

**PEMETAAN BAHAYA GEMPABUMI DETERMINISTIK DENGAN
PENDEKATAN *PEAK GROUND ACCELERATION* (PGA)
DI KOTA PADANG**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang*



OLEH :

**ZAIMI NETRISA
NIM/BP. 14034022/2014**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

PERSETUJUAN SKRIPSI

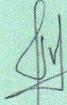
PEMETAAN BAHAYA GEMPABUMI DETERMINISTIK DENGAN
PENDEKATAN *PEAK GROUND ACCELERATION* (PGA)
DI KOTA PADANG

Nama : Zaimi Netrisa
TM/NIM : 2014/14034022
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 13 Agustus 2018

Disetujui oleh:

Pembimbing I



Syafriani, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19740305 199802 2 001

Pembimbing II

Rahmat Triyono, ST, Dipl. Seis, M.Sc
NIP. 19810207 200312 1 001

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si
NIP. 19690120 199303 2 002

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Zaimi Netrisa
Tm/NIM : 2014/14034022
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

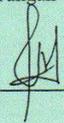
dengan judul

PEMETAAN BAHAYA GEMPABUMI DETERMINISTIK DENGAN
PENDEKATAN *PEAK GROUND ACCELERATION* (PGA)
DI KOTA PADANG

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 13 Agustus 2018

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Syafriani, M. Si, Ph. D	1. 
2. Sekretaris: Rahmat Triyono, S.T., Dipl. Seis, M. Sc	2. _____
3. Anggota : Dr. Ahmad Fauzi, M.Si	3. 
4. Anggota : Drs. Letmi Dwiridal, M.Si	4. _____

SURAT PERNYATAAN

dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul "Pemetaan Bahaya Gempabumi Deterministik dengan Pendekatan *Peak Ground Acceleration* (PGA) di Kota Padang" adalah asli karya saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 13 Agustus 2018
Yang membuat pernyataan



Zaimi Netrisa
NIM/TM. 14034022/2014

ABSTRAK

Zaimi Netrisa, 2018: Pemetaan Bahaya Gempabumi Deterministik dengan Pendekatan *Peak Ground Acceleration* (PGA) di Kota Padang

Sumatera Barat memiliki potensi terjadinya gempabumi dikarenakan berada pada zona Subduksi, sesar Mentawai dan sesar Sumatera. Secara umum Kota Padang terdapat struktur batuan, yang mana struktur batuan yang berada di daerah penelitian yang berarah barat laut hingga tenggara untuk memprediksi skenario terburuk pada gempabumi. Gempabumi yang terjadi di Sumatera Barat bagian daratan telah terjadi gempabumi yang signifikan dan merusak sebanyak 6 kali. Salah satu parameter yang dihasilkan akibat gempabumi adalah percepatan tanah maksimum. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat bahaya gempabumi, jenis tanah dan hasil peta bahaya gempabumi di Kota Padang.

Jenis penelitiannya yaitu penelitian deskriptif dengan menggunakan data sekunder berupa data gempabumi yang diperoleh dari Stasiun Geofisika BMKG Padang Panjang. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data gempabumi bersumber dari katalog gempabumi yang bertepatan di Kota Padang dari BMKG Padang Panjang. Metode yang digunakan yaitu metode DSHA, pada dasarnya bertujuan untuk mengembangkan skenario gempabumi yang ditentukan oleh jarak dan magnitudo yang berefek terhadap lokasi. DSHA memiliki konsep dasar untuk menentukan parameter *ground motion* dengan menggunakan magnitudo gempabumi maksimum dan jarak sumber gempabumi paling dekat dari titik pengamatannya.

Berdasarkan hasil pemetaan pada peta Kota Padang berada pada ketiga tingkat dari kategori bahaya yaitu bahaya kecil, sedang dan besar dan keadaan tanah yaitu lunak, sedang dan keras. besar terdapat dengan warna merah berada di ORG nilai PGA 280,67 gal, SRC nilai PGA 270,5 gal, APT nilai PGA 262,65 gal, CMN nilai PGA 265,12, Kampung Cina nilai PGA 298,22 gal, GOV nilai PGA 290,84 gal, dan Lap.Imam Bonjol nilai PGA 344,58 gal dengan ketetapan intensitas (MMI) >VII. Warna kuning tingkat bahaya sedang berada di SMO nilai PGA 194 gal, GOR nilai PGA 182,15 gal dan UNP nilai PGA 215,10 gal dengan ketetapan intensitas (MMI) VI-VII. Warna hijau tingkat bahaya kecil berada di ADS nilai PGA 149,17 gal dan BRI nilai PGA 149,17 gal dengan ketetapan intensitas (MMI) <VI dengan nilai PGA <170. Keadaan tanah lunak hanya terdapat di SRC, ORG, APT, UNP dan GOR, karena berada di dekat pinggir pantai. Nilai PGA yang didapat secara manual ada yang tidak sama dengan ketetapan nilainya.

Kata Kunci: Gempabumi, DSHA dan PGA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan, kekuatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **Pemetaan Bahaya Gempabumi Deterministik Dengan Pendekatan Peak Ground Acceleration (PGA) di Kota Padang**. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dan merupakan penelitian Ibu Syafriani, Ph.D, dkk pada skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2018 dengan kontrak 1247/UN35.2/PG/2018 dengan judul Studi Kegempaan dan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Tomography Gelombang Permukaan untuk Usaha Mitigasi Bencana Gempabumi di Sumatera Barat.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Syafriani, M.Si.,Ph.D sebagai Pembimbing I dan Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Rahmat Triyono, ST,Dipl. Seis, M.Sc.. Sebagai Pembimbing II.
3. Bapak Dr.Ahmad Fauzi, M.Si, Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si, sebagai Tim Penguji.

4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Yohandri, M.Si.,Ph,D sebagai sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Yohandri, M.Si.,Ph,D selaku Penasehat Akademis.
7. Bapak Rahmat Triyono, S.T.,Dipl.Seis.,M.Sc selaku Kepala Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang.
8. Bapak Hamdy Arifin, S.Si sebagai Pembimbing Lapangan
9. Bapak dan Ibu staff Stasiun BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) Klas I Padang Panjang.
10. Bapak dan Ibu staf pengajar serta staf administrasi dan Laboran Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Padang.
11. Kedua orangtua penulis yang selalu mendukung dan mendoakan penulis.
12. Serta seluruh pihak yang telah berkontribusi dan telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Skripsi ini masih terdapat kekurangan yang belum penulis sadari. Kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan dari semua pihak untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Padang, Agustus 2018

Zaimi Netrisa

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Masalah.....	6
F. Definisi Istilah	6
G. Manfaat Penelitian	7
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Gempabumi	8
1. Pengertian Gempabumi	8
2. Bahaya Gempabumi	11
3. Jenis-jenis Gempabumi	12
4. Parameter Gempabumi	15
B. Tatanan Tektonik Sumatera.....	17

C. Kecepatan Gelombang Permukaan (V_{s30})	20
D. Metode Deterministik Seismic Hazard Analysis (DSHA)	24
E. Fungsi Atenuasi	27
F. <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA).....	29
G. Penelitian Relevan	30
H. Kerangka Berpikir Penelitian	31
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	34
B. Variabel penelitian	34
C. Data Penelitian	34
D. Teknik pengumpulan Data	35
a. Menentukan Titik-titik Persebaran Pengukuran	35
b. Menghitung Besar Nilai PGA	35
c. Menentukan Elevasi dan Slope	35
d. Membuat Peta Rawan Gempabumi	36
E. Teknik Analisa Data.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	37
B. Pembahasan	47
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	51
B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53

LAMPIRAN	56
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Mekanisme Terjadinya Gempabumi	10
Gambar 2. Skema Jenis Pertemuan Lempeng Tektonik	13
Gambar 3. Peta Tektonik Pulau Sumatera	17
Gambar 4. Empat Segmen Patahan Aktif di Sumatera Barat	19
Gambar 5. Kerangka Berpikir Penelitian	32
Gambar 6. Peta Titik Pengukuran di Kota Padang	39
Gambar 7. Peta Sebaran Nilai PGA di Kota Padang	41
Gambar 8. Grafik Sebaran Nilai PGA di Kota Padang	42
Gambar 9. Peta Kontur Slope dan Elevasi	43
Gambar 10. Peta Rawan Gempabumi di Kota Padang	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Kelas Indikator Bahaya Gempami	12
Tabel 2. Klasifikasi Relief Kemiringan Lereng dan Ketinggian	22
Tabel 3. Klasifikasi <i>Site Class</i> Berdasarkan NEHRP	23
Tabel 4. Perbedaan DSHA dan PSHA	25
Tabel 5. Data gempabumi tahun 2008-2016 dengan magnitudo >5	36
Tabel 6. <i>Site Class</i> Pada Nilai Vs30 Kota Padang	37
Tabel 7. Data Nilai Vs30 Kota Padang	38
Tabel 8. Hasil Sebaran Nilai PGA di Kota Padang	40

LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Menghitung Jarak Episenter Gempabumi	55
Lampiran 2. Perhitungan jarak hiposenter gempabumi (R)	55
Lampiran 3. Perhitungan jarak episenter (D) hiposenter gempabumi (R)	56
Lampiran 4. Menentukan Nilai PGA dan Tingkat Bahaya Gempabumi di Kota Padang	57
Lampiran 5. Menentukan nilai PGA Rawan Gempabumi di Kota Padang dengan Magnitudo >5	58
Lampiran 6. Menentukan Kelas Tanah Berdasarkan Gelombang Geser (V_{S30}) di Kota Padang	59

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia dilalui oleh tiga lempeng yaitu lempeng Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik. Sepanjang barat Sumatera, selatan Jawa, selatan Nusa Tenggara, dan berakhir di Laut Banda terdapat lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik berada di Laut Maluku dan berakhir di Laut Banda. Pergerakan lempeng Pasifik dengan kecepatan kurang lebih 120 mm/tahun ke arah barat daya yang menumpuk ketepian utara pulau Papua Nugini-Irian Jaya Barat hingga ke timur Sulawesi bagian tepinya. Indonesia terdapat beberapa sesar yang masih aktif. Sesar tersebut terletak di dekat zona subduksi atau zona seismik. Zona subduksi ini bisa dibayangkan dengan wilayah yang rawan terhadap gempa bumi, oleh sebab itu Indonesia sering terjadi bencana seperti gempa bumi (Bock, 2003).

Gempa bumi merupakan bergetarnya permukaan bumi disebabkan oleh lapisan batuan yang patah karena ketidakmampuan batuan menahan energi dari pergerakan lempeng tektonik. Terjadinya gempa bumi mengakibatkan kerugian, seperti kerusakan rumah, barang-barang berharga, putusnya jalan tol, banyaknya korban yang meninggal dan ada luka-luka. Kerusakan yang terjadi oleh gempa bumi ditentukan oleh parameter-parameter gempa bumi yang menggunakan metode pendekatan *Peak Ground Acceleration* (PGA) atau dengan nilai percepatan tanah maksimum.

Nilai PGA dihitung berdasarkan magnitudo dan jarak sumber gempa bumi yang terjadi pada titik pengukuran. Percepatan tanah maksimum adalah nilai terbesar yang terjadi di wilayah yang disebabkan oleh gempa bumi. Semakin besar nilai PGA diakibatkan gempa bumi maka semakin besar pula intensitas gempa bumi yang dirasakan. Hal ini dapat berguna untuk meminimalisir kerugian yang telah disebabkan oleh gempa bumi. Parameter gempa bumi didapatkan dengan pengukuran secara langsung dengan menggunakan alat *Accelerograph* atau rumusan empiris. Nilai PGA di Kota Padang menggunakan rumusan empiris dari fungsi atenuasi.

Sumatera Barat terletak di pantai Sumatera yang berdekatan dengan zona subduksi, yaitu zona pertemuan 2 lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia. Selain itu di Sumatera Barat juga terdapat patahan Sumatera yang masih aktif. Terjadinya gempa bumi diakibatkan oleh adanya pergerakan segmen sesar aktif yaitu sesar Sumpur, sesar Mentawai, sesar Suliti dan sesar Sumani menurut Natawidjaja (2000). Segmen-segmen ini terbentang dari Solok Selatan hingga daerah Rao di Kabupaten Pasaman. Kondisi geologis ini yang menyebabkan terjadinya gempa bumi di Sumatera Barat. Sumatera Barat memiliki catatan tentang gempa bumi yang terjadi akibat adanya pergerakan segmen yang telah di jelaskan sebelumnya. Berdasarkan katalog Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Sumatera Barat bagian daratan telah terjadi gempa bumi yang signifikan dan merusak sebanyak 6 kali, diantaranya gempa bumi Singkarak pada tanggal 28 Juni 1926 dengan magnitudo 7.6 SR yang mengakibatkan salah satu bagian Danau Singkarak

ambias dan ada beberapa orang yang terluka. Tanggal 09 Juni 1943 dengan magnitudo 7.4 SR di bawah Danau Singkarak dan menghasilkan pergeseran secara horizontal sejauh 1 m. Tanggal 09 Maret 1977 tepatnya berada di Pasaman dengan magnitudo 5.5 SR. Tahun 2004 gempa bumi telah terjadi di segmen Sumani pada tanggal 16 Februari 2004 dengan magnitudo 5.6 SR dan di segmen Sianok terjadi pada tanggal 06 Maret 2007 dengan koordinat 0.48° LS- 100.97° BT dengan magnitudo 6.4 SR (Triyono, R. BMKG).

Pengetahuan tentang salah satu tektonik adalah parameter-parameter gempa bumi, dan ini sangatlah mengingatkan bahwa masyarakat harus peduli terhadap bahaya dari gempa bumi yang dapat mengancam keselamatan di setiap waktu. Bahaya merupakan segala kondisi yang dapat merugikan baik dengan cedera bagi masyarakat maupun kerugian lainnya. Jadi bahaya adalah suatu kondisi yang bisa mengancam dimana biasanya disebabkan oleh berbagai macam yang dilakukan oleh manusia sendiri. Bahaya gempa bumi juga dirasakan oleh warga Kota Padang, dimana Kota ini sering terjadi gempa bumi seperti halnya pada tanggal 30 September 2009 silam. Bahaya gempa bumi terdapat pada tingkat dari bahaya itu sendiri, yang terdiri dari kecil, sedang dan besar. Tingkatan bahaya gempa bumi di Kota Padang dapat ditentukan dengan melihat hasil tabel 1 tingkatan indikator bahaya gempa bumi. Salah satu gempa bumi yang pernah terjadi di Sumatera Barat yaitu di kota Padang.

Kota Padang berada di pantai barat Pulau Sumatera sekaligus ibu kota dari provinsi Sumatera Barat, Indonesia. Wilayah kota Padang ini merupakan gerbang barat Indonesia dari Samudera Hindia. Kota Padang memiliki wilayah

yang seluas berkisar 694,96 km² dengan kondisi geografis yang berbatasan dengan ketinggian laut dan dikelilingi oleh perbukitan yang tingginya mencapai kira-kira 1.853 mdpl. Secara umum Kota Padang terdapat struktur batuan, yang mana struktur batuan tersebut yang berada di daerah penelitian yang berarah barat laut hingga tenggara untuk memprediksi skenario terburuk pada gempabumi.

Kota Padang berdekatan dengan pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Hal ini lah yang dapat memicu terjadinya gempabumi yang telah pernah terjadi dengan magnitudo 7.6 SR pada pukul 17.16 WIB, yang terjadi di pantai Sumatera, dengan kedalaman 50 km barat laut Kota Padang yang terjadi pada tanggal 30 September 2009 dengan koordinat 0.81⁰ LS-99.97⁰ BT ataudi ± 57 km barat daya Kota Pariaman, dengan kedalaman 71 km (Fauzi, 2010). Menurut data yang didapat dari Satkorlak PB, banyak orang yang tewas sekitar 1.117, luka ringan sekitar 1.688, luka berat sekitar 1.214, orang hilang 1 orang dan 135.448 rumah warga yang rusak berat, 78.604 rumah warga rusak ringan dan 65.380 rumah warga yang rusak sedang, dan oleh sebab itu Kota Padang termasuk kota rawan terhadap bencana gempabumi dengan sumber gempa yang merusak. Gempabumi yang merusak di Kota Padang dapat di prediksi melalui metode *deterministik hazard*.

Metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) memiliki kelebihan yang biasa digunakan untuk memprediksi terjadinya gerakan gempabumi pada skenario terburuk. Metode ini dilakukan untuk menentukan parameter gerakan atau getaran pada tanah yang terjadi pada lokasi pengamat

dengan menggunakan metode atenuasi (Irsyam,2010). Analisis DSHA dan PSHA ini saling melengkapi satu dengan yang lain. Hasil DSHA dapat diverifikasikan dengan PSHA untuk memastikan bahwa kejadian tersebut msaih realistis atau mungkin saja terjadi. Menurut Mc Guirre (1993), *Seismic Hazard Analysis* merupakan cara yang umum digunakan untuk memperkirakan tingkat intensitas gerakan tanah yang berhubungan dengan kejadian gempabumi, sehingga menjadi masukan mendasar dalam proses pengambilan keputusan untuk mitigasi kerugian akibat gempabumi.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “PemetaanBahaya Gempabumi Deterministik dengan Pendekatan *Peaak Ground Acceleration* (PGA) di Kota Padang”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka dapat diambil identifikasinya yaitu:

1. Sumatera Barat merupakan daerah yang termasuk sangat rawan terhadap bencana seperti gempabumi, karena berada di daerah zona subduksi, Sesar Mentawai, dan Sesar Sumatera.
2. Gempabumi yang terjadi di Kota Padang termasuk dalam ketiga kategori gempabumi yaitu merusak kecil, sedang dan merusak berat dan dapat merugikan masyarakat setempat.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan di Kota Padang, Sumatera Barat.

- a. Secara geografis wilayah penelitian ini yang bertepatan di Sumatera Barat dengan koordinat diantara 3.5°LS - 1.8°LU dan 95°BT - 103.5°BT . Titik koordinat kota Padang diantara $0^{\circ}57'0''\text{LU}$ $100^{\circ}21'11''\text{BT}$ / $0,95^{\circ}\text{LS}$ $100,35306^{\circ}\text{BT}$.
- b. Data yang digunakan adalah data gelombang geser (V_{S30}) di Kota Padang dan data gempabumi Februari 2008-September 2016 yang didapatkan dari BMKG Padang Panjang.

D. Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang, didapatkan rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana manentukan tingkat bahaya pada peta gempabumi di kota Padang?

E. Tujuan

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan untuk manentukan tingkat bahaya pada peta gempabumi di kota Padang

F. Definisi Istilah

Berikut ini merupakan daftar istilah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Percepatan tanah maksimum adalah nilai percepatan tanah terbesar yang pernah terjadi disuatu tempat yang di akibatkan oleh gempabumi.

2. Gempabumi adalah suatu getaran di permukaan bumi yang disebabkan oleh lapisan batuan yang patah karena ketidakmampuan batuan menahan energi dari pergerakan lempeng.
3. Deterministik adalah sumber gempabumi dengan skenario terburuk dari satu segmen patahan.

G. Manfaat

- a. Memberikan informasi tentang bahaya gempabumi deterministik dengan pendekatan *Peak Ground Acceleration* (PGA) di Kota Padang.
- b. Mengetahui sebaran nilai PGA untuk menentukan tingkat kegempaan di Kota Padang.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Gempabumi

1. Pengertian Gempabumi

Gempabumi adalah peristiwa bergetarnya atau bergoyangnya permukaan bumi yang disebabkan oleh lapisan batuan yang patah karena ketidakmampuan batuan menahan pelepasan energi oleh gelombang seismik secara tiba-tiba dari pergerakan lempeng tektonik. Pelepasan tersebut yang mengakibatkan terjadinya deformasi pada lempeng tektonik yang terdapat di kerak bumi (Hartuti,2009).Gempa-gempa kuat di kawasan Sumatera banyak bersumber dari daerah dasar lautan Hindia, kawasan yang terletak dengan garis pantai barat Sumatera. Daerah subduksi ini merupakan bagian dari busur Sunda, sebuah garis batas selatan dari lempeng besar Eurasia. Dari daerah ini memberikan gempa besar sejak tahun 1756. Secara rata-rata tercatat sebuah gempa besar selalu terjadi 27 tahun sekali (Faisal,2003). Gempa kuat sebesar $M_w=9.0$ terjadi pada tahun 1833 yang menyebabkan tsunami sepanjang 550 km di pantai barat bagian tengah sampai selatan Sumatera (Zachariassen dkk,1999 dalam faisal.2012).

Tipe pertemuan lempeng-lempeng tektonik ini dibagi menjadi beberapa macam, yaitu:

a. Divergen

Merupakan lempeng tektonik yang saling menjauh. Contohnya pematang Tengah Atlantik yang membujur dari utara ke selatan di sepanjang Samudera Atlantik, membatasi Benua Eropa dan Afrika dengan Benua Amerika. (Hedi, *Lempeng Tektonik*).

b. Konvergen

Merupakan lempeng tektonik yang saling bertumbukan dimana salah satu lempeng yang densitasnya lebih besar akan menyusup di bawah lempeng lain yang densitasnya lebih ringan dan membentuk zona subduksi. Contohnya pegunungan Andes di Amerika Selatan adalah salah satu pegunungan yang terbentuk antara Lempeng Nazka Amerika Selatan. (Hedi, *Lempeng Tektonik*).

c. Transform

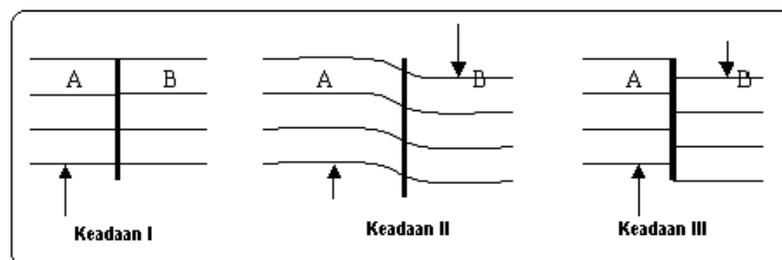
Merupakan pertemuan lempeng tektonik yang bergerak secara lateral, satu melewati yang lainnya sehingga lapisan baru tidak terbentuk atau lapisan lama tidak rusak (Atmojo, 2009). Contohnya Sesar San Andreas di California, USA. Merupakan pertemuan antara lempeng Amerika Utara yang bergerak ke arah tenggara dan Lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat laut. (Hedi, *Lempeng Tektonik*)

Gempabumi tidak lain merupakan manifestasi dari getaran lapisan batuan yang patah yang energinya menjalar melalui badan dan permukaan bumi berupa gelombang seismik. Energi yang dilepaskan pada saat terjadinya patahan tersebut dapat berupa energi deformasi, dan energi gelombang. Energi deformasi ini dapat terlihat pada perubahan bentuk sesudah terjadinya patahan,

misalnya pergeseran energi yang gelombangnya sedang menjalar melalui medium elastis yang dilewatinya dan dapat dirasakan sangat kuat di daerah terjadinya gempa bumi tersebut.

Teori yang menjelaskan mekanisme terjadinya gempa bumi yang dikenal sebagai "*Elastic Rebound Theory*". Dijelaskan dalam teori ini bahwa gempa bumi terjadi pada daerah deformasi dimana terdapat dua buah gaya yang bekerja dengan arah berlawanan pada batuan kulit bumi. Energi yang tersimpan selama proses deformasi berbentuk elastis *strain* dan akan terakumulasi sampai melampaui daya dukung batas maksimum batuan, hingga akhirnya menimbulkan rekahan atau patahan. Saat terjadi rekahan atau patahan tersebut energi yang tersimpan tersebut sebagian besar akan dilepaskan dalam bentuk gelombang ke segala arah baik dalam bentuk gelombang transversal maupun longitudinal.

Mekanisme terjadinya gempa bumi dapat dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar1. Mekanisme Terjadinya Gempabumi (Bullen, 1965 ; Bolt, 1998)

Keadaan I menunjukkan bahwa bentuk dari perubahan geologi suatu lapisan yang belum terjadi. Karena gerakan gempabumi yang terus menerus terjadi didalam bumi, maka mampu merubah bentuk geologi dari lapisan batuan yang akan terdapat stress.

Keadaan II menunjukkan lapisan yang mengandung stress dan terjadi perubahan bentuk geologinya. Wilayah A stress ke atas dan wilayah B ke bawah. Gesekan antara wilayah A dan B berubah cukup besar apabila proses ini berjalan terus menerus sampai terjadi stress. Lama kelamaan batuan yang menahan stress tidak mampu lagi dan terjadi patahan dengan pergerakan yang terjadi secara tiba-tiba. Inilah yang disebut dengan gempabumi.

Keadaan III menunjukkan adanya pergerakan yang tiba-tiba dari lapisan batuan tersebut dan mengalami patahan. Gerakan sesar yang perlahan-lahan berjalan terus menerus dan proses yang sudah ada akan dilubangi dengan selang waktu yang lama akan terjadi gempabumi.

2. Bahaya Gempabumi

Gempabumi banyak menimbulkan bahaya bagi masyarakat, dimana bahaya gempabumi adalah segala sesuatu yang berupa kerugian yang akan didapatkan dari suatu kejadian. Bahaya sering juga disebut dengan ancaman. Bahaya merupakan segala kondisi yang dapat merugikan baik dengan cedera bagi masyarakat maupun kerugian lainnya. Jadi bahaya adalah suatu kondisi yang bisa mengancam dimana biasanya disebabkan oleh berbagai macam yang dilakukan oleh manusia sendiri. Bahaya gempabumi juga di rasakan oleh warga Kota Padang, dimana Kota ini sering terjadi gempabumi seperti halnya pada tanggal 30 September 2009 silam di Kota Pariaman. Bahaya itu terdiri dari beberapa yaitu, bahaya alam, bahaya karena ulah manusia. Bahaya yang terjadi di Kota Padang yang sudah terjadi dapat dikatakan dengan bahaya alam.

Bahaya gempabumi dapat diindikasikan dengan tabel kelas yang menggunakan Skala Intensitas (MMI) dan Nilai Percepatan Tanah (PGA), yang tingkatannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Kelas Indikator Bahaya Gempami

No	Kelas Bahaya	Intensitas (MMI)	Nilai Percepatan %	Nilai Percepatan (gal)
1	Kecil	< VI	<0.15	<170
2	Sedang	VI – VII	0.15 – 0.20	171 – 256
3	Besar	>VII	>0.20	>257

Sumber: Oktariadi (2009)

Tabel diatas dapat mempermudah untuk menganalisis bahaya gempabumi yang telah terjadi. Tingkatan bahaya gempabumi ini dapat di lihat dari nilai PGA suatu data gempabumi tersebut.

3. Jenis- Jenis Gempabumi

Menurut proses terjadinya gempabumi, gempabumi dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu:

a. Gempa Tektonik

Gempabumi ini disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng-lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga besar. Gempa ini banyak menimbulkan kerusakan atau bencana alam di bumi. Gempabumi tektonik disebabkan oleh perlepasan (tenaga) yang terjadi karena pergeseran lempengan plat tektonik dimana ada tekanan antar lempeng. Semakin lama tekanan itu kian membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan dimana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempengan. Saat itulah gempabumi akan terjadi.

Menurut kedalaman sumber gempa (h), gempabumi dapat digolongkan atas:

- 1) Gempa dangkal, yaitu gempabumi dengan kedalaman (h) 0-65 km.
- 2) Gempa menengah, yaitu gempabumi dengan kedalaman (h) 65-450 km
- 3) Gempa dalam, yaitu gempabumi dengan kedalaman (h) >450 km

Berdasarkan proses terjadinya, gempa bumi dibagi menjadi :

- 1) Gempa penduluan, amplitudonya kecil dan terjadi sebelum gempa besar atau gempa utama.
- 2) Gempa utama amplitudonya besar sehingga dapat dirasakan oleh manusia
- 3) Gempa susulan, terjadi beberapa menit atau jam setelah gempa utama. Gempa ini lemah, kadang-kadang terjadi berulang.

Berdasarkan kekuatannya atau magnitudo (M):

- 1) Gempabumi sangat besar dengan magnitudo lebih besar dari 8 SR
- 2) Gempabumi besar dengan magnitudo antara 7 hingga 8 SR
- 3) Gempabumi merusak dengan magnitudo antara 5 hingga 6 SR
- 4) Gempabumi sedang dengan magnitudo antar 5 hingga 6 SR
- 5) Gempabumi kecil dengan magnitudo 3 hingga 4 SR
- 6) Gempabumi mikro dengan magnitudo 1 hingga 3 SR
- 7) Gempabumi ultra mikro dengan magnitudo lebih kecil dari 1 SR

4. Parameter Gempabumi

a. Waktu Terjadinya (*Origin Time*)

Origin Time atau terjadinya gempabumi adalah waktu pelepasan energi pertama kali terjadi pada lempeng tektonik bumi yang mengalami tekanan akibat tumbukan atau gesekan.

b. Hyposenter

Hyposenter adalah pusat gempabumi yang berada didalam permukaan bumi. Penentuan kedalaman sumber gempa ditentukan dan pembacaan seismogram setengah amplitudo maksimum dari gelombang P pada komponen vertikal.

c. Episenter

Episenter adalah gempabumi yang berada di permukaan bumi sebagai proyeksi dari fokus gempabumi didalam bumi yang tegak lurus terhadap hyposenter.

d. Magnitudo

Magnitudo merupakan skala kekuatan gempabumi yang menunjukkan besarnya energi yang dilepaskan saat terjadi gempabumi. Besarnya magnitudo didasarkan pada hasil pengamatan seismogram dan dinyatakan *Skala Richter (SR)*.

Jenis-jenis magnitudo gempabumi menurut Krisbudianto (2009:10) antara lain:

1) Ms

Ms adalah satuan magnitudo *surface* yang dihitung dari amplitudo gelombang permukaan. Dan untuk gelombang permukaan khususnya pada gempa bumi lokal biasanya sulit dicari karena telah bercampur dengan gelombang sekunder. Pada umumnya perhitungan amplitudonya diambil dari komponen horizontal gelombang *Rayleigh*.

2) Mb

Mb merupakan magnitudo yang dihitung berdasarkan amplitudo gelombang body. Magnitudo ini digunakan pada suatu kejadian gempa bumi dengan jarak 16^0 sampai 120^0 .

3) MI

MI adalah satuan magnitudo lokal dihitung berdasarkan pada logaritma amplitudo gempa bumi, pada jarak yang diketahui dari epicenter. Magnitudo bersifat lokal sehingga rumusan magnitudonya hanya berlaku untuk satu wilayah tertentu.

4) Md

Md merupakan satuan magnitudo durasi yang merupakan fungsi total durasi sinyal seismik.

5) Mo

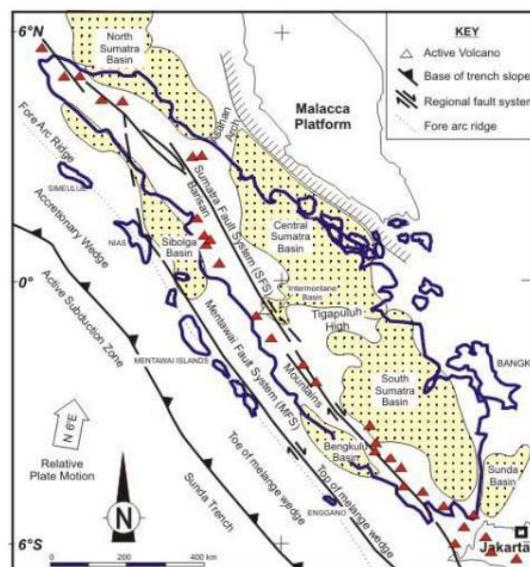
Mo merupakan satuan magnitudo dihitung berdasarkan momen seismik yang diditipasi dari dimensi pergeseran bidang sesar gelombang gempa bumi yang terekam pada stasiun.

e. Intensitas

Intensitas adalah besaran yang menunjukkan kekuatan gempa bumi berdasarkan kerusakan. Skala ini lebih subjektif karena nilainya tergantung pada orang yang mengamatinya. Namun saat ini alat untuk menentukan besarnya intensitas sudah dikembangkan yaitu berdasarkan nilai percepatan tanah di suatu daerah, sehingga skala yang di dapat lebih objektif.

B. Tatanan Tektonik Sumatera

Pulau Sumatera di batasi oleh lempeng konvergen antara dua lempeng yang *rigid* adalah lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Lempeng Indo-Australia bergerak ke utara-timur laut dan mendorong lempeng Eurasia. Pergerakan relatif dari lempeng-lempeng tersebut mengakibatkan terjadinya peningkatan energi disepanjang *interface*. Secara umum, Sumatera terdapat tiga sistem tatanan tektonik yaitu, Zona Subduksi, Mentawai Fault Sytem (MES) dan Sesar Sumatera. Peta tektonik di wilayah Sumatera di perlihatkan pada gambar 3 dibawah ini (Triyono, R.BMKG).



Gambar 3. Peta Tektonik Pulau Sumatera (Darman & Sidi, 2000)

a. Zona Subduksi

Indonesia dilalui oleh jalur subduksi lempeng tektonik India-Australia dan Eurasia memanjang dari pantai Sumatera sampai ke selatan Nusa Tenggara. Sumatera sistem subduksi dicirikan dengan menghasilkan rangkaian busur pulau depan yang non vulkanik. Zona subduksi dangkal terdapat pada lempeng India-Australia yang menunjam ke bawah lempeng Benua Eurasia dengan kecepatan $\pm 50-60\text{mm/tahun}$.

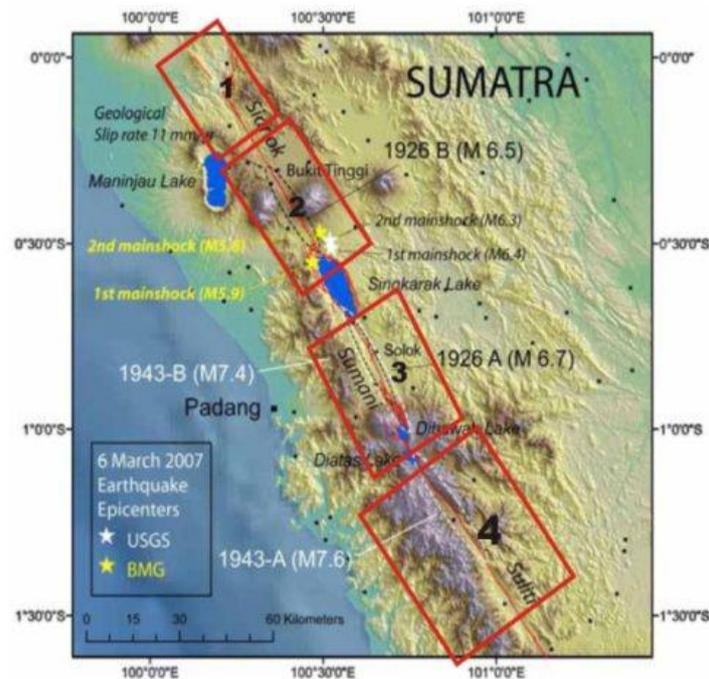
b. *Mentawai Fault System* (MES)

Mentawai Fault System terdapat pada tumbukan dua lempeng tektonik yang berada disebelah Sumatera Barat bagian barat pantai. *Mentawai Fault System* yaitu sesar mendatar disebabkan adanya proses penunjaman yang miring di sekitar Pulau Sumatera yaitu memanjang di sekitar laut pulau Mentawai dari Selatan hingga ke Utara hingga ke Utara Nias.

c. Sesar Sumatera

Sesar Sumatera terjadi karena lempeng India-Australia yang menabrak pulau Sumatera secara miring bagian barat sehingga menghasilkan tekanan pada pergerakan tersebut, maka terbentuklah sesar Sumatera yang membentang dari Lampung hingga Banda Aceh, dan terus ke Laut Andaman sampai Burma. Sesar Sumatera ini adalah wilayah yang rawan terhadap gempa bumi yang telah dijelaskan sebelumnya, dan sesar ini merupakan sesar strike slip berarah dekstral terdiri dari 20 segmen di sepanjang tulang punggung Sumatera (Sieh dan Natawidjaja.2000).

Beberapa segmen Sesar Sumatera yang membelah wilayah Sumatera Barat seperti gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Empat Segmen Patahan Aktif di Sumatera Barat(Wahyu Trisyoso & Natawidjaja.2000)

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bahwa Sumatera Barat terdiri dari empat segmen sesar (Triyono,R. BMKG) yaitu:

a. Segmen Sumpur ($0.1^{\circ}N \sim 0,3^{\circ}N$)

Segmen Sumpur terletak didaerah Rao, Lubuk Sikaping Kabupaten Pasaman. Segmen ini memiliki panjang patahan ± 35 km. Pergeseran segmen ini berkisar dari 23-24 mm/tahun. Gempabumi pernah terjadi pada segmen ini pada tahun 1977 dengan M 5.5R.

b. Segmen Sianok ($0.7^{\circ}S \sim 0.1^{\circ}N$)

Segmen Sianok terjadi beberapa kali gempa yang disignifikan mengakibatkan ada korban jiwa dan kerusakan ringan serta berat yaitu

terjadi pada 28 Juni 1926 dengan M 6.7 SR yang mana lebih dari 354 meninggal dan rumah rusak dan berat sedang 2.383 serta terdapat kerusakan di Danau Singkarak. Pada tanggal 16 Februari 2004 juga terjadi gempa bumi dengan M 5.6 SR yang berpusat di Gunung Rajo, dan timbulnya rekahan tanah di Gunung Rajo menuju Padang.

c. Segmen Sumani ($1.0^0S \sim 0.5^0S$)

Segmen ini memiliki panjang patahan ± 60 km, yang mana ujung utara segmen ini berada disisi utara Danau Singkarak, dan melintasi Daerah Kota Solok. Tercatat bahwa gempa bumi merusak pada 09 Juni 1943 dengan M 7.4 SR tepat berada dibawah Danau Singkarak.

d. Segmen Suliti ($1.75^0 \sim 1.0^0S$)

Segmen ini memiliki panjang patahan berkisar 90 km dengan pergeseran ± 23 mm/tahun. Dimana ujung utara dari segmen ini berada pada Danau Diatas dan Danau Dibawah Solok dengan lebar zona 4 km. Patahan Sumatera pada Segmen Suliti ini menelusuri lembah segmen Suliti ke tenggara hingga anak-anak Sungai Liki di barat laut Gunung Kerinci.

C. Kecepatan Gelombang Permukaan (V_{s30})

Getaran gelombang seismik pada batuan yang melewatinya akan berbeda-beda, itu tergantung pada jenis batuan. Berdasarkan nilai empiris, bahwa antara satu tempat dengan tempat lain memiliki karakteristik dinamik tanah yang berbeda-beda (Refrizon, dkk., 2012). Besar dari nilai V_{s30} nya tergantung pada parameter jenis tanah (Hartantyo dan Brotopuspito, 2012). Kecepatan gelombang permukaan (V_{s30}) didasarkan untuk penentuan kelas tanah.

Gelombang permukaan (V_{S30}) merupakan karakteristik kekakuan dan kekuatan tanah dari indikator yang baik. Pengukuran V_{S30} ini dilakukan secara langsung dengan kuantitas dan kualitas data yang baik, dapat memberikan informasi daerah mana saja yang mempunyai informasi potensi unuk mengalami amplifikasi gelombang yang lebih besar relatif dibandingkan wilayah lain untuk nilai V_{S30} .

Persamaan pengukuran V_S berbentuk sebagai berikut:

$$V_S = 30 \cdot N_{60}^{0.215} \cdot \sigma'_v{}^{0.275} \quad (1)$$

Dimana V_S adalah kecepatan gelombang geser dan N_{60} adalah rasio energi standar 60% dan σ'_v merupakan tegangan efektif.

Kecepatan gelombang permukaan didasarkan dengan penentuan kelas. Tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak adalah jenis dari penetapan tanah yang dapat ditentukan dengan kecepatan rambat gelombang geser (V_{S30}). Elevasi atau ketinggian dan kekerasan batuan yaitu berhubungan erat. Tingkat yang paling rendah berada pada sedimentasi yang terdapat cekungan merupakan endapan muda dan lunak, sedangkan pelapukan yang berlangsung secara intensif berada pada puncak bukit merupakan batuan yang keras dan tahap terhadap pelapukan. Menurut Zuidam klasifikasi relief berdasarkan kemiringan lereng dan ketinggian (Bermana 2006). Ketebalan lapisan sedimen di indikasikan dengan kemiringan lereng (*slope*). Endapan sedimen dalam suatu cekungan dibandingkan dengan material sedimen di lereng akan jauh lebih tipis.

Analisis kecepatan gelombang geser dapat mengetahui potensi kerusakan apabila gempa bumi terjadi. Disebabkan karena dampak kerusakan dari

gempabumi tidak hanya berdasarkan jarak episenternya dan besar kekuatan gempabumi tapi juga kondisi lokal daerah setempat. Menggambarkan kondisilokal daerah setempat merupakan salah satu dari metodenya adalah pemetaan nilai kecepatan gelombang geser (V_{S30}) (Susilanto dan Ngadmanto, 2015).

V_{S30} dapat diestimasi menggunakan pengukuran mikrotremor, dan juga berdasarkan geologi permukaan dan hasil geomorfologi. Menurut Matsuoka dan Wakamatsu (2006) perhitungan nilainya menggunakan nilai empiris V_{S30} yaitu:

$$\log V_{S30} = a + b \log Ev + c \log Sp + d \log Dm \pm \sigma \quad (2)$$

dengan V_{S30} merupakan kecepatan gelombang geser, Ev merupakan elevasi (ketinggian) dengan satuan (m), Sp merupakan tan Slope (kemiringan), σ merupakan konduktivitas lereng dan a,b,c,d merupakan nilai parameter serta Dm merupakan jarak antara gunung tersier dan pre-tersier (Matsuoka, dkk., 2006).

Menurut Van Zuidam klasifikasi relief kemiringan lereng dan ketinggian berdasarkan tabel 2 (Bermana, 2006).

Tabel 2. Klasifikasi Relief Kemiringan Lereng dan Ketinggian

Tipe	Satuan Relief	Kemiringan Lereng (%)	Beda Tinggi (meter)
I	Datar/ hampir datar	0-2	<5
II	Bergelombang/miring landai	3-7	5-50
III	Bergelombang/miring	8-13	51-75
IV	Berbukit bergelombang/miring	14-20	76-200
V	Berbukit tersayat tajam/terjal	21-55	200-500
VI	Pegunungan tersayat tajam/terjal	56-140	500-1000
VII	Pegunungan/sangat curam	>140	>1000

Mengindikasikan ketebalan lapisan sedimen disebut kemiringan lereng (*slope*). Kemiringan lereng lebih kecil dibandingkan dengan material hasil pelapukan yang tebal yang diendapkan, dan material sedimen di lereng akan jauh lebih tipis dibandingkan dengan endapan sedimen dalam satu cekungan. Sebab itu pada kemiringan lereng yang curam dan elevasi yang tinggi, nilai V_{s30} relatif lebih kecil karena pada daerah tersebut didominasi batuan yang keras (Athanasius dan Solikhin, 2015).

Menurut Vestappen dalam Hidayat (2014) mengatakan geomorfologi merupakan ilmu yang mempelajari bentuk lahan pembentuk muka bumi, baik didasar laut maupun didaratan dan menekan pada proses pembentukan serta konteksnya terhadap lingkungan. Lahan yang terdapat didalamnya seperti tanah dan kondisi sub-tanah dan stabilitas lereng, memiliki dampak penting pada pola distribusi bahaya gempa bumi yang ditempatkan oleh geomorfologi tersebut (Hidayat, 2014). V_{s30} merupakan parameter geoteknik yang berguna untuk menganalisa gelombang seismik. Karakteristik dari batuan juga dibutuhkan untuk menganalisa sifat dari dinamis batuan, sehingga kekakuan batuan yang kuat dapat menggeser tanah dan diketahui dengan mengukur kecepatan gelombang geser sehingga membentuk kedalaman 30 m. Berikut ini merupakan pembagian *Site Class* untuk sifat V_{s30} :

Tabel 3. Klasifikasi *Site Class* Berdasarkan NEHRP

Jenis Tanah	Deskripsi Umum	V_{s30}
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 bisa digunakan untuk memperkirakan bahaya gempa bumi dan penentuan standar bangunan tahan gempa bumi. Hal ini merupakan tahapan dasar yang diperlukan untuk mengurangi resiko dari gempa bumi.

D. Metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA)

Skenario terburuk dalam gerakan gempa bumi diprediksi dengan menggunakan metode *deterministik*. Metode ini tidak mempertimbangkan probabilitas saat gempa bumi terjadi dan terkait dalam berbagai ketidakpastian analisis (Kramer dan Steven, 1996). Metode DSHA pada dasarnya bertujuan untuk mengembangkan skenario gempa bumi yang ditentukan oleh jarak dan magnitudo yang berefek terhadap lokasi. Getaran tanah yang dihasilkan dengan parameter *event* gempa bumi yang telah ditentukan kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan atenuasi dalam beberapa kasus (Bommer, 2002).

DSHA dilakukan dengan menentukan parameter gerakan tanah pada lokasi pengamatan menggunakan fungsi atenuasi (Irsyam, 2010). DSHA memiliki konsep dasar untuk menentukan parameter *ground motion* dengan menggunakan magnitudo gempa bumi maksimum dan jarak sumber gempa bumi paling dekat dari titik pengamatannya.

Analisis probabilitas PSHA pada prinsipnya adalah analisis deterministik dengan berbagai macam skenario dan didasarkan tidak hanya pada parameter gempa yang menghasilkan pergerakan tanah terbesar. Perbedaan utamanya antara pendekatan DSHA dan PSHA adalah pada pendekatan probabilistik

(PSHA) yaitu frekuensi untuk setiap skenario pergerakan tanah yang akan terjadi juga diperhitungkan.

Oleh sebab itu, pendekatan PSHA juga bisa digunakan untuk memprediksi seberapa besar probabilistik kondisi atau skenario terburuk yang akan terjadi di lokasi studi. Metode ini memungkinkan untuk memperhitungkan dari pengaruh faktor-faktor ketidakpastian dalam analisis seperti ukuran, lokasi dan frekuensi kejadiannya gempa. Metode ini memberikan kerangka kerja yang berarah sehingga faktor-faktor ketidakpastiannya dapat diidentifikasi, diperkirakan, dan kemudian dapat digabungkan dengan metode pendekatan yang rasio untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang kejadian gempabumi tersebut (Irsyam, 2010).

Perbedaan metode deterministik DSHA dan probabilistik PSHA dapat dilihat pada tabel 3 yaitu:

Tabel 4. Perbedaan DSHA dan PSHA

Perbedaan	Deterministik	Probabilistik
Input/sumber gempa	Satu / beberapa skenario gempabumi dari satu segmen patahan	Semua sumber gempa di suatu wilayah, termasuk patahan dan subduksi
Prinsip	Prediksi besar guncangan yang terjadi di sekitar patahan tersebut saat terjadi gempa	Efek guncangan dari semua sumber gempa dihitung menggunakan teori probabilistik
Kalkulasi guncangan	Memakai formula empiris pedoman gelombang atau stochastic green function	Umumnya hanya memakai formula empiris peredaman gelombang
Output	Setiap peta disajikan untuk 1 skenario	Peta tingkat bahaya guncangan gempa untuk nilai probabilitas tertentu dan kurun waktu tertentu
	Biasanya mengambil skenario terburuk	Nilai besar bahaya ditentukan dari probabilitas dan periode waktu

Perbedaan	Deterministik	Probabilistik
Penggunaan	Untuk wilayah dekat patahan (fault)	Untuk peta bahaya gempabumi skala regional pilihan terbaik untuk wilayah yang jauh dari patahan aktif atau wilayah yang relatif stabil
	Diperlukan untuk analisis detail mekanisme gempa, penyaluran gelombang, dan efek geologi lokal	Bisa dipakai untuk membuat respon konstruksi besar terhadap probabilitas tingkat guncangan
	Asumsi skenario gempa tertentu dan menghasilkan analisis gelombang disamping peta	Memodelkan tingkat bahaya guncangan gempa dari semua sumber gempa dengan perhitungan probabilitas
Karakteristik	Untuk metode detail, bisa memperhitungkan berbagai kemungkinan mekanisme dan parameter patahan gempa	Tidak memperhitungkan detail faktor geologi lokal dan efek amplifikasinya secara waktu tertentu

Analisis DSHA dan PSHA ini saling melengkapi satu dengan yang lain.

Hasil DSHA dapat diverifikasi dengan PSHA untuk memastikan bahwa kejadian tersebut masih realistis atau mungkin saja terjadi. Sebaliknya, jika hasil analisis PSHA dapat diverifikasi oleh DSHA untuk memastikan bahwa analisis tersebut rasional (Tim Revisi Gempa Indonesia, 2010).

Metode pendekatan DSHA terdapat 4 tahapan diantaranya:

1. Melakukan identifikasi terhadap sumber-sumber gempabumi yang kemungkinan berpengaruh pada lokasi pengamatan.
2. Menentukan skenario parameter gempabumi dengan memilih magnitudo maksimum dan lokasi yang dekat dari sumber gempabumi yang akan menghasilkan dampak pada lokasi pengamatan.

3. Menentukan parameter gerakan tanah pada lokasi pengamatan menggunakan fungsi atenuasi.
4. Menentukan parameter gempabumi yang terbesar direncanakan akan terjadi pada lokasi pengamatan.

E. Fungsi Atenuasi

Fungsi atenuasi berguna untuk memprediksi hubungan empiris untuk parameter gempa yang melemah sejalan dengan bertambahnya jarak. Aplikasi resiko kegempaan dalam perencanaan bangunan tahan gempa disebut dengan alat fungsi atenuasi. Fungsi atenuasi memiliki beberapa faktor diantaranya:

1) Mekanisme gempa

Terjadinya pergeseran secara tiba-tiba lempeng tektonik yang mengakibatkan terlepasnya energi yang sangat besar biasanya terdapat pada gempa-gempa besar. Pergeseran lempeng tektonik terdapat di daerah subduksi atau pada patahan di permukaan bumi seperti patahan yang terjadi di patahan Semangko Sumatera.

2) Jarak episenter

Pada spektrum gempa yang tercatat pada batuan bentuknya pun berbeda-beda tergantung pada jarak episenternya.

3) Kondisi tanah lokal

Kondisi tanah yang lokal pada suatu daerah yang terdapat gelombang gempa biasanya mempunyai peran yang penting dalam menentukan respon pada daerah tersebut.

Pemilihan fungsi atenuasi berdasarkan kesamaan kondisi geologi dan tektonik dari wilayah dimana fungsi atenuasi dibuat. Fungsi atenuasi ini dengan model sumber gempabumi shallow *background* yaitu:

a. Boore-Atkinson (2008)

Fungsi ini berlaku untuk sumber gempabumi yang berada di daerah dangkal. Model ini dapat digunakan untuk $M=5-8$, $R_{JB} < 200\text{Km}$, dengan $V_s=180-1300\text{m/s}$. Parameter ini menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Ln}Y = F_M(M) + F_D(R_{JB}, M) + F_S(V_{S30}, R_{JB}, M) + \varepsilon \sigma_\tau \quad (3)$$

Dimana M merupakan momen magnitudo, R_{JB} merupakan jarak terdekat dari patahan, dan F_S merupakan variabel *strike*, dan F_D merupakan variabel *dipserta* ε merupakan standar deviasi. Rumusan Boore-Atkinson ini merupakan rumusan yang digunakan untuk parameter yang ada di suatu daerah tersebut.

b. Youngs (1997)

Fungsi ini digunakan untuk sumber gempabumi yang didaerah dangkal. Fungsi ini bisa digunakan untuk memprediksi atenuasi dengan magnitudo gempa $\geq 5,0$ dan jaraklokasi ke sumber yang diproyeksi pada permukaan 10-500 km, dengan bentuk persamaan sebagai berikut:

Untuk batuan (*rock*):

$$\text{Ln}(y) = 0,2418 + 1,414 M_w - 2,552 \ln [r_{rup} + 1,7818 e^{0,554 M_w}] + 0,00607 H + 0,3846 Z_t \quad (4)$$

Untuk tanah (*soil*):

$$\text{Ln}(y) = 0,6687 + 1,438 M_w - 2,329 \ln [R + 1,097 e^{0,617 M_w}] + 0,00648 H + 0,3643 Z_{ss} + 0,3846 Z_t \quad (5)$$

Dimana y adalah spectra acceleration (g), M_w merupakan momen magnitudo, dan R merupakan jarak terdekat dari patahan (km), H merupakan kedalaman (km), Z_t merupakan tipe sumber gempa (0 untuk interface, dan 1 untuk intraslab), dan Z_{ss} merupakan kedalaman kebatuan dasar (kecepatan dalam 30 m dari permukaan) (Irsyam, 2000).

F. *Peak Ground Acceleration (PGA)*

Percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration (PGA)* yaitu nilai percepatan tanah yang diukur selama gempabumi. PGA bisa dihitung dari besarnya magnitudo dan kedalaman gempa tersebut, dan kemudian dengan menggunakan rumusan atenuasi. Percepatan gelombang memiliki bidang gerak secara vertikal maupun horizontal. Kramer (1996) mengatakan nilai percepatan tanah diakibatkan oleh gempabumi yang akan menunjukkan gaya inersia yang akan bekerja pada massa struktur. Gaya inersia ini yang dimaksud adalah gaya yang ditimbulkan pada bangunan untuk mempertahankannya. Dan hasilnya ini harus sesuai dengan dengan keadaan geologinya serta karakteristik zona seismik lokasi yang dijadikan sebagai daerah penelitian.

Gerak gelombang gempabumi vertikal lebih berbahaya dari gerak secara horizontal. Ini dikarenakan karena gerak gelombang gempabumi vertikal dapat merusak bangunan. Dan nilai-nilai ini bervariasi disetiap gempabumi yang terjadi ditempat yang berbeda. Gempabumi yang dangkal menghasilkan percepatan dari gempabumi menengah dan mendalam karena energinya dilepaskan lebih dekat ke permukaan. Nilai PGA diakibatkan adanya pergerakan tanah saat terjadinya gempabumi dengan pengukuran secara

langsung menggunakan *Fungsi Atenuasi* dengan data gempabumi yang telah terjadi. Perhitungan secara atenuasi adalah suatu fungsi menggambarkan korelasi antara intensitas (*i*) gerakan tanah, magnittudo (*M*) serta jarak (*R*) dari sumber titik gempabumi.

Percepatan puncak pada PGA ini merupakan peningkatan paling besar pada saat rekaman kecepatan dari tiap stasiun yang terpisah selama gempabumi terjadi (USGS,2012). Gerakan tanah yang terjadi pada lapisan di bawah tanah, karakteristiknya menggunakan parameter amplitudo yaitu percepatan tanah maksimum, kecepatan tanah maksimum dan pergeseran maksimumnya. PGA dinyatakan dalam satuan percepatan gravitasi (*Gravitational Acceleration = gal*) atau cm/s^2 . Nilai dari PGA atau nilai percepatan tanah maksimum ini yang dihasilkan menunjukkan terjadinya resiko bencana. Metode yang digunakan untuk menentukan nilai PGA menggunakan dua metode yaitu, melalui pengukuran alat (accelerograf) dan dengan perhitungan empiris. Pendekatan metode empiris ini tidak selalu benar, namun cukup memberikan gambaran umum tentang percepatan tanah maksimum (Ibrahim dan Subardjo, 2003 dalam Ningrum, 2011).

G. Penelitian Relevan

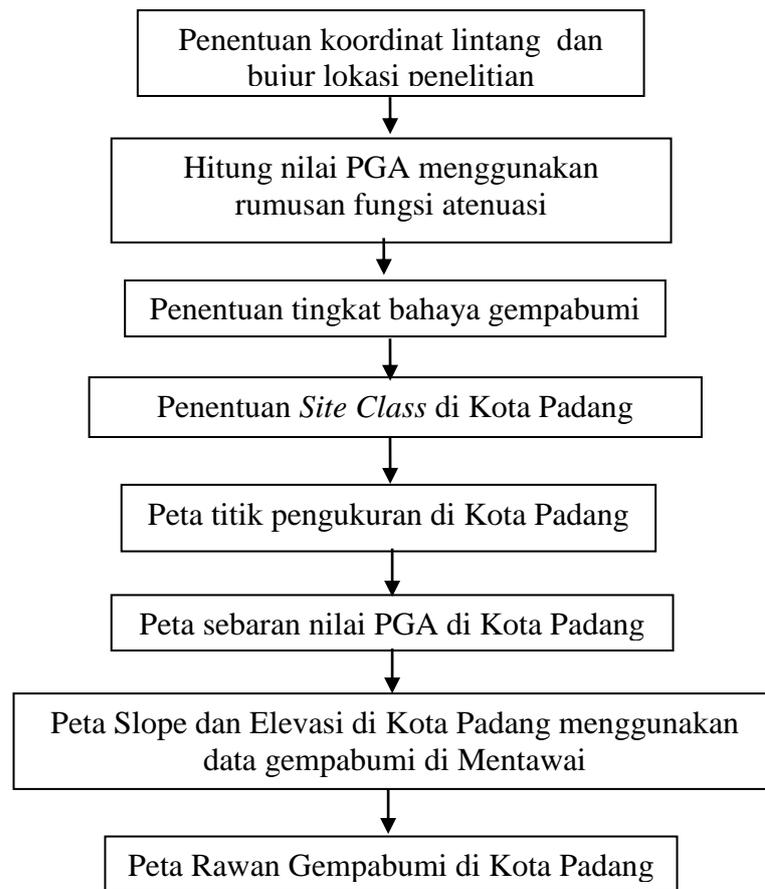
Penelitian tentang analisis bahaya gempabumi dengan deterministik di daerah Bengkulu dan Kota Padang. Farida, Vivi (2017) melakukan penelitian tentang analisis bahaya gempabumi deterministik dengan pendekatan *peak ground acceleration* (PGA) dari patahan Musi dan zona Siberut Megathrust terhadap kota Bengkulu. Kota Bengkulu berada pada ketinggian antara 2

hingga 66 meter di atas permukaan air laut dengan sudut kelerengan berkisar $0,34^0$ hingga $12,51^0$. Dan sumber gempa dari patahan Musi diperoleh PGA batuan dasar antara 0,11 g hingga 0,16 g dan PGA permukaan antara 0,12 g hingga 0,18 g. Pada penelitian ini pengolahan datanya hanya dilakukan di Kota Bengkulu dengan pendekatan Unit Geomorfologi untuk mengetahui nilai VS_{30} dan *Peak Ground Acceleration* (PGA).

Penelitian yang dilakukan Riyanti, Aziz (2017) tentang analisis zona bahaya gempabumi berdasarkan metode deterministik dan pendekatan Geomorfologi Kota Padang Sumatera Barat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai percepatan tanah maksimum (PGA) sumber gempa subduksi di batuan dasar berkisar antara 0,0374 gal sementara percepatan tanah maksimum (PGA) di permukaan berkisar 0,0769 gal. Pada nilai PGA pada sumber gempa patahan suliti di batuan dasar berkisar antara 0,0376 gal, sementara nilai PGA di permukaan berkisar 0,0573 gal.

H. Kerangka Berpikir Penelitian

Penelitian ini berada di Kota Padang dengan koordinat diantara $0^057'0''LU$ $100^021'11''BT$ / $0,95^0LS$ $100,35306^0BT$. Adapun alur dari penelitian ini dengan kerangka berpikir di jelaskan pada Gambar 8 yaitu sebagai berikut:



Gambar 5. Kerangka Berpikir Penelitian

Berdasarkan Gambar 5. yang menjelaskan bahwa nilai PGA yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumusan atenuasi, yang diperoleh dari BMKG Padang Panjang. Selain itu, akan didapatkan tingkatan bahaya gempabumi di Kota Padang, dan *Site Class* pada Kota Padang, serta berbagai peta yaitu, peta titik pengukuran, peta sebaran PGA, peta slope dan elevasi di Kota Padang serta peta rawan gempabumi untuk mengetahui potensi gempabumi di Kota Padang.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Hasil analisis dari data Vs30 dan data gempabumi tahun 2008-2016 dengan mencari nilai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan rumusan atenuasi di Kota Padang, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan hasil pemetaan Kota Padang berada pada ketiga tingkat dari kategori bahaya yaitu bahaya kecil, sedang dan besar dan keadaan tanah yaitu lunak, sedang dan keras. Besar terdapat dengan warna merah berada di ORG nilai PGA 280,67 gal, SRC nilai PGA 270,5 gal, APT nilai PGA 262,65 gal, CMN nilai PGA 265,12, Kampung Cina nilai PGA 298,22 gal, GOV nilai PGA 290,84 gal, dan Lap. Imam Bonjol nilai PGA 344,58 gal dengan ketetapan intensitas (MMI) >VII. Warna kuning tingkat bahaya sedang berada di SMO nilai PGA 194 gal, GOR nilai PGA 182,15 gal dan UNP nilai PGA 215,10 gal dengan ketetapan intensitas (MMI) VI-VII. Warna hijau tingkat bahaya kecil berada di ADS nilai PGA 149,17 gal dan BRI nilai PGA 149,17 gal dengan ketetapan intensitas (MMI) <VI dengan nilai PGA <170.

Berdasarkan jenis tanah untuk nilai Vs30 yang menggunakan koordinat Kota Padang $00^{\circ}57'0''\text{LU } 10^{\circ}21'11''\text{BT} / 0,9^{\circ}50'\text{LS } 100,3530^{\circ}60\text{BT}$. Tanah keras berada di BRI, SMO dan ADS terletak dibagian pertengahan Kota yang ada perbukitan, sedangkan pada tanah sedang di Lap. Imam Bonjol, Kampung Cina, dan GOV, karena berada di pertengahan antara perbukitan dengan pinggir

pantai. Keadaan tanah lunak hanya terdapat di SRC, ORG, APT, UNP dan GOR, karena berada di dekat pinggir pantai. Nilai PGA yang didapat secara manual ada yang tidak sama dengan ketetapan nilainya.

B. SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan penggunaan rumusan atenuasi dalam menghitung nilai percepatan tanah maksimum atau Peak Ground Acceleration di Kota Padang.
2. Perlu dilakukan penelitian tentang rumusan atenuasi yang sesuai dengan kondisi tektonik di Kota Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- Athanasius, C., dan Solikhin, A. 2015. *Pendukaan Kecepatan Gelombang Permukaan (VS30) di Pulau Sulawesi Berdasarkan Klasifikasi Geomorfologi dan Aplikasinya*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung
- Berman, I., 2006, Klasifikasi Geomorfologi untuk Pemetaan Geologi yang telah dibakukan, *Bulletin Of Scientific Contribution*, Vol 4 No 2 : 161-173
- Bock, Y., et al. 2003. *Crustal Motion In Indonesia From Global Positioning System Measurements*, Journal of Geophysical Research, 108.
- Bommer, J. J., 2002, *Deterministic VS. Probabilistik Seisik Hazard Assessment: An Exaggerated and Obstructive Dichotomy*, Jurnal of Earthquake Engineering, 6:S1, 43-73, DOI:10.1080/13632460209350432.
- Bullen, K.E., (1963). *An Introduction to the Theory of Seismology*, 3rd Cambridge: University Press Cambridge.
- Darman, H., dan Sidi, F.H., 2000. *An outline of the Geology of Indonesia*. Jakarta:IAGI.
- Faisal, Ade. 2012. *Vibrasi dan Teori Gempabumi*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Fauzi. 2010. *Analisi Data Seismogram Untuk Menentukan Parameter Magnitude Gempabumi (Studi Kasus Gempabumi Padang 30 September 2009)*. Skripsi FST UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Green, R. A. Dan Hall, W. J., 1994, *An overview of selected hazard analysis methodologies*, Universitas Of Illionois, ISSN :0069-2474.
- Hadi Arif Ismul.,Kirbani Sri Brotopuspito,2015, Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum Menggunakan Pendekatan Probabilitas Seismic Analysis (PSHA) di Kabupaten Kepaahiang Provinsi Bengkulu, *Berkala Fiska. Vol.18,No. 3,Juli 2015,haal 101 – 112*.
- Hidayat, S., 2014, *Analisis Zona Bahaya Gempabumi Dengan Pendekatan Probabilitas Peak Ground Acceleration (PGA) dan Geomorfologi Kabupaten Baantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Skripsi.
- Hartuti, E.R.2009. *Buku Pintar Gempa*. Yogyakarta: DIVA Press.

- Hartantyo, E., dan Brotopospito, K.S.,2012, Estimasi Nilai PGA,PGV dan PGD Area Jogjakarta, Studi Kasus Gempa Jogja 2006,*SemNasUM Solo*.
- Irsyam Mansyur.,Agus Himawan.,2000, Analisis Seismisitas untuk Semenanjung Muria., *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, Vol.2, No. 1 Juni 2000:73-92*
- Irsyam, M., Sengara, W., Aldiamar, F., Widiatoro, S., Triyoso, W., Hilman, D., Kertapati, E., Meilano, I., Suhardjono, Asrusifak, dan Ridwan, M.,2010, *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempabumi Indonesia 2010*, Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kramer, S.L., 1996, *Geotechnical Earthquake Engineering*, New Jersey, Prentice Hall.
- Krisbudianto, Malik. (2009). *Analisa Pola Subduksi Daerah Bengkulu Dengan Metode Segmen Irisan Vertikal*. Jakarta: AMG.
- Matsuoka,M., Wakamatsu, K., dan Midorikawa, S., 2006, *Average Share-Wave Velocity Mapping Using Japan Engineering Geomorphologic Classification Map,Sructural Eng/Earthquake Eng., JSCE, Vol 23 No 1:57s-68s*.
- McGuire, R. K., 1993, *Computations of seismic hazards*, Annali Di Geofisica, Vol. XXXVI, N. 3-4, June-July 1993
- Ningrum, Rohima Wahyu, 2011. Analisis Probabilitas Seismic Hazard untuk Daerah Kepulauan Maluku, *Tesis*. Yogyakarta: Fakultas MIPA, UGM.
- Oktariadi, Oki. 2009. Penentuan Peringkat Bahaya Tsunami dengan Metode Analytical Hierarchy Process (Studi Kasus: Wilayah Pesisir Kabupaten Sukabumi). *Jurnal Geologi Indonesia, Vol.4 No. 2 Juni 2009: 103-116*. Bandung: Jurnal Geologi Indonesia.
- Refrizon, Hadi, A.I, Lestari, K., dan Oktari, T., 2013,*Analisis Percepatan Gerakan Tanah Maksimum dan Tingkat Kerentanan Seismik Daerah Ratu Agung Bengkulu*,Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.
- Sieh, K., and Natawidjaja, D.H., 2000. *Neotectonics of the Sumatera faults, Indonesia. Jurnal of Geophysical Research, 105, B12, pp. 28,295-28,326*.
- Susilanto,P., dan Ngadmanto, D.,2015, *Analisis Kecepatan Gelombang Geser (Vs) di Cilacap, Jawa Tengah sebagai Upaya Mitigasi Gempabumi, Jurnal Meteorologi dan Geofisika (JMG) vol 16 No 1 : 57-64*.

Tim Revisi Studi Peta Gempa Indonesi, 2010, *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia,2010*, Bandung,2010.

Triyono,Rahmat. *Ancaman Gempabumi Di Sumatera Tidak Hanya Bersumber Dari Mentawai Megathrust*. Artikel Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang. Diakses tanggal 4 September 2017.

USGSs,2013. Earthquakes search. [http:// earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/](http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/) diakses 19 Desember 2013.

Vestappen,H.,1983. *Applied geomorphology*. Amsterdam: Elsevier.