

**ANALISIS ZONA BAHAYA GEMPABUMI BERDASARKAN
METODE DETERMINISTIK DAN PENDEKATAN
GEOMORFOLOGI KOTA PADANG SUMATERA BARAT**

(Skripsi)

Oleh

AZIS RIYANTI



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2017**

ANALYSIS OF EARTHQUAKE PRONE ZONE ACCORDING TO DETERMINISTIC METHODE AND GEOMORPHOLOGY APPROACH IN PADANG CITY WEST SUMATERA

By

Azis Riyanti

ABSTRACT

Regional research had been done to analysis the earthquake hazard, according to deterministic methods and geomorphology in Padang City. The research objective was determine the value of V_{s30} based approach geomorphology, knowing value of the PGA and amplification earthquake originating from the fault Suliti and Subduction Zone, and grading the site class based on the value V_{s30} . The Methodology used in the research is (i) identifying the earthquake source of affecting the research area (ii) calculate the shortest distance to the earthquake source area of research (iii) calculate the attenuation function (iv) calculate the PGA at Bedrock and Soil (v) calculate the amplification. Site class of West Padang variable from A class to D class, whereas maximum soil acceleration (PGA) in the basement is about 0,0374 g while in surface is about 0,0376 g. Furthermore, PGA value for earthquake caused by the fault (Suliti Fault) in the basement is 0,0296 g to 0,0376 g, and in surface is about 0,0573 g. The region with high risk effect caused by earthquake which source is fault are Sub-district Koto Tengah, sub-district Padang Barat, Sub-district Padang Utara which highest amplification value is 1,7690 (> 9 times) and showed high magnifications. Meanwhile, if earthquake which source from subduction occur, the high risk zone will be effected is sub-district Padang Barat, sub-district Koto Tengah, sub-district Padang Utara with amplification rate about 2,0607 (>9 times).

Keywords: Deterministic, Geomorphology, V_{s30} , PGA, Amplification

ANALISIS ZONA BAHAYA GEMPABUMI BERDASARKAN METODE DETERMINISTIK DAN PENDEKATAN GEOMORFOLOGI KOTA PADANG SUMATERA BARAT

Oleh

Azis Riyanti

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang analisis zona bahaya gempabumi berdasarkan metode deterministik dan pendekatan geomorfologi di Kota Padang. Tujuan penelitian adalah mengetahui nilai V_{s30} berdasarkan pendekatan geomorfologi, mengetahui nilai PGA dan amplifikasi gempa yang bersumber dari Patahan Suliti dan Zona Subduksi serta penentuan kelas tanah berdasarkan nilai V_{s30} . Metodologi yang dilakukan adalah (i) mengidentifikasi sumber gempa yang berpengaruh pada daerah penelitian (ii) menghitung jarak terdekat sumber gempa terhadap daerah penelitian (iii) perhitungan fungsi atenuasi (iv) perhitungan PGA *Bedrock* dan Soil (v) perhitungan amplifikasi. Hasil perhitungan V_{s30} untuk Kota Padang menunjukkan kelas tanah A hingga D, nilai percepatan tanah maksimum (PGA) sumber gempa Subduksi di batuan dasar berkisar antara 0,0374 g. Sementara itu, percepatan tanah maksimum (PGA) di permukaan berkisar antara 0,0769 g. Nilai PGA pada sumber gempa patahan (Patahan Suliti) di batuan dasar berkisar antara 0,0376 g, sedangkan nilai PGA di permukaan berkisar 0,0573 g. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, daerah yang memiliki dampak parah jika terjadi gempa yang bersumber dari patahan adalah Kecamatan Koto Tengah, Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Padang Utara dengan nilai amplifikasi tertinggi yakni berada pada nilai 1,7690 (> 9 kali). Hal ini menunjukkan bahwa perbesaran gelombang di daerah tersebut tinggi. Sedangkan jika terjadi gempa dengan sumber gempa subduksi daerah yang sangat rawan adalah Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Koto Tengah, Kecamatan Padang Utara dengan nilai amplifikasi 2,0607 (> 9 kali).

Kata Kunci: *Deterministik, Geomorfologi, V_{s30} , PGA, Amplifikasi*

**ANALISIS ZONA BAHAYA GEMPABUMI
BERDASARKAN METODE DETERMINISTIK DAN
PENDEKATAN GEOMORFOLOGI KOTA PADANG
SUMATERA BARAT**

Skripsi

Oleh

AZIS RIYANTI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2016**

**Judul Skripsi : ANALISIS ZONA BAHAYA
GEMPABUMI BERDASARKAN METODE
DETERMINISTIK DAN PENDEKATAN
GEOMORFOLOGI KOTA PADANG
SUMATERA BARAT**

Nama Mahasiswa : Azis Riyanti

Nomor Pokok Mahasiswa : 1215051009

Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si.
NIP 19730716 200012 1 002

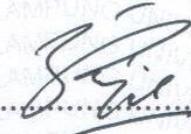
Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.
NIP 19750911 200012 1 002

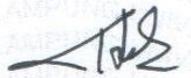
2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T.
NIP 19720912 199903 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si. 

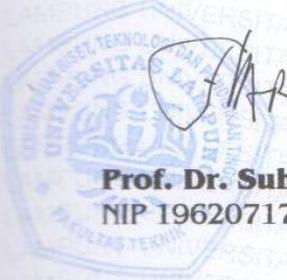
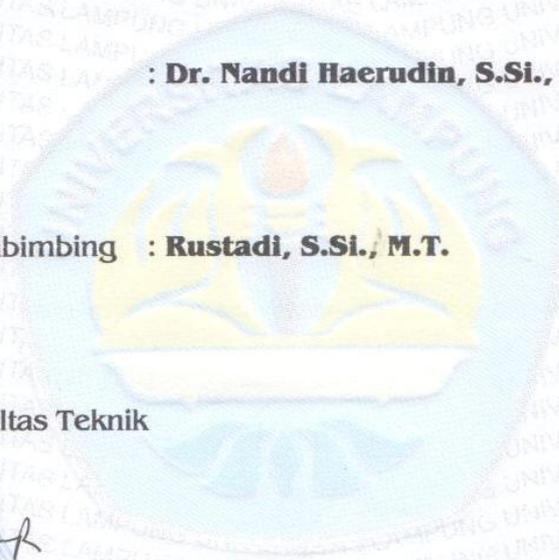
Sekretaris : Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si. 

Penguji Bukan Pembimbing : Rustadi, S.Si., M.T. 

2. Dekan Fakultas Teknik


Prof. Dr. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198730 1 002 

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 6 Januari 2017



PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis bukan merupakan karya dari orang lain melainkan berdasarkan pemikiran saya sendiri, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Adapun kutipan tertentu dalam penulisan skripsi ini terdapat karya atau pendapat orang lain yang ditulis menurut sumbernya sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 11 Januari 2017

Yang Membuat Pernyataan,



Azis Rivanti
NPM. 1215051009

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Simpang Pematang, 06 Mei 1994, dan merupakan anak kelima dari lima bersaudara. Pasangan Bapak Lilik Suhermanto dan Ibu Satiyem.

Penulis pernah menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 2 Simpang Pematang diselesaikan pada tahun 2006, dan penulis melanjutkan sekolah menengah pertama di MTs Negeri 1 Sri Tanjung Mesuji, yang diselesaikan pada tahun 2009, penulis melanjutkan Sekolah Menengah Atas yang ditempuh di SMA Negeri 1 Simpang Pematang yang diselesaikan pada tahun 2012. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung melalui jalur PMPAP pada tahun 2012.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika Bhuwana di bidang Sosial Budaya Masyarakat (SBM) periode 2013/2014, 2014/2015. Sekretaris dari American Assosiation of Petroleum Geology (AAPG) chapter Universitas Lampung 2014, Anggota Society of Exploration Geophysicist (SEG) Chapter Universitas Lampung 2014, Anggota Himpunan Mahasiswa Geofisika Indonesia (HMGI) 2015.

Penulis menyelesaikan Kerja Praktik di Pusat Vulkanologi Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Bandung, Jawa Barat pada 15 November 2015 dengan judul “Analisis Bahaya Gempabumi *Deterministic* Dari Patahan-Patahan Sumatera Terhadap Kota Padang Sumatera Barat”, kemudian penulis melanjutkan Tugas Akhir tentang Mitigasi Bencana di Pusat Vulkanologi Mitigasi Bencana Geologi pada 2 Mei hingga 15 Juni 2016 dengan judul “Analisis Zona Bahaya Gempabumi Berdasarkan Metode Deterministik dan Pendekatan Geomorfologi Kota Padang Sumatera Barat”. Dan akhirnya, penulis menyelesaikan studi pada 6 Januari 2017.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Atas Ridho Allah SWT dan dengan segala kerendahan hati
kupersembahkan skripsiku ini kepada:

Ayahku Lilik Suhermanto dan Ibu ku Satiyem Tercinta,
Terimakasih untuk setiap pengorbanan, peluh keringat, kesabaran, kasih dan
sayang, serta doa yang tiada henti diberikan sehingga aku mampu
mempersiapkan keberhasilan ini untuk mu ayah dan ibu.

Kepada kakak - kakakku Agus Tina, Andi Setiawan (Alm), Dody Trisula serta
Vina Puji Astuti (wanita kedua yang kumiliki setelah ibu)
Terimakasih selalu memberikan pengorbanan, inspirasi, semangat, mendukung,
dan mendoakan keberhasilanku.

Seluruh Keluarga Besar ku yang selalu mendoakan dan mendukung serta
menantikan keberhasilanku.

Almamater ku tercinta Universitas Lampung
Tempatku memperoleh ilmu dan merancang mimpi yang menjadi sebagian jejak
langkahku menuju kesuksesan.

MOTTO

Anda Harus Taban Menjadi Ulat, Batu Terlebih Dabutu Jika Ingin Dapat Menjadi Kupu-Kupu Yang Indah (Merry Riana)

Bermimpilah dalam Hidup, Bukan Hidup dalam Mimpi (Andrea Hirata)

Jika Anda Memiliki Sebuah Mimpi Yang Sangat Indah, Ingatlah Bahwa Tuhan Memberikanmu Kekuatan Untuk Membuatnya Menjadi Nyata

Perbanyaklah PENGALAMAN, karena PENGALAMAN mengajarkan arti Hidup

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan ridho-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: “Analisis Zona Bahaya Gempabumi Berdasarkan Metode Deterministik dan Pendekatan Geomorfologi Kota Padang Sumatera Barat”.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memenuhi program Strata-1, Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Saya menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

SANWACANA

Untuk sampai dititik ini tidak lah sedikit pihak yang telah mendukung dan selalu memotivasi penulis. Termasuk selama penulis menjalani Tugas Akhir dan Penyusunan Skripsi. Penulis memperoleh bantuan dan kebaikan dari banyak pihak, maka dari itu, dalam kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dengan segala ridho Nya.
2. Bapak (**LILIK SUHERMANTO**) dan ibu (**SATIYEM**) serta kakak-kakak ku tercinta (**Agus Tina, Andi Setiawan (Alm), Dody Trisula, Vina Puji Astuti**) yang telah memberikan segala pengorbanan, kasih sayang dan kesabaran serta doa yang di berikan tanpa rasa lelah.
3. **Mas Andi (alm)** yang dulu selalu menyemangati tanpa lelah ketika penulis hampir menyerah, terimakasih atas motivasi nya, walaupun beliau tidak dapat melihat hasil nya, penulis yakin bahwa beliau bahagia disana karena penulis sudah sampai pada tahap ini dan telah berhasil menyelesaikan skripsi.
4. Bapak **Dr. Ahmad Zaenudin, S.Si., M.T** selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika yang telah memberikan motivasi selama masa perkuliahan.
5. Bapak **Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si** sebagai Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan selama penulis menjalani proses perkuliahan.

6. Bapak **Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si** sebagai Pembimbing 1 yang telah banyak memberikan masukan-masukan agar skripsi ini lebih baik lagi.
7. Bapak **Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si** sebagai Pembimbing 2 yang juga telah banyak memberikan kritik dan saran, sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih baik lagi.
8. Bapak **Rustadi, S.Si., M.T** sebagai penguji dalam proses skripsi penulis.
9. Bapak **Amalfi Omang** selaku Pembimbing Lapangan di PVMBG yang telah sabar memberikan materi dan memberi masukan dalam proses Kerja Praktik hingga Tugas Akhir saya terselesaikan.
10. Bapak dosen Jurusan Teknik Geofisika atas didikan, bimbingan, serta ilmu pengetahuan yang telah diberikan.
11. Bapak **Deden**, pak **Ginangjar**, pak **Anton**, pak **Heri**, Pak **Pandu**, Pak **Afif**, pak **Ahmad**, pak **Cecep**, pak **Roby** yang telah berbagi wawasan serta keceriaan kepada penulis, serta bersedia membimbing dalam proses pengolahan data selama melaksanakan Kerja Praktik dan Tugas Akhir di PVMBG.
12. **Lia Vivi Farida** yang selalu menyemangati dan membantu dalam segala hal selama Kerja Praktik dan Tugas Akhir.
13. **Allin Dinda**, anak Teknik Geologi Universitas Soedirman yang banyak membantu selama Tugas Akhir. Semangat terus Allin!!!
14. **Siti Nur Asia**, **Kak Lia**, **Kak Yeni**, **Kak Asri** dan **Silvi**. Terimakasih atas bantuannya baik riil maupun materil. Terimakasih banyak. You're my Hero

15. **Niar, Elen, Andina, Lita, Nana, Gita, Vivi, Vee** yang tiada henti nya memberikan keceriaan setiap hari. Kalian yang selalu mencerikan, Tetep Ceria ya guys. Succes for Us
16. Teman-teman Teknik Geofisika 2012 (**Bari, Legowo, Ghifari, Andre, Agus, Vee, Andina, Arianto, Bagas, Bella, Betha, Beny, Carta, Dedi Yul, Dedi Adrian, Dimas Suen, Dimas(onoy), Edo, Elen, Esha, Ferry, Gita, Hanif, Hilman, Irwan, Jordy, Kukuh, Lia Vivi, Lita, Dimastya, Kevin, Made, Medi, Nana, Niar, Dilla, Anta, Aldo, Resti, Rival, Gata, Ryan, Sigit, Soulthan, Virgi, Zhai, Zul**) yang telah memberikan motivasi serta keceriaannya. CilokoRolas bukan cuma punya cerita, tapi BANYAK cerita. Semangat 48, Semangat para Engineer!!
17. Keluarga besar Teknik Geofisika Universitas Lampung serta almamater tercinta, Terimakasih banyak atas semuanya.

Masih banyak pihak lain yang berperan dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi ini, Terimakasih Banyak.

Bandar Lampung, 2016

Mengetahui
Penulis

Azis Riyanti
1215051009

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
PERSETUJUAN	iii
PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN	v
RIWAYAT HIDUP	vi
PERSEMBAHAN	viii
MOTTO	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian	4

2.2 Tektonik Sumatera Barat	6
2.3 Kegempaan Sumatera Barat	7
2.4 Sejarah Gempabumi Provinsi Sumatera Barat	8
BAB III TEORI DASAR	
3.1 Sumber Gempabumi.....	9
3.2 Pendekatan Geomorfologi.....	14
3.3 Kecepatan Gelombang Geser (V_{s30})	17
3.4 <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA).	18
3.5 Fungsi Atenuasi.....	19
3.6 <i>Logic Tree</i>	30
3.7 Amplifikasi	33
3.8 <i>Seismic Hazard Analysis</i> (SHA)	34
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	
4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	36
4.2 Data Penelitian	36
4.3 Pengolahan Data	37
4.3.1 Penentuan koordinat.....	37
4.3.2 Pendekatan geomorfologi	37
4.3.3 Perhitungan V_{s30}	37
4.3.4 <i>Deterministic seismic hazard analysis</i> (DSHA)	38
4.4 Diagram Alir.....	40
4.4.1 Diagram alir pendekatan geomorfologi.....	40
4.4.2 Diagram alir penelitian.....	41
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
5.1 Hasil Penelitian	42
5.2 Pembahasan	59
5.2.1 Analisis <i>site class</i>	59
5.2.2 Analisis bahaya gempabumi deterministik.....	60
5.2.3 Analisis amplifikasi.....	64
5.2.4 Analisis tingkat bahaya gempabumi.....	65
5.2.5 Bahaya susulan gempabumi.	65
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	68
6.2 Saran	69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta geologi daerah penelitian.....	6
2. Peta penampang tumbukan utara-selatan, zona Sumatera.....	7
3. Ilustrasi sumber gempa.....	10
4. Peta sumber gempabumi patahan (<i>Fault</i>).....	11
5. Sumber gempabumi subduksi (<i>Megathrust</i>).	13
5. Model <i>logic tree</i> untuk sumber gempa patahan (<i>Fault</i>).	31
6. Model <i>logic tree</i> untuk sumber gempa subduksi (<i>Megathrust</i>).	32
7. Model <i>logic tree</i> untuk sumber gempa <i>background</i>	32
8. Peta zonasi <i>site class</i> berdasarkan NHERP	45
9. Peta zonasi PGA Rock sumber gempa Patahan	46
10. Peta zonasi PGA Soil sumber gempa patahan.....	47
11. Peta amplifikasi sumber gempa patahan	48
12. Peta kompilasi (Vs30, PGA Rock, PGA Soil dan Amplifikasi). ...	49
13. Peta zonasi PGA rock sumber gempa subduksi	50
14. Peta zonasi PGA Soil sumber gempa subduksi.....	51
15. Peta amplifikasi sumber gempa subduksi	52
16. Peta kompilasi (Vs30, PGA Rock, PGA Soil dan Amplifikasi). ...	53

17. Peta hazard berdasarkan skala MMI sumber gempa patahan.....	54
18. Peta hazard berdasarkan skala MMI sumber gempa subduksi.....	55
19. Peta rawan tsunami Kota Padang	56
20. Peta muka air tanah Kota Padang.....	57
21. Peta rawan Longsor Sumatera Barat	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi unit geomorfologi.....	15
2. Unit geomorfologi dan koefisien regresi.....	16
3. Klasifikasi <i>site class</i> berdasarkan NEHRP.....	18
4. Nilai PGA pada batuan dasar dan PGA pada permukaan untuk semua sumber gempa.....	43

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara rawan gempa bumi. Hal ini disebabkan oleh adanya pertemuan 3 lempeng aktif, yaitu dari Lempeng Eurasia yang bergerak relatif ke arah tenggara dengan kecepatan kurang lebih 0,4 cm/tahun, Lempeng Indo – Australia yang bergerak relatif ke arah utara dengan kecepatan kurang lebih 7 cm/tahun dan Lempeng Pasifik yang bergerak relatif ke arah barat dengan kecepatan kurang lebih 11 cm/tahun (Minster dan Jordan, 1978). Di kawasan Indonesia bagian barat interaksi berlangsung antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia yang membentang di sebelah barat Pulau Sumatera menerus ke selatan Pulau Jawa hingga Nusa Tenggara.

Studi bahaya guncangan tanah di pesisir Provinsi Sumatera Barat sangat penting untuk dilakukan sebagai usaha mitigasi bahaya gempa bumi karena Provinsi Sumatera Barat terletak dekat jalur Sesar Besar Sumatera dan juga jalur penunjaman lempeng sepanjang Palung Sunda yang dapat memicu terjadinya gempa bumi. Akibat lain dari evolusi tektonik terbentuk sesar aktif di kontinen yang dicirikan dengan terjadinya gempa bumi dengan kedalaman dangkal (0-33

km). Gempabumi ini umumnya bersifat merusak disebabkan terjadi pada kedalaman dangkal serta magnitudonya cukup besar dan terletak dekat permukiman dan aktivitas penduduk.

Dalam enam tahun terakhir telah tercatat berbagai aktifitas gempa besar di Indonesia, yaitu Gempa Aceh disertai tsunami tahun 2004 ($M_w = 9,2$), Gempa Nias tahun 2005 ($M_w = 8,7$), Gempa Jogja tahun 2006 ($M_w = 6,3$), Gempa Tasik tahun 2009 ($M_w = 7,4$) dan terakhir Gempa Padang tahun 2009 ($M_w = 7,6$). Gempa-gempa tersebut telah menyebabkan ribuan korban jiwa, keruntuhan dan kerusakan ribuan infrastruktur dan bangunan, serta dana trilyunan rupiah untuk rehabilitasi dan rekonstruksi (Tim Revisi Gempabumi Indonesia, 2010).

Upaya mitigasi terhadap bencana tsunami tersebut adalah dengan membuat bangunan vertikal yang tahan terhadap gempa dan juga terjangan tsunami yang berfungsi sebagai tempat penyelamatan sementara masyarakat di daerah pesisir ketika gempa besar terjadi dan berpotensi tsunami. Pembuatan bangunan yang tahan gempa harus mempertimbangkan nilai percepatan tanah di daerah tersebut yang diperoleh dari pengukuran nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA), namun nilai PGA juga dapat diperkirakan dengan menggunakan metode deterministik ataupun juga metode probabilistik.

Salah satu faktor yang menentukan besarnya potensi bahaya seismik adalah sifat fisik batuan. Pengukuran sifat fisik tanah dalam daerah luas memerlukan waktu dan biaya yang besar oleh sebab itu untuk keperluan pemetaan skala regional perlu dikembangkan metode yang cepat, murah dan berdaya guna. Salah satu metoda pendugaan kecepatan gelombang permukaan V_{s30} sebagai

dasar klasifikasi batuan, telah dikembangkan di Jepang dengan menggunakan klasifikasi geomorfologi sebagai parameter.

Dengan adanya studi bahaya guncangan tanah maka ada suatu dasar untuk membuat kebijakan tata ruang wilayah yang berbasis mitigasi bahaya gempabumi. Menurut catatan sejarah dan penelitian para ahli, di provinsi tersebut pernah dilanda gempa besar yang diikuti tsunami dan kemungkinan akan terulang kembali di waktu yang akan datang (Sieh dan Natawidjaja, 2000).

1.2 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai V_{s30} dari pendekatan geomorfologi.
2. Mengetahui nilai PGA dan amplifikasi dari sumber gempa patahan Suliti dan sumber gempa subduksi (Mid 2 Sumatera).
3. Menentukan kelas tanah berdasarkan gelombang geser (V_{s30}) terhadap Kota Padang.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini hanya membahas tentang analisis bahaya gempabumi dengan menghitung nilai PGA dan pendekatan geomorfologi untuk mendapatkan nilai V_{s30} . Serta metode yang digunakan yaitu metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) sebagai upaya untuk mitigasi gempabumi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Kota Padang

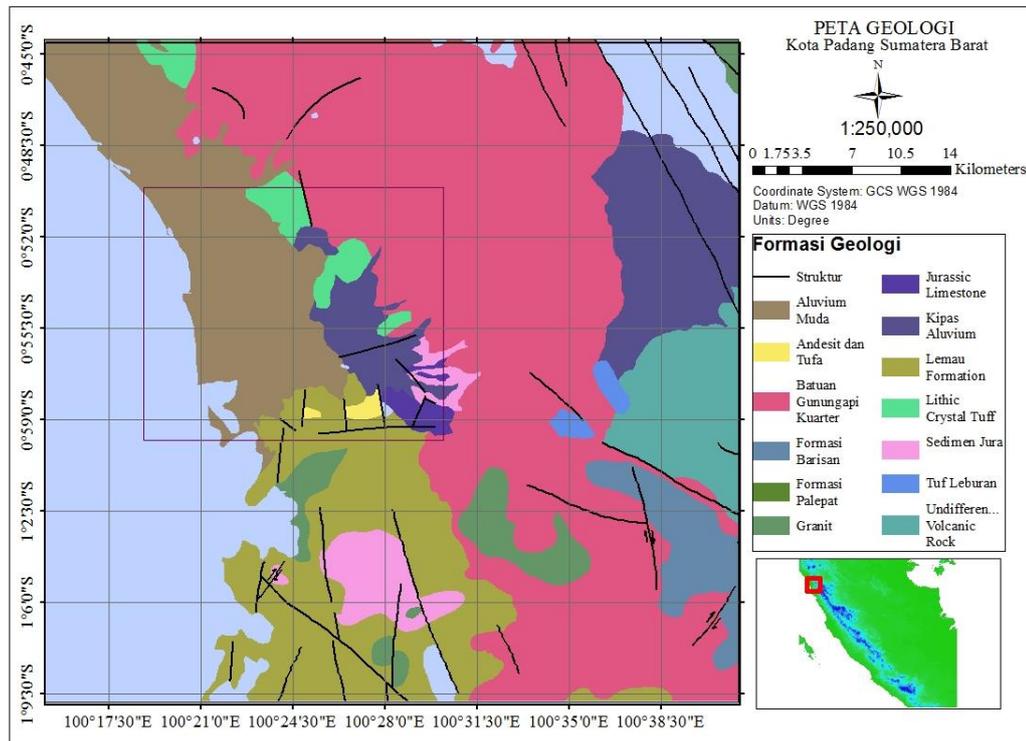
Tatanan fisiografi daerah Padang dan sekitarnya merupakan daerah paparan delta yang berhadapan dengan endapan laut terbuka yang dibatasi oleh graben berupa patahan-patahan di bagian timur dan barat yang berarah hampir barat laut hingga tenggara. Zona ini dicirikan seri endapan kuartar yang terdiri dari endapan pantai, endapan *swamp*, endapan alluvial. Dataran tersebut terpisah oleh laut terbuka dan pematang pantai yang bagian belakangnya terbentuk rawa-rawa pantai sebagai endapan *swamp*.

Secara umum struktur batuan di daerah penelitian ini berarah barat laut hingga tenggara. Pada batuan pra-Tersier selain arah tersebut terdapat juga yang berarah timurlaut-baratdaya dan utara-selatan. Pelipatan pada batuan tersier mempunyai kemiringan pada umumnya tidak lebih dari 20° , sedangkan pada batuan pra-Tersier memiliki kemiringan lebih tajam. Sesar utama di daerah adalah bagian dari sesar sumatera yang berarah barat laut-tenggara dan berupa sesar geser mengangan yang berkaitan dengan pembentukan gunungapi. Patahan tersebut dapat menghasilkan suatu zona blok *faulting*. Pada masa Mesozoikum terjadi lagi sedimentasi di laut dangkal dan disusun oleh pengangkatan,

penerobosan, pemalihan dan penyesaran dizaman kapur dan dengan disertai terangkatnya batuan affiolit. Tektonik zaman tersier diawali dengan kegiatan magmatit, kemudian pengendapan di daratan sampai laut dangkal dan pada zaman kuarter dikuasai oleh kegiatan gunungapi (Pramono dkk, 2014).

Formasi daerah penelitian terdiri dari Formasi Barisan, Formasi Lemau. Formasi Barisan terdiri dari: filit, sabak, batugamping, greywake berumur perm. Litologi Formasi Lemau terdiri atas breksi dengan sisipan batupasir dan lempung, pada beberapa tempat menyerpih dan mengandung lapisan batubara. Sisipan batupasir berwarna abu-abu sampai kekuningan dengan ukuran butir halus, klastik dan berkomposisi dasitan, mengandung glaukonit, memperlihatkan perlapisan dan mempunyai struktur sedimen paralel laminasi. Dari adanya kandungan glaukonit formasi ini diperkirakan diendapkan dalam lingkungan laut dangkal.

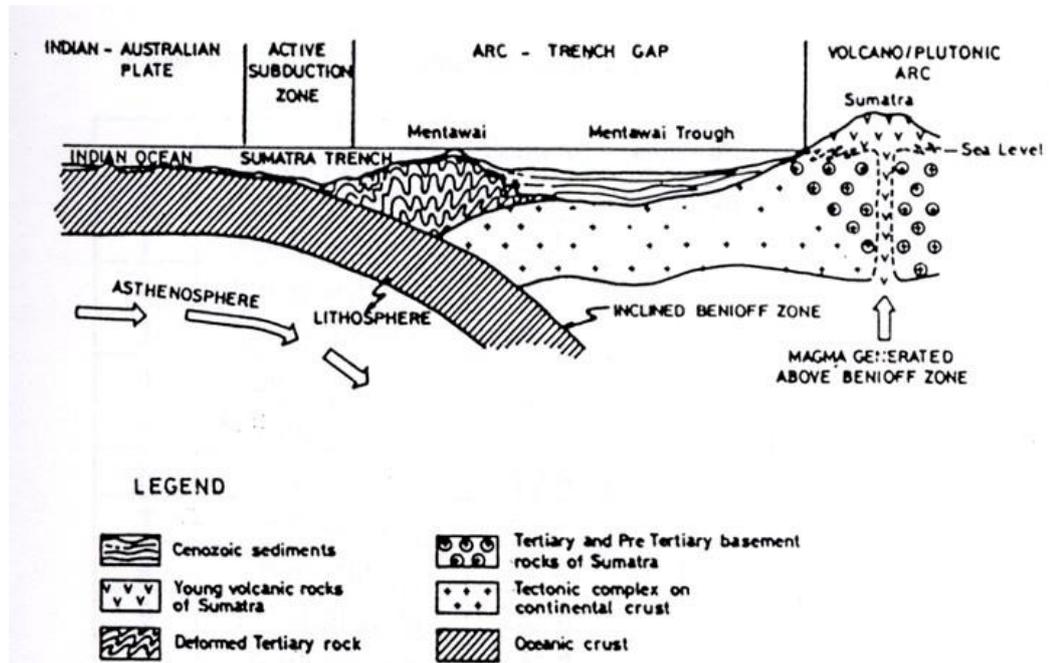
Batuan penyusun daerah penelitian ini terdiri dari kipas alluvium, andesit dan tuff, alluvium, tuff kristal yang mengeras, batuan gunungapi kuarter, kristal tuff, sedimen jura. Serta formasi penyusunnya terdiri dari Formasi Barisan, Formasi Lemau. Diatasnya secara tidak selaras diendapkan endapan aliran lahar, yang ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian

2.2 Tektonik Sumatera Barat

Wilayah pantai barat Sumatera dan sekitarnya merupakan wilayah yang memiliki kerentanan bahaya gempa bumi yang tinggi karena wilayah ini berada kurang lebih 250 km sebelah timur zona subduksi Sumatera yang bergerak sekitar 40 sampai dengan 70 mm per tahun. Daerah perbatasan lempeng ini merupakan zona seismisitas yang aktif, sehingga banyak terjadi gempa bumi tektonik yang diakibatkan oleh tumbukan antar lempeng tersebut. Proses tektonik yang terjadi di daerah Sumatera saat ini didominasi oleh terjadinya tumbukan antara lempeng Hindia dengan busur kepulauan Sumatera. Letak yang berdekatan dengan batas antar lempeng ini mengakibatkan daerah-daerah tersebut rawan terhadap aktivitas seismik yang ditimbulkan oleh pergeseran antar lempeng, seperti pada **Gambar 2**



Gambar 2. Peta penampang tumbukan utara-selatan, Zona Sumatera (Pramono dkk, 2014).

2.3 Kegempaan Sumatera Barat

Sepanjang pantai barat Sumatera, pantai selatan Jawa, selatan Bali merupakan bagian busur kepulauan daerah ini paling sering diguncang gempa bumi. Gempabumi tersebut umumnya berkekuatan 4-6 SR, beberapa diantara berkekuatan lebih dari 6 SR. Berdasarkan sebaran, kekuatan dan kedalaman serta hubungan dengan kejadian, Pulau Sumatera terkenal dengan dua sumber gempa bumi yaitu dari zona tumbukan antar lempeng (jalur penunjaman) dan jalur daratan, dimana yang sering terjadi yaitu pada jalur tunjaman.

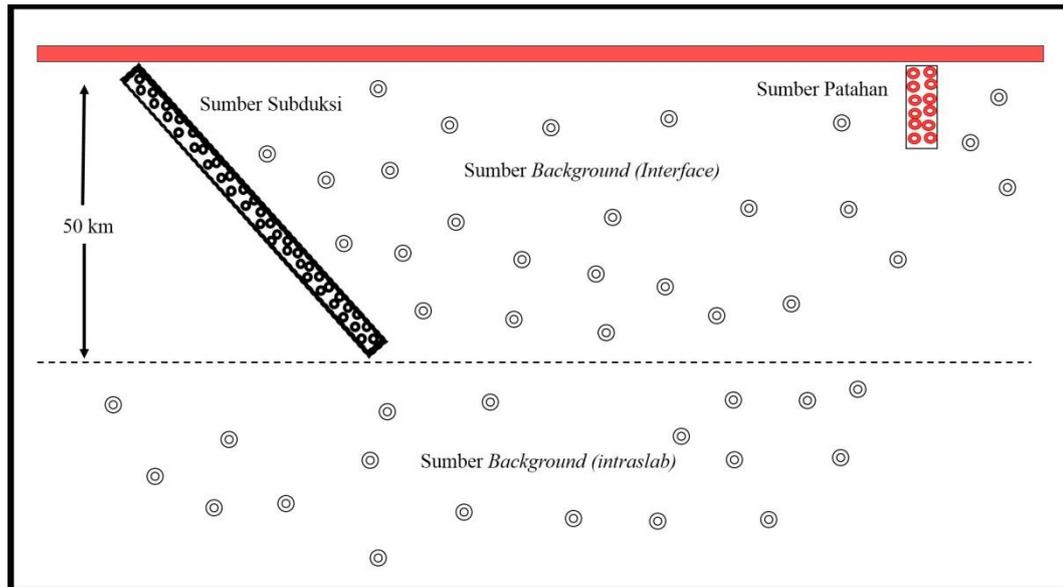
2.4 Sejarah Gempabumi Provinsi Sumatera Barat

Sejak tahun 1822, Provinsi Sumatera Barat sudah mengalami gempabumi. Hal ini terjadi karena Sumatera Barat berada dekat dengan lempeng aktif (Penunjaman Lempeng Samudera Hindia). Kota Padang setidaknya pernah mengalami setidaknya 19 kali gempabumi dengan besar guncangan V hingga IX skala MMI. Banyak juga bahaya lain yang terjadi setelah gempabumi, seperti bahaya longsor, bahaya tsunami, bahaya likuifaksi, bahaya banjir. Gempabumi terparah terjadi di Padang panjang tahun 1926 dan Padang Pariaman 2009. Gempabumi Padang Pariaman tidak hanya berdampak untuk Indonesia, tetapi negara lain pun ikut merasakan getarannya. Untuk penjabaran mengenai sejarah gempa Sumatera Barat dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

III. TEORI DASAR

3.1 Sumber Gempabumi

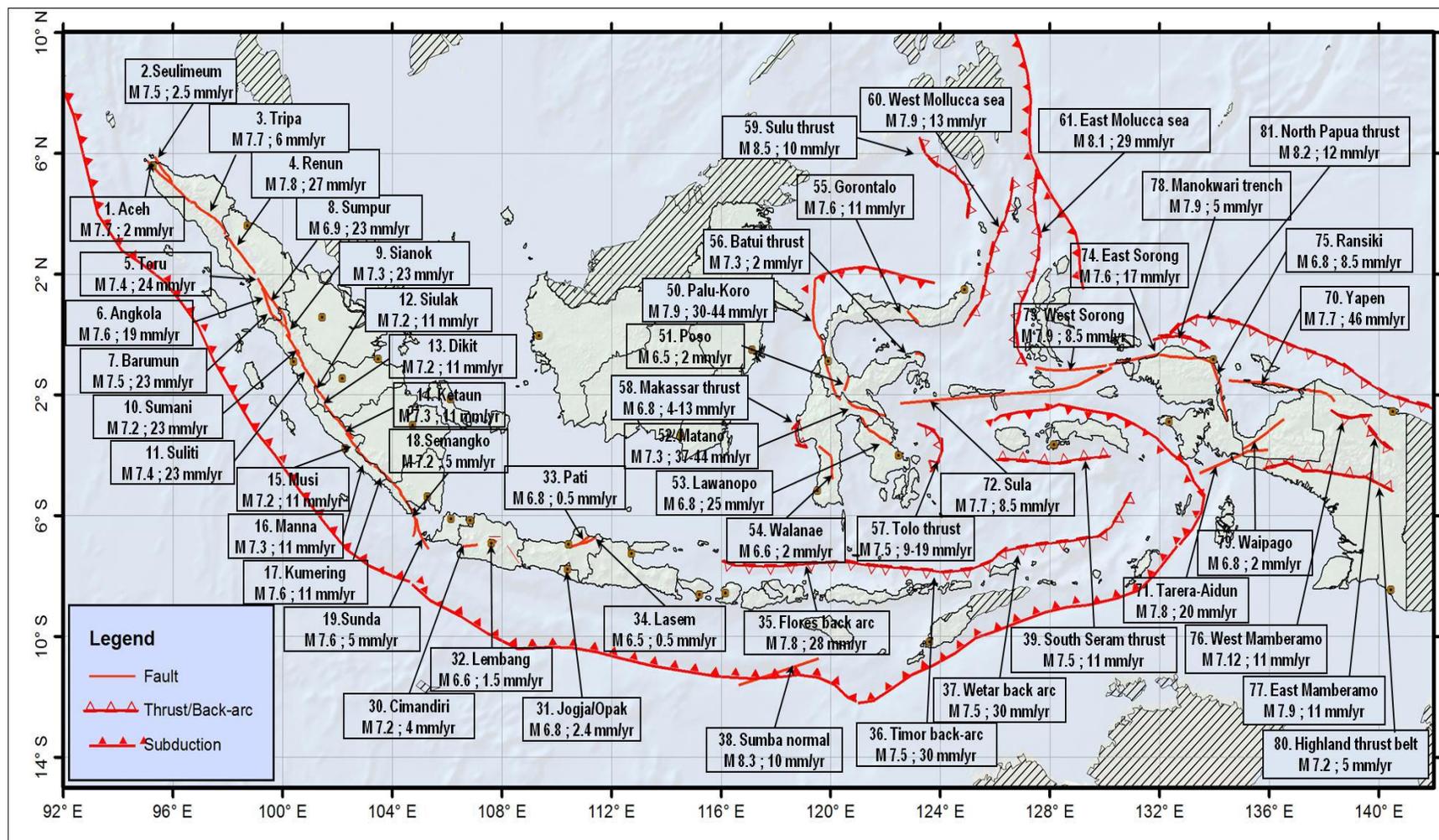
Zona sumber gempa merupakan area yang mempunyai derajat gempa yang sama, dimana disetiap titik di zona tersebut memiliki kemungkinan yang sama akan terjadinya gempa dimasa mendatang. Sumber gempa dari zona *fault* atau sesar yang terdapat di lempeng tektonik dalam perkembangannya juga mengalami pergerakan dan juga akan memberikan kontribusi terhadap kejadian gempa. **Gambar 3** menjelaskan mekanisme pergerakan *fault* yang berupa *strike-slip*, *reverse* dan *normal*. Selain itu juga sumber gempa subduksi, zona subduksi utama wilayah Indonesia tersebut merupakan zona-zona sumber gempa yang memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kejadian gempa yang telah lalu dan yang akan datang.



Gambar 3. Ilustrasi Sumber Gempa (Irsyam, 2007).

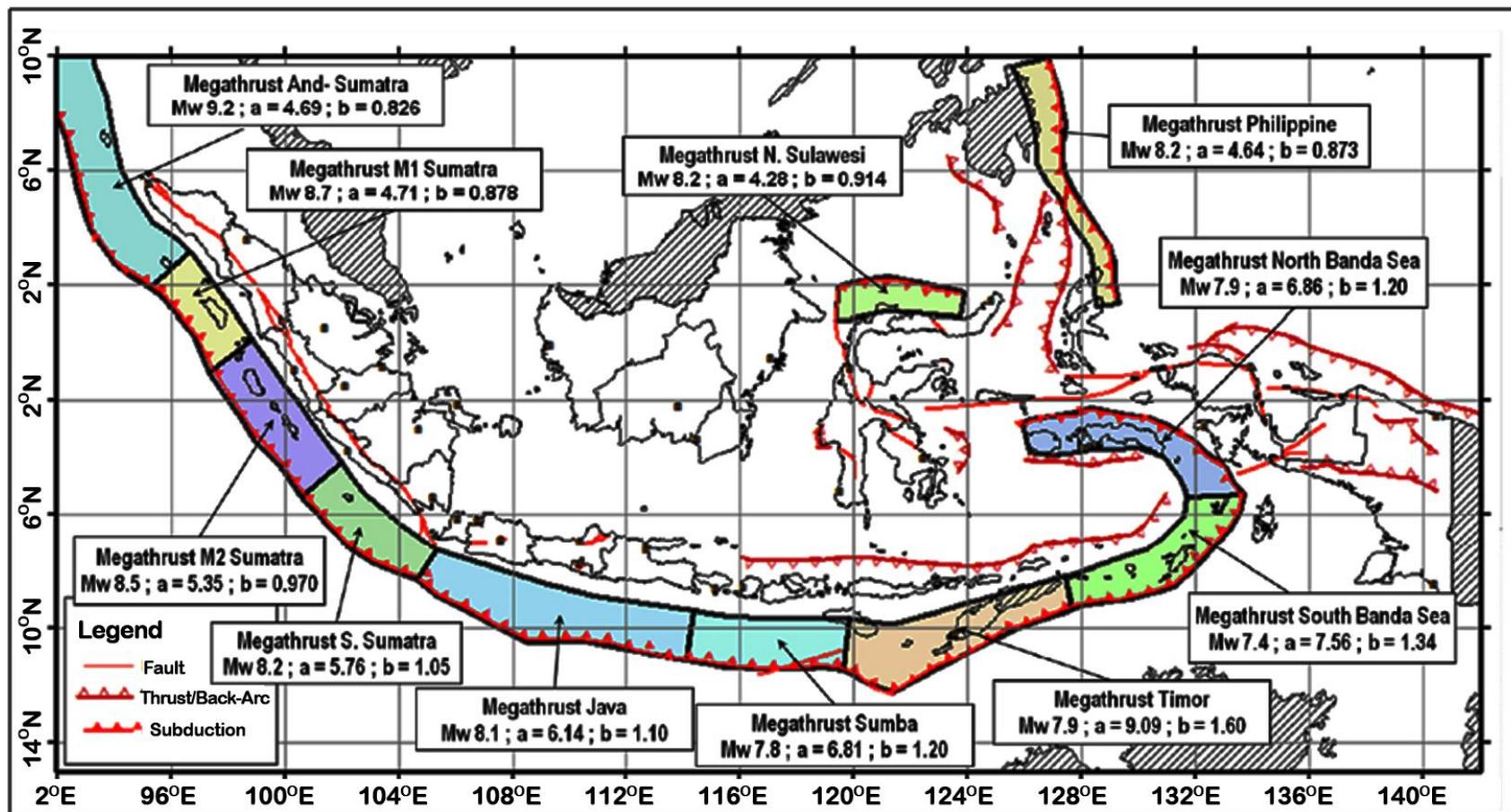
Sumber gempa dalam *seismic hazard analysis* dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Zona patahan (*fault*) yaitu zona kejadian gempa patahan dangkal (*shallow crustal fault*) dengan mekanisme *strike-slip*, *reverse*, atau normal yang terjadi pada patahan-patahan yang sudah terdefinisi dengan jelas, termasuk soal mekanisme *slip-rate*, *dip*, panjang patahan dan lokasinya. Sumber gempa patahan dangkal dimodelkan hingga kedalaman 15 km, seperti pada **Gambar 4.**



Gambar 4. Peta sumber gempa bumi patahan (*fault*) (Tim Revisi Peta Gempabumi Indonesia, 2010).

2. Zona subduksi (*Megathrust*) terjadi karena gerakan menunjam dari litosfer samudera terhadap litosfer daratan, hal ini terjadi karena kepadatan relatif litosfer samudera lebih besar dan karakter astenosfer yang relatif lemah. *Rate* dari subduksi dapat berupa *recurrence rate Mmax* untuk model karakteristik yang diambil dari data historis. Batas kedalaman maksimum dari sumber gempa ini dimodelkan hingga 50 km atau merupakan daerah *Megathrust*. Untuk daerah yang lebih dalam (>50 km) atau daerah *Benioff* diwakili oleh model sumber gempa *deep background* dimana gempa-gempa yang terjadi merupakan gempa *intraslab* karena pada kedalaman tersebut kondisi batuan lebih *ductile* sehingga mekanisme gempa yang terjadi bukan merupakan akibat pertemuan antara dua permukaan bidang lempeng, seperti pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Sumber gempa bumi subduksi (*Megathrust*) (Tim Revisi Gempabumi, 2010).

3. Zona *background* yaitu sumber gempa yang belum diketahui secara jelas. tetapi pada tempat tersebut didapati adanya beberapa kejadian gempa (kejadian gempa yang belum diketahui sesarnya) (Kramer dan Steven, 1996).

3.2 Pendekatan Geomorfologi

Verstappen (1983) mengatakan bahwa geomorfologi merupakan ilmu yang mempelajari bentuklahan pembentuk muka bumi, baik didaratan maupun didasar lautan dan menekankan pada proses pembentukan dan perkembangan pada masa yang akan datang, serta konteksnya dengan lingkungan geomorfologi lahan termasuk didalamnya tanah dan kondisi sub-tanah dan stabilitas lereng, yang memiliki dampak penting pada pola distribusi bahaya gempabumi. Pendekatan geomorfologi adalah langkah pertama dalam penghitungan nilai V_{s30} . Verstappen (1983) juga mengemukakan aplikasi geomorfologi untuk berbagai bidang, diantaranya yaitu untuk aplikasi dalam bidang ilmu kebumihan (geologi, ilmu tanah, hidrologi), ilmu vegetasi dan lain-lain termasuk topografi dan pemetaan tematik, aplikasi dalam survei dan penelitian lingkungan, terutama yang ditimbulkan oleh bencana alam seperti longsor, gempa bumi, kegunungapian, amblesan (*land subsidence*), banjir atau kekeringan (Lihawa, 2009).

Pendekatan geomorfologi didasarkan atas parameter geologi dan satuan morfologi seperti yang telah diperkenalkan oleh Wakamatsu dan Matsuoka (2006). Pendekatan geomorfologi ditentukan oleh faktor kelerengan, elevasi, satuan batuan dan umur batuan. Klasifikasi kemiringan lereng dan dikombinasikan dengan elevasi harus dilakukan untuk menetapkan batas-batas

pedataran, *footslope*, bukit dan gunung. Kombinasi antara faktor morfologi dan litologi akan menentukan satuan geomorfologi dan sumber material sedimen. Gunung dan bukit berumur tersier atau lebih tua ditetapkan sebagai sumber material sedimen. Gunung dan bukit berumur tersier adalah batuan yang berumur tua dan tahan terhadap pelapukan sehingga dijadikan dasar dalam perhitungan V_{s30} . Klasifikasi unit geomorfologi dijelaskan dalam **Tabel 1** (Athanasius dan Solikhin, 2015).

Tabel 1. Klasifikasi Unit Geomorfologi (Athanasius dan Solikhin, 2015).

Kemiringan	Ketinggian	Litologi	Unit geomorfologi
>15	>700	Tersier	Gunung (1a, 1b)
	<700	Tersier	Bukit (3)
		Gunung api (Q)	Bukit gunungapi (6)
5-15			Lereng gunung (2)
		Vulkanik (Q)	Lereng gunungapi (5)
≤ 5		Alluvium, colluvium, fluvial dan sebagainya	<ul style="list-style-type: none"> • Lembah (10) • Kipas alluvium (11) • Rawa (13) • Batas sungai (14) • Delta dan pantai (15) • Pasir laut dan pesisir (16)
Gunungapi Aktif			Gunungapi (4)
Terrace			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Rocky strath terrace</i> (7) • <i>Gravelly terrace</i> (8)
		Abu vulkanik	Lapisan yang tertutup abu vulkanik (9)
5-15		Sand (Q)	Sand dune (17)
Lainnya			<ul style="list-style-type: none"> • Reclaimed land (18) • Filled land (19) • Tanggul alam (12)

Penetapan wilayah resiko dan bahaya gempabumi merupakan suatu yang realistis berarti mitigasi bencana gempabumi dengan menerapkan metode

deduktif. Aspek geomorfologi merupakan faktor utama yang dapat digunakan untuk menentukan intensitas terjadinya gempa bumi. Beberapa gempa bumi merusak terjadi pada dataran alluvial dibandingkan perbukitan (Hidayat dkk, 2014).

Dalam beberapa unit geomorfologi yang digunakan dalam persamaan Matsuoka 2006, berikut penjelasannya untuk masing-masing nilai dari unit geomorfologi yang dijelaskan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Unit Geomorfologi dan koefisien regresi (Matsuoka, 2006)

ID	Unit Geomorfologi	Koefisien Regresi				s.d σ
		a	b	c	d	
1p	Gunung (Pra-Tersier)	2,900	0	0	0	0,139
1t	Gunung (Tersier)	2,807	0	0	0	0,117
2	Kaki Gunung	2,602	0	0	0	0,092
3	Bukit	2,349	0	0,219	0	0,175
4	Gunungapi	2,708	0	0	0	0,162
5	Kaki Gunungapi	2,315	0	0,382	0	0,100
6	Bukit Gunungapi	2,608	0	0	0	0,059
7	Batuan permukaan	2,546	0	0	0	0,094
8	Kerikil permukaan	2,493	0,270	0,101	-0,336	0,122
9	Permukaan tertutup abu vulkanik	2,206	0,269	0,023	0	0,115
10	Lembah	2,266	0,477	0,040	-0,265	0,158
11	Kipas alluvium	2,35	0,419	0,059	0	0,116
12	Tanggul alam	2,204	0,368	0	0	0,124
13	Rawa	2,19	0,178	0	-0,152	0,116
14	Batas sungai	2,264	0	0	0	0,091
15	Delta dan dataran pesisir	2,317	0	0	-0,403	0,107
16	Pasir laut dan kerikil	2,415	0	0	0	0,114
17	Bukit pasir	2,289	0	0	0	0,123
18	Reklamasi tanah	2,373	0	0	-0,468	0,123
19	Tanah	2,404	0	0	-0,418	0,120

3.3 Kecepatan Gelombang Geser (V_{s30})

V_{s30} merupakan kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 m dari permukaan. Menurut Roser dan Gosar (2010) nilai V_{s30} digunakan untuk menentukan klasifikasi batuan berdasarkan kekuatan getaran gempa bumi akibat efek lokal serta digunakan untuk keperluan dalam perancangan bangunan tahan gempa. V_{s30} merupakan data yang penting dan paling banyak digunakan dalam geofisika untuk menentukan karakteristik struktur bawah permukaan hingga kedalaman 30 meter. Menurut Wangsadinata (2006) hanya lapisan-lapisan batuan sampai kedalaman 30 m saja yang menentukan pembesaran gelombang gempa (Nurahmi dkk, 2015).

Berikut merupakan persamaan V_{s30} menurut Matsuoka 2006 dkk:

$$\text{Log } V_{s30} = a + b \text{ Log } E_v + c \text{ Log } S_p + d \text{ Log } D_m \pm \sigma \quad (1)$$

V_{s30} = Rata-rata kecepatan gelombang geser (m/s)

E_v = Elevasi (m)

S_p = Tangen dari *slope* * 1000

D_m = Jarak (km) dari gunung atau bukit pra tersier atau tersier

V_{s30} merupakan parameter geoteknik yang sangat berguna untuk analisa gelombang seismik. Karakteristik atau sifat batuan sangat dibutuhkan untuk menganalisa sifat dinamis batuan, sehingga kekakuan batuan, dan kuat geser tanah dapat diketahui, dengan mengukur kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 m. Berikut merupakan **Tabel 3** yang menjelaskan pembagian *Site Class* untuk klasifikasi V_{s30} :

Tabel 3. Klasifikasi *Site Class* berdasarkan NEHRP (FEMA 302, 1997).

Kelas Tanah	Deskripsi Umum	V_{s30} (m/s)
A	Batuan keras	>1500
B	Batuan	750 – 1500
C	Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak	350 – 750
D	Tanah Sedang	175 – 350
E	Tanah Lunak	<175

Nilai V_{s30} ini dapat dipergunakan untuk memperkirakan bahaya gempabumi dan penentuan standar bangunan tahan gempa. Hal ini merupakan tahap dasar yang diperlukan untuk mengurangi resiko bencana gempabumi, agar dapat menjadi salah satu tinjauan Pemerintah Daerah dalam mengatur tata ruang dan wilayah dalam pengembangan dan pembangunan yang akan dilakukan ke depannya.

3.4 *Peak Ground Acceleration (PGA)*

Percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration (PGA)* adalah nilai percepatan tanah yang diukur selama gempa. PGA ini bisa dihitung dari besarnya magnitudo dan kedalaman gempa, kemudian dengan rumus atenuasi yang kini sudah berkembang hingga beberapa generasi. Percepatan gelombang memiliki suatu bidang gerak, baik secara vertikal maupun horizontal. Suatu gerak gelombang secara vertikal lebih berbahaya dibanding bidang gerak secara horizontal, karena akan merusak bangunan. Nilai-nilai ini bervariasi pada gempabumi dan tempat yang berbeda, tergantung pada banyak faktor, termasuk

panjang *fault*, kedalaman gempa, jarak dari durasi pusat gempa, dan geologi tanah (*subsurface*). Gempabumi dangkal menghasilkan kuat getaran (percepatan) dari gempa menengah dan mendalam karena energi dilepaskan lebih dekat ke permukaan. Perambatan gelombang seismik yang menjadi akibat dari percepatan tanah maksimum.

Percepatan tanah maksimum dinyatakan dalam g (*Gravitational Acceleration* = g) atau m/s^2 ($1 g = 9,81 m/s^2$ atau dalam gal dimana $1 gal$ sama dengan $0,01 m/s^2$ $1 g = 981 Gal$). Nilai percepatan tanah maksimum yang dihasilkan menunjukkan tingkat resiko bencana yang terjadi. Nilainya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan mitigasi bencana, desain struktur bangunan dan rencana tata ruang. Karena kondisi kompleks yang mempengaruhi PGA gempabumi berkekuatan sama dapat memberikan hasil yang berbeda dengan banyak gempabumi berkekuatan moderat menghasilkan nilai PGA signifikan lebih besar dari gempa berkekuatan besar (Irwansyah dan Winarko, 2012).

3.5 Fungsi Atenuasi

Dengan tidak tersedianya data untuk menurunkan suatu fungsi atenuasi di wilayah Indonesia, pemakaian fungsi atenuasi yang diturunkan dari wilayah lain tidak dapat dihindari. Pemilihan fungsi atenuasi ini didasarkan pada kesamaan kondisi geologi dan tektonik dari wilayah dimana fungsi atenuasi itu dibuat. Fungsi atenuasi yang digunakan sebagian besar sudah menggunakan *Next Generation Attenuation* (NGA), dimana atenuasi ini dalam pembuatannya sudah menggunakan data gempa global (*worldwide data*). Hingga saat ini belum ada

fungsi atenuasi yang dihasilkan dari catatan gempa di wilayah Indonesia. Oleh karena itu, untuk analisis *seismic hazard* ini biasa menggunakan fungsi atenuasi dari daerah lain yang memiliki kemiripan tektonik dan geologi wilayah Indonesia. Dasar pemilihan fungsi atenuasi yang paling penting adalah berdasarkan mekanisme kejadian gempa dimana secara umum dikategorikan dalam zona gempa subduksi (*megathrust*), zona gempa *background* dan zona gempa *shallow crustal* (patahan). Berikut adalah beberapa penjelasan rinci yang berkaitan dengan fungsi atenuasi yang digunakan untuk analisis sumber gempa subduksi diantaranya adalah:

1. Fungsi atenuasi dengan persamaan Youngs dkk

Fungsi atenuasi Youngs 1997 adalah fungsi atenuasi untuk memprediksi PGA dan *respon spectra* pada zona *interface* dan *intraslab* dengan magnitudo gempa $\geq 5,0$ dan jarak lokasi ke sumber yang diproyeksi pada permukaan antara 10-500 km. Percepatan maksimum akan meningkat seiring dengan semakin dalamnya sumber gempa. Bentuk dari fungsi atenuasi tersebut adalah sebagai berikut:

Untuk batuan (*rock*) :

$$\ln(y) = 0,2418 + 1,414 M_w - 2,552 \ln[rrrup + 1,7818 e^{0,554 M_w}] + 0,00607 H + 0,3846 Z_t \quad (2)$$

Untuk tanah (*soil*) :

$$\ln(y) = 0,6687 + 1,438 M_w - 2,329 \ln[R + 1,097 e^{0,617 M_w}] + 0,00648 H + 0,3643 Z_{ss} + 0,3846 Z_t \quad (3)$$

dimana:

y : *spectra acceleration* (g)

M_w : *moment magnitude*

$rrup$: jarak terdekat ke *rupture* (km)

H : kedalaman (km)

Z_t : tipe sumber gempa (0 untuk *interface*, dan 1 untuk *intraslab*)

Z_{ss} : (*Shallow Soil*) kedalaman ke batuan dasar (kecepatan dalam 30m dari permukaan)

2. Fungsi atenuasi Atkinson dan Boore

Fungsi atenuasi Atkinson dan Boore 2003 ini digunakan untuk sumber gempa subduksi. Fungsi atenuasi ini dapat digunakan untuk analisis bahaya gempa di berbagai daerah di dunia dengan *moment magnitude* antara 5 sampai 8,3 untuk zona subduksi baik untuk *interface* maupun *intraslab*. Bentuk dari fungsi atenuasi tersebut adalah sebagai berikut:

$$\log y = c_1 + c_2 M + c_3 h + c_4 R - g \log R + c_5 sl Sc + c_6 sl SD + c_7 sl SE \quad (4)$$

$$R = \sqrt{D_{fault}^2 - \Delta^2} \quad (5)$$

$$\Delta = 0,00724 \times 10^{0,507M} \quad (6)$$

Sc = 1 untuk *NEHRP type soil B* ($360 < V_s < 760$ m/s) dan $Sc = 0$, untuk tipe tanah lain

SD = 1 untuk *NEHRP type soil C* ($180 < V_s < 360$ m/s) dan $SD = 0$, untuk tipe tanah lain

$S_E = 1$ untuk *NEHRP type soil D* ($V_s < 180$ m/s) dan $S_D = 0$, untuk tipe tanah lain

$g = 10^{(1,2 - 0,13M)}$ untuk *interface* dan $g = 10^{(0,301 - 0,01M)}$ untuk *intraslab*

$sl = *1$ untuk $PGA_{rx} \leq 100$ cm/s² atau frekuensi < 1 Hz

* $1 - (f - 1) (PGA_{rx} - 100) / 400$ untuk $100 \leq PGA_{rx} \leq 500$ cm/s² atau frekuensi $1 < f < 2$ Hz

* $1 - (f - 1)$ untuk $PGA_{rx} \geq 500$ cm/s² ($1 < f < 2$ Hz)

* $1 - (PGA_{rx} - 100) / 400$ untuk $100 < PGA_{rx} < 500$ cm/s² atau frekuensi $f \geq 2$ Hz

* 0 untuk $PGA_{rx} \geq 500$ cm/s² atau frekuensi $f \geq 2$ Hz

dimana:

$y = PGA$ (cm/s²)

$M =$ Momen Magnitudo dengan $M = 8,5$ untuk *interface* dengan $M > 8,5$ dan $M = 8,0$ untuk *intraslab* dengan $M > 8,0$

$H =$ kedalaman sumber gempa, jika $h > 100$ maka $h = 100$ km

$D_{fault} =$ jarak terdekat dengan titik sumber yang diproyeksi ke permukaan (km)

$PGA_{TX} =$ prediksi PGA di *bedrock (NEHRP type soil B)* (cm/s).

$C1 = 2,991$

$C5 = 0,19$

$C2 = 0,03235$

$C6 = -0,24$

$C3 = 0,00759$

$C7 = 0,29$

$C4 = -0,00206$

3. Fungsi atenuasi Zhao

Persamaan atenuasi Zhao ini dapat digunakan untuk sumber gempa subduksi. Kedalaman maksimum untuk *interface* adalah 50 km. Bentuk dari fungsi atenuasi tersebut adalah sebagai berikut:

$$\log(y) = aM_w + bx - \log(r) + e (h - hc) + FR + SI + Ss + Ssl \log(x) + Ck \quad (7)$$

$$r = x + c \exp(M_w) \quad (8)$$

dimana:

y : PGA (cm/s^2)

M_w : *moment magnitude*

X : jarak dari sumber ke lokasi (km)

h : *focal depth* (km)

FR : parameter *reverse-fault* hanya digunakan untuk *shallow crustal event* (*reverse-faulting*), selain itu 0.

S1 : parameter *tectonic type source* digunakan hanya untuk *interface event*, selain itu 0

SS : hanya digunakan untuk *intraslab event*, selain itu 0

SSL : *magnitude-independent* pada *intraslab* untuk menghitung jarak gelombang seismik

C_k : Konstanta *siteclass*

h_c : Konstanta kedalaman (125 km)

a : 1,101

d : 1,080

b : -0,00564

e : 0,01412

c : 0,0055

Penjelasan rinci yang berkaitan dengan fungsi atenuasi yang digunakan untuk analisis sumber gempa patahan diantaranya adalah:

4. Fungsi atenuasi Boore dan Atkinson

Fungsi atenuasi ini digunakan untuk sumber gempa *shallow crustal* (*strike slip, reverse* dan *normal*). Fungsi atenuasi ini dapat digunakan untuk $M = 5-8$, jarak <200 km, dan $V_{s30} = 180-1300$ m/s. Bentuk dari fungsi atenuasi tersebut adalah sebagai berikut:

$$\ln Y = FM(M) + FD(RJB, M) + Fs(Vs30, RJB, M) \varepsilon \sigma \tau_T \quad (9)$$

Untuk $M \leq Mh$

$$FM(M) = e1 U + e2 SS + e3 NS + e4 Rs + e5 (M - Mh) + e6 (M - Mh)^2 \quad (9a)$$

Untuk $M > Mh$

$$FM(M) = e1 U + e2 SS + e3 NS + e4 Rs + e7 (M - Mh) \quad (9b)$$

$$FD(Rjb, M) = [C1 + C2 (M - Mref)] \left(\frac{R}{rref} \right) + C3 (R - Rref) \quad (10)$$

dimana:

$$R = \sqrt{Rjb^2 + h^2} \quad (11)$$

dimana U, SS, NS dan RS adalah *fault type* untuk *unspecified, strike-slip, normal* dan *reverse-slip*.

$$F_S = F_L + F_{NL} \quad (12)$$

dimana masing-masing F_L untuk linear F_{NL} untuk nonlinear.

Untuk linear:

$$F_L = b_{lin} \ln(Vs30/V_{ref}) \quad (13)$$

Untuk nonlinear:

$$a. \quad pga_{4nl} \leq a_1$$

$$F_{NL} = b_{nl} \ln(pga_{low}/0,1) \quad (13a)$$

$$b. \quad \alpha_1 < pga_{4nl} \leq \alpha_2$$

$$F_{NL} = b_{nl} \ln(pga_{low}/0,1) + c [\ln(pga_{4nl}/\alpha_1)]^2 + d [\ln(pga_{4nl}/\alpha_1)]^3 \quad (13b)$$

$$c. \quad pga_{4nl} > \alpha_2$$

$$F_{NL} = b_{nl} \ln(pga_{4nl}/0,1) \quad (13c)$$

Untuk b_{nl} :

$$a. \quad V_{s30} \leq V_1$$

$$b_{nl} = b_1 \quad (14a)$$

$$b. \quad V_1 < V_{s30} \leq V_2$$

$$b_{nl} = (b_1 - b_2) \ln(V_{s30}/V_2) \ln(V_1/V_2) + b_2 \quad (14b)$$

$$c. \quad V_2 < V_{s30} < V_{ref}$$

$$b_{nl} = b_2 \ln(V_{s30}/V_{ref}) / \ln(V_2/V_{ref}) \quad (14c)$$

$$d. \quad V_{s30} \geq V_{ref}$$

$$b_{nl} = 0$$

$$c = (3\Delta y - b_{nl}\Delta x) / \Delta x^2 \quad (15)$$

$$d = -(2\Delta y - b_{nl}\Delta x) / \Delta x^3 \quad (16)$$

$$\Delta x = \ln(\alpha_2/\alpha_1) \quad (17)$$

$$\Delta y = b_{nl} \ln(\alpha_2/pga_{low}) \quad (18)$$

dimana:

pga_{4nl} = estimasi awal PGA(g) untuk $V_{ref} = 760$ m/s dengan $F_S = 0$

V_{ref} = reference velocity (760 m/s) sesuai dengan NEHRP

$$V_1 = 180 \text{ m/s} \quad pga_{low} = 0,06 \text{ g} \quad b_2 = -0,14$$

$$V_2 = 300 \text{ m/s} \quad M_h = 6,75 \quad M_{ref} = 4,5$$

$$\alpha_1 = 0,03 \text{ g} \quad b_{lin} = -0,36 \quad R_{ref} = 1$$

$$\alpha_2 = 0,09 \text{ g} \quad b_1 = -0,64 \quad c_1 = -0,6605$$

$c_2 = 0,1197$	$e_3 = -0,75472$	$\sigma = 0,052$
$c_3 = -0,01151$	$e_4 = -0,5097$	$f_U = 0,265$
$h = 1,35$	$e_5 = 0,28805$	$f_M = 0,26$
$e_1 = -0,53804$	$e_6 = -0,10164$	$\sigma_{TU} = 0,566$
$e_2 = -0,5035$	$e_7 = 0$	$\sigma_{TM} = 0,56$

5. Fungsi atenuasi Campbell dan Bozorgnia

Fungsi Atenuasi ini berlaku untuk sumber seismik kerak dangkal (*strike slip*, *reverse* atau *normal*). Model regresi persamaan ini dikembangkan menggunakan data *strong-motion* dibandingkan dengan magnitudo, jarak (0 sampai 200 km) menggunakan data 1561 dari 64 peristiwa gempa utama untuk M antara 4,3 sampai 7,9 dan jarak *rupture* antara 0,1 sampai 199 km. Data gempa dikombinasikan dari gempa bumi dangkal yang terletak pada daerah tektonik aktif di seluruh dunia. Persamaan atenuasi adalah sebagai berikut:

$$\ln Y = f_{\text{mag}} + f_{\text{dis}} + f_{\text{flt}} + f_{\text{hng}} + f_{\text{site}} + f_{\text{sed}} \quad (19)$$

dimana F_{mag} adalah fungsi berdasarkan magnitudo

$$F_{\text{mag}} = C_0 + C_1 M \quad \text{untuk} \quad M < 5,5 \quad (20a)$$

$$C_0 + C_1 M + C_2 (M - 5,5) \quad \text{untuk} \quad 5,5 \leq M \leq 6,5 \quad (20b)$$

$$C_0 + C_1 M + C_2 (M - 5,5) + C_3 (M - 6,5) \quad \text{untuk} \quad M > 6,5 \quad (20c)$$

F_{dis} merupakan fungsi berdasarkan pada jarak dari titik ukur ke sumber gempa

$$F_{\text{dis}} = (C_4 + C_3 M) \ln (\sqrt{R_{\text{rup}}^2 + C_6^2}) \quad (21)$$

F_{flt} merupakan fungsi berdasarkan tipe patahan

$$F_{\text{flt}} = C_7 F_{Rv} \cdot F_{\text{flt},z} + C_8 F_{NM} \quad (22)$$

$$F_{\text{flt},z} = Z_{\text{Tor}} \quad \text{untuk} \quad Z_{\text{Tor}} < 1$$

1 untuk $Z_{Tor} > 1$

F_{hng} merupakan fungsi berdasarkan efek *hanging wall*

$$F_{hng} = C_9 F_{hng,R} + F_{hng,M} + F_{hng,Z} + F_{hng,\delta} \quad (23)$$

$$F_{hng,R} = 1 \quad \text{untuk } Rjb = 0 \quad (24a)$$

$$\left[\frac{\max(RRup + \sqrt{Rjb^2 + 1}) - Rjb}{\max(RRup, \sqrt{Rjb^2 + 1})} \right] \quad \text{untuk } Rjb > 0, Z_{Tor} < 1 \quad (24b)$$

$$\frac{(RRup - Rjb)}{RRup} \quad \text{untuk } Rjb > 0, Z_{Tor} \geq 1 \quad (24c)$$

$$F_{hng,M} = 0 \quad \text{untuk } M \leq 6,0$$

$$2 - (M - 6,0) \quad \text{untuk } 6,0 < M < 6,5 \quad (25)$$

$$1 \quad \text{untuk } M \geq 6,5$$

$$F_{hng,Z} = 0 \quad \text{untuk } Z_{Tor} \geq 20$$

$$\frac{20 - Z_{Tor}}{20} \quad \text{untuk } 0 < Z_{Tor} < 20 \quad (26)$$

$$F_{hng,\delta} = 1 \quad \text{untuk } \delta \leq 70$$

$$\frac{90 - \delta}{20} \quad \text{untuk } \delta > 70 \quad (27)$$

F_{site} adalah fungsi berdasarkan *shallow site*

$$F_{site} = C_{10} \ln \left(\frac{Vs30}{K_1} \right) + K_2 \left\{ \ln \left[A1100 + C \left(\frac{Vs30}{K_1} \right)^n \right] \right\} \quad \text{untuk } Vs30 < K_1 \quad (28a)$$

$$(C_{10} + K_2 n) \ln \left(\frac{Vs30}{K_1} \right) \quad \text{untuk } K_1 < Vs30 < 1100 \quad (28b)$$

$$(C_{10} + K_2 n) \ln \left(\frac{1100}{K_1} \right) \quad \text{untuk } Vs30 > 1100 \quad (28c)$$

F_{sed} adalah fungsi berdasarkan *deep site*

$$F_{sed} = C_{11} (Z_{2,5} - 1) \quad \text{untuk } Z_{2,5} < 1 \quad (29a)$$

$$0 \quad \text{untuk } 1 \leq Z_{2,5} \leq 3$$

$$C_{12} K_3 e^{-0,75} [1 - e^{-0,25} (Z_{2,5} - 3)] \quad \text{untuk } Z_{2,5} > 3 \quad (29b)$$

dimana:

$M = \text{Moment magnitude}$	$c_9 = 0,49$	$T_{arb} = 0,551$
$y = \text{PGA (g)}$	$c_{10} = 1,058$	$P = 1$
$c_0 = -1,715$	$c_{11} = 0,04$	$Z_{tor} = 3$
$c_1 = 0,5$	$c_{12} = 0,61$	$\delta = 90$
$c_2 = -0,53$	$k_1 = 865$	$V_{S30} = 1500 \text{ m/s}$
$c_3 = -0,262$	$k_2 = -1,186$	$Z_{2,5} = 1$
$c_4 = -2,118$	$k_3 = 1,839$	$F_{rv} = 0$
$c_5 = 0,17$	$T_{LnY}(\text{intraslab}) = 0,478$	$F_{nm} = 0$
$c_6 = 5,6$	$T_{LnY}(\text{interface}) = 0,219$	$h = 3$
$c_7 = 0,28$	$T_c = 0,166$	$\eta = 1,18$
$c_8 = -0,12$	$TT = 0,526$	$C = 1,88$

6. Fungsi atenuasi Chiou dan Youngs

Persamaan atenuasi ini dapat digunakan untuk sumber gempa yang terletak di *shallow crustal (strike slip, reverse dan normal)*. Persamaan ini dikembangkan dari data *strong-motion*, menggunakan 3551 data dari 173 gempa utama dan gempa susulan sebagai informasi tambahan untuk membuat model koefisien, jarak *rupture* maksimal sampai 70 km untuk menghindari data bias, data ini dikombinasikan dari data gempa dangkal, khususnya pada zona sesar aktif di seluruh dunia. Fungsi atenuasi Youngs (1997) adalah sebagai berikut:

$$\ln(Y_{ref\ ij}) = C_1 + C_{1a} F_{RV1} + C_{1b} F_{NMi} + C_7(Z_{TORi} - 4) + C_2 (M_i - 6) + \frac{C_2 - C_3}{C_n} \ln(1 + e^{cn(cM - M_i)}) + C_4 \ln(R_{RUPij} + C_5 \cosh(C_6 (M_i - C_{HM,0}) \max)) + (C_{4a} -$$

$$C_4) \ln(\sqrt{R^2 RUP_{ij} + C^2 RB}) + \left\{ C_{\gamma 1} + \frac{C_{\gamma 2}}{\cosh[\max(Mi - C_{\gamma 3}, 0)]} \right\} \cdot R_{RUPij} \\ + C_9 \cdot F_{hwij} \cdot \tanh\left(\frac{R_{xij} \cdot \cos^2 \delta_i}{c_9 a}\right) \cdot \left\{ 1 - \frac{\sqrt{R_j b^2 + Z_{tor}^2}}{R_{RUPij} + 0,001} \right\} \quad (30)$$

$$\ln(Y_{ij}) = \ln(Y_{ref\ ij}) + \phi_1 \cdot \min\left(\ln\left(\frac{VS_{30ij}}{1130}\right), 0\right) + \phi_2 \cdot \left\{ e^{\phi^2 (\min(Vs_{30\ ij}, 1130) - 360)} - e^{\phi^3 (1130 - 360)} \right\} \cdot \ln\left(\frac{Y_{ref\ ij}^{\eta} + \phi^4}{\phi^4}\right) + \phi_5 \left(1 - \frac{1}{\cosh[\phi_6 \cdot \max(0, Z_{1.0} - \phi_7)]} \right) + \\ \frac{\phi^8}{\cosh[0,15 \cdot \max(0, Z_{1.0} - 15)]} + \eta_i + \epsilon_{ij} \quad (31)$$

dimana:

M = *Moment magnitude*

R_{RUP} = Jarak terdekat ke bidang *rupture* (km)

R_X = koordinat lokasi (km) diukur tegak lurus terhadap patahan dari proyeksi di permukaan

F_{HW} (*Hanging wall*) = 1 untuk $R_X \geq 0$ dan 0 for $R_X < 0$

Z_{TOR} = *Depth to top of rupture* (km)

V_{s30} = Rata-rata kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 m (m/s)

$Z_{1,0}$ = kedalaman saat $V_{s30}=1,0$ km/s (m).

F_{RV} = *Reverse-faulting* 1 untuk $30^\circ \leq \lambda \leq 150^\circ$ (kombinasi *reverse* dan *reverse-oblique*), selain itu 0

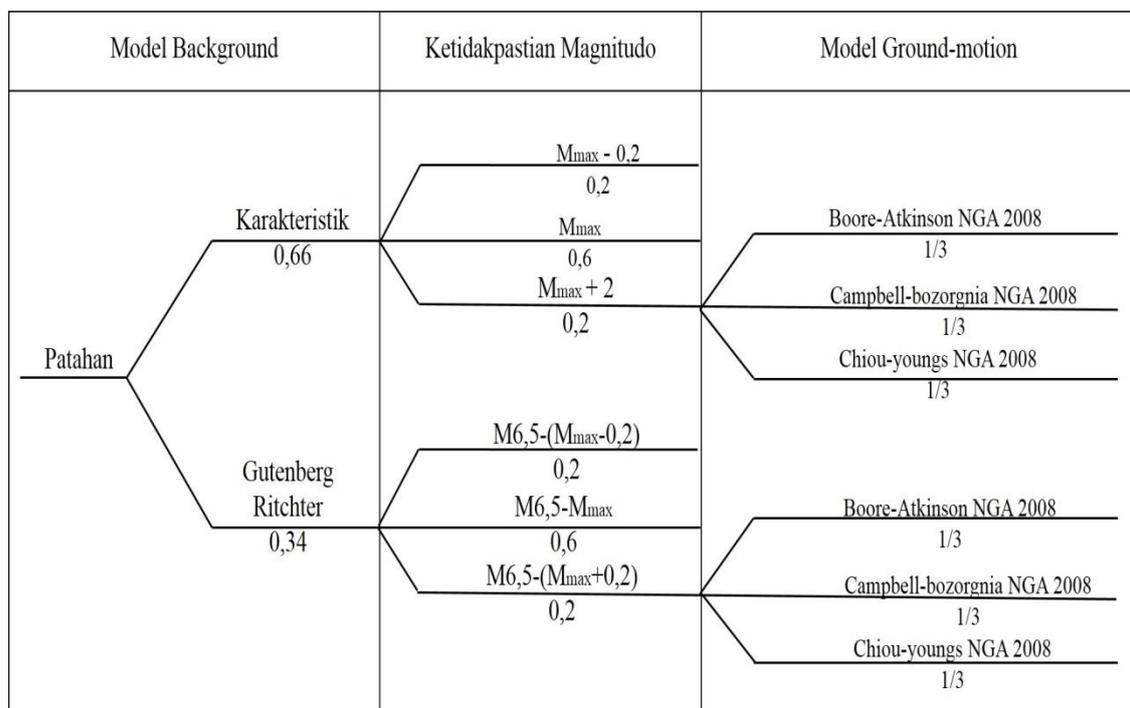
F_{NM} = *Normal faulting*: 1 untuk $-120^\circ \leq \lambda \leq -60^\circ$ (tidak termasuk *normal-oblique*), selain itu 0

$c_1 = -1,2687$	$c_6 = 0,4893$	$\varphi_4 = 0,102151$
$c_{1a} = 0,1$	$c_7 = 0,0512$	$\varphi_5 = 0,2289$
$c_{1b} = -0,255$	$c_{7a} = 0,086$	$\varphi_6 = 0,014996$
$c_n = 2,996$	$c_9 = 0,79$	$\varphi_7 = 580$
$c_m = 4,184$	$c_{9a} = 1,5005$	$\varphi_8 = 0,07$
$c_2 = 1,06$	$c_{10} = -0,3218$	$T_1 = 0,3437$
$c_3 = 3,45$	$c_{\gamma 1} = -0,00804$	$T_2 = 0,2637$
$c_4 = -2,1$	$c_{\gamma 2} = -0,00785$	$T_{O1} = 0,4458$
$c_{4a} = -0,5$	$c_{\gamma 3} = 4$	$T_{O2} = 0,3459$
$c_{rb} = 50$	$\varphi_1 = -0,4417$	$T_{O3} = 0,8$
$c_{hm} = 3$	$\varphi_2 = -0,1417$	$\eta = 0$
$c_5 = 6,16$	$\varphi_3 = -0,00701$	

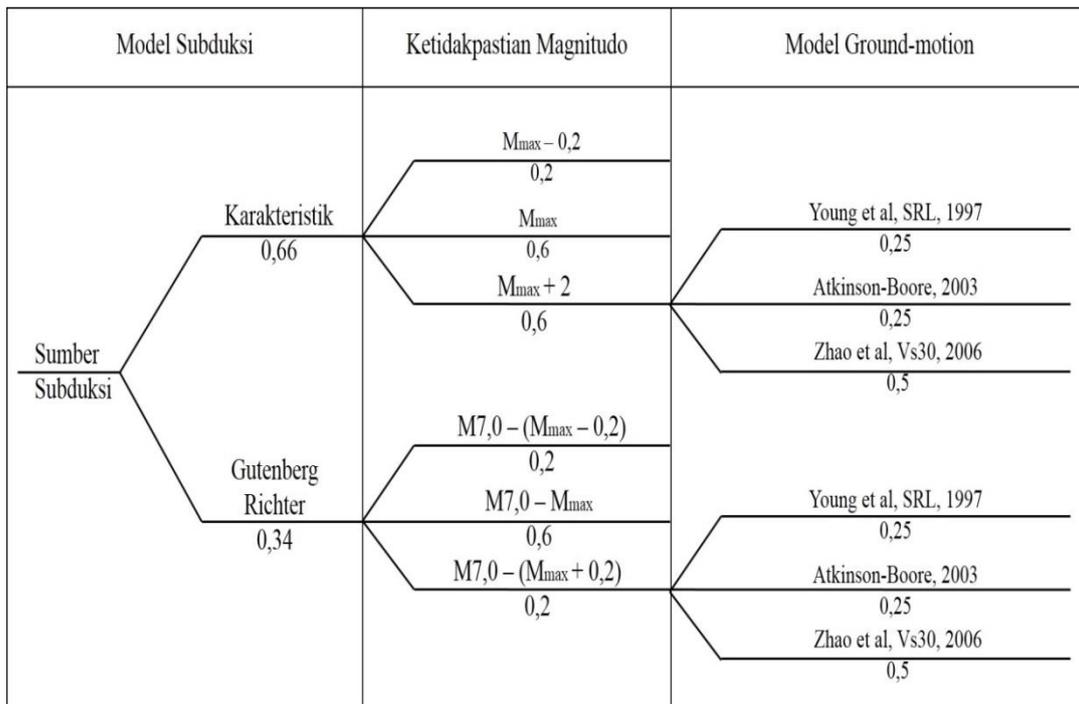
3.6 Logic Tree

Pendekatan dengan menggunakan *logic tree* memungkinkan untuk penggunaan beberapa alternatif metode atau model dengan menentukan faktor bobot yang menggambarkan persentase kemungkinan keakuratan relatif suatu model terhadap model lainnya. Pemakaian *logic tree* dalam *Seismic Hazard Analysis* (SHA) sangat diperlukan akibat adanya faktor ketidakpastian dalam pengelolaan data untuk analisis *seismic hazard*. Dengan adanya model *treatment* ini, data, parameter sumber gempa, dan model atenuasi yang digunakan bisa diakomodir dengan bobot sesuai dengan ketidakpastiannya. Dalam menggunakan *logic tree*, satu analisis resiko gempa diselesaikan untuk kombinasi model atau

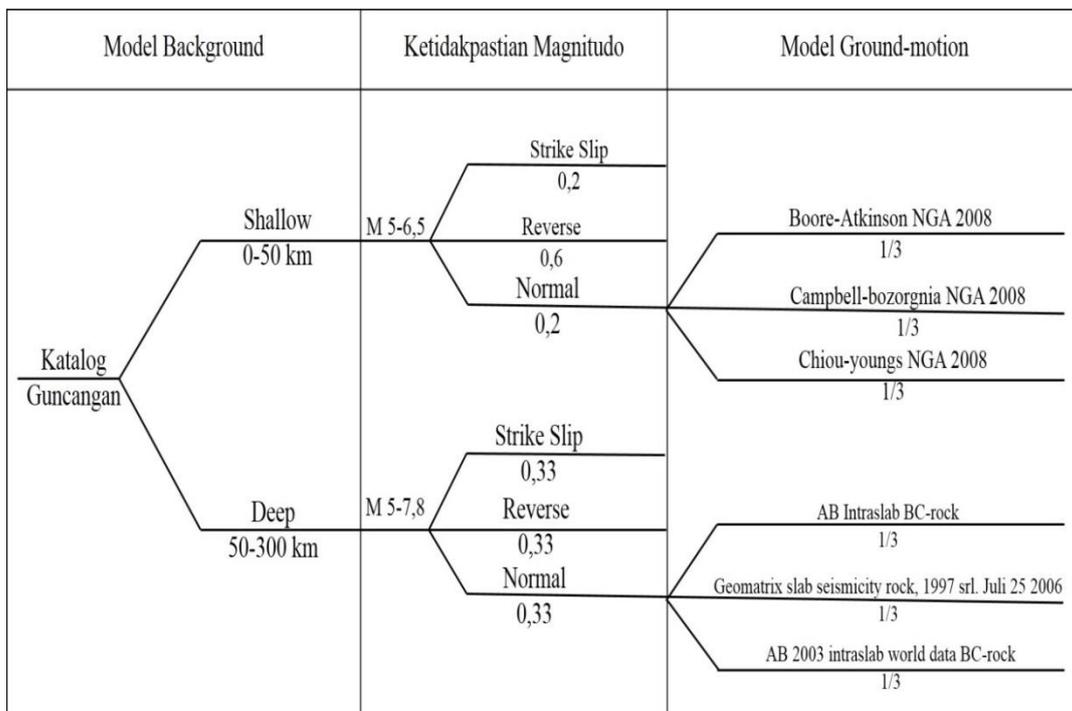
parameter yang berkaitan dengan tiap ujung cabang. Hasil tiap analisis diberi nilai bobot kemungkinan relatif dari kombinasi cabang, dengan hasil akhir diambil sebagai penjumlahan dari nilai bobot masing-masing. Model *logic tree* yang dipakai disesuaikan dengan model sumber gempa yang digunakan. Model untuk sumber gempa sesar, subduksi dan *background* seperti yang terlihat pada **Gambar 5, 6 dan 7.**



Gambar 5. Model *logic tree* untuk sumber gempa patahan (*Fault*)



Gambar 6. Model *logic tree* untuk sumber gempa subduksi (*Megathrust*).



Gambar 7. Model *logic tree* untuk sumber gempa *Background*

(Tim Revisi Gempabumi Indonesia, 2010).

3.7 Amplifikasi

Amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan. Lapisan tanah yang lunak dapat menyebabkan getaran gempa yang lebih besar dibandingkan dengan lapisan tanah yang lebih keras pada waktu dilewati oleh gelombang gempa. Hal ini disebut dengan penguatan efek gelombang gempa. Nakamura (2000) menyatakan bahwa nilai faktor penguatan (amplifikasi) tanah berkaitan dengan perbandingan kontras impedansi lapisan permukaan dengan lapisan di bawahnya. Bila perbandingan kontras impedansi kedua lapisan tersebut tinggi maka nilai faktor penguatan juga tinggi, begitu pula sebaliknya (Solikhin dan Suantika, 2008).

Tingkatan besarnya efek guncangan amplifikasi dibagi menjadi empat tingkat zona amplifikasi:

1. Zona amplifikasi sangat tinggi (> 9 kali) warna merah

Daerah yang memiliki kerentanan paling tinggi terhadap terjadinya kerusakan wilayah jika dilanda gempabumi. Zona ini mengalami penguatan getaran gempabumi paling tinggi > 9 kali. Pada zona ini, lapisan sedimen lunaknya (soft soil) paling tebal.

2. Zona amplifikasi tinggi (7-9 kali) warna kuning

Daerah yang memiliki kerentanan tinggi terhadap terjadinya kerusakan wilayah jika dilanda gempabumi. Zona ini memiliki penguatan getaran gempabumi tinggi 7-9 kali. Pada zona ini, lapisan sedimen lunaknya (*soft soil*) tebal.

3. Zona amplifikasi sedang (4-6 kali) warna biru

Daerah yang memiliki kerentanan sedang terhadap terjadinya kerusakan wilayah jika dilanda gempa bumi. Zona ini memiliki penguatan getaran gempa bumi sedang (4-6 kali) pada zona ini, lapisan sedimen lunaknya tidak terlalu tebal.

4. Zona amplifikasi rendah (1-3 kali) warna hijau

Daerah yang memiliki kerentanan terhadap terjadinya kerusakan wilayah jika dilanda gempa bumi. Zona ini memiliki penguatan getaran rendah (1-3 kali). Pada zona ini, lapisan lunaknya tipis (Suantika dkk, 2007).

3.8 *Seismic Hazard Analysis (SHA)*

Ada 2 metode yang digunakan dalam *Seismic Hazard Analysis (SHA)* yaitu DSHA (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*) dan PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*). Perbedaan utama antara pendekatan DSHA dan PSHA adalah pada pendekatan probabilistik (PSHA), frekuensi untuk setiap skenario pergerakan tanah yang akan terjadi juga diperhitungkan. Metode DSHA ini memungkinkan untuk memperhitungkan pengaruh faktor-faktor ketidakpastian dalam analisis seperti ukuran, lokasi dan frekuensi kejadian gempa (Irsyam dkk, 2010).

Metode DSHA umumnya diaplikasikan untuk mengestimasi percepatan gempa untuk konstruksi yang sangat membahayakan jika terjadi kerusakan, seperti bangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), bendungan besar, konstruksi yang dekat dengan sesar aktif, dan untuk keperluan *emergency*

response. Kelebihan metode ini adalah mudah digunakan untuk memprediksi gerakan gempa pada skenario terburuk. Sedangkan kelemahannya adalah metode ini tidak mempertimbangkan probabilitas terjadinya gempa dan pengaruh berbagai ketidakpastian yang terkait dalam analisis (Kramer dan Steven, 1996).

Secara umum metode pendekatan DSHA dapat dibagi menjadi 4 tahapan yaitu: melakukan identifikasi terhadap sumber-sumber gempa yang kemungkinan akan berpengaruh pada lokasi pengamatan, menentukan skenario parameter gempa dengan cara memilih magnitudo maksimum dan lokasi terdekat dari sumber gempa yang diperkirakan akan menghasilkan dampak pada lokasi pengamatan, menentukan parameter gerakan tanah pada lokasi pengamatan dengan menggunakan fungsi atenuasi dan menentukan parameter gerakan tanah yang terbesar yang direncanakan akan terjadi pada lokasi pengamatan. DSHA dilakukan dengan menentukan parameter gerakan tanah pada lokasi pengamatan dengan menggunakan fungsi atenuasi (Irsyam, 2010).

Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA) banyak digunakan pada periode awal dari perhitungan *seismic hazard*. Konsep dasar DSHA adalah menentukan parameter *ground motion* dengan menggunakan magnitudo gempa maksimum dan jarak sumber gempa yang paling dekat dari titik pengamatan. DSHA diimplementasikan dengan menentukan skenario parameter gempa dengan cara memilih magnitudo maksimum dan lokasi terdekat dari sumber gempa yang diperkirakan akan menghasilkan dampak pada titik pengamatan (Windu, 2015).

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Pusat Vulkanologi Mitigasi Bencana Geologi Bandung, Jawa Barat yang dilaksanakan pada tanggal 2 Mei sampai dengan 15 Juni 2016, dengan mengambil judul “Analisis Zona Bahaya Gempabumi Melalui Metode Deterministik dan Pendekatan Geomorfologi Terhadap Kota Padang Sumatera Barat”.

4.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data Koordinat Kota Padang. Data kegempaan dalam penelitian ini menggunakan parameter sumber gempa patahan (*fault*) dan sumber gempa subduksi (*megathrust*) di Wilayah Indonesia hasil Tim Teknik Revisi Gempabumi Indonesia. Untuk pendekatan geomorfologi, data yang digunakan yaitu peta SRTM dengan UTM 47 S.

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Penentuan Koordinat

Penentuan koordinat ini dilakukan di Kota Padang dengan menggunakan software Google Earth. Setelah itu dilakukan perhitungan *latitude* dan *longitude* di beberapa titik Kota Padang. Dan didapatkan 270 titik koordinat.

4.3.2 Pendekatan Geomorfologi

Pendekatan geomorfologi ini dilakukan dengan penentuan kemiringan lokasi penelitian. Setelah data *Slope* (kemiringan) nya didapat dilakukan interpretasi geomorfologi daerah penelitian dengan mengidentifikasi geologi daerah penelitian. Setelah interpretasi geologi, maka dilakukan perhitungan nilai V_{s30} .

4.3.3 Perhitungan V_{s30}

Estimasi V_{s30} dihasilkan dari perhitungan empiris. Estimasi V_{s30} dilakukan dengan menggunakan persamaan Matsuoka dkk. Hasil estimasi V_{s30} selanjutnya digunakan untuk menentukan kelas tanah berdasarkan *The NEHRP site classes*.

4.3.4 *Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA)*

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini dengan metode deterministik adalah sebagai berikut:

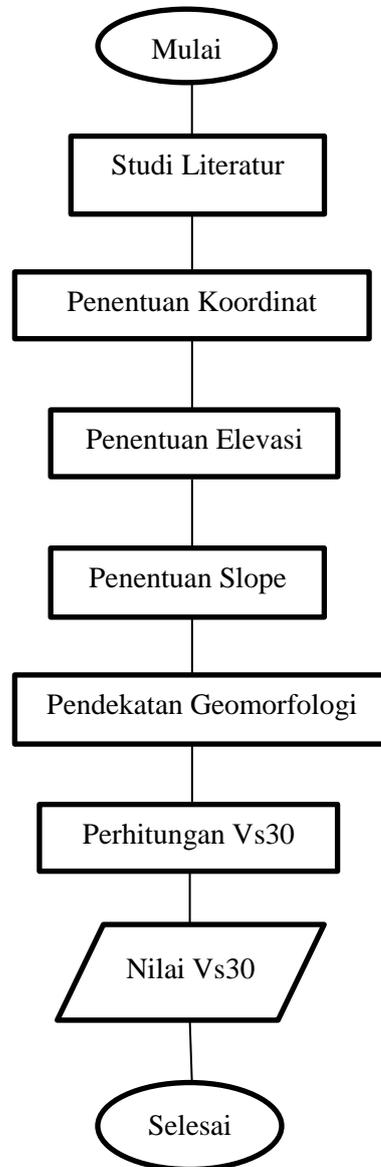
1. Melakukan identifikasi terhadap sumber-sumber gempa yang kemungkinan akan berpengaruh pada lokasi penelitian. Sumber-sumber gempa yang akan berpengaruh pada Kota Padang adalah sumber gempa sesar adalah Sesar Suliti karena memiliki nilai magitudo yang besar. Sementara untuk sumber gempa subduksi adalah Mid 2 Sumatera.
2. Menentukan parameter jarak terdekat dari sumber gempa dengan lokasi penelitian dan memilih magnitudo terbesar dari masing-masing sumber gempa yang telah diidentifikasi sebelumnya.
3. Menentukan parameter gerakan tanah pada lokasi pengamatan dengan menggunakan fungsi atenuasi. Dengan tidak tersedianya data untuk menurunkan suatu fungsi atenuasi di wilayah Indonesia, maka digunakan fungsi atenuasi yang diturunkan dari wilayah lain. Fungsi atenuasi yang digunakan *Next Generation Attenuation* (NGA), dimana atenuasi ini diturunkan menggunakan data gempa global (*worldwide data*). Dasar pemilihan fungsi atenuasi adalah berdasarkan sumber gempa, dimana secara umum dikategorikan dalam zona gempa subduksi, zona gempa *background* dan zona gempa *shallow crustal* (patahan). Dalam *Seismic Hazard Analysis* (SHA) sangat diperlukan pemakaian *logic tree* sangat diperlukan akibat adanya faktor ketidakpastian dalam pengelolaan data untuk analisis *seismic hazard*. Dengan adanya model *treatment* ini, data, parameter sumber gempa dan model atenuasi yang digunakan bisa diakomodir dengan bobot

sesuai dengan ketidakpastiannya. Berdasarkan model *logic tree*, fungsi atenuasi yang digunakan untuk sumber gempa sesar adalah Boore-Atkinson NGA, Campbell-Bozornia NGA, dan Chiou-Youngs NGA dengan bobot $1/3$ untuk masing-masing persamaan. Sementara untuk sumber gempa subduksi adalah persamaan atenuasi Youngs, Atkinson-Boore, dan Zhao dengan masing-masing bobot $1/4$ untuk persamaan atenuasi Youngs dan Boore-Atkinson sedangkan bobot untuk persamaan Zhao adalah $1/2$.

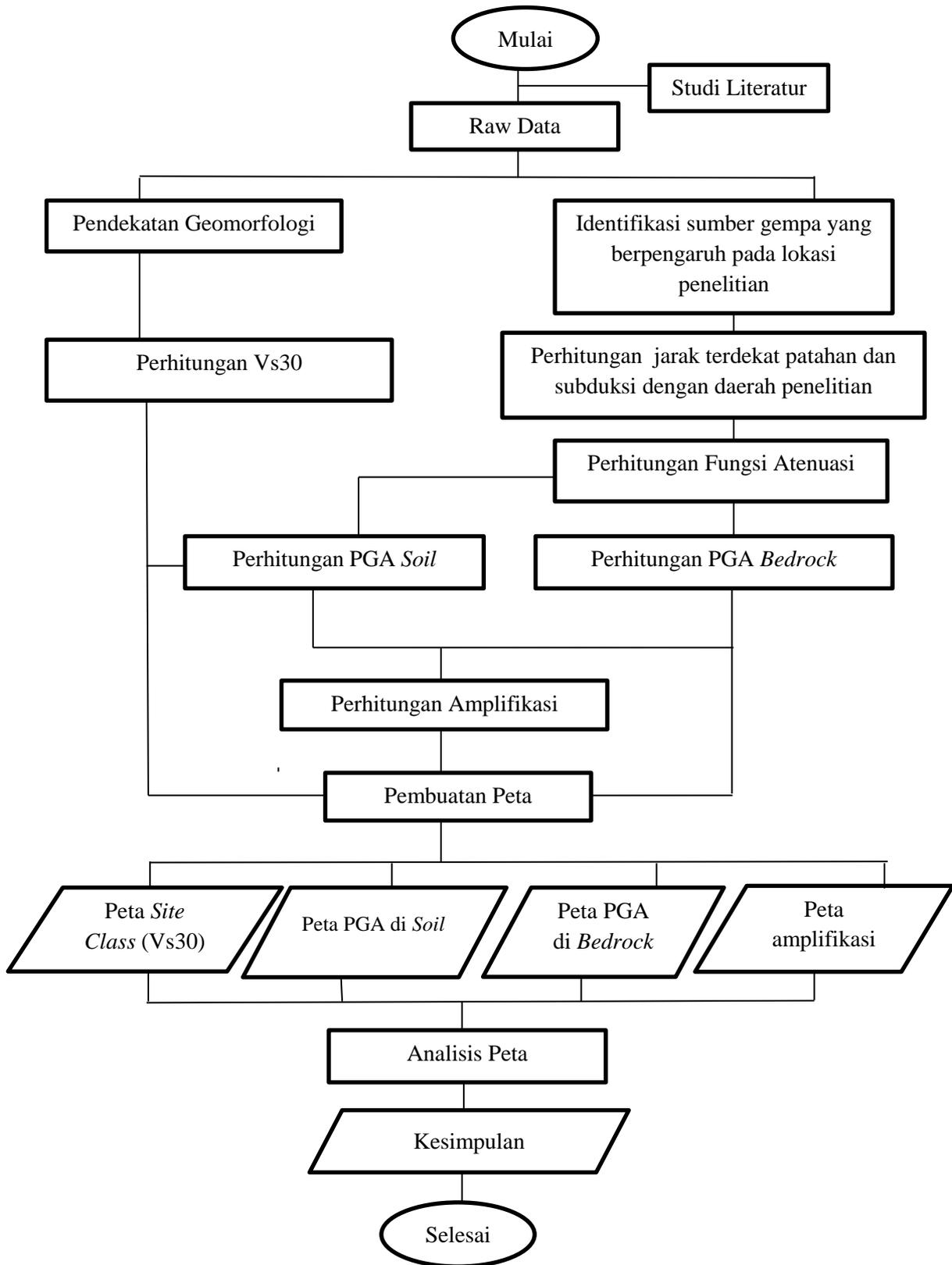
4. Menentukan *controlling earthquake* berdasarkan hasil perhitungan terbesar yang diperoleh.

4.4 Diagram Alir

4.4.1 Diagram Alir Pendekatan Geomorfologi



4.4.2 Diagram Alir Penelitian



VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai V_{s30} untuk Kota Padang berkisar antara 226,4644 m/s berada pada kelas tanah D (Tanah Sedang) hingga 4469,041 m/s yang berada pada kelas tanah A (Batuan Keras).
2. Nilai percepatan tanah maksimum (PGA) sumber gempa Subduksi di batuan dasar berkisar antara 0,0374 g. Sementara percepatan tanah maksimum (PGA) di permukaan berkisar antara 0,0769 g. Sedangkan untuk nilai PGA pada sumber gempa patahan (Patahan Suliti) di batuan dasar berkisar antara 0,0376 g, sementara nilai PGA di permukaan berkisar 0,0573 g.
3. Daerah yang memiliki dampak parah jika terjadi gempa yang bersumber dari patahan adalah Kecamatan Koto Tengah, Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Padang Utara dengan nilai amplifikasi tertinggi yakni berada pada nilai 1,7690 (> 9 kali) yang menunjukkan bahwa perbesaran gelombang di daerah tersebut tinggi. Sedangkan jika terjadi gempa dengan sumber gempa subduksi daerah yang sangat rawan adalah Kecamatan Padang Barat, Kecamatan Koto Tengah, Kecamatan Padang Utara dengan

nilai amplifikasi 2,0607 (> 9 kali). Dan daerah tersebut berada pada kelas tanah D.

6.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian analisis *seismic hazard* selanjutnya perlu dilakukan pemodelan untuk membuat satuan geomorfologi yang cocok untuk Indonesia berdasarkan ketersediaan data geologi dan morfologi Indonesia. Selain itu juga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai fungsi atenuasi dan persamaan geomorfologi untuk daerah Indonesia, karena Indonesia sendiri merupakan negara yang memiliki tektonik yang kompleks. Sehingga hasil penelitian benar-benar akurat untuk Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Athanasius, C. dan Solikhin, A., 2015. Pendugaan Kecepatan Gelombang Permukaan (VS30) di Pulau Sulawesi Berdasarkan Klasifikasi Geomorfologi dan Aplikasinya. *Laporan Penelitian Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi*. Bandung
- Atkinson, G.M. dan Boore, D.M., 2003. Empirical Ground-Motion Relations for Subduction-Zone Earthquakes and Their Application to Cascadia and Other Regions. *Bulletin of the Seismological Society of America*. Volume 93, nomor 4, pp. 1703–1729.
- Badan Geologi., 2015. Wilayah Potensi Gerakan Tanah Di Provinsi Sumatera Barat Bulan Agustus 2015. *Laporan Penelitian PVMBG*. Bandung
- Boore, D.M. dan Atkinson, G.M., 2008. *Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 s and 10.0 s*. Earthquake Spectra. Volume 24, nomor 1.
- Campbell, K. dan Bozorgnia, Y., 2008. *Ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, PGD and 5% damped linear elastic response spectra for periods ranging from 0.01 to 10.0 s*. Earthquake Spectra. Volume 24, nomor 1.
- Chiou, B. dan Youngs, R.R., 2008. *A NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra*. Earthquake Spectra. Volume 24, nomor 1.
- FEMA 302., 1997. *NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulation for New Building and Other Structure*. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C
- Hidayat, S., 2014. Analisis Zona Bahaya Gempabumi Dengan Pendekatan Probabilitas Peak Ground Acceleration (Pga) Dan Geomorfologi Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Skripsi Fakultas Geografi*, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Jawa Tengah.

- Irsyam, M. D., Hoedajayanto, E.K., Kertapati, T., Boen., Petersen, M.D., Dankua, T. dan Asrurifak, M., 2007. *Usulan revisi peta hazard kegempaan wilayah untuk Pulau Jawa*. Indonesia.
- Irsyam, M.D., Sengara, W., Aldiamar, F., Widiyantoro, S., Triyoso, W., Natawidjaja, D.H., Kertapati, E., Meilano, I., Suhardjono., Asrurifak, M. dan Ridwan, M., 2010. *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempabumi Indonsia 2010*. Kementrian Pekerjaan Umum.
- Irwansyah, E. dan Winarko, E., 2012. *Zonasi Daerah Bahaya Kegempaan Dengan Pendekatan Peak Ground Acceleration (PGA)*. Seminar Nasional Informatika 2012 (semnasIF 2012). UPN Veteran Yogyakarta.
- Kramer dan Steven, L., 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Upper Saddle River, New Jersey 07458: Prantice Hall, Inc.
- Lihawa, F., 2009. Pendekatan Geomorfologi Dalam Survei Kejadian Erosi. *Jurnal Pelangi Ilmu* Volume 2 No. 5, Mel 2009.
- Matsuoka, M., Wakamatsu, K., Fujimoto, K. dan Midorikawa, S., 2006. Average Shear-Wave Velocity Mapping Using Japan Engineering Geomorphologic Classification Map. *Structural Eng./Earthquake Eng.*, JSCE, Vol.23, No.1, 57s-68s, 2006 April. (*Translated from a paper which originally appeared on Journal of Structural Mechanics and Earthquake Engineering*, JSCE, No.794/I-72, pp.239-251, 2005 July).
- Minster, J.B. dan Jordan, T.H., 1978., Present-day plate motions. *Journal of Geophysical Research* 83. ISSN: 0148-0227.
- Nakamura, Y., 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application*. Tokyo University. Japan.
- Nurahmi, Effendi. R. dan Sandra., 2015. *Analisis Kecepatan Gelombang Geser Vs30 Menggunakan Metode Refraksi Mikrotremor (Remi) Di Kelurahan Talise*. Gravitasi Vol. 14 No.1 (Januari-Juni 2015). Universitas Tadulako, Palu, Indonesia.
- Pramono, P., Widjaja, B., Sylviahelina., Lestari, A.S., Lim, A., Rustiani, S., Wiguna, S. dan Hapsari, V., 2014. *Kajian Geoteknik Infrastruktur Untuk Kota Padang Menghadapi Ancaman Gempa Dan Tsunami*. Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan.
- Roser, J. dan Gosar. A., 2010. *Determination of Vs30 for seismic ground classifications in the Ljubljana area*, Acta Geotechnica Slovenia. Slovenia.

- Sieh, K. dan Natawidjaja, D., 2000. Neotectonics of Sumatra Fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research* Vol. 105, 28,295-28,326.
- Solikhin, A. dan Suantika, G., 2008. *Laporan Penyelidikan Gempabumi Daerah Kabupaten Bandung dan Sekitarnya Jawa Barat*, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung
- Suantika, G., Syahbana, D.K., Bahermansyah, Tujono. G., Suparan, R., Isep, H. dan Rohmana., 2007. *Laporan Penyelidikan Amplifikasi Gempabumi Daerah Padang Dan Sekitarnya, Sumatera Barat*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung.
- Supartoyo, Putranto. E.T. dan Surono., 2014. *Katalog Gempa Bumi Merusak di Indonesia Tahun 1962-2014*. Pusat Vulkanologi Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.
- Tim Revisi Peta Gempa Indonesia., 2010. *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia*.
- Tohari, A., Soebowo, E., Kamtono., Daryono, M.R., Kumoro, Y., Anwar, H.Z., Galih, D.R. dan Rahardjo, P.P., 2006. Mitigasi Gerakan Tanah di Daerah Tektonik Aktif: Kajian Potensi Likuifaksi Akibat Gempabumi di Daerah Padang dan Sekitarnya. *Laporan Penelitian*. Geoteknologi. LIPI.
- Verstappen, H., 1983. *Applied geomorphology*. Amsterdam: Elsevier.
- Wangsadinata, W., 2006. *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2002*. Shortcourse HAKI 2006. Jakarta.
- Windu, P., Irsyam, M., Wardani, S.P.R. dan Maarif, S., 2015. *Persepsi Pengembangan Peta Rawan Gempa Kota Semarang Melalui Penelitian Hazard Gempa Deterministik*. Teknik, 36 (1), 2015, 24-31. Universitas Diponegoro.
- Youngs, R.R., Chiou, S.J., 1997. *Strong ground motion attenuation relationships for subduction zone earthquakes*. Seismol. Res. Lett. 68, 58-73.
- Zhao, J.X., Zhang, J., Asano, A., Ohno, Y., Oouchi, T., Takahashi, T., Ogawa, H., Irikura, K., Thio, H. dan Somerville, P., 2006. Attenuation Relations of Strong Motion in Japan using site classification based on predominant period. *Bulletin Seismol. Soc. Am.* 96, 898.