ESTIMASI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN INTENSITAS GEMPA DI KOTA PADANG BERDASARKAN SKENARIO GEMPA BUMI *MEGATHRUST* MENTAWAI MENGGUNAKAN METODE *DETERMINISTIK*

SKRIPSI

untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Sains (S1)

Oleh:

MAHESA RAGIL SYOFYAN
NIM. 15136090

PROGRAM STUDI GEOGRAFI
JURUSAN GEOGRAFI
FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2019

HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI

Judul	: **Estimasi Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempa di Kota Padang Berdasarkan Skenario Gempabumi *Megathrust* Mentawai Menggunakan Metode *Deterministik***
Nama	: Mahesa Ragil Syofyan
NIM / TM	: 15136090/2015
Program Studi	: Geografi
Jurusan	: Geografi
Fakultas	: Ilmu Sosial

Padang, 18 Februari 2019

Disetujui oleh:

Pembimbing

Drs. Helfia Edial, MT

NIP.19650426 199001 1 004

Mengetahui:

Ketua Jurusan Geografi

Dra. Yurni Suasti, M.Si

NIP. 19620603 198603 2 001

HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial
Universitas Negeri Padang
Pada Hari Selasa, Tanggal 13 Februari 2019 Pukul 18.00 WIB

Estimasi Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempa di Kota Padang Berdasarkan Skenario Gempabumi *Megathrust* Mentawai Menggunakan Metode *Deterministik*

Nama	: Mahesa Ragil Syofyan
NIM/TM	: 15136090/2015
Program Studi	: Geografi
Jurusan	: Geografi
Fakultas	: Ilmu Sosial

Padang, 18 Februari 2019

Tim Penguji :

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua Tim Penguji : Ahyuni ST, M.Si	
2. Anggota Penguji : Dra. Endah Purwaningsih, M.Sc	

Mengesahkan:
Dekan FIS UNP

Prof. Dr. Syafri Anwar, M. Pd
NIP. 19621001 198903 1 002

UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS ILMU SOSIAL
JURUSAN GEOGRAFI
Jalan. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang – 25131 Telp 0751-7875159

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	**: Mahesa Ragil Syofyan**
NIM/BP	**: 15136090 / 2015**
Program Studi	**: Geografi**
Jurusan	**: Geografi**
Fakultas	**: Ilmu Sosial**

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul :

"Estimasi Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempa di Kota Padang Berdasarkan Skenario Gempabumi Megathrust Mentawai Menggunakan Metode Deterministik" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat dari karya orang lain maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan syarat hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di instansi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui Oleh,
Ketua Jurusan Geografi

Dra. Yurni Suasti, M.Si
NIP. 19620603 198603 2 001

Padang, Febuari 2019
Saya yang menyatakan

Mahesa Ragil Syofyan
NIM. 15136090

ABSTRAK

Mahesa Ragil Syofyan. 2019. "Estimasi Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempa di Kota Padang Berdasarkan Skenario Gempabumi *Megathrust* Mentawai Menggunakan Metode *Deterministik*"

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) persebaran nilai percepatan tanah maksimum (PGA), dan (2) persebaran nilai intensitas gempa (MMI) di Kota Padang berdasarkan skenario gempabumi di *Megathrust* Mentawai pada zona subduksi. Adapun metode yang digunakan ialah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif, sehingga didapatkan hasil berupa persebaran nilai percepatan tanah maksimum dengan rentang antara 0,25 g– 0,72 g. Nilai percepatan tanah maksimum tertinggi dengan rentang 0,46 g - 0,72 g mencakup Kecamatan Nanggalo, Kuranji, Padang Utara, Padang Timur, Padang Barat, dan Padang Selatan. Sedangkan nilai percepatan tanah maksimum terendah dengan rentang 0,25 g - 0,26 g mencakup Kecamatan Lubuk Kilangan dan Kecamatan Pauh.

Persebaran nilai intensitas gempa di Kota Padang akibat gempabumi pada zona subduksi Mentawai dengan kedalaman 10 km dan kekuatan gempa 8,9 Mw memiliki nilai 7 MMI dan 8 MMI. Daerah yang memiliki intensitas gempa yang paling besar dengan nilai 8 MMI adalah Kecamatan Nanggalo, Padang Utara, Padang Timur, Padang Barat, Kuranji, Padang Selatan, Lubuk Begalung, Bungus Teluk Kabung, sebagian wilayah Koto Tangah, Pauh, dan Lubuk Kilangan. Daerah dengan nilai intensitas gempa 7 MMI adalah sebagian wilayah Kecamatan Koto Tangah, Pauh, Lubuk Kilangan, dan sebagian kecil wilayah Bungus Teluk Kabung.

Kata Kunci : Percepatan Tanah Maksimum (PGA), Intensitas Gempa (MMI), *Megathrust* Mentawai, Zona Subduksi.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT. atas karunia yang dilimpahkan sebagai sumber dari segala solusi dan rahmat yang dicurahkan sebagai peneguh hati dan penguat niat sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Estimasi Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempa di Kota Padang Berdasarkan Skenario Gempabumi di Megathrust Mentawai Menggunakan Metode *Deterministik*". Salawat beriring salam kepada Nabi Muhammad SAW sebagai pelopor kemajuan seluruh umat di muka bumi.

Skripsi ini merupakan salah satu untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan program strata satu (S1) pada Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang, dalam penyelesaian skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis Ir. Syofyan dan Ir. Abrina, memberikan do'a dan dukungan yang sangat besar bagi penulis baik moril maupun materi.
2. Drs. Helfia Edial MT sebagai pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan saran kepada penulis dalam melaksanakan penulisan dan penelitian.

3. Ahyuni, ST, M.Si dan Dra. Endah Purwaningsih, M.Sc selaku tim penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis untuk kesempurnaan skripsi ini.
4. Teman-teman terdekat penulis dan seluruh rekan-rekan Jurusan Geografi yang selalu memberi dukungan dan inspirasi yang berharga bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari kesalahan dan masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Besar harapan semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan pemikiran dan ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Febuari 2019

Mahesa Ragil Syofyan

DAFTAR ISI

ABSTRAK ..... **i**
KATA PENGANTAR ..... **ii**
DAFTAR ISI ..... **iv**
DAFTAR GAMBAR ..... **vi**
DAFTAR TABEL ..... **vii**

BAB I. PENDAHULUAN
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 2
C. Tujuan Penelitian 3
D. Manfaat Penulisan 3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA
A. Kajian Teori
1. Pendekatan Geografi 4
2. Konsep Geografi 5
3. Gempabumi 8
4. Sumber Gempabumi 9
5. Kecepatan Gelombang Geser (V_{s30}) 13
6. Percepatan Tanah Maksimum (PGA) 14
7. *Deterministic Seismik Hazard Analysis (*DSHA*)* 15
8. Fungsi Atenuasi 17
9. *Logic Tree* 21
10. Intensitas Gempa Bumi 22
B. Penelitian Relevan 24
C. Kerangka Konseptual 25

BAB III. METODE PENELITIAN
A. Jenis Penelitian 27
B. Lokasi dan Waktu Penelitian 27
C. Definisi Operasional 29
D. Alat dan Bahan Penelitian 32
E. Variabel Penelitian 33
F. Teknik Pengumpulan Data 33
G. Teknik Pengolahan Data 33
H. Teknik Analisis Data 41

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
A. Hasil Penelitian
1. Deskripsi Wilayah 43
2. Percepatan Tanah Maksimum 46
3. Intensitas Gempa 52

B. Pembahasan
1. Percepatan Tanah Maksimum 57
2. Intensitas Gempa 61

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN
A. Kesimpulan 64
B. Saran 65

DAFTAR PUSTAKA 66

LAMPIRAN 69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.Ilustrasi Sumber Gempa 9
Gambar 2. Peta Sumber Gempa Indonesia Tahun 2017 (PUSGEN, 2017) 11
Gambar 3. Peta Sumber Gempa Indonesia Tahun 2017 (PUSGEN, 2017) 12
Gambar 4. Model *logic tree* untuk sumber gempa subduksi (*Megathrust*) 22
Gambar 5. Kerangka Konseptual 26
Gambar 6. Peta Lokasi Penelitian 28
Gambar 7. Peta Titik Sumber Gempabumi *Megathrust* Mentawai..... 38
Gambar 8. Peta Kelas Situs Tanah Kota Padang 39
Gambar 9. Peta Titik Pengamatan Gempabumi Kota Padang 40
Gambar 10. Diagram Alir Penelitian 42
Gambar 11. Peta Geologi Padang 45
Gambar 12. Peta Percepatan Tanah Maksimum Menurut Rumusan BCHYDRO 49
Gambar 13. Peta Percepatan Tanah Maksimum Menurut Rumusan Atkinson Boore 50
Gambar 14. Peta Percepatan Tanah Maksimum Menurut Rumusan Zhao, dkk 51
Gambar 15. Peta Intensitas Gempa Menurut Rumusan BCHYDRO..... 54
Gambar 16. Peta Intensitas Gempa Menurut Rumusan Atkinson Boore..... 55
Gambar 17. Peta Intensitas Gempa Menurut Rumusan Zhao, dkk..... 56
Gambar 18. Peta Peta Percepatan Tanah Maksimum Kota Padang..... 60
Gambar 19. Peta Intensitas Gempa Kota Padang..... 63

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Kelas Situs Tanah berdasarkan SNI 1726:2012 14
Tabel 2. Skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI)..... 23
Tabel 3. Variabel Penelitian..... 33
Tabel 4. Pengelompokan Nilai Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempa Berdasarkan Tingkat Kerusakannya..... 37
Tabel 5. Teknik analisis data dalam penelitian. 41
Tabel 6. Luas Kecamatan di Kota Padang. 43
Tabel 7. Nilai Percepatan Tanah Maksimum menurut BCHYDRO. 46
Tabel 8. Nilai Percepatan Tanah Maksimum menurut Atkinson Boore. 47
Tabel 9. Nilai Percepatan Tanah Maksimum menurut Zhao, dkk. 48
Tabel 10. Persebaran Nilai Percepatan Tanah Maksimum Berdasarkan Kecamatan..... 58
Tabel 11. Persebaran Nilai Intensitas Gempa (MMI). 62

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia adalah negara rawan gempabumi. 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 barat indonesia interaksi berlangsung antara Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia yang membentang di sebelah barat Pulau Sumatera menerus ke selatan Pulau Jawa hingga Nusa Tenggara salah satunya wilayah yang terkena akibat interaksi lempeng tersebut adalah Sumatera Barat.

Sumatera Barat secara tektonik merupakan daerah rawan gempabumi karena berada di pertemuan lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah lempeng Eurasia yang membentuk jalur gempabumi. Kawasan gempabumi di Sumatera Barat berada pada daerah subduksi, Sesar Mentawai dan Sesar Sumatera (Kramer dan Steven, 1996).

Sejarah mencatat semenjak 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 pernah mengalami 19 kali gempabumi dengan besar guncangan V hingga IX skala MMI (Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak, 2018).

Setiap kejadian gempabumi yang terjadi memiliki satu nilai percepatan tanah pada wilayah tersebut. Percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration (*PGA) adalah nilai percepatan tanah terbesar di suatu tempat yang diakibatkan oleh getaran gempabumi dalam periode waktu tertentu (Hadi, 2012).

Bencana gempabumi dapat diminimalisir dengan upaya mitigasi secara dini dan optimal, salah satu upaya mitigasi yang perlu dilakukan adalah dengan membuat peta *hazard* gempa yang bermanfaat dalam menggambarkan efek gempa pada suatu lokasi yang akan membantu dalam rangka antisipasi dan minimalisasi korban jiwa maupun kerugian materi (Sieh dan Natawidjaja, 2000).

Berdasarkan uraian latar belakang di atas peneliti tertarik mengambil judul **"Estimasi Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempa di Kota Padang Berdasarkan Skenario Gempabumi *Megathrust* Mentawai Menggunakan Metode *Deterministik*"**

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana persebaran nilai percepatan tanah maksimum (PGA) di Kota Padang berdasarkan skenario gempabumi *Megathrust* Mentawai pada zona subduksi?
2. Bagaimana persebaran nilai intensitas gempa (MMI) di Kota Padang berdasarkan skenario gempabumi *Megathrust* Mentawai pada zona subduksi?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui persebaran nilai percepatan tanah maksimum (PGA) di Kota Padang berdasarkan skenario gempabumi *Megathrust* Mentawai pada zona subduksi.
2. Mengetahui persebaran nilai intensitas gempa (PGA) di Kota Padang berdasarkan skenario gempabumi *Megathrust* Mentawai pada zona subduksi.

D. Manfaat Penelitian

1. Sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang.
2. Kontribusi keilmuan Geografi di bidang Kebencanaan dan Mitigasi beserta Sistem Informasi Geografi (SIG) dalam menganalisis fenomena spasial.
3. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah data pendukung untuk mitigasi bencana gempabumi wilayah Kota Padang dari sumber gempa terbaru.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Pendekatan Geografi

Terdapat tiga pendekatan yang digunakan dalam ilmu geografi (Bintarto dan Surastopo, 1991: 12):

a. Pendekatan Keruangan

Pendekatan keruangan menekankan analisis pada variasi distribusi dan lokasi dari gejala-gejala atau kelompok gejala-gejala di permukaan bumi. Pendekatan keruangan menyangkut pola-pola proses dan struktur dikaitkan dengan dimensi waktu maka analisisnya bersifat horizontal.

b. Pendekatan Kelingkungan

Pendekatan ekologi adalah suatu metodologi untuk mendekati, menelaah menganalisa suatu gejala atau suatu masalah dengan menerapkan konsep dan prinsip-prinsip ekologi. Studi mengenai interaksi antara organisme hidup dengan lingkungan merupakan pengertian dari ekologi dalam suatu ekosistem. Interaksi kehidupan manusia dengan faktor-faktor fisiknya yang membentuk sistem keruangan yang menghubungkan suatu region lainnya dikaji dalam geografi.

c. Pendekatan Kewilayahan

Pendekatan kewilayahan atau pendekatan kompleks wilayah merupakan kombinasi antara pendekatan kelingkungan dengan

pendekatan keruangan. Pada pendekatan ini diperhatikan pula mengenai penyebaran fenomena tertentu (pendekatan keruangan) dan interaksi antara variabel manusia dan lingkungannya untuk kemudian dipelajari kaitannya sebagai pendekatan kelingkungan.

Pendekatan geografi yang dipakai dalam penelitian ini adalah pendekatan keruangan karena pada penelitian ini menganalisis sebaran nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas gempa di Kota Padang berdasar skenario gempabumi di *Megathrust* Mentawai.

2. Konsep Geografi

Dalam ilmu geografi juga dikenal adanya sepuluh konsep geografi yang meliputi:

a. Konsep Lokasi

Lokasi sangat berkaitan dengan keadaan sekitarnya yang dapat memberi arti sangat menguntungkan ataupun merugikan.

b. Konsep Jarak

Jarak ini mempunyai arti penting bagi kehidupan sosial dan ekonomi. Jarak berkaitan erat dengan arti lokasi dan upaya pemenuhan kebutuhan atau keperluan pokok kehidupan, pengangkutan barang dan penumpang. Jarak dapat dinyatakan sebagai jarak tempuh baik yang dikaitkan dengan waktu perjalanan yang diperlukan ataupun satuan biaya angkutan.

c. Konsep Keterjangkauan

Keterjangkuan juga berkaitan dengan kondisi medan atau ada tidaknya sarana angkutan atau komunikasi yang dapat dipakai. Tempat tempat yang memiliki keterjangkuan tinggi akan mudah mencapai kemajuan dan mengembangkan perekonomiannya.

d. Konsep Pola

Konsep pola berkaitan dengan susunan bentuk atau persebaran fenomena dalam ruang muka bumi, baik fenomena alami (misalnya jenis tanah, curah hujan, persebaran, vegetasi) ataupun fenomena sosial budaya (misalnya permukiman, persebaran penduduk, pendapatan, mata pencaharian).

e. Konsep Morfologi

Morfologi menggambarkan perwujudan daratan muka bumi sebagai hasil pengangkatan atau penurunan wilayah. Bentuk daratan merupakan perwujudan wilayah yang mudah digunakan untuk usaha usaha perekonomian.

f. Konsep Aglomerasi

Aglomerasi merupakan kecendrungan persebaran yang bersifat mengelompok pada suatu wilayah yang relatif sempit yang paling menguntungkan baik karena kesejenisan gejala maupun adanya faktor-faktor yang menguntungkan.

g. Konsep Nilai Kegunaan

Nilai kegunaan fenomena atau sumber-sumber di muka bumi bersifat relatif artinya tidak sama bagi semua orang atau golongan penduduk tertentu.

h. Konsep Interaksi

Interaksi merupakan peristiwa saling mempengaruhi daya-daya objek, tempat satu dengan tempat lainnya. Setiap tempat mengembangkan potensi sumber dan kebutuhan yang tidak selalu sama dengan apa yang ada di tempat lain, oleh karena itu selalu terjadi interaksi antara tempat yang satu dengan tempat yang lainnya.

i. Konsep Diferensiasi Areal

Setiap tempat atau wilayah terwujud sebagai hasil integrasi berbagai unsur atau fenomena lingkungan baik yang bersifat alam maupun kehidupan. Integrasi fenomena menjadikan suatu tempat mempunyai corak individualitas tersendiri sebagai suatu region yang berbeda dari tempat lain.

j. Konsep Keterkaitan Keruangan

Konsep keterkaitan keruangan atau asosiasi keruangan menunjukkan derajat keterkaitan persebaran suatu fenomena dengan fenomena yang lain di suatu tempat atau ruang, baik yang menyangkut fenomena alam maupun kehidupan sosial.

Konsep yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsep lokasi, konsep jarak, dan konsep pola. Konsep jarak dalam penelitian ini adalah

jarak titik pusat gempabumi dengan titik pengamatan gempabumi. Konsep lokasi adalah lokasi pusat gempabumi yang akan terjadi yaitu di *Megathrust* Mentawai. Konsep pola dalam penelitian ini berkaitan dengan jenis kelas situs tanah yang ada di Kota Padang.

3. Gempabumi

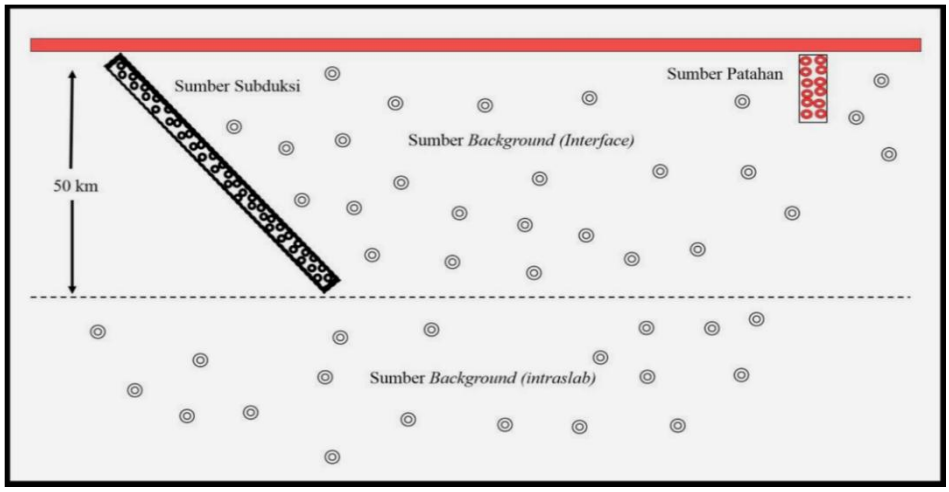
Pada hakikatnya gempabumi adalah getaran atau serentetan getaran dari kulit bumi yang bersifat tidak abadi/sementara dan kemudian menyebar ke segala arah (Howel, 1969). Gempabumi juga merupakan hentakan besar yang terjadi sekaligus akibat penimbunan energi elastik atau strain dalam waktu yang lama secara kontinuitas akibat dari adanya proses pergerakan lempeng benua dan samudera. Sesungguhnya, kulit bumi bergetar secara kontinyu walaupun relatif sangat kecil. Getaran tersebut tidak dikatakan sebagai gempabumi karena sifat getarannya terus menerus, sedangkan gempabumi memiliki waktu awal dan akhir terjadinya sangat jelas (Mulyo, 2004).

Gempabumi adalah pergerakan (bergesernya) lapisan batu bumi yang berasal dari dasar atau bawah permukaan bumi. Tektonik Keragaman muka bumi dipengaruhi oleh adanya gerakan-gerakan di kerak bumi, baik gerakan mendatar maupun gerakan tegak. Gerakan-gerakan tersebut mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang menghasilkan pola baru yang disebut struktur diastropik. Bentuk baru yang termasuk dalam struktur diastropik adalah pelengkungan, pelipatan, patahan, dan retakan. Pelengkungan: lapisan kulit bumi yang semula mendatar jika mendapat

tekanan vertikal akan membentuk struktur melengkung. Lengkungan tersebut dapat mengarah ke atas yang disebut kubah (*dome*) dan dapat mengarah ke bawah yang disebut *basin* (Sunarjo, dkk.,2010).

4. Sumber Gempabumi

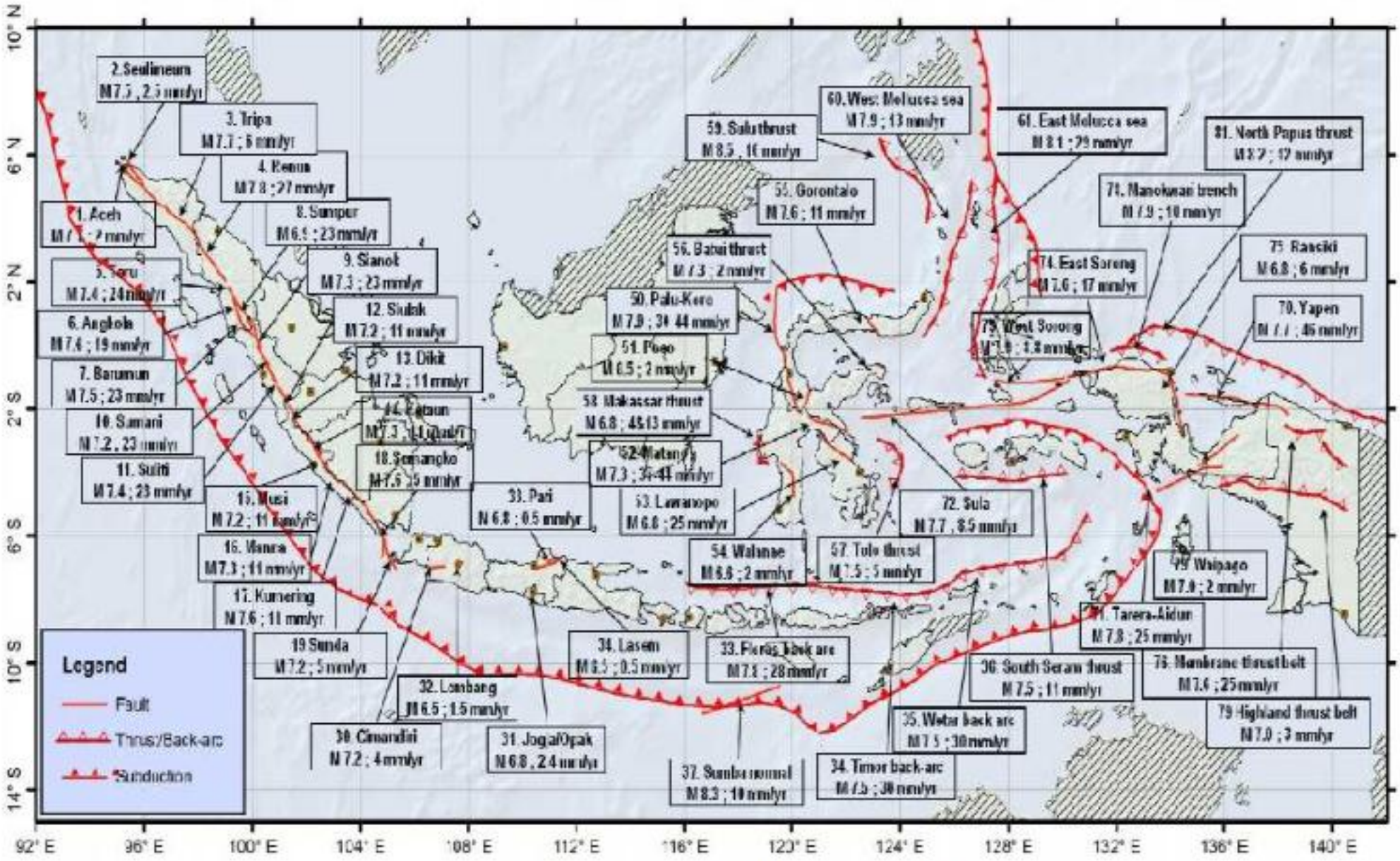
Zona sumber gempa merupakan area yang mempunyai derajat gempa yang sama, dimana di setiap titik di zona tersebut memiliki kemungkinan yang sama akan terjadinya gempa di masa mendatang. Sumber gempa dari zona *fault* atau sesar yang terdapat di lempeng tektonik dalam perkembangannya mengalami pergerakan dan memberikan kontribusi terhadap kejadian gempa, selain itu 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.



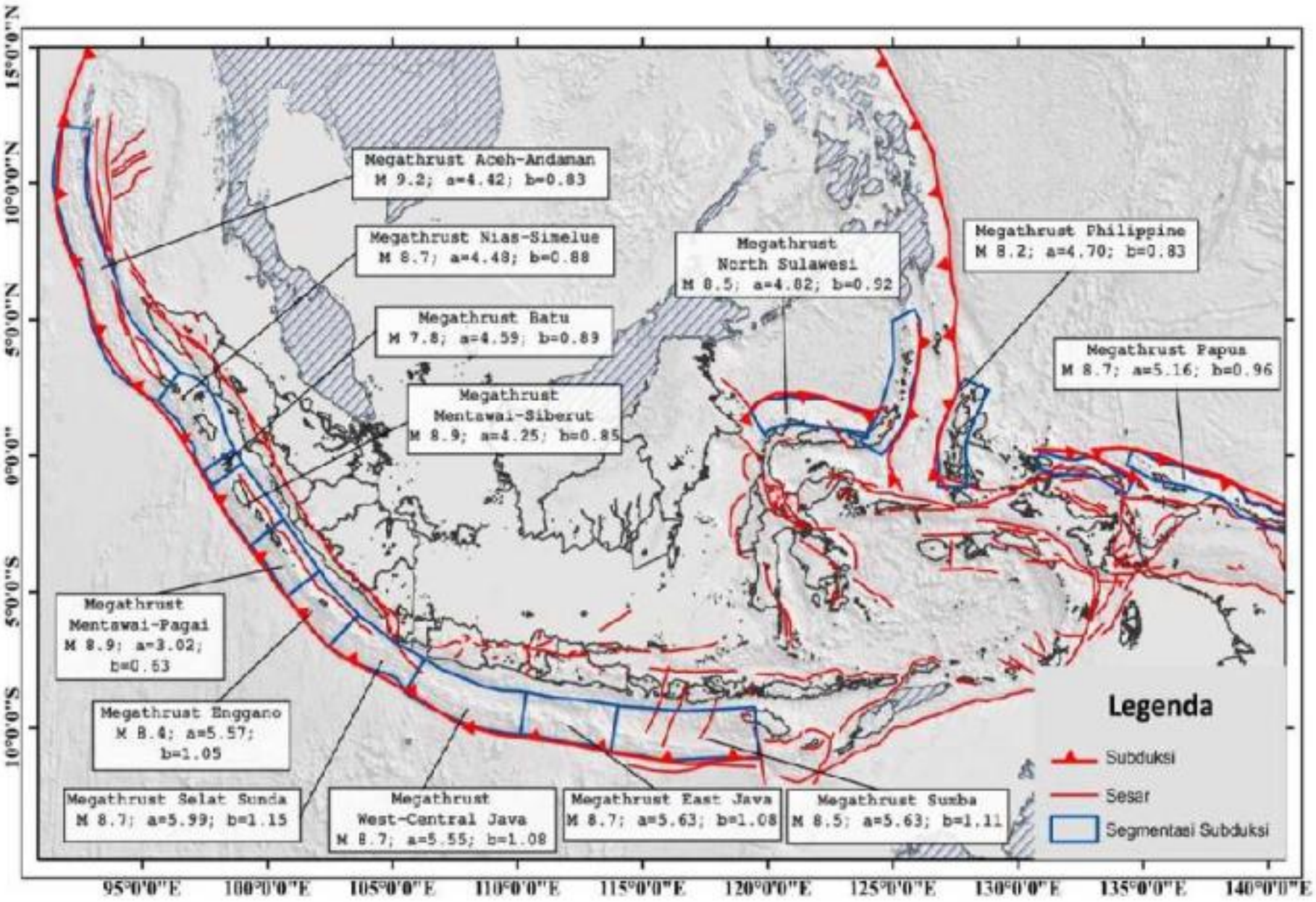
Gambar 1. Ilustrasi Sumber Gempa
Sumber: Irsyam, 2007

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

a. 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 2 di bawah ini.
b. 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 max* untuk model karakteristik yang diambil dari data historis. Batas kedalaman maksimum dari sumber gempa ini dimodelkan hingga 50 km atau merupakan daerah *megathrust*, seperti pada gambar 3 di bawah ini.
c. Zona *background* yaitu sumber gempa yang belum diketahui secara jelas. Tetapi pada tempat tersebut di dapat adanya beberapa kejadian gempa yang belum diketahui sesar (Kramer dan Steven, 1996).



Gambar 2. Peta Sumber Gempa Indonesia Tahun 2017
Sumber: Pusat Studi Gempa Nasional Tahun 2017



Gambar 3. Peta Sumber Gempa Indonesia Tahun 2017
Sumber: Pusat Studi Gempa Nasional Tahun 2017

5. Kecepatan Gelombang Geser (V_{s30})

Kecepatan gelombang geser atau V_{s30} merupakan kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30m dari permukaan. Menurut Roser dan Gosar (2010) nilai V_{s30} digunakan untuk menentukan klasifikasi batuan berdasarkan kekuatan getaran gempabumi 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. Lapisan-lapisan batuan sampai kedalaman 30 m saja yang menentukan pembesaran gelombang gempa (Wangsadinata, 2006). Nilai Vs30 dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$Vs30 = \frac{\sum_{i=1}^{m} ti}{\sum_{i=1}^{m} ti/Vsi}$$

Dimana:

i : indeks pelapisan

m : jumlah per lapisan hingga kedalaman 30 meter

ti : ketebalan lapisan ke i

Vs30 : kecepatan gelombang geser pada kedalaman 30 meter.

V_{s30} merupakan parameter geoteknik yang sangat berguna untuk analisis gelombang seismik. Karakteristik atau sifat batuan sangat dibutuhkan untuk menganalisis sifat dinamis batuan, sehingga kekakuan batuan, dan kuat geser tanah dapat diketahui, dengan mengukur kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter. Pembagian klasifikasi situs

untuk klasifikasi kecepatan gelombang geser atau V_{s30} dapat di lihat pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Klasifikasi Kelas Situs Tanah berdasarkan SNI 1726:2012

Kelas Situs Tanah	Deskripsi Umum	Vs30 (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

Sumber: SNI 1726:2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung

*Vs30 = Kelas situs tanah (m/s)

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 risiko 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.

6. Percepatan Tanah Maksimum (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 (*Gravitational Acceleration* = g) atau m/s^2 (1 *g* = 9,81 m/s^2atau dalam gal dimana 1 gal sama dengan 0,01 m/s^2 1 *g* = 981 gal). Nilai percepatan tanah maksimum yang dihasilkan menunjukkan tingkat risiko bencana yang terjadi. Nilainya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan mitigasi bencana, desain struktur bangunan dan rencana tata ruang. 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).

7. Deterministic Seismik Hazard Analysis (DSHA)

Ada dua 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 *probabilistic*

(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 empat 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).

8. Fungsi Atenuasi

Data yang tidak tersedianya 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. 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:

a. Persamaan GMPE BCHYDRO (2012) (untuk sumber gempa subduksi)

$$\ln (Sa_{Interface}) = \Theta_1 + \Theta_4 \Delta C_1 + (\Theta_2 + \Theta_3 (M - 7.8)) \ln (R_{rup} + C_4 \exp (\Theta_9 (M-6))) + \Theta_6 R_{rup} + f_{mag} + F_{faba} + f_{site} \quad \ldots\ldots (2)$$

$$f_{mag} = \Theta_4 + [M - (C_1 + \Delta C_1)] + \Theta_{13} (10 - M)^2$$

Dengan:

f_{site} = 0 (Interface)

= 1 (Interslab)

f_{faba} = 0 (Kelas situs tanah tidak diketahui)

= 1 (Kelas situs tanah diketahui)

C_1 = 7,8

Sa = *spectral acceleration* (g)

Θ_1 = 4,2203

Θ_2 = -1,350

Θ_3 = 0,1

Θ_4 = 0,9

Θ_9 = 0,4

ΔC_1 = 0,2

R_{rup} = Jarak

M = *Moment magnitude*

b. Atkinson-Boore BC *rock and global source subduction*. (Atkinson dan Boore, 2003)

$$\text{Log } Y = C_1 + C_2 M + C_3 h + C_4 R - g \log R + C_5 sl\ Sc + C_6 sl\ S_D + C_7 sl\ S_E \ldots\ldots (3)$$

$$R = \sqrt{D_{fault}{}^2 + \Delta^2} \ldots\ldots (4)$$

$$\Delta = 0.00724x10^{0.507M} \ldots\ldots (5)$$

$$sl = 1\ for\ PGA_{rx} \leq 100\ {}^{cm}/_{S}\ dan\ f \leq 1Hz \ldots\ldots (6)$$

$$g = 10^{1.2-0.18M} \ldots\ldots (7)$$

Keterangan:

M : Momen magnitudo

D_{fault} : Jarak terdekat subduksi *megathrust* ke site

h : Kedalaman subduksi

C_1 = 2,991

C_2 = 0,03525

C_3 = 0,00759

C_4 = -0,00206

C_5 = 0,19

C_6 = 0,24

C_7 = 0,29

Dengan beberapa *site class* untuk mengetahui variabel S_C, S_D dan S_E, adalah sebagai berikut:

Class A: V_{S30}>760m/s (S_C=0, S_D=0, dan S_E=0)

Class B: 360m/s<V_{S30}≤760m/s (S_C=1, S_D=0 dan S_E=0)

Class C: 180m/s≤V_{S30}≤360m/s (S_C=0, S_D=1 dan S_E=0)

Class D: V_{S30}<180m/s (S_C=0, S_D=0 dan S_E=1)

c. Zhao dkk., *with variable V_{S30}* (Zhao dkk., 2006)

Log (g) = a Mw + bx – log e(r) + e(h-hc)δ_h + F_R + S_I + S_S +S_{SL} Log e(x) + Ck... (8)

$r = x + e^{dM_w}$……..…….... (9)

Keterangan:

M_W = Momen magnitudo

x = Jarak terdekat subduksi ke site

h = Kedalaman subduksi

a = 1,101

b = -0,00564

c = 0,0055

d = 1,080

e = 0,01412

F_R = 0,251

S_I = 0

S_S = 2,607

S_{SL} = -0,528

Variabel C_K digunakan berdasarkan nilai V_{S30} pada daerah tersebut, seperti di bawah:

Rock : 600m/s<V_{S30}<1100m/s (gunakan C_1 = 1,111)

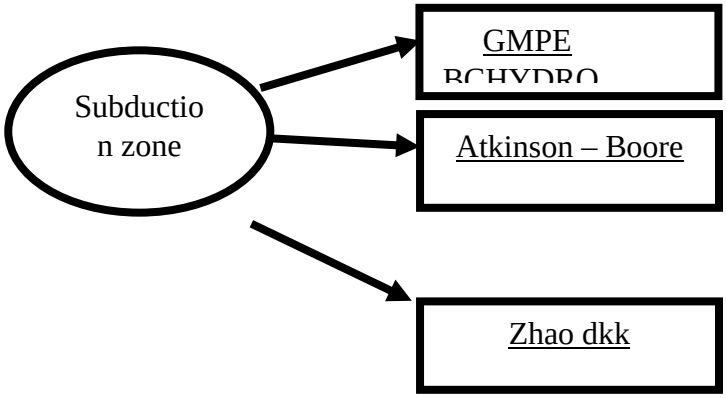
Hardsoil : 300m/s<V_{S30}≤600m/s (gunakan C_2 = 1,344)

Mediumsoil : 200m/s<V_{S30}≤300m/s (gunakan C_3 = 1,355)

Softsoil : V_{S30}≤200m/s (gunakan C_4 = 1,420)

9. 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*. Adanya model *treatment* ini, data, parameter sumber gempa, dan model atenuasi yang digunakan bisa diakomodir dengan bobot sesuai dengan ketidakpastiannya. Menggunakan *logic tree* dalam satu analisis risiko 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 subduksi seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Model *logic tree* untuk sumber gempa subduksi (*Megathrust*).

Sumber: (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2017).

10. Intensitas Gempa

Intensitas gempa adalah ukuran kerusakan akibat gempabumi berdasarkan hasil pengamatan efek gempabumi terhadap manusia, struktur bangunan dan lingkungan pada tempat tertentu. Besarnya intensitas di suatu tempat tidak tergantung dari besarnya kekuatan gempabumi (*magnitude*) saja namun juga tergantung dari besarnya jarak tempat tersebut ke sumber gempabumi dan kondisi geologi setempat, (Atsumi, 2011).

Intensitas berbeda dengan magnitude karena intensitas adalah hasil pengamatan visual pada suatu tempat tertentu sedangkan, magnitude adalah hasil pengamatan instrumental menggunakan seismograf. Pada suatu kejadian gempabumi besarnya intensitas pada tempat yang berbeda dapat sama atau berlainan sedangkan besarnya magnitude selalu sama walaupun dicatat atau dirasakan di tempat yang berbeda (Atsumi, 2011).

Terdapat beberapa macam skala pengukuran intensitas yaitu: skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI) yang di akui menurut standar internasional, skala intensitas *Medvedev Sponheur Karnik* (MSK) yang sejak 1992 di ubah menjadi *European Macroseismic Scale* (EMS) yang digunakan di Eropa bagian timur, skala intensitas Japan *Meteorological Agency* (JMA) yang digunakan di Jepang dan skala intensitas *Rossi Forel* (RF) yang digunakan di Cina (Sunarjo,dkk 2010).

Tabel 2. Skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI)

SKALA (MMI)	AKIBAT
I	Getaran tidak dirasakan kecuali dalam keadaan hening oleh beberapa orang.
II	Getaran dirasakan oleh beberapa orang yang tinggal diam, lebih-lebih di rumah tingkat atas. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang.
III	Getaran dirasakan nyata dalam rumah tingkat atas. Terasa getaran seakan ada truk lewat, lamanya getaran dapat ditentukan.
IV	Pada siang hari dirasakan oleh orang banyak dalam rumah, di luar oleh beberapa orang. Pada malam hari orang terbangun, piring dan gelas dapat pecah, jendela dan pintu berbunyi, dinding berderik karena pecah-pecah. Kacau seakan-akan truk besar melanggar rumah, kendaraan yang sedang berhenti bergerak dengan jelas.
V	Getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk, orang banyak terbangun. Jendela kaca dan plester dinding pecah, barang-barang terpelanting, pohon-pohon tinggi dan barang-barang besar tampak bergoyang. Bandul lonceng dapat berhenti.
VI	Getaran dirasakan oleh semua penduduk, kebanyakan terkejut dan lari keluar, kadang-kadang meja kursi bergerak, plester dinding dan cerobong asap pabrik rusak. Kerusakan ringan.
VII	Semua orang keluar rumah, kerusakan ringan pada rumah-rumah dengan bangunan dan konstruksi yang baik. Cerobong asap pecah atau retak-retak. Goncangan terasa oleh orang yang naik kendaraan.

SKALA (MMI)	AKIBAT
VIII	Kerusakan ringan pada bangunan-bangunan dengan konstruksi yang kuat. Retak-retak pada bangunan yang kuat. Banyak kerusakan pada bangunan yang tidak kuat. Dinding dapat lepas dari kerangka rumah, cerobong asap pabrik-pabrik dan monumen-monumen roboh. Meja kursi terlempar, air menjadi keruh, orang naik sepeda motor terasa terganggu.
IX	Kerusakan pada bangunan yang kuat, rangka-rangka rumah menjadi tidak lurus, banyak lubang-lubang karena retak-retak pada bangunan yang kuat. Rumah tampak bergeser dari pondasinya, pipa-pipa dalam tanah putus.
X	Bangunan dari kayu yang kuat rusak, rangka-rangka rumah lepas dari pondasinya, tanah terbelah, rel melengkung. Tanah longsor di sekitar sungai dan tempat-tempat yang curam serta terjadi air bah.
XI	Bangunan-bangunan kayu sedikit yang tetap berdiri, jembatan rusak, terjadi lembah. Pipa dalam tanah tidak dapat dipakai sama sekali, tanah terbelah, rel melengkung sekali.
XII	Hancur sama sekali. Gelombang tampak pada permukaan tanah, pemandangan menjadi gelap, benda-benda terlempar ke udara.

Sumber: Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017

B. Penelitian yang Relevan

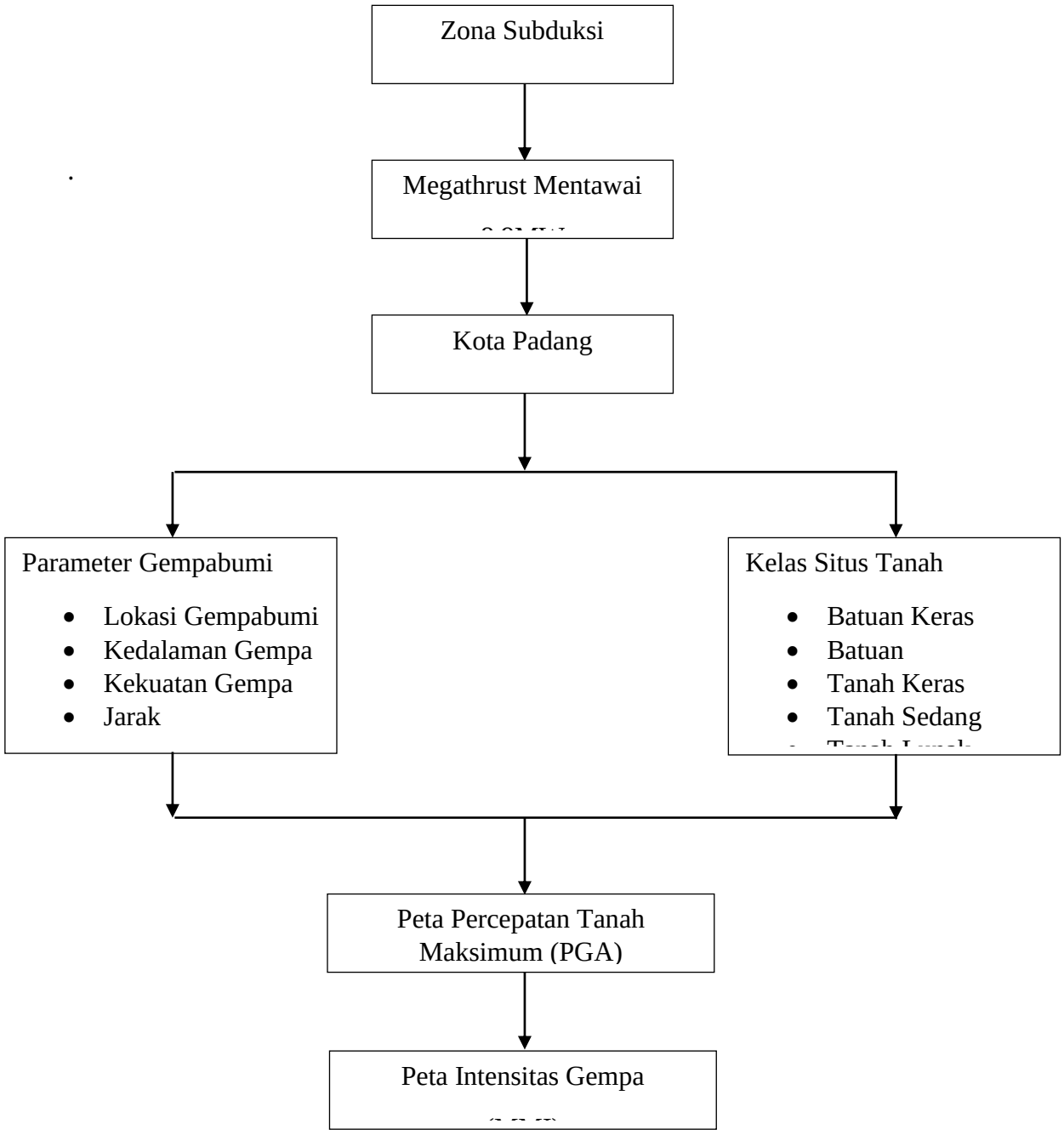
Penelitian yang relevan menyatakan uraian tentang pendapat atau hasil penelitian yang terdahulu dan kaitannya dengan permasalahan yang akan ditemukan. Hasil-hasil studi yang relevan dengan penelitian peneliti antara lain:

1. Lia Vivi Farida (2017) "Analisis Bahaya Gempabumi *Deterministic* dengan Pendekatan *Peak Ground Acceleration* (PGA) dari Patahan Musi dan Zona Siberut *Megathrust* terhadap Kota Bengkulu", dalam penelitian ini mengatakan bahwa diperoleh nilai Vs30 antara 213, 25 m/s hingga 437, 37 m/s dan nilai PGA batuan dasar antara 0,11 g hingga 0,16 g serta nilai PGA permukaan antara 0,13 g hingga 0,34 g.

2. Dwi Pujiastuti (2017) “Estimasi Intensitas Gempabumi dan Percepatan Tanah Maksimum Kota Padang Berdasarkan Data Historis Gempa 1976-2016 di Wilayah Mentawai”, dalam penelitian ini mengatakan bahwa nilai percepatan tanah maksimum terbesar di Kota Padang akibat gempa di wilayah *interplate* segmen Mentawai berkisar antara 57,89 cm/s^2 sampai 119,69 cm/s^2.

C. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual merupakan bagian yang paling menggambarkan alur pemikiran penelitian dalam memberikan penjelasan kepada orang lain. Untuk memecahkan suatu masalah dengan jenis, sistematis, terarah diperlukan teori-teori yang mendukung. Untuk itu perlu disusun kerangka teori yang menunjukkan dari sudut manakah masalah yang telah dipilih akan disorot. Kerangka konseptual menunjukkan alur penelitian yaitu Estimasi Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempa di Kota Padang Berdasarkan Skenario Gempabumi di *Megathrust* Mentawai Menggunakan Metode *Deterministik.*



Gambar 5. Kerangka Konseptual

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini menghasilkan kesimpulan berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, adapun hasil kesimpulan yang dapat ditarik sebagai berikut:

1. Persebaran nilai percepatan tanah maksimum (PGA) di Kota Padang akibat gempabumi pada zona subduksi Mentawai dengan kedalaman 10 km dan kekuatan gempa 8,9 Mw memiliki variasi rentang antara 0,25 g – 0,72 g. Nilai percepatan tanah maksimum tertinggi dengan rentang 0,46 g - 0,72 g mencakup Kecamatan Nanggalo, Kuranji, Padang Utara Padang Timur, Padang Barat, dan Padang Selatan. Sedangkan nilai percepatan tanah maksimum terendah dengan rentang 0,25 g - 0,26 g mencakup Kecamatan Lubuk Kilangan dan Kecamatan Pauh.
2. Persebaran nilai intensitas gempa (MMI) di Kota Padang akibat gempabumi pada zona subduksi Mentawai dengan kedalaman 10 km dan kekuatan gempa 8,9 Mw memiliki nilai 7 dan 8 MMI. Daerah yang memiliki intensitas gempa yang paling besar dengan nilai 8 MMI adalah Kecamatan Nanggalo, Padang Utara, Padang Timur, Padang Barat, Kuranji, Padang Selatan, Lubuk Begalung, Bungus Teluk Kabung, sebagian wilayah Koto Tangah, Pauh, dan Lubuk Kilangan, serta menimbulkan dampak berupa getaran yang dirasakan keras (*severe*) dan kerusakan potensial yang dihasilkan sedang hingga besar (*moderate to heavy*), retakan pada bangunan yang kuat, dinding dapat lepas dari kerangka rumah, cerobong asap pabrik

dan monumen roboh, dan lain-lain. Daerah dengan nilai intensitas gempa 7 MMI adalah sebagian wilayah Kecamatan Koto Tangah, Pauh, Lubuk Kilangan, dan sebagian kecil wilayah Bungus Teluk Kabung, serta menimbulkan dampak getaran yang dirasakan sangat kuat (*very strong*) dan kerusakan potensial yang dihasilkan sedang (*moderate*), kerusakan ringan pada rumah–rumah dan konstruksi bangunan, cerobong asap pecah/retak dan guncangan akan terasa oleh orang yang naik kendaraan, dan lain-lain

B. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil kesimpulan diatas:

1. Perlu dilakukan upaya penelitian lebih lanjut tentang perhitungan nilai percepatan tanah (PGA) dengan menggunakan metode dan rumus yang berbeda, serta pengkajian lebih lanjut terkait analisis yang tepat digunakan untuk membuat peta persebaran nilai percepatan tanah (PGA) di ArcGIS agar dapat menjadi pembanding dan evaluasi.
2. Perlu dilakukan mitigasi bahaya gempa yang dilakukan oleh pihak yang bekerja pada bidang ini. Hal ini dilakukan agar bangunan–bangunan yang ada di Kota Padang siap untuk meminimalisir bahaya yang ditimbulkan akibat gempa *Megathrust* ini.

DAFTAR PUSTAKA

Abrahamson, N., Gregor, N. and Addo, K., 2012. *BC Hydro ground motion prediction equations for subduction earthquakes*. Earthquake Spectra, 32(1), pp.23-44.

Atkinson, G.M. dan Boore, D.M., 2003. *Empirical Ground-Motion Relations for Subduction-Zone Earthquakes and Their Application to Cascadia and Other Regions*. Earthquake Spectra, nomor 4, pp. 1703–1729.

Atsumi, T., Midorikawa, S., Miura, H., 2011, *Strong Motion Records From The 2011 off The Pacific Coast of Tohoku Earthquake*, Japan.

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2018. *Katalog Gempabumi signifikan dan merusak 1821-2017 per tahun*. Jakarta: Pusat Gempabumi dan Tsunami BMKG.

Badan Pusat Statistik Kota Padang. 2017. *Kota Padang Dalam Angka*. Padang: BPS

Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2012. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung SNI 1726:2012*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Bintarto dan Suratopo, Hadisumarno. 1991. *Metode Analisa Geografi*. Jakarta: LP3ES.

Hadi, ArifIsmul., Muhammad Farid, dan Yulian Fauzi. 2012. *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah dan Indeks Kerentanan Seismik Akibat Gempabumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu*. Bengkulu: Ilmu Fisika Universitas Bengkulu

Howel, 1969, dalam Nandi, 2006, *Handout Geologi Lingkungan: Gempa Bumi*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.

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*. Kementerian Pekerjaan Umum.

Irwansyah, E. dan Winarko, E., 2012. *Zonasi Daerah Bahaya Kegempaan Dengan Pendekatan Peak Ground Acceleration (PGA)*. Yogyakarta: UPN Veteran.

Kanai, K. 1983. *Seismology in Engineering*. University of Tokyo Press, Japan

Kramer dan Steven, L., 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*. *Upper Saddle River, New Jersey* 07458: Prantice Hall, Inc.

Michael H. Walizer & Paul L Wienir, (1993), *Metode dan Analisis Penelitian: Mencari Hubungan*, Jilid 2, Erlangga, Jakarta.

Minster, J.B. dan Jordan, T.H., 1978., Present- day plate motions. Journal of Geophysical Research 83. ISSN: 0148-0227.

Mulyo, Agung. 2004. *Pengantar Ilmu Kebumian Untuk Pengetahuan Geologi Untuk Pemula*. Bandung: CV. Pustaka Setia.

Nazir, Moh. 2009. Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia

Roser, J. dan Gosar. A., 2010. *Determination of Vs30 for seismic ground classifications in the Ljubljana area*. Slovenia: Acta Geotechnica Slovenia.

Sieh, K. dan Natawidjaja, D., 2000. Neotectonics of Sumatra Fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research Vol. 105, 28,295-28,326*.

Sunarjo, Gunawan, M. T., Pribadi, S., 2010, *Gempa Bumi Edisi Populer*, Jakarta: BMKG.

Tim Pusat Studi Gempa Nasional., 2017. *Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*.

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*. Universitas Diponegoro.

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.