dasar dari PSHA adalah menghitung ancaman gempa, berdasarkan pada kumpulan hasil dari semua kejadian gempa dan ground motion yang mungkin dapat terjadi di masa datang.
- Sedang analisis dengan kemungkinan "magnitude (M) dan jarak (R) dari site ke sumber gempa" yang mana, yang akan memberikan kontribusi hazard terbesar pada site tidak terlihat dengan jelas dalam PSHA.
- Dengan kondisi ini maka PSHA menjadi kurang lengkap memberi informasi tentang M dan R yang dominan dan tunggal dalam desain gempa.
- Pada satu sisi, kondisi PSHA yang seperti itu sangat menguntungkan, karena berbagai asumsi tentang sumber gempa potensial dan keberulangan kejadian gempa diintegrasikan menjadi satu, dengan tiap-tiap asumsi memiliki kesempatan relatif untuk berpartisipasi dalam analisis.
- Disisi lain, diperlukan untuk selalu dapat menyediakan gempa desain untuk tujuan membuat keputusan dalam memilih *ground motion (acceleration time history)* yang tepat untuk analisis, yang didasarkan pada spektrum *hazard (uniform hazard spectra)*, dan kemudian menghitung parameter seperti durasi getaran dan yang lain-lainnya.

asrurifak@gmail.com

SPECTRUM TARGET UNTUK DEAGREGASI



GAMBARAN KONSEP DEAGREGASI

Titik berat yang mewakili:

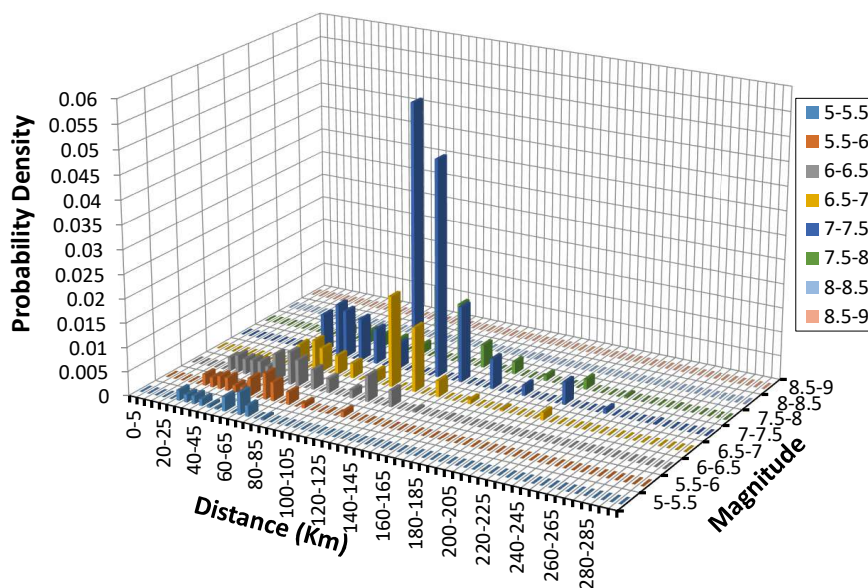
$$M_{\min} \text{ s/d } M_{\max}$$

$$M_{\text{mewakili}} = \frac{\sum M_i \times (\text{Kontribusi Kejadian/ Tahun})_i}{\sum (\text{Kontribusi Kejadian/ Tahun})_i}$$

$$R_{\min} \text{ s/d } R_{\max}$$

$$R_{\text{mewakili}} = \frac{\sum R_i \times (\text{Kontribusi Kejadian/ Tahun})_i}{\sum (\text{Kontribusi Kejadian/ Tahun})_i}$$

CONTOH: DEAGGREGATION BY MAGNITUDE AND DISTANCE FOR JAKARTA AT PGA 500 YEAR RETURN PERIOD FROM ALL SOURCES



Deagregasi magnitudo dan jarak tersebut menggambarkan nilai M & R yang memberikan kontribusi terbesar terhadap hazard percepatan puncak yang dihasilkan sehingga dari nilai M & R yang dominan tersebut bisa digunakan sebagai acuan untuk mencari *recorded ground motion* yang sesuai untuk kondisi tersebut.

CONTOH HASIL DEAGREGASI JAKARTA PADA BERBAGAI PERIODE GETAR DAN PEMILIHAN *RECORDED GROUND MOTION*

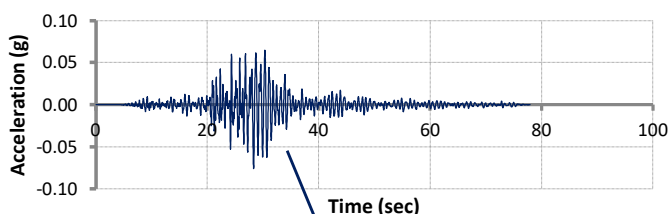
NO	DEAG	SOURCE	M	R (km)	Recorded Ground Motion	M	R (km)
1	SA 0.2-sec 2500y	Megathrust	8.77	172.13	Chile, STA-Punta de Chungos, data source SSN/USGS, CESMD, 27 Feb 2010	8.80	177.9
2		Shallow crustal	5.98	45.32	Whittier Narrows-01, NGA0657, STA-MALIBU-LAS FLORES CANYON, 1987	5.99	48.6
3		Benioff	6.95	108.09	Miyagi Oki, STA-YMTH09, data source CESMD, 2005, D 52 km	7.00	152.3
4	SA 1-sec 2500y	Megathrust	8.68	186.12	Chile, STA-ANGOL S/N 760, data source SSN/USGS, CESMD, 27 Feb 2010	8.80	177.9
5		Shallow crustal	6.35	41.59	Morgan Hill, Santa Crus Mine, STA-HWA011, 1984	6.19	45.5
6		Benioff	7.22	110.71	Miyagi Oki, STA-IWTH20, data source CESMD, 2005, D 52 km	7.20	154.0
7	SA 2-sec 2500y	Megathrust	8.70	200.17	Chile, STA-ANGOL S/N 760, data source SSN/USGS, CESMD, 27 Feb 2010	8.80	209.3
8		Shallow crustal	6.77	60.54	San Fernando, NGA0056, STA-CARBON CANYON DAM, 1971	6.61	61.8
9		Benioff	7.31	114.47	Miyagi Oki, STA-IWTH20, data source CESMD, 2005, D 52 km	7.20	154.0
10	SA 7-sec 2500y	Megathrust	8.68	202.24	Chile, STA-ANGOL S/N 760, data source SSN/USGS, CESMD, 27 Feb 2010	8.80	209.3
11		Shallow crustal	7.30	127.47	Landers, NGA0852, STA-DUARTE - MEL CANYON RD, 1992	7.28	126.3
12		Benioff	7.35	123.45	Miyagi Oki, STA-IWTH20, data source CESMD, 2005, D 52 km	7.20	154.0

Shallow BG Sources

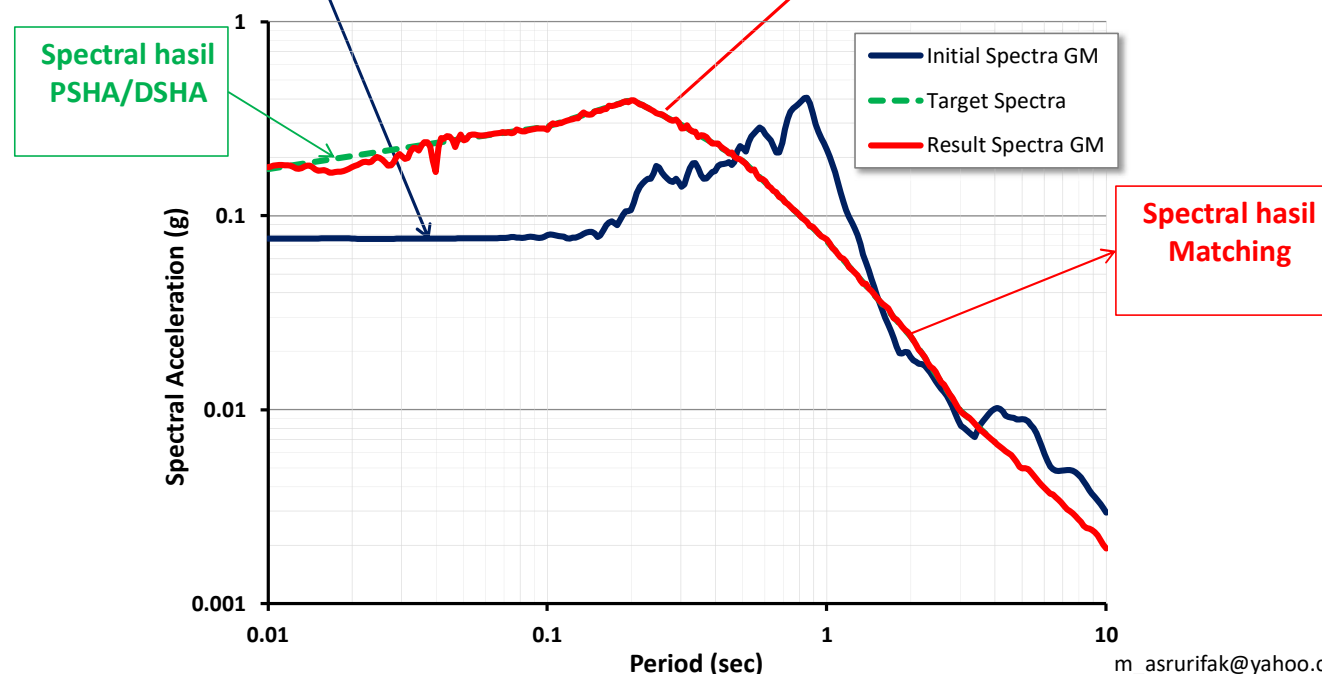
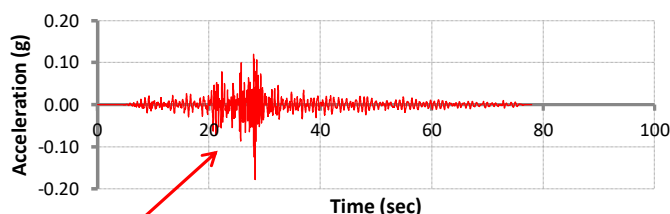
Active Fault Sources

SPECTRAL MATCHING

Initial Record GM (Actual)



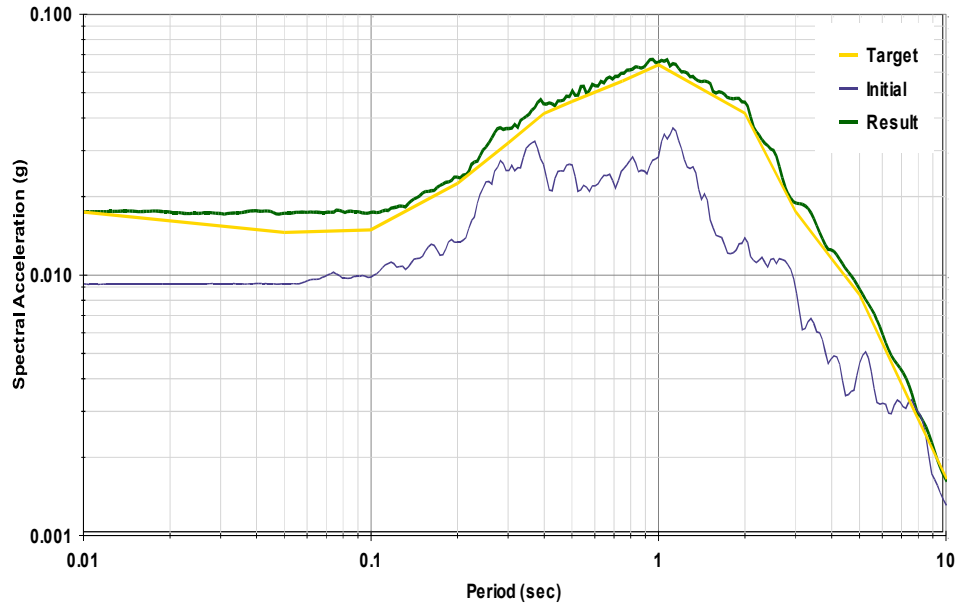
Result Target GM (Modified)



CONTOH GROUND MOTION MEWAKILI SUBER GEMPA MEGATHRUST (SA 1-SEC 1000 TAHUN)

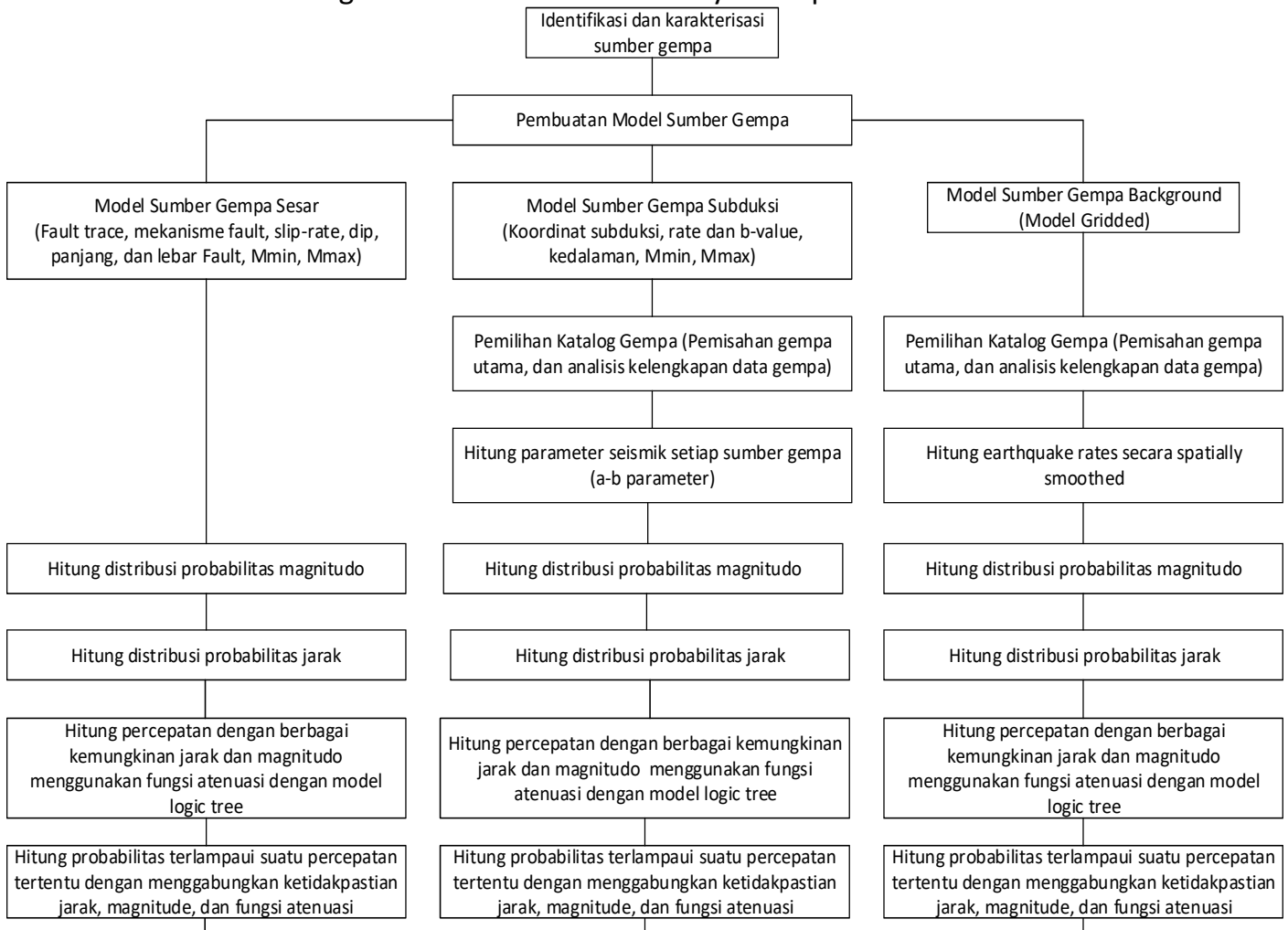
Tokachi-oki, Japan,
STA-AKT002, data
source COSMOS
VDC, 25 Sept 2003,
M 8.0
R 440 KM

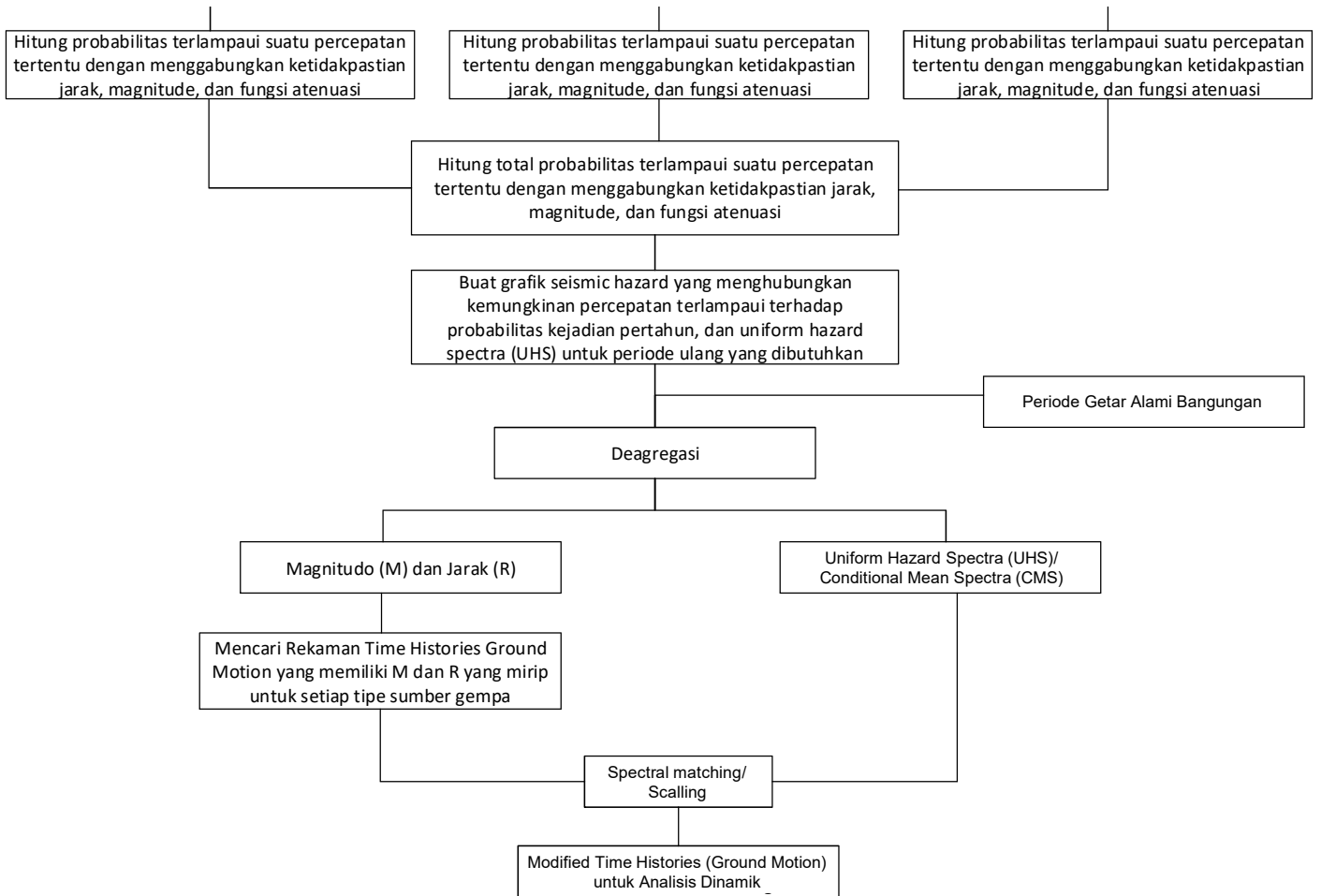
Modified
Ground Motion



m_asrurifak@yahoo.com

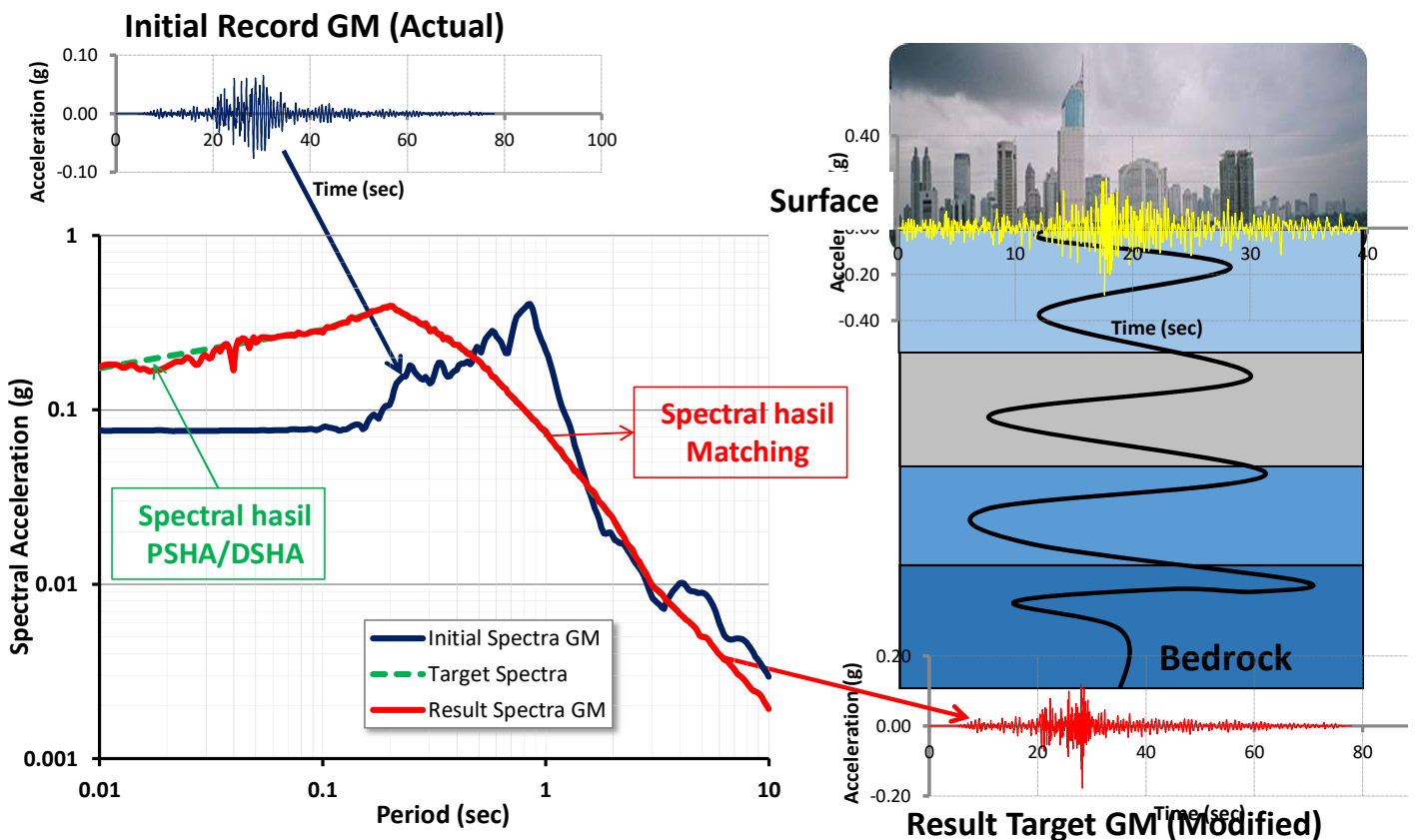
Resume Bagan Alir Proses Analisis Bahaya Gempa untuk Analisis Dinamis





SPECTRUM DAN PERAMBATAN GELOMBANG DARI BATUAN DASAR KE PERMUKAAN

Penentuan M & R dari Deaggregation



DESIGN SPEKTRUM

DISESUAIKAN DENGAN PERIODE ULANG GEMPA DAN PERIODE GETAR STRUKTUR



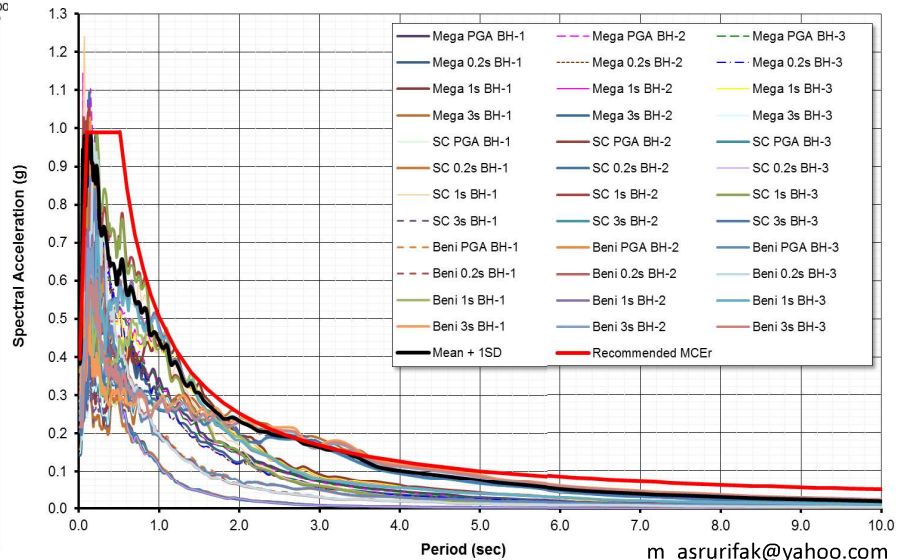
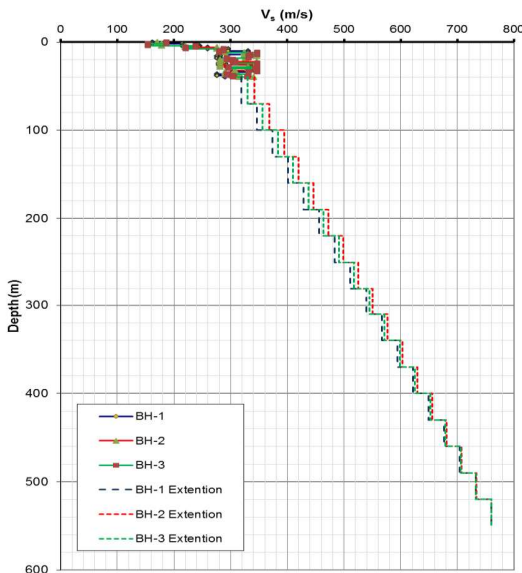
BUILDING

DAM

BRIDGE

OFFSHORE
PLATFORM

PLTU



PENUTUP

- Indonesia sebagai negara dengan wilayah yang mempunyai tingkat kegempaan yang tinggi, sudah seharusnya dalam perencanaan bangunan & infrastruktur memperhitungkan beban gempa.
- Timbulnya kerugian materi dan jiwa bukan disebabkan gempa, tapi karena bangunan atau infrastruktur yang gagal menahan gaya gempa tersebut.
- Aplikasi beban gempa tergantung pada tipe bangunan/infrastruktur dan periode getar alami struktur tersebut.
- Untuk mengantisipasi kegagalan struktur akibat beban gempa, maka Peta Gempa sebagai acuan untuk perencanaan struktur bangunan tahan gempa harus selalu di update mengikuti perkembangan informasi sumber gempa terbaru.
- Indonesia memerlukan Ahli Geoteknik Kegempaan yang sangat banyak, mengingat sebagian besar wilayah Indonesia mempunyai kegempaan yang tinggi.

TERIMA KASIH



**MARI KITA BERSERU INDONESIA BERSATU
MARI KITA MENDO'A INDONESIA BAHAGIA
MARI KITA BERJANJI INDONESIA ABADI**

diambil dari lirik lagu Indonesia Raya 3-stanza

asrurifak@gmail.com