

**IDENTIFIKASI ZONA BAHAYA GEMPABUMI KOTA BANDAR  
LAMPUNG MENGGUNAKAN METODE *DETERMINISTIC SEISMIC  
HAZARD ANALYSIS***

**(Skripsi)**

**Oleh  
PUTRI AMALIA**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
2019**

# **IDENTIFICATION OF EARTHQUAKE HAZARD ZONES AT BANDAR LAMPUNG CITY THROUGH DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD ANALYSIS METHOD**

By

**Putri Amalia**

## **ABSTRACT**

Research has been conducted on discussing earthquake hazard zones based on MASW data using deterministic methods in the city of Bandar Lampung, which seeks to find out the PGA (Peak Ground Acceleration) earthquake originating from the Semangko Fault and also the soil class according to the Vs30 value. The method used is (i) calculating the source of earthquake needed in the study area (ii) calculating the source of the earthquake closest to the study area (iii) calculating the attenuation structure with Vs30 from MASW data (iv) calculating Bedrock and Soil PGAs. Vs30 data analysis results for the city of Bandar Lampung show soil classes A, B, C, D to E, the maximum value of soil acceleration (PGA) in the bedrock layer between 0.0426 gal to 0.0708 gal. Meanwhile, the maximum soil acceleration (PGA) in the soil layer reaches between 0.0653 gal to 0.1722 gal. In this research the amplification value obtained is also between 0.3605 and 0.8588. From the amplification value produced in the Bandar Lampung region, it can be indicated in those regions which have low levels of earthquake problems.

Keywords: Deterministic, Vs30, PGA, Semangko Fault, Site Class.

**IDENTIFIKASI ZONA BAHAYA GEMPABUMI KOTA BANDAR  
LAMPUNG MENGGUNAKAN METODE *DETERMINISTIC SEISMIC  
HAZARD ANALYSIS***

Oleh  
**Putri Amalia**

**ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian tentang identifikasi zona bahaya gempabumi berdasarkan data MASW dengan menggunakan metode deterministik di kota Bandar Lampung yang bertujuan untuk mengetahui nilai PGA (*Peak Ground Acceleration*) gempa yang bersumber dari Patahan Semangko serta penentuan kelas tanah berdasarkan nilai Vs30. Metode yang dilakukan adalah (i) mengidentifikasi sumber gempa yang berpengaruh pada daerah penelitian (ii) menghitung jarak terdekat sumber gempa terhadap daerah penelitian (iii) perhitungan fungsi atenuasi dengan Vs30 dari data MASW (iv) perhitungan PGA *Bedrock* dan *Soil*. Hasil analisa data Vs30 untuk kota Bandar Lampung menunjukkan kelas tanah A, B, C, D hingga E, nilai percepatan tanah maksimum (PGA) pada lapisan *bedrock* berkisar antara 0,0426 gal hingga 0,0708 gal. Sementara itu, percepatan tanah maksimum (PGA) pada lapisan *soil* berkisar antara 0,0653 gal hingga 0,1722 gal. Pada penelitian ini juga nilai amplifikasi yang didapatkan yaitu berkisar antara 0,3605 sampai dengan 0,8588. Dari nilai amplifikasi yang dihasilkan pada wilayah Bandar Lampung dapat diindikasikan bahwa wilayah tersebut memiliki tingkat resiko bencana gempabumi yang rendah.

Kata Kunci: Deterministik, Vs30, PGA, Sesar Semangko, Site Class.

**IDENTIFIKASI ZONA BAHAYA GEMPABUMI KOTA BANDAR  
LAMPUNG MENGGUNAKAN METODE *DETERMINISTIC SEISMIC  
HAZARD ANALYSIS***

Oleh

**PUTRI AMALIA**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

**SARJANA TEKNIK**

Pada

Jurusan Teknik Geofisika

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**KEMENTRIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK GEOFISIKA  
2019**

Judul Penelitian : **IDENTIFIKASI ZONA BAHAYA GEMPABUMI  
KOTA BANDAR LAMPUNG MENGGUNAKAN  
METODE DETERMINISTIC SEISMIC  
HAZARD ANALYSIS**

Nama : Putri Amalia

No. Pokok Mahasiswa : 1515051004

Jurusan : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik

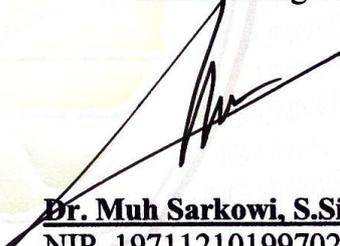
**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing,

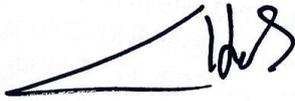
Pembimbing I

Pembimbing II

  
**Syamsufijal Rasimeng, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197307162000121002

  
**Dr. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si.**  
NIP. 19711210199702100

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

  
**Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si.**  
NIP. 197509112000121002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

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

**Sekretaris** : **Dr. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si.** .....

**Penguji  
Bukan Pembimbing** : **Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si** .....

**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 19620717 198703 1002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 19 Agustus 2019**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, 02 Oktober 2019

Penulis



**Putri Amalia**

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kayuagung, pada tanggal 30 Desember 1997, anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Harpani dan Ibu Kusmawati. Penulis menyelesaikan pendidikan formalnya di TK Aisyiyah Busthanul Athfal Serijabo yang diselesaikan pada tahun 2003. Sekolah dasar di SD Muhammadiyah 22 Serijabo yang diselesaikan pada tahun 2009. Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 6 Kayuagung OKI yang diselesaikan pada tahun 2012. Pada saat SMP penulis pernah mendapat penghargaan sebagai Juara I Lomba Karya Tulis Ilmiah Remaja Tingkat Kabupaten OKI pada tahun 2009 dan pernah mendapat penghargaan sebagai Juara 3 Lomba Mengarang Cerita Pendek Tingkat Kabupaten OKI pada tahun 2010. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Tanjung Raja yang diselesaikan pada tahun 2015. Pada saat SMA penulis mengikuti organisasi Karya Ilmiah Remaja (KIR) dan Kelompok Sains Astronomi.

Pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN Undangan. Pada Tahun 2016, Penulis bergabung menjadi anggota Dana dan Usaha di Himpunan Mahasiswa TG Bhuwana Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis dipercaya menjadi Asisten Praktikum Eksplorasi Geothermal pada tahun 2019. Pada tahun 2018 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gunung Katun Tanjungan, Kecamatan Tulang Bawang Udik, Kabupaten Tulang Bawang Barat. Dalam mengaplikasikan ilmu di bidang Geofisika, penulis telah melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) pada Bulan Februari 2018 di Pusat Vulkanologi, Mitigasi dan Bencana Geologi (PVMBG) Bandung dengan tema **“Studi Bahaya Gempabumi Melalui Metode Deterministik Terhadap Kota Palopo Sulawesi Selatan”**. Lalu pada Bulan November 2018 hingga Januari 2019, Penulis melakukan Penelitian Tugas Akhir di Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung. Hingga akhirnya penulis berhasil menyelesaikan pendidikan sarjananya pada 19 Agustus 2019 dengan skripsi yang berjudul **“Identifikasi Zona Bahaya Gempabumi Kota Bandar Lampung Menggunakan Metode Deterministic Seismic Hazard Analysis”**.

## PERSEMBAHAN

Untuk doa yang tak pernah putus dengan segala kasih sayangnya, Ku persembahkan skripsi ini kepada :

*Kedua Orang Tuaku yang Terhebat  
Ayahanda Harpani  
Ibunda Kusmawati*

Pada setiap titik keringat, doa dipenghujung shalat, rindu terselubung dibalik ucapan “Nak, kapan pulang?” dan segala kekhawatiran selama aku merantau ini. Terimakasih Mak, Ayah, tanpa kekuatan doamu, aku, skripsiku dan segala impianku bukanlah apa-apa.

*Kakak-kakakku tersayang  
Fuji Rahmawati dan Ikhsan Setiadi*

Telah menjadi motivator terbaik. Terimakasih atas semua kritik yang selalu membangun yang menjadikan adikmu untuk terus dapat mandiri dan menjadi pribadi yang lebih baik lagi.

*Teknik Geofisika Universitas Lampung 2015*

Atas dukungan, do’a dan kebersamaan yang telah kita lalui selama 4 tahun ini, semoga silaturahmi kita tetap terjaga sampai kapanpun dan semoga ketika kita bertemu kembali setelah lulus semua telah sukses, Aamiin.

*Keluarga Besar Teknik Geofisika Universitas Lampung  
Almamater Tercinta, Universitas Lampung*

## MOTTO

*“Sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan”*

*(QS.94:6)*

*Barang siapa menelusuri jalan untuk mencari ilmu padanya,  
Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga”*

*(HR. Muslim)*

*“Setiap orang itu jenius. Tapi jika Kamu mengukur  
kemampuan ikan dari kemampuannya memanjat pohon maka  
seumur hidup dia akan berpikir dia bodoh”*

*(Albert Einstein)*

*“Orang cerdas adalah orang yang tidak pernah merasa bahwa  
dirinya cerdas”*

*(Putri Amalia)*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas berkat, rahmat serta karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Identifikasi Zona Bahaya Gempabumi Kota Bandar Lampung Menggunakan Metode Deterministic Seismic Hazard Analysis**" dengan lancar. Skripsi ini ditulis sebagai hasil dari Penelitian Tugas Akhir yang dilakukan di Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung.

Skripsi ini ditulis sebagai syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung. Dalam penulisan skripsi ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan baik dari segi penulisan maupun penyampaian materi, hal ini disebabkan oleh keterbatasan kemampuan dari penulis. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca agar skripsi ini dapat dijadikan pedoman yang berguna bagi pembaca lain di kemudian hari.

**Penulis,**

**Putri Amalia**  
NPM. 1515051004

## SANWACANA

Dalam pelaksanaan dan penulisan laporan ini penulis menyadari bahwa selesainya proses ini tidak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Drs. Suharno, B.Sc., M.S., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Dr. Nandi Haerudin, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
4. Bapak Syamsurijal Rasimeng, S.Si., M.Si. selaku pembimbing 1 di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Muh Sarkowi, S.Si., M.Si., selaku pembimbing 2 di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Ordas Dewanto, M.Si. selaku penguji di Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
7. Dosen-dosen Teknik Geofisika Universitas Lampung yang penulis hormati dan telah memberikan semua ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan.
8. Seluruh Staf Tata Usaha Jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung yang telah memberi banyak bantuan dalam mengurus berkas dan arsip Tugas Akhir penulis.

9. Kedua orang tua ku, Bapak Harpani dan Ibu Kusmawati serta kakak-kakakku, Fuji dan Ikhsan, yang telah memberikan semangat tak hingga kepadaku dan telah menjadi keluarga yang terbaik untukku.
10. Sahabatku Safira Palupi yang setia menemaniku dari awal masa perkuliahanku yang tidak pernah mengeluh setiap aku membutuhkan bantuan. Terimakasih untuk waktu dan tenaganya selama ini.
11. Sahabatku tercinta “Receh”, Rani, Tiara, Maulina dan Zeallin yang sudah menemaniku, membantuku menjalani tugas-tugas kuliah dan telah menciptakan cerita indah masa kuliah. Semoga persahabatan kita tetap utuh sampai kapanpun.
12. Teman-teman Teknik Geofisika Universitas Lampung Angkatan 2015 “15TIMEWA” Yogi, Eka, Dyna, Fauzan, Ayu, Laras, Fikri, Ariyan, Zeallin, Ravi, Risma, Salma, Sunarni, Monang, Maulina, Adit, Dersan, Tiara, Maharani, Adib, Isti, Rindi, Juli, Nopi, Ester, Tata, Satria, Dian, Agam, Yuda, Angga, Desy, Dini, Alfin, Aldo, Ozza, Abil, Dana, Brian, Nurman, Ali, Renaldi, Ferdy, dan Ade.
13. Cuyungku Erwan Saputra yang selalu memberikanku semangat, inspirasi serta motivasi selama mengerjakan skripsi ini.

Penulis,

**Putri Amalia**  
NPM. 1515051004

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRACT</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>MOTTO</b> .....	x
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>SANWACANA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxiv

### I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3

## II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Penelitian.....	4
2.2 Struktur Geologi Lampung.....	5
2.3 Jenis Batuan.....	6
2.4 Sejarah Gempa.....	7
2.5 Patahan Aktif.....	10

## III. TEORI DASAR

3.1 Sumber Gempabumi.....	12
3.2 Klasifikasi Gempabumi.....	16
3.2.1 Gempabumi Vulkanik.....	16
3.2.2 Gempabumi Tektonik.....	16
3.2.3 Gempabumi Runtuhan.....	17
3.3 Besar Kekuatan Gempa.....	18
3.3.1 Berdasarkan Energi yang Dilepaskan di Pusat Gempa.....	18
3.3.2 Berdasarkan Tingkat Kerusakan yang Diakibatkan Oleh Gempa... 18	
3.4.3 Berdasarkan Percepatan Batuan Dasar Maksimum.....	19
3.4 Kecepatan Gelombang Geser ( $V_{s30}$ ).....	20
3.5 <i>Peak Ground Acceleration</i> (PGA).....	22
3.6 Fungsi Atenuasi.....	23
3.6.1 Fungsi Atenuasi Boore-Atkinson 2008.....	24
3.6.2 Fungsi Atenuasi Campbell-Bozorgnia 2008.....	25
3.6.3 Fungsi Atenuasi Chiou-Young 2008.....	28
3.9 <i>Seismic Hazard Analysis</i> (SHA).....	29
3.10 Amplifikasi.....	30

## IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	32
4.2 Alat dan Bahan.....	32
4.3 Data Penelitian.....	33
4.4 Pengolahan Data.....	33
4.4.1 Penentuan Koordinat.....	33
4.4.2 Perhitungan $V_{s30}$ .....	33
4.4.2 <i>Deterministic Seismic Hazard Analysis</i> (DSHA).....	33
4.6 Diagram Alir Penelitian.....	35

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Menentukan Sumber Gempa Patahan .....	37
5.2 Nilai $V_{s30}$ .....	37
5.3 $V_{s30}$ <i>Soil</i> .....	38
5.4 $V_{s30}$ <i>Bedrock</i> .....	40

5.3 Analisis <i>Detereministic Seismic Hazard Analysis</i> (DSHA).....	45
5.3.1 Lapisan <i>Bedrock</i> .....	46
5.3.2 Lapisan <i>Soil</i> .....	48
5.7 Amplifikasi.....	50

## **VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan .....	57
6.2 Saran .....	58

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Peta Administratif Kota Bandar Lampung.....	4
2. Sejarah Gempabumi Wilayah Lampung.....	8
3. Patahan Aktif Wilayah Lampung.....	11
4. Ilustrasi Sumber Gempa.....	13
5. Peta Sumber Gempabumi Patahan ( <i>fault</i> ) .....	15
6. Diagram Alir Penelitian.....	35
7. Kontur Vs30 pada lapisan <i>soil</i> .....	39
8. Kontur Vs30 pada lapisan <i>bedrock</i> .....	41
9. <i>Line</i> litologi Kota Bandar Lampung .....	43
10. Penampang <i>site class</i> tanah Kota Bandar Lampung.....	43
11. Kategori <i>site class</i> Kota Bandar Lampung .....	44
12. Model 3D <i>site class</i> tanah Kota Bandar Lampung.....	44
13. Kontur PGA pada lapisan <i>bedrock</i> .....	48
14. Kontur PGA pada lapisan <i>soil</i> .....	49
15. Kontur Amplifikasi Kota Bandar Lampung.....	52
16. Peta Zonasi PGA <i>Soil</i> Sumber Gempa Patahan.....	53
17. Peta Zonasi PGA <i>Bedrock</i> Sumber Gempa Patahan.....	54
18. Peta Amplifikasi Sumber Gempa Patahan .....	55

19. Peta Kompilasi PGA *Soil*, *Bedrock* dan Amplifikasi..... 38

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sejarah Gempabumi Wilayah Lampung .....	8
2. Klasifikasi <i>Site Class</i> berdasarkan NERPH .....	21
3. Hasil Perhitungan MASW.....	36
4. Nilai PGA pada sesar semangko, sesar kumering dan sesar sunda .....	37
5. Vs30 pada lapisan <i>soil</i> beserta litologi.....	39
6. Vs30 pada lapisan <i>bedrock</i> beserta litologi.....	41
7. Hasil Perhitungan PGA pada lapisan <i>bedrock</i> .....	47
8. Hasil Perhitungan PGA pada lapisan <i>soil</i> .....	49
9. Hasil Perhitungan Amplifikasi.....	51

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Secara tektonik wilayah Indonesia merupakan wilayah yang sangat kompleks dan sangat aktif menghasilkan gempa-gempa dengan resiko bencana yang tinggi. Wilayah Indonesia terletak pada tiga lempeng tektonik besar yakni Eurasia, lempeng Indo-Australia dan lempeng Pasifik (Bird, 2003). Dimana lempeng dengan berbagai tipe pergerakan yang berbeda telah membentuk zona gempa subduksi (*the subduction zone*) dan zona gempa patahan (*the fault zone*) yang saat ini menjadi zona sumber gempa aktif.

Kota Bandar Lampung adalah ibu kota provinsi Lampung yang kondisi geologinya hingga saat ini dipengaruhi oleh patahan Sumatera dan beberapa aktivitas tektonik. Adanya pengaruh aktivitas subduksi lempeng Indo-Australia terhadap Eurasia juga tidak lepas dari guncangan gempa yang di timbulkan oleh dua fenomena geologi tersebut. Maka dari itu Kota Bandar Lampung sebagai wilayah pusat perekonomian, jasa dan perdagangan di provinsi Lampung juga perlu adanya antisipasi segala dampak yang dapat ditimbulkan oleh kejadian gempa tersebut. Salah satu upaya mitigasinya yaitu dengan mengidentifikasi zona yang rawan terhadap guncangan gempabumi.

*Multichannel Analysis of Surface Wave* atau yang dikenal dengan metode MASW merupakan salah satu metode geofisika yang parameternya berdasarkan nilai kecepatan gelombang Vs30 yang diterapkan untuk mengidentifikasi lapisan *subsurface*. Umumnya, metode MASW digunakan untuk menentukan variasi nilai kecepatan gelombang permukaan perkedalaman. Metode ini juga sering dijumpai dalam identifikasi zona rawan guncangan gempa bumi. Dari pengukuran MASW tersebut akan diklasifikasikan berdasarkan *site class* yang mengacu pada *National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP)* yang pengklasifikasiannya berdasarkan kecepatan gelombang geser atau gelombang Vs30. MASW dalam aplikasinya telah diterapkan oleh banyak peneliti diantaranya Alberto dkk. (2011), USGS (2011), Nolan dkk. (2013), Park dkk. (2007), Rasimeng dkk. (2016), Tokeshi dkk. (2013) dan lain-lain.

*Deterministic Seismic Hazard Analysis* atau biasa disingkat metode DSHA merupakan metode yang digunakan untuk memprediksi percepatan gempa untuk konstruksi yang sangat berbahaya jika terjadi kerusakan, seperti contoh pada Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), bendungan besar, konstruksi yang dekat dengan sesar aktif, selain itu juga untuk keperluan *emergency response*. Kelebihan dari metode ini yaitu mudah digunakan untuk mengestimasi guncangan gempa pada skenario terburuk. Untuk kelemahannya, metode DSHA tidak dapat mengestimasi probabilitas kejadian gempa dan pengaruh ketidakpastian dalam suatu analisis (Kramer dan Steven, 1996).

Sejalan dengan hal tersebut di atas, penelitian ini sangat penting dilakukan guna untuk menentukan usaha mitigasi bahaya gempa bumi dikarenakan Kota Bandar Lampung terletak dekat jalur Sesar Besar Sumatera yang dapat memicu

terjadinya gempa bumi. Upaya mitigasi terhadap bencana tersebut adalah dengan membuat bangunan vertikal yang tahan terhadap gempa dan juga terjangkit tsunami yang berfungsi sebagai tempat penyelamatan sementara masyarakat di daerah pesisir ketika gempa besar terjadi dan berpotensi tsunami. Pembuatan bangunan yang tahan gempa juga harus diperhatikan dan dilakukan dengan mempertimbangkan nilai percepatan tanah pada area tersebut dimana nilai percepatan tanah ini dapat ditentukan melalui pengukuran nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA). Nilai PGA ini dapat ditentukan dengan menggunakan metode deterministik dengan memformulasikan fungsi atenuasi yang telah banyak berkembang saat ini.

## 1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk:

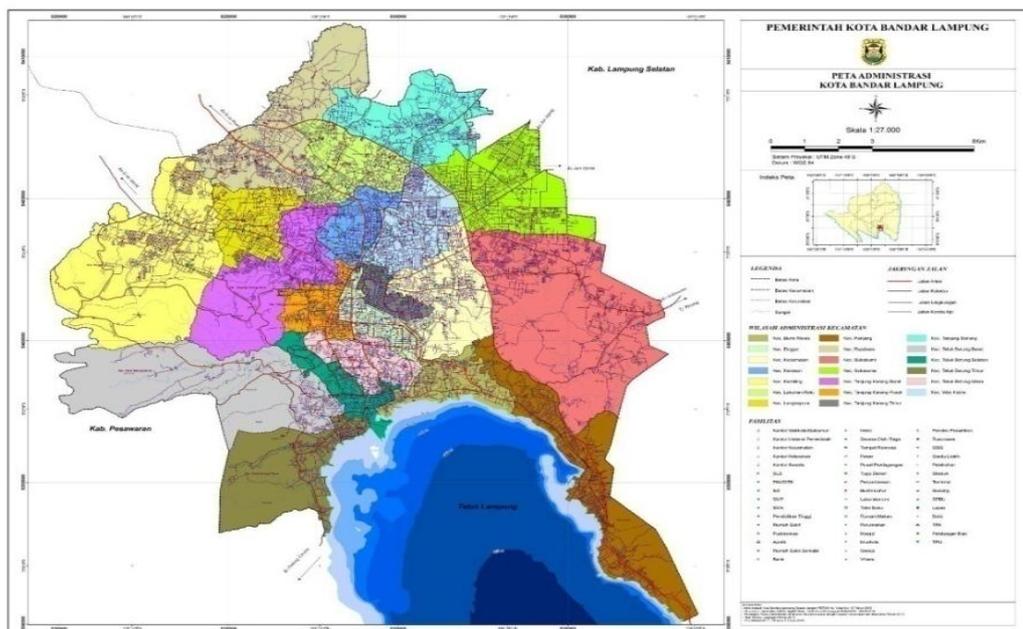
1. Menentukan nilai PGA lapisan *bedrock* dan lapisan *soil* Kota Bandar Lampung.
2. Mengetahui zona paling rawan apabila terjadi gempa bumi.

## 1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini membahas tentang analisis bahaya gempa bumi dengan menghitung nilai PGA serta menentukan sebaran nilai  $V_{s30}$  dari data MASW wilayah KBL. Serta metode yang digunakan yaitu metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) sebagai upaya untuk mitigasi gempa bumi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Daerah Penelitian



**Gambar 1.** Peta Administratif Kota Bandar Lampung (Pemerintah KBL, 2015)

Kota Bandar Lampung adalah salah satu kota di Indonesia yang juga merupakan Ibu Kota Propinsi Lampung yang mana kota ini merupakan kota terbesar sekaligus terpadat ketiga di Pulau Sumatera. Dilihat dari geografis, Kota Bandar Lampung menjadi pusat utama pulau Sumatera dalam jalur transportasi serta jalur distribusi logistik dari pulau Jawa-Sumatera dan sebaliknya sehingga memiliki peran yang sangat penting. Kota Bandar Lampung memiliki populasi penduduk 1.167.101 jiwa dan luas wilayah daratan sebesar 169,21 km<sup>2</sup> dimana

Dengan luasan tersebut dibagi menjadi 20 Kecamatan dan 126 Kelurahan. Kepadatan penduduk pada Kota Bandar Lampung diperkirakan sekitar 8.316 jiwa/km<sup>2</sup> menurut hasil data kependudukan tahun 2014 dan pada tahun 2030 pertumbuhan penduduk diproyeksikan mencapai 2,4 juta jiwa (BPS Kota Bandar Lampung, 2016).

Akibat dari adanya pengaruhn *Sumatera Fault System* dan aktivitas tektonik *subduction* pada lempeng Eurasia terhadap lempeng Indo-Australia mengakibatkan Kota Bandar Lampung juga tidak terlepas dari guncangan gempa yang ditimbulkan dari dua faktor kondisi geologi tersebut. Maka dari itu sebagai pusat perekonomian dan perdagangan di provinsi Lampung, perlu adanya usaha untuk mengantisipasi dampak yang dapat ditimbulkan jika terjadinya bencana gempabumi di Kota Bandar Lampung. Salah satu upaya untuk mengantisipasi hal tersebut yaitu dengan menentukan zona rawan guncangan gempabumi.

Dalam catatan kegempaan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) terdapat 49 kejadian gempabumi yang terjadi pada periode Januari-Mei 2016 dengan rentang magnitudo 1-9.5 SR. Dari kejadian ini tentu perlu diwaspadai untuk meminimalisir kerugian yang ditimbulkan akibat bahaya gempabumi terutama dampak ikutannya.

## **2.2 Struktur Geologi Lampung**

Sebagian besar struktur geologi Lampung berupa batuan yang berasal dari gunungapi yang berumur Kuartar sampai Paleogen Akhir. Hal ini dibuktikan dengan ditemukannya singkapan batuan seperti batuan terobosan, metamorf dan sedimen di beberapa tempat yang berumur Paleogen Akhir hingga Kapur.

Diketahui bahwa sesar besar Sumatera telah menyayat daerah Lampung dengan sayatan yang memanjang sejajar dengan sumbu utama dan membentang di busur gunungapi pulau Sumatera yang terdiri dari beberapa segmen yaitu Alas, Angola-Gadis, Muara Labuh, Kerinci, Ketahun, Kepahiang-Makakau, Sumpur-Rokan Kiri, Singkarak-Solok, dan Semangko (Katili, 1967; Katili, 1970; Hamilton, 1979) yang menghubungkan busur laut Andaman utara pada daerah tektonik regangannya terhadap selat Sunda di bagian selatan dengan daerah tektonik regangannya. Akibat adanya tumbukan menyerong antara lempeng Indo-Australia di bagian selatan terhadap lempeng Asia di bagian utara menyebabkan terjadinya pergeseran disepanjang sesar. Pada sesar Sumatera, terdapat beberapa segmen yang umumnya dibatasi oleh daerah-daerah depresi seperti contoh segmen Ranau-Suoh yang merupakan segmen selatan sesar ini. Adanya pergerakan horisontal mengangan pada sesar (*right lateral strike slip*) ini telah tercatat beberapa kali menghasilkan gempa bumi yang menyebabkan beberapa dampak seperti gempa Kerinci tahun 1909 dan gempa Liwa tahun 1933.

### **2.3 Jenis Batuan**

Pada daerah Lampung, contohnya pada daerah Lampung Tengah, formasi batuan pembawa batubara terletak pada bagian tepi batas cekungan atau pada cekungan Sumatera Selatan di bagian barat. Secara fisiografi, jenis batuan berada dalam lajur Palembang. Dimana lajur ini berbatasan langsung dengan lajur Barisan yang terletak di ujung selatan. Fasies batuan daerah Lampung pada bagian bawah berupa batukonglomerat, batupasir konglomerat, dan batupasir kuarsa. Sedangkan pada bagian atas fasies terdiri dari selingan beberapa batuan seperti batubara, batugamping, batulanau, batulempung, batulumpur, dan batuserpih,

dengan sisipan batubara serpihan dan serpih batubaraan. Pada batuan pembawa batubara, satuan fasies diyakini masih merupakan bagian dari Formasi Talangakar yang lingkungan pengendapannya mulai dari fluviatil-paralik, dimana semakin ke atas lingkungan pengendapannya berubah menjadi sublitoral dan berumur Oligo hingga Miosen. Kondisi lingkungan semacam ini sangat berpengaruh terhadap terbentuknya karakteristik dan jenis batubara.

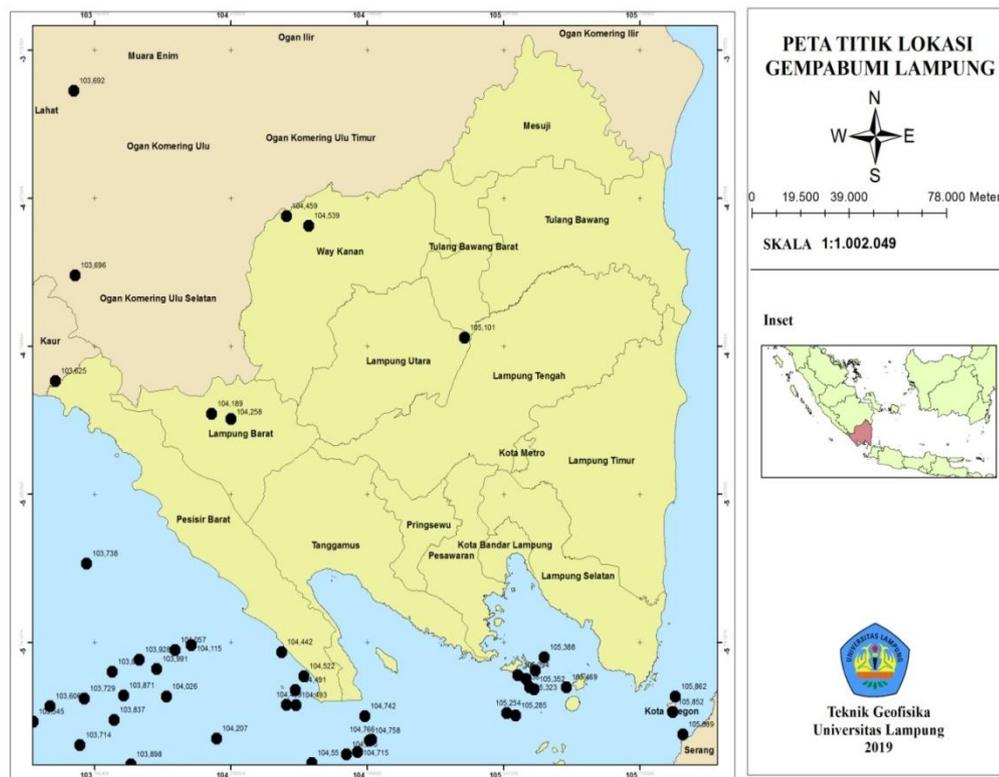
#### 2.4. Sejarah Gempa

Sebagai wilayah yang dekat dengan beberapa patahan aktif, tentunya wilayah Lampung sangat sering terjadinya gempabumi. Berikut merupakan tabel beserta peta sejarah gempabumi wilayah Lampung:

No	Latitude	Longitude	Tahun	Bulan	Hari	Magnitude	Kedalaman
1	105,254	-5,979	1964	2	4	5	20
2	104,715	-6,108	1964	4	26	5,7	20
3	105,351	-6,62	1965	5	19	5,6	55
4	104,026	-5,923	1965	8	21	5,3	45
5	104,661	-6,496	1965	8	30	5,5	55
6	105,357	-5,836	1966	6	7	5	20
7	104,524	-6,336	1967	2	26	5,2	35
8	105,219	-6,567	1967	10	2	5,1	50
9	103,891	-6,175	1969	4	19	5,4	42
10	105,241	-6,215	1969	8	19	5,1	21
11	104,539	-4,358	1969	8	27	5,4	192,7
12	103,928	-5,801	1969	12	18	5	40
13	105,323	-5,865	1970	4	14	5	20
14	104,207	-6,063	1971	4	7	5,4	48,9
15	105,292	-6,523	1971	5	4	5,9	13
16	104,115	-5,753	1972	4	23	5,3	71,2
17	105,22	-6,543	1972	8	6	5,1	65
18	105,46	-6,723	1973	7	22	5	25
19	103,898	-6,149	1974	2	11	5,5	37,1
20	105,274	-6,495	1974	5	2	5,1	65
21	105,331	-6,495	1974	11	9	6,1	64,5
22	104,522	-5,856	1975	1	11	5,1	45

23	104,752	-6,433	1977	2	27	5,4	45
24	104,766	-6,067	1977	11	17	5,4	65
25	105,336	-5,892	1977	11	28	5	20
26	104,219	-3,499	1978	2	5	5	303,2
27	105,411	-6,837	1978	9	21	5,4	46,3
28	105,308	-6,873	1979	12	3	5,1	70,4
29	103,714	-6,085	1980	6	24	6	41
30	103,808	-6,194	1982	3	5	5,1	47,9
31	105,352	-5,899	1982	11	13	5,1	20,5
32	104,442	-5,776	1983	11	3	5,3	68,2
33	103,991	-5,832	1984	6	8	6,1	21,9
34	104,491	-5,902	1985	1	22	5,3	48,8
35	105,469	-5,892	1988	2	13	5,1	60
36	104,728	-6,463	1988	3	2	5,4	63,5
37	105,285	-5,987	1989	3	8	5,1	35
38	104,422	-6,308	1989	12	15	5	60

**Tabel 1.** Sejarah Gempabumi Wilayah Lampung



**Gambar 2.** Sejarah Gempabumi Wilayah Lampung

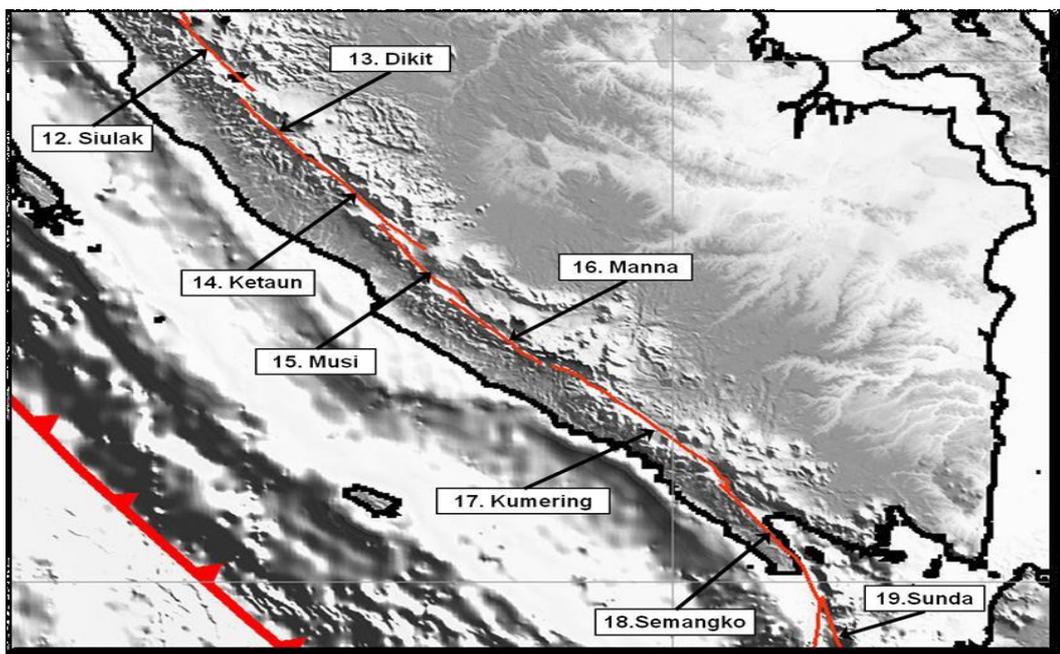
Gempa dengan kekuatan 7 SR pernah mengguncang Lampung pada tahun 1913 dan diketahui bahwa gempa ini terjadi akibat Sesar Panjang. Menurut Suharno 2007, gempa yang terjadi pada tahun 1913 ini kemungkinan berpotensi untuk terjadi lagi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa patahan bumi yang bergerak 2 cm per tahun dengan posisi patahan yang berlawanan arah. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan ditemukannya tanda-tanda pasca gempa tersebut ada di daerah Natar. Dimana pada kawasan tersebut mengeluarkan air panas sejak puluhan tahun lalu.

Tanggal 15 Februari 1994 dengan 6,9 Mw di Liwa juga terjadi pada segmen ini. Wilayah Lampung juga terdapat sesar patahan aktif yang disebut sebagai Sesar Tarahan dimana letak sesar ini berada di sepanjang pantai bagian timur Teluk Lampung, kemudian menerus ke daratan melalui daerah Tarahan, Panjang dan lereng timur Gunung Rajabasa hingga ke perairan Selat Sunda. Struktur sesar diduga sebagai jenis sesar mendatar yang bergerak relatif menganan yang dipengaruhi akibat adanya gerak vertikal (Irsyam,dkk, 2010).

Pada tanggal 22 Juni 2006 berlangsung mulai pukul 00.00 WIB sampai dengan 19.00 WIB terjadi gempabumi di wilayah Bandar Lampung. Terdapat sekitar 79 kali getaran berlangsung dimana diantaranya terdapat 33 getaran kali dapat dirasakan oleh manusia menurut hasil catatan dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Dari data BMKG tersebut menyebutkan besarnya magnitudo gempabumi Bandar Lampung saat itu berada pada kisaran 0,1 SR hingga yang terkuat mencapai 4,6 SR.

## 2.5. Patahan Aktif

Provinsi Lampung juga di lewati oleh sesar tektonik aktif yang membentang dari Aceh hingga Perairan Selat Sunda yang disebut dengan Sesar Sumatra atau Sesar Semangko. Sesar aktif tersebut memiliki panjang sekitar 1.900 km dan terbagi menjadi 19 segmen-segmen utama. Segmen Kumering, Segmen Semangko dan Segmen Sunda merupakan 3 segmen yang melewati daratan Provinsi Lampung. Aktivitas sesar tektonik tersebut yang menyebabkan kejadian gempa bumi Liwa 15 Februari 1994 tepatnya di Segmen Kumering dan gempa bumi tersebut kembali terjadi pada 2 Mei dan 18 Juni 2016 yang diakibatkan oleh aktivitas Segmen Kumering dan Segmen Semangko (Sieh dan Natawidjaja, 2000).



**Gambar 3.** Patahan Aktif Wilayah Lampung (Tim Revisi Peta Gempabumi Indonesia, 2010)

Zona Subduksi merupakan zona tumbukan yang terjadi antara lempeng Tektonik Asia dengan lempeng Tektonik Australia. Jika zona gempa bersumber di

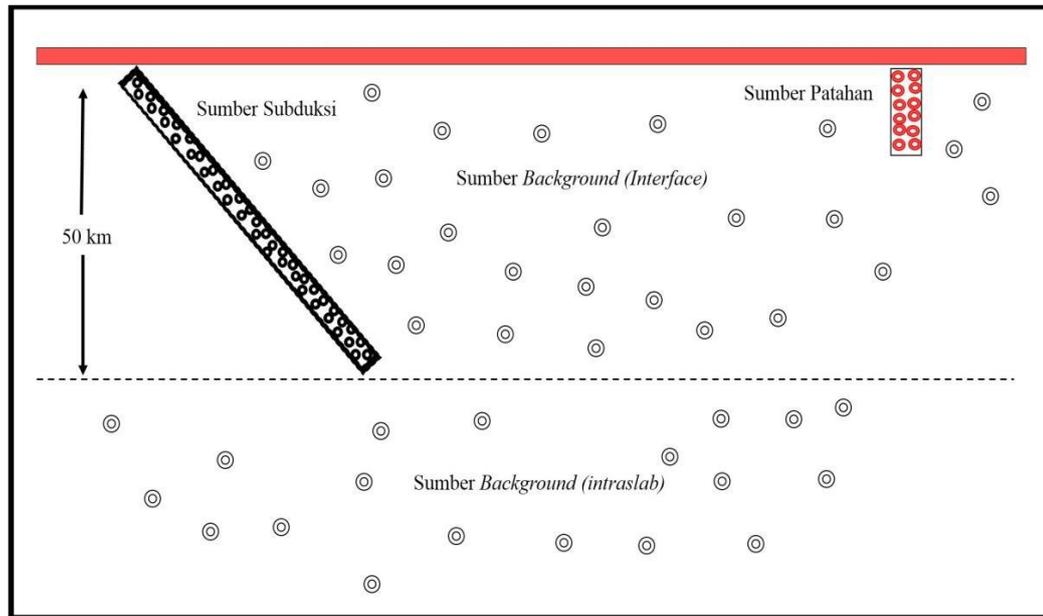
laut dengan kedalaman yang dangkalakan mengakibatkan tsunami seperti tsunami Aceh tahun 2004. Zona gempa ini bergerak menunjam ke bawah hingga kedalaman lebih dari 70 km. Zona tumbukan ini juga mengakibatkan sumber magma gunung-gunung api sebagai akibat dari melelehnyabatuan di sepanjang Sumatra yang memanjang hingga ke Pulau Jawa.

Zona Sesar Semangko, patahan ini menerus hingga di bagian barat Pulau Sumatra yang menghasilkan beberapa danau di Sumatra termasuk Danau Singkarak yang berupa amblesan akibat pergeseran sesar ini dan terbentuknya Lembah Suoh di Lampung Barat.

### III. TEORI DASAR

#### 3.1 Sumber Gempabumi

Pada setiap titik zona sumber gempa memiliki derajat gempa yang sama. Hal ini memiliki artian bahwa zona tersebut mempunyai kemungkinan gempa yang sebelumnya terjadi akan kembali terulang dimasa depan. Dalam perkembangannya, sesar atau sumber gempa patahan yang terdapat pada lempeng tektonik juga akan mengalami pergerakan selain itu juga berperan sebagai pendukung akan terjadinya gempabumi. **Gambar 4** menjelaskan mekanisme pergerakan patahan yang berupa berupa *strike-slip*, *reverse* dan *normal*. Selain dari itu juga terdapat sumber gempa subduksi, dimana zona subduksi ini merupakan zona-zona sumber gempa yang memberikan pendukung yang kuat yang signifikan terhadap kejadian gempa yang telah terjadi dan gempa yang akan datang.

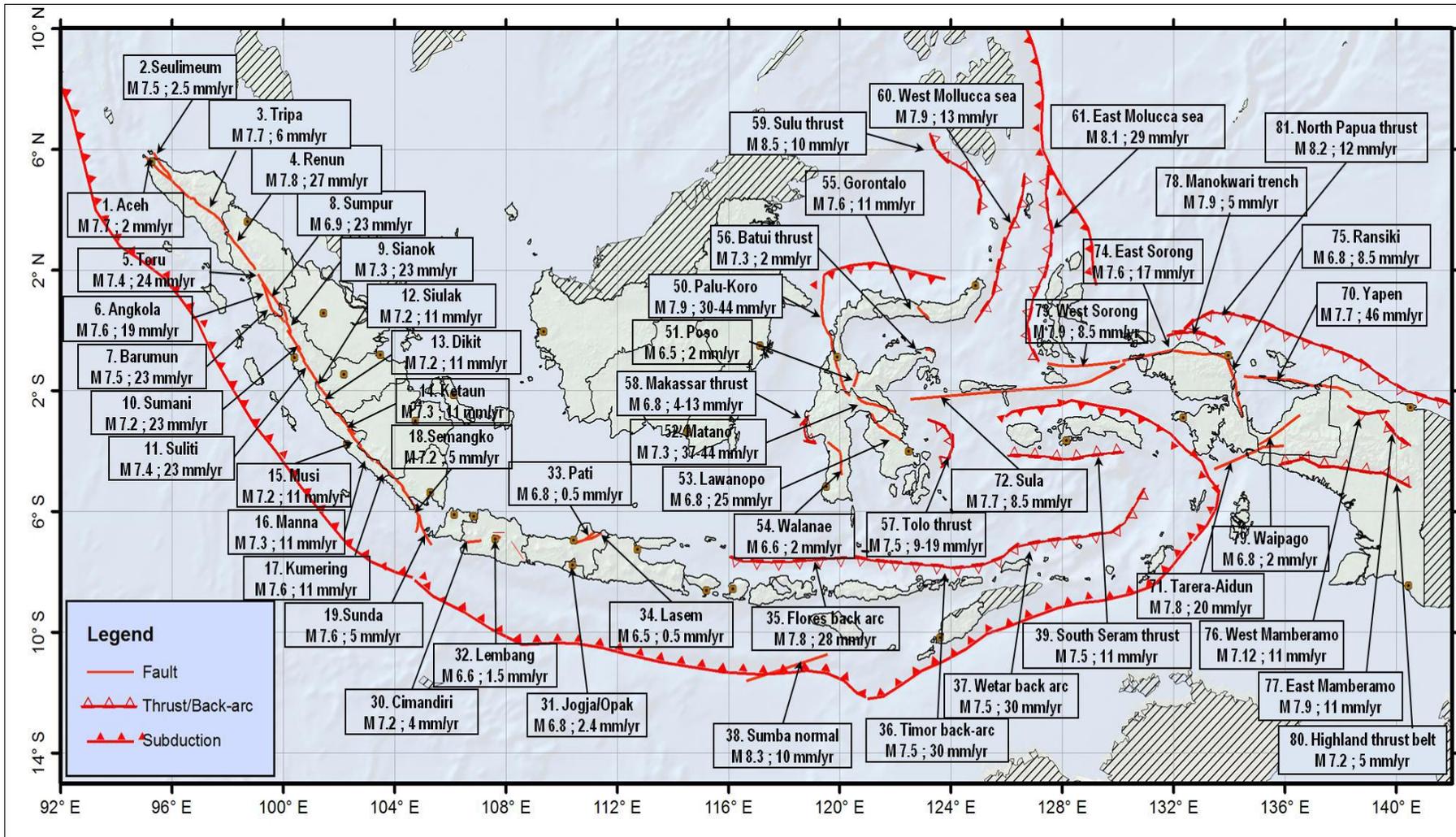


**Gambar 4.** Ilustrasi Sumber Gempa (Irsyam, 2007).

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

1. Zona sumber gempa patahan (*fault*) adalah zona kejadian gempa patahan dangkal (*shallow crustal fault*) dengan beberapa mekanisme seperti *strike-slip*, *reverse*, dan normal. Dimana pada zona ini terjadi pada patahan-patahan yang telah terdefinisi dengan jelas, termasuk mekanisme *slip-rate*, *dip*, panjang patahan dan lokasinya. Sumber gempa patahan dangkal dimodelkan hingga kedalaman 15 km, seperti pada **Gambar 5**.
2. Zona sumber gempa subduksi (*Megathrust*) adalah zona kejadian gempa yang terjadi akibat adanya gerakan menunjam dari litosfer samudera terhadap litosfer daratan. Hal ini terjadi akibat dari karakter astenosfer yang relatif lemah sedangkan kepadatan relatif litosfer samudera lebih besar. *Rate* dari subduksi dapat berupa *recurrence rate Mmax* untuk model karakteristik yang diambil dari data historis. Pada sumber gempa ini batas kedalaman maksimum dimodelkan hingga 50 km yang merupakan daerah *Megathrust*.

3. Zona sumber gempa *background* yaitu zona kejadian gempa yang belum diketahui besarnya secara jelas namun pada lokasi tersebut dijumpai adanya beberapa kejadian gempa (Kramer dan Steven, 1996).



Gambar 5. Peta Sumber Gempabumi Patahan (*fault*) (Tim Revisi Peta Gempabumi Indonesia, 2010).

## **3.2 Klasifikasi Gempabumi**

Gempabumi merupakan guncangan pada permukaan bumi yang disebabkan oleh gelombang seismik akibat adanya pelepasan energi secara tiba-tiba dari dalam bumi. Dinamika bumi memungkinkan terjadinya gempabumi. Setiap hari tidak kurang dari 8.000 kejadian gempabumi di dunia, dengan skala kurang dari 2-9 Skala Richter yang secara statistik hanya terjadi satu kali dalam 20 tahun di dunia. Kurang lebih 10% kejadian gempabumi dunia terjadi di Indonesia, sehingga Indonesia termasuk wilayah rawan gempabumi (Supartoyo, dkk., 2014).

Gempabumi di Indonesia juga disebabkan adanya gunungapi. Berdasarkan penyebab terjadinya gempabumi, maka gempabumi dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu:

### **3.2.1 Gempabumi Vulkanik**

Gempabumi vulkanik yaitu gempa yang disebabkan oleh naiknya fluida gunungapi yang bisa berupa gas, uap dan magma dari bawah menuju ke permukaan (kawah) sehingga mengakibatkan retakan yang menimbulkan getaran di sekitar rekahan dan merambat ke segala arah. Gempabumi ini bersumber dalam tubuh gunungapi aktif pada umumnya berkekuatan kecil, tidak terasa dan hanya tercatat oleh peralatan seismograf.

### **3.2.2 Gempabumi Tektonik**

Gempabumi ini disebabkan aktivitas tektonik pada zona batas antar lempeng dan patahan yang mengakibatkan getaran yang menyebar ke segala arah. Kekuatan gempabumi tektonik dapat mencapai 9,2 Mw seperti yang pernah terjadi di Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 (Supartoyo, dkk., 2014).

### 3.2.3 Gempabumi Runtuhan

Gempabumi ini jarang sekali terjadi dan hanya 3% kejadian gempabumi didunia. Gempa ini terjadi didaerah yang terdapat runtuh-runtuhan tanah seperti didaerah kapur atau daerah-daerah pertambangan (Katili dan Marks, 1963).

Teori tektonik lempeng (*theory of plate tectonic*) merupakan salah satu teori yang sampai saat ini dapat diterima oleh para ilmuan dan ahli kebumihan untuk menjelaskan mekanisme dan sebaran kejadian gempabumi. Gempabumi terjadi karena adanya pelepasan energi dari kulit bumi yang patah yang disebabkan oleh adanya tegangan yang berasal dari pergerakan lempeng (bersifat bertumbukan, saling menjauh dan saling bergesekan) dimana apabila tegangan tersebut sudah sedemikian besar dan melampaui kekuatan kulit bumi maka kulit bumi yang patah akan melepaskan energi sebagian atau seluruhnya untuk kembali pada keadaan semula.

Posisi gunungapi yang berada di tengah sesar sumatera yang aktif semakin meningkatkan kemungkinan terpicunya aktivitas vulkanik oleh aktivasi sesar di sekitarnya. Akan tetapi gunungapi merupakan suatu sistem yang mampu berinteraksi dengan aktivitas sekitarnya dalam skala yang berbeda. Manifestasi dari aktivitas vulkanik yang terpicu oleh aktivitas tektonik dapat terjadi dalam selang waktu dan jarak yang berbeda-beda (Basuki, dkk., 2009).

### **3.3 Besar Kekuatan Gempa**

Besar kekuatan gempabumi biasanya diukur dengan menggunakan 3 skala, yaitu:

#### **3.3.1 Berdasarkan Energi yang Dilepaskan di Pusat Gempa**

Besarnya energi yang dilepaskan pada pusat gempa biasa disebut dengan Magnitudo atau Skala Richter. Magnitudo suatu gempabumi dapat diukur dengan menggunakan alat *seismograf*. Pada tahun 1935, *Charles Richter* yang merupakan seorang ahli seismologi menjadi tokoh yang pertamakali mendefinisikan magnitudo sehingga kini dikenal sebagai *Skala Richter*. Gempa dengan skala magnitudo 3 atau lebih biasanya hampir tidak terasa, sedangkan gempa dengan skala magnitudo 7 biasanya akan berpotensi terjadinya kerusakan serius di daerah yang luas, tergantung pada kedalaman gempa. Gempa bumi terbesar bersejarah besarnya telah lebih dari 9 magnitudo, meskipun tidak ada batasan besarnya (Natawidjaja, 2007).

#### **3.3.2 Berdasarkan Tingkat Kerusakan yang Diakibatkan Oleh Gempa**

Besarnya kekuatan gempa berdasarkan tingkat kerusakan biasa disebut dengan intensitas. Intensitas digunakan dalam menentukan seberapa kuat getaran tanah yang dirasakan oleh manusia akibat suatu gempa dengan melihat respon orang atau dengan melihat benda dan bangunan sekitar yang terasa pada saat gempa berlangsung. Intensitas gempa dikenalkan oleh *Boen* (2000) kemudian didefinisikan secara sederhana yaitu merupakan angka kerusakan akibat gempa bumi atau ukuran intensitas maksimum yang dihasilkan oleh gempa tersebut. Pada umumnya kejadian gempa menggunakan skala intensitas berdasarkan tingkat kerusakannya atau berdasarkan seberapa besar yang dirasakan oleh

manusia. Skala *MMI (Modified Mercalli Intensity)* merupakan salah satu skala intensitas yang digunakan sejak tahun 1956. Walaupun demikian, prinsip dari skala intensitas sangatlah subjektif dan sudah dipakai sejak sebelum ditemukannya alat untuk menghitung besarnya gempa bumi (Katili dan Marks, 1963).

#### **3.3.4. Berdasarkan Percepatan Batuan Dasar Maksimum**

Nilai *Peak Ground Acceleration (PGA)* merupakan besarnya nilai gempa yang digunakan untuk konstruksi suatu bangunan. Untuk mengetahui besarnya nilai PGA, dapat dihitung dengan mengetahui besarnya magnitudo maksimum dan jarak sumber gempa terhadap lokasi penelitian serta kedalaman gempa tersebut, kemudian dengan menggunakan rumus atenuasi yang sudah berkembang sampai saat ini (Natawidjaja, 2007).

Karakteristik dari gerakan tanah yang terjadi di lapisan bawah tanah atau batuan padat ditentukan dengan menggunakan parameter amplitudo yakni dengan kecepatan tanah maksimum, percepatan tanah maksimum dan pergeseran maksimum. Satuan dari PGA dinyatakan dalam gal yang merupakan percepatan gravitasi (*Gravitational Acceleration*) atau  $\text{cm/s}^2$ . Hasil dari nilai percepatan tanah maksimum akan menunjukkan besar tingkat resiko bencana yang terjadi. Ada dua metode yang dapat digunakan untuk menentukan nilai PGA, yakni melalui alat ukur *accelerograf* dan perhitungan empiris. Namun jika dengan metode empiris tidak selalu tepat, akan tetapi cukup menggambarkan secara umum mengenai percepatan tanah maksimum (Ibrahim dan Subardjo dalam Hidayat, 2014).

### 3.4 Kecepatan Gelombang Geser (Vs30)

Kecepatan gelombang geser Vs30 merupakan kecepatan gelombang yang menjalar sampai pada kedalaman 30 meter dari permukaan bumi. Menurut Roser dan Gosar (2010) data Vs30 adalah data yang digunakan untuk mengetahui jenis klasifikasi batuan yang berdasarkan besarnya kekuatan guncangan gempa bumi yang diakibatkan oleh efek lokal, selain itu juga banyak digunakan di bidang sipil maupun arsitektur untuk perancangan bangunan yang tahan gempa. Data Vs30 merupakan data yang sangat diperlukan dan banyak digunakan pada bidang geofisika untuk mengetahui struktur dan karakteristik bawah permukaan sampai pada kedalaman 30 meter. Menurut Wangsadinata (2006) hanya lapisan-lapisan batuan sampai kedalaman 30 meter saja yang menentukan pembesaran gelombang gempa (Nurahmi dkk, 2015).

Berikut merupakan persamaan Vs30 menurut Matsuoka 2006 dkk:

$$\text{LogVs30} = a + b \text{Log } Ev + c \text{Log } Sp + d \text{Log } Dm \pm \sigma \quad (1)$$

$Vs30$  = Rata-rata kecepatan gelombang geser (m/s)

$Ev$  = Elevasi (m)

$Sp$  = Tangen dari *slope* \* 1000

$Dm$  = Jarak (km) dari gunung atau bukit pra tersier atau tersier

Vs30 merupakan parameter geoteknik yang sangat berguna untuk analisa gelombang seismik. Sifat atau karakteristik pada batuan sangat diperlukan untuk menganalisis bagaimana sifat dinamis batuan tersebut, sehingga kekakuan batuan dan kuatnya geseran tanah dapat diketahui dengan pengukuran kecepatan gelombang geser sampai pada kedalaman 30 meter. Berikut merupakan **Tabel 3.2** yang menjelaskan pembagian *Site Class* untuk klasifikasi Vs30:

**Tabel 2** Klasifikasi *Site Class* berdasarkan NEHRP (FEMA 302, 1997).

Kelas Tanah	Deskripsi Umum	Vs30 (m/s)
A	Batuankeras	>1500
B	Batuan	750 – 1500
C	Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak	350 – 750
D	Tanah Sedang	175 – 350
E	Tanah Lunak	<175

Kemiringan lereng (*slope*) dapat mengindikasikan ketebalan lapisan sedimen. Hasil dari material pelapukan akan mengendap lebih tebal di bagian yang memiliki kemiringan lereng yang relatif lebih kecil. Endapan sedimen di suatu cekungan akan jauh lebih tebal jika dibandingkan dengan material sedimen di lereng. Oleh sebab itu, pada elevasi yang tinggi dan kemiringan lereng yang curam, nilai Vs30 akan relatif lebih kecil dikarenakan pada daerah tersebut banyak didominasi oleh batuan keras.

Dari nilai Vs30 ini, dapat digunakan untuk mengestimasi bahaya gempa bumi sekaligus menjadi penentuan standar bangunan yang tahan gempa. Hal ini berguna karena merupakan tahap dasar untuk mengurangi segala resiko atau dampak dari bencana gempa bumi, agar dapat menjadi salah satu tinjauan Pemerintah Daerah dalam mengatur tata ruang dan wilayah dalam pengembangan dan pembangunan yang akan dilakukan kedepannya.

### 3.5 Peak Ground Acceleration (PGA)

*Peak Ground Acceleration* (PGA) atau percepatan tanah maksimum adalah nilai percepatan tanah yang diukur selama gempa. PGA ini bisa dihitung dengan mengetahui besarnya magnitudo maksimum dan jarak sumber gempa terhadap lokasi penelitian serta kedalaman gempa tersebut, kemudian dengan menggunakan rumus atenuasi yang sudah berkembang sampai saat ini. Percepatan gelombang memiliki suatu bidang gerak, baik secara vertikal maupun horizontal. Suatu gerak gelombang secara vertikal lebih berbahaya dibanding bidang gerak secara horizontal, karena akan merusak bangunan. Nilai-nilai ini bervariasi pada gempabumi dan tempat yang berbeda, tergantung pada banyak faktor, termasuk panjang *fault*, kedalaman gempa, jarak dari durasi pusat gempa, dan geologi tanah (*subsurface*). Gempabumi dangkal menghasilkan kuat getaran (percepatan) dari gempa menengah dan mendalam karena energi dilepaskan lebih dekat ke permukaan. Perambatan gelombang seismik yang menjadi akibat dari percepatan tanah maksimum.

Percepatan tanah maksimum dinyatakan dalam  $g$  (*Gravitational Acceleration*) atau  $m/s^2$  ( $1 g = 9,81 m/s^2$  atau dalam gal dimana  $1 gal$  samadengan  $0,01 m/s^2$   $1 g = 981 Gal$ ). Dari nilai percepatan tanah maksimum inilah yang akan menunjukkan seberapa besar tingkat resiko bencana yang terjadi. Nilainya dapat digunakan sebagai objek pertimbangan mitigasi bencana, desain struktur bangunan dan rencana tata ruang. Karena kondisi kompleks yang mempengaruhi PGA gempabumi berkekuatan sama dapat memberikan hasil yang berbeda dengan

banyak gempa bumi berkekuatan moderat menghasilkan nilai PGA signifikan lebih besar dari gempa berkekuatan besar (Irwansyah dan Winarko, 2012).

### 3.6 Fungsi Atenuasi

Karena pada wilayah Indonesia tidak tersedianya data dalam memformulasikan suatu fungsi atenuasi maka alternatifnya yaitu dengan pemakaian fungsi atenuasi yang sebelumnya telah diturunkan pada wilayah lain dikarenakan hingga sampai pada saat ini untuk wilayah Indonesia sendiri belum ada fungsi atenuasi dari hasil catatan gempa. Pada dasarnya untuk pemilihan fungsi atenuasi disesuaikan pada kemiripan kondisi tektonik maupun geologi dari wilayah dimana fungsi atenuasi itu dibuat. Sebagian besar fungsi atenuasi yang digunakan sudah berdasarkan *Next Generation Attenuation* (NGA), pada fungsi atenuasi ini sendiri dalam pembuatannya telah menggunakan data hasil gempa global (*world wide data*). Oleh karena itu, untuk analisis *seismic hazard* ini biasa menggunakan fungsi atenuasi dari daerah lain yang mempunyai kesamaan tektonik dan geologi wilayah Indonesia. Parameter untuk 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). Dalam penelitian ini yang menjadi sumber gempa pada wilayah Bandar Lampung adalah zona gempa *shallow crustal* (patahan) yang disebabkan oleh Patahan Semangko sehingga untuk mencari fungsi atenuasinya digunakan sumber gempa kategori *shallow crustal*. Berikut adalah beberapa penjelasan rinci yang berkaitan dengan fungsi atenuasi yang digunakan untuk analisis sumber gempa patahan yaitu:

### 3.6.1 Fungsi Atenuasi Boore-Atkinson 2008

Model atenuasi Boore-Atkinson 2008 NGA mengandung persamaan untuk memprediksi gerakan tanah ukuran tertentu dalam bentuk komponen horizontal gerakan tanah sebagai fungsi dari mekanisme gempa, jarak dari site ke sumber gempa, kecepatan gelombang-geser rata-rata lokal dan tipe fault. Persamaan ini untuk menentukan percepatan tanah puncak (PGA), kecepatan tanah puncak (PGV) dan spektra percepatan pseudo-absolut dengan 5% redaman untuk perioda dari 0.01 detik sampai dengan 10 detik. Persamaan Boore-Atkinson (2008) NGA diturunkan dengan menggunakan regresi empirik berdasarkan database gerakan tanah kuat dari PEER NGA. Untuk perioda kurang dari 1 detik, analisis menggunakan 1574 data rekaman dari 58 *mainshock* yang memiliki jarak dari 0 km sampai dengan 400 km. Jumlah data yang digunakan berkurang dengan bertambahnya perioda.

Bentuk dari model atenuasi NGA Boore-Atkinson (2008) adalah:

$$\ln y = F_M(M) + F_D(R_{jb}, M) + F_S(V_{s30}, R_{jb}, M) \quad (2)$$

Dengan

$$F_D(R_{jb}, M) = [c_1 + c_2(M - M_{ref})] \ln R/R_{ref} + c_3(R - R_{ref}) \quad (3)$$

$$R = \sqrt{R_{jb} + h^2} \quad (4)$$

$c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$ ,  $M_{ref}$ ,  $R_{ref}$  dan  $h$  adalah koefisien yang dapat diambil dari tabel.

$F_M(M)$  (fungsi pengaruh skala magnitude)

Untuk  $M \leq M_h$

$$F_M(M) = e_1U + e_2SS + e_3NS + e_4RS + e_5(M - M_h) + e_6(M - M_h)^2 \quad (5)$$

Untuk  $M > M_h$

$$F_M(M) = e_1U + e_2SS + e_3NS + e_4RS + e_7(M - M_h) \quad (6)$$

U, SS, NS dan RS merupakan variabel dummy spesifikasi tipe fault dengan U (unspecified fault), SS (normal slip fault) dan SS (reverse slip fault).

$F_s$  (efek amplifikasi site)

$$F_s = F_{LIN} + F_{NL} \quad (7)$$

dengan suku linear  $F_{LIN}$  adalah

$$F_{LIN} = b_{lin} \ln(V_{S30}/V_{ref}) \quad (8)$$

dan suku nonlinear  $F_{NL}$  adalah

Untuk

(a)  $Pga_{nl} \leq a_1$  :

$$F_{LIN} = b_{lin} \ln(pga_{low}/0.1) \quad (9)$$

(b)  $a_1 < pga_{nl} \leq a_2$

$$F_{LIN} = b_{nl} \ln\left(\frac{pga_{low}}{0.1}\right) + c \left[\ln\left(\frac{pga_{low}}{a_1}\right)\right]^2 + d \left[\ln\left(\frac{pga_{low}}{a_1}\right)\right]^3 \quad (10)$$

(c)  $a_2 < pga_{nl}$  :

$$F_{LIN} = b_{lin} \ln(pga_{nl}/0.1) \quad (11)$$

### 3.6.2 Fungsi Atenuasi Campbell-Bozorgnia NGA 2008

Model gerakan tanah empirik Campbell-Bozorgnia 2008 dikembangkan dibawah kendali proyek *the PEER-Lifelines Next Generation Attenuation of Ground Motion*. Model ini dikembangkan dari database gerakan tanah kuat yang terekam seluruh dunia. Dari kumpulan database ini dipilih subset data gerakan tanah yang selanjutnya digunakan untuk menurunkan variabel prediktor dan

bentuk fungsi dari model NGA yang dikembangkan. Sesuai permintaan proyek, maka model yang dikembangkan adalah model percepatan tanah puncak (PGA), kecepatan tanah puncak (PGV), displesemen tanah puncak (PGD) dan respon spektra percepatan (SA) dengan periode osilator berjumlah 21. Periode osilator ini memiliki rentang dari 0.01 sampai dengan 10.0 detik. Model ini akan valid digunakan dalam wilayah bagian barat Amerika Serikat dan di lain tempat memiliki wilayah tektonik aktif dengan sumber gempa berupa *shallow crustal faulting*. Bentuk model atenuasi NGA Campbell dan Bozorgnia 2008 adalah:

$$\ln Y = f_{\text{mag}} + f_{\text{dis}} + f_{\text{flt}} + f_{\text{hng}} + f_{\text{site}} + f_{\text{sed}} \quad (12)$$

Dengan

$f_{\text{mag}}$  (fungsi kebergantungan pada magnitudo)

$$F_{\text{mag}} = C_0 + C_1 M \quad \text{untuk } M < 5,5 \quad (13)$$

$$C_0 + C_1 M + C_2 (M-5,5) \quad \text{untuk } 5,5 \leq M \leq 6,5 \quad (14)$$

$$C_0 + C_1 M + C_2 (M-5,5) + C_3 (M-6,5) \quad \text{untuk } M > 6,5 \quad (15)$$

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

$$F_{\text{dis}} = (C_4 + C_3 M) \ln (\sqrt{Rr_{\text{rup}}^2 + C_6^2}) \quad (16)$$

$F_{\text{flt}}$  merupakan fungsi berdasarkan tipe patahan

$$F_{\text{flt}} = C_7 F_{\text{RV}} \cdot F_{\text{flt,z}} + C_8 F_{\text{NM}} \quad (17)$$

$$F_{\text{flt,z}} = Z_{\text{TOR}} \quad \text{untuk } Z_{\text{TOR}} < 1 \quad (18)$$

$$1 \quad \text{untuk } Z_{\text{TOR}} \geq 1 \quad (19)$$

$F_{\text{hng}}$  merupakan fungsi berdasarkan efek *hanging wall*

$$F_{\text{hng}} = C_9 F_{\text{hng,R}} + F_{\text{hng,M}} + F_{\text{hng,Z}} + F_{\text{hng,\delta}} \quad (20)$$

$$F_{hng,R} = 1 \quad \text{untuk } R_{jb} = 0 \quad (21)$$

$$\frac{\max(RRup + \sqrt{R_{jb}^2 + 1}) - R_{jb}}{\max(RRup, \sqrt{R_{jb}^2 + 1})} \quad \text{untuk } R_{jb} > 0, Z_{Tor} < 1 \quad (22)$$

$$(RRup - R_{jb}) / RRup \quad \text{untuk } R_{jb} > 0, Z_{Tor} \geq 1 \quad (23)$$

$$F_{hng, M=0} \quad \text{untuk } M \leq 6,0 \quad (24)$$

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

$$1 \quad \text{untuk } M \geq 6,5 \quad (26)$$

$$F_{hng, Z=0} \quad \text{untuk } Z_{Tor} \geq 20 \quad (27)$$

$$20 - Z_{TOR} / 20 \quad \text{untuk } 0 < Z_{Tor} < 20 \quad (28)$$

$$F_{hng, \delta=1} \quad \text{untuk } \delta \leq 70 \quad (29)$$

$$90 - \delta / 20 \quad \text{untuk } \delta > 70 \quad (30)$$

$F_{site}$  adalah fungsi berdasarkan *shallow site*

$$F_{site} = C_{10} \ln(V_{S30}/K_1) + K_2 \{ \ln [A_{1100} + C (V_{S30}/K_1)^n] \} \quad \text{untuk } V_{S30} < K_1 \quad (31)$$

$$(C_{10} + K_2n) \ln(V_{S30}/K_1) \quad \text{untuk } K_1 < V_{S30} < 1100 \quad (32)$$

$$(C_{10} + K_2n) \ln(1100/K_1) \quad \text{untuk } V_{S30} > 1100 \quad (33)$$

$F_{sed}$  adalah fungsi berdasarkan *deep site*

$$F_{sed} = C_{11} (Z_{2,5} - 1) \quad \text{untuk } Z_{2,5} < 1 \quad (34)$$

$$0 \quad \text{untuk } 1 \leq Z_{2,5} \leq 3 \quad (35)$$

$$C_{12} K_3 e^{-0,75} [1 - e^{-0,25} (Z_{2,5} - 3)] \quad \text{untuk } Z_{2,5} > 3 \quad (36)$$

### 3.4.3 Fungsi Atenuasi Chiou–Young NGA 2008

Persamaan atenuasi Chiou-Youngs (2008) memberikan model empirik gerakan tanah untuk menentukan komponen horizontal gerakan tanah yang dikembangkan sebagai bagian dari studi PEER-NGA. Model ini diturunkan untuk percepatan tanah puncak (PGA) dan pseudo-percepatan spektra dengan redaman 5% dengan rentang perioda dari 0.01 sampai dengan 10 detik.

Bentuk dari model atenuasi NGA Chiou-Youngs (2008) adalah

$$\ln(SA_{1130ij}) = c_1 + c_{1a} F_{RVi} + c_{1b} F_{NMi} + c_7(Z_{TORi} - 4) + c_2(Mi - 6) + [(c_2 + c_3)/c_n] \ln [1 + \exp\{c_n(c_M - Mi)\}] + c_4 \ln [R_{RUPij} + c_5 \cosh\{c_6(Mi - c_{HM}, 0)_{max}\} (c_{4a} - c_4) \ln R = \sqrt{R^2 r_{upij} + C r b^2} + [c_{\gamma 1} + c_{\gamma 2}/\cosh\{(Mi - c_{\gamma 3}, 0)_{max}\}] R_{RUPij} + c_9 \cos^2 \delta_i \tanh (R_{RUPij}/2) \tan^{-1}[W_i \cos \delta_i/2((Z_{TORi} + 1))] 1/(\pi/2) [1 - R_{JBij}/(R_{JBij} - 0.01)] + \tau z_i \quad (37)$$

$$\ln(SA_{ij}) = \ln(SA_{1130ij}) + \phi_1 [\ln(V_{S30ij}/1130), 0]_{min} + \phi_2 [\exp\{\phi_2(1130 - 360)\}] \ln [(SA_{1130ij}) + \phi_4] / \phi_4 + \sigma z_{ij} \quad (38)$$

dimana

RA = Percepatan spektra (g)

R<sub>RUP</sub> = jarak terdekat ke bidang rupture (km)

R<sub>jb</sub> = jarak Joiner-Boor (km)

δ = sudut dip rupture

OW = lebar rupture (km)

Z<sub>TOR</sub> = kedalam puncak rupture (km)

F<sub>RV</sub> = 1 untuk  $30^\circ \leq \lambda \leq 150^\circ$  dan F<sub>RV</sub> = 0 untuk yang lain (reverse dan reverse oblique)

- $F_{NM}$  = 1 untuk  $-120^{\circ} \leq \lambda \leq -60^{\circ}$  dan  $F_{NM} = 0$  yang lain (normal dan normal-oblique)
- $\lambda$  = sudut *rake*
- $V_{S30}$  = kecepatan geser rata-rata untuk kedalaman tanah 30 m paling atas (m/dt)
- $\tau$  = standar error untuk inter-event
- $\sigma$  = standar error untuk intra-event

### 3.7 Seismic Hazard Analysis (SHA)

Ada 2 metode yang dipakai dalam *Seismic Hazard Analysis* (SHA) yaitu DSHA (*Deterministic Seismic Hazard Analysis*) dan PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*). Dari kedua metode ini terdapat perbedaan yakni pada pendekatan deterministik (DSHA), untuk frekuensi pergerakan tanah pada setiap skenario yang akan terjadi tidak diperhitungkan seperti PSHA. Metode DSHA ini juga memiliki kemungkinan untuk menentukan pengaruh dari faktor-faktor ketidakpastian yang terjadi dalam suatu analisis seperti lokasi, lokasi, ukuran serta frekuensi dari kejadian gempa (Irsyam dkk, 2010).

Pada umumnya metode DSHA diaplikasikan untuk mempertimbangkan percepatan gempa untuk konstruksi yang paling bahaya apabila terjadi kerusakan, seperti pada bangunan, PLTN, bendungan besar, konstruksi yang dekat dengan patahan aktif, serta untuk keperluan *emergencyresponse*. Kelebihan metode ini adalah mudah diaplikasikan untuk memperkirakan gerakan gempa dalam skenario terburuk. Untuk kelemahannya sendiri yaitu metode ini tidak memprediksi suatu

probabilitas kejadian gempa serta pengaruh dari berbagai ketidakpastian terkait dalam suatu analisis (Kramer dan Steven, 1996).

Secara umum metode DSHA terbagi menjadi 4 tahapan yaitu: mengidentifikasi berbagai sumber gempa yang memiliki kemungkinan berpengaruh pada titik lokasi penelitian, 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 titik lokasi penelitian 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).

### **3.10 Amplifikasi**

Amplifikasi merupakan kondisi guncangan yang dialami oleh lapisan tanah akibat gempabumi. Nilai amplifikasi sangat bergantung pada kondisi tanah berupa kemampuan tanah untuk merambatkan gelombang *shear*, ketebalan serta tingkat

kelapukan. Semakin tinggi nilai amplifikasi pada suatu tempat maka resiko bencana kegempaan akan semakin besar.

Getaran gempa pada lapisan tanah yang lunak lebih besar jika dibandingkan dengan lapisan tanah keras ketika sedang dilewati oleh gelombang gempa dan biasa disebut dengan penguatan efek gelombang gempa. Nakamura (2000) mengatakan bahwa nilai amplifikasi tanah berkaitan dengan perbandingan antara kontras impedansi pada lapisan permukaan terhadap lapisan di bawahnya. Apabila dari kedua lapisan itu memiliki perbandingan kontras impedansi yang rendah maka nilai faktor penguatan juga akan rendah, dan sebaliknya (Solikhin dan Suantika, 2008).

Ada dua penyebab terjadinya amplifikasi gempa yang mengakibatkan terjadinya kerusakan pada bangunan. Pertama, terdapat gelombang yang mengalami superposisi atau dapat diartikan bahwa gelombang tersebut terjebak pada lapisan lunak. Apabila gelombang tersebut memiliki frekuensi yang cenderung sama, maka pada gelombang gempa terjadilah proses resonansi. Proses resonansi tersebut mengakibatkan gelombang saling menguatkan. Kedua, terdapat kesamaan frekuensi alami antara geologi ditempat tersebut dengan bangunan. Hal ini dapat berakibatkan resonansi antara bangunan dengan tanah setempat dimana akan terjadinya getaran tanah lebih kuat pada bangunan (Nakamura, 2000).

## **IV. METODOLOGI PENELITIAN**

### **4.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian bertempat di Laboratorium Teknik Geofisika Universitas Lampung pada tanggal 3 Desember 2018 sampai dengan 4 Februari 2019 dengan judul “Identifikasi Zona Bahaya Gempabumi Kota Bandar Lampung Menggunakan Metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis*”.

### **4.2 Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam kerja praktek ini adalah sebagai berikut:

- Laptop
- *Software Google Earth*
- *Software ArcMAP*
- *Ms. Excel*
- Database Patahan Aktif Indonesia
- Data Vs30 dari MASW

### **4.3 Data Penelitian**

Penelitian ini menggunakan data MASW Kota Bandar Lampung. Data kegempaan dalam penelitian ini menggunakan parameter sumber gempa patahan (*fault*) di Wilayah Indonesia hasil Tim Teknik Revisi Gempabumi Indonesia.

### **4.4 Pengolahan Data**

#### **4.4.1 Penentuan Koordinat**

Penentuan koordinat ini dilakukan di Kota Bandar Lampung dengan menggunakan data perhitungan MASW. Setelah itu dilakukan perhitungan DSHA di beberapa titik Kota Bandar Lampung dan didapatkan 42 titik koordinat.

#### **4.4.2 Perhitungan Vs30**

Estimasi Vs30 dihasilkan dari perhitungan MASW Kota Bandar Lampung. Hasil estimasi Vs30 selanjutnyadigunakan untuk menentukan kelas tanah berdasarkan *The NEHRP site classes*.

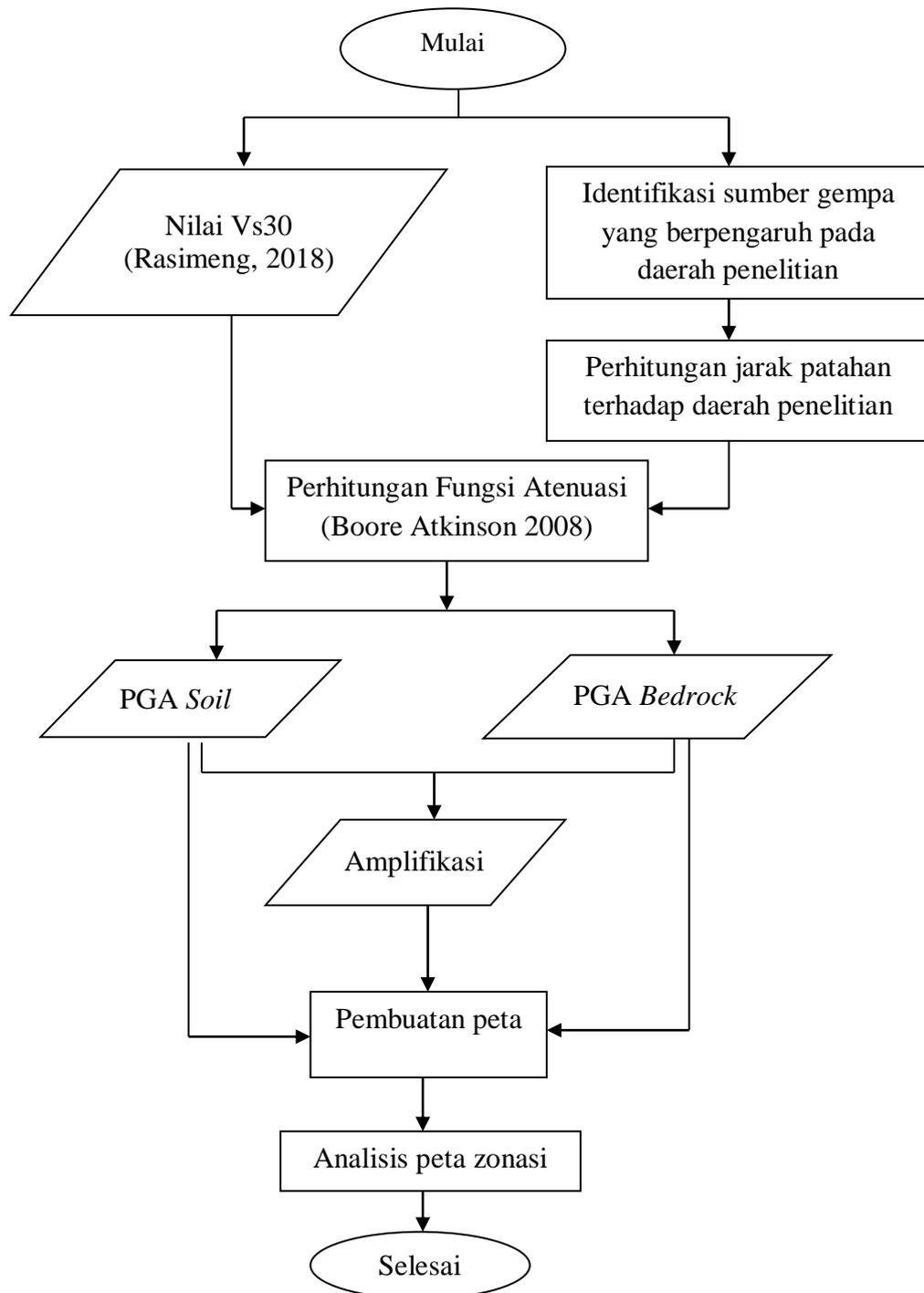
#### **4.4.3 Deterministic Seismic Hazard Analysis (DSHA)**

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

1. Melakukan identifikasi terhadap sumber-sumber gempa yang kemungkinan akan berpengaruh pada lokasi penelitian. Sumber-sumber gempa yang akan berpengaruh pada Kota Bandar Lampung adalah sumber gempa sesar adalah Sesar Semangko karena memiliki nilai magitudo yang besar.

2. Menentukan parameter jarak terdekat dari sumber gempa dengan lokasi penelitian dan memilih magnitudo terbesar dari masing-masing sumber gempa yang telah diidentifikasi sebelumnya.
3. Menentukan parameter gerakan tanah pada lokasi pengamatan dengan menggunakan fungsi atenuasi. Dengan tidak tersedianya data untuk menurunkan suatu fungsi atenuasi di wilayah Indonesia, maka digunakan fungsi atenuasi yang diturunkan dari wilayah lain. Fungsi atenuasi yang digunakan *Next Generation Attenuation* (NGA), dimana atenuasi ini diturunkan menggunakan data gempa global (*worldwide data*). Dasar pemilihan fungsi atenuasi adalah berdasarkan sumber gempa, dimana secara umum dikategorikan dalam zona gempa subduksi, zona gempa *background* dan zona gempa *shallow crustal* (patahan).
4. Menentukan *controlling earthquake* berdasarkan hasil perhitungan terbesar yang diperoleh.

#### 4.5 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 6.** Diagram Alir Penelitian

## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada Kota Bandar Lampung nilai  $V_{s30}$  yang dihasilkan pada lapisan *bedrock* berkisar antara 370 m/s sampai 2354,1 m/s, ini mengindikasikan bahwa Kota Bandar Lampung memiliki klasifikasi tanah kelas A, B dan C yang mendeskripsikan bahwa daerah tersebut batuan keras. Sedangkan pada lapisan *soil* berkisar antara 75,8 m/s sampai dengan 750 m/s, ini mengindikasikan bahwa pada lapisan *soil* memiliki klasifikasi tanah kelas C, D dan E yang mendeskripsikan tanah keras, sangat padat dan batuan lunak .
2. Nilai PGA *bedrock* berkisar antara 0,0426 gal sampai 0,0708 gal sedangkan nilai PGA di *soil* berkisar antara 0,0653 gal sampai 0,1722 gal. Dimana pada kedua lapisan ini memiliki tingkat kerawanan gempabumi yang rendah karena nilai PGA rata-rata dibawah 1.
3. Metode deterministik memberikan hasil gambaran tentang hubungan kekuatan gempa dengan jarak sumber gempa. Daerah yang lebih dekat dengan rupture area akan memiliki nilai PGA yang lebih besar daripada daerah yang lebih jauh dari rupture area dan nilai PGA juga bisa dipengaruhi oleh jenis tanah.

## 6.2 Saran

Saran yang diberikan pada penelitian ini yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai fungsi atenuasi dan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* (DSHA) serta studi mengenai guncangan tanah pada kota Bandar Lampung sebagai usaha mitigasi bahaya gempabumi karena kota Bandar Lampung terletak dekat jalur sesar besar Sumatera yang dapat memicu terjadinya gempabumi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alberto, D., Cakir, R. and Walsh, T.J., 2011, *Testing Joint Application of HVSR Ambient Vibration Measurements and MASW Seismic Survey in the Puget Lowland and Coastal Area Washington*, Washington State Department of Natural Resources.
- Basuki, A., Kriswati, E., dan Pramita, Y.R., 2009, Pengaruh Gempa Tektonik Terhadap Aktivitas Gunungapi : Studi Kasus G. Talang Dan Gempabumi Padang 30 September 2009, *Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi*, Vol 4 No3 : 11-17.
- Bird, P. 2003. An updated digital model of plate boundaries: *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4, no.3, 1027, doi:10.1029/2001GC000252.
- Boore, D.M. dan Atkinson, G.M., 2008. *Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 s and 10.0 s*. *Earthquake Spectra*. Volume 24, nomor 1.
- Campbell, K. dan Bozorgnia, Y., 2008. *Ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, PGD and 5% damped linear elastic response spectra for periods ranging from 0.01 to 10.0 s*. *Earthquake Spectra*. Volume 24, nomor 1.
- Chiou, B. dan Youngs, R.R., 2008. *A NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra*. *Earthquake Spectra*. Volume 24, nomor 1.
- FEMA 302., 1997. *NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulation for New Building and Other Structure*. Federal Emergency Management Agency. Washington, D.C.
- Hidayat, S., 2014, *Analisis Zona Bahaya Gempabumi dengan Pendekatan Probabilitas Peak Ground Acceleration (PGA) dan Geomorfologi Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*, Skripsi.

- 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)*. Seminar Nasional Informatika 2012 (semnasIF 2012). UPN Veteran Yogyakarta.
- Katili, J.A. dan Marks, P., 1963, *Geologi*, Departemen Urusan Research Nasional, Jakarta.
- Kramer dan Steven, L., 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Upper Saddle River, New Jersey 07458: Prantice Hall, Inc.
- Nakamura, Y., 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application*. Tokyo University. Japan.
- Natawidjaya, D.H., 2007, *Gempabumi dan Tsunami di Sumatra dan Upaya untuk Mengembangkan Lingkungan Hidup yang Aman dari Bencana Alam*, Pusat Survei Geologi.
- Nolan, J.J., Miller, R.D., Ivanov, J., and Peterie, S., 2013, *Near-Surface Salt Dissolution Void Identification Using Passive MASW*, Seg Houston Annual Meeting, Kansas Geological Survey, Lawrence.
- Nurahmi, Effendi. R. dan Sandra., 2015. *Analisis Kecepatan Gelombang Geser Vs30 Menggunakan Metode Refraksi Mikrotremor (Remi) Di Kelurahan Talise*. Gravitasi Vol. 14 No.1 (Januari-Juni 2015). Universitas Tadulako, Palu, Indonesia.
- Park, C.B., Miller, R.D., Xia, J. and Ivanov, J., 2007, *Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW) Active and Passive Methods*, Kansas Geological Survey, Lawrence.
- Rasimeng, S., Zuhelmi, E., Firnanza, E. dan Rahayu, T.S., 2016, *Analisis Kecepatan Gelombang Geser (Vs30) Menggunakan Metode Seismik Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW)*, *Proceeding Riset Kebencanaan*, Ikatan Ahli Kebencanaan Indonesia, Bandung.
- Rasimeng, S., Rustadi, Alimuddin dan Muharoroh E., 2018, *Earthquake Vulnerability Zonation in Bandar Lampung City Base on Seismic Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW) Method*, *International Journal of Disaster Resilience in the Build Environment*, Ikatan Ahli Kebencanaan Indonesia, Padang.
- Sieh, K. dan Natawidjaja, D., 2000. Neotectonics of Sumatra Fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research* Vol. 105, 28, 295-28, 326.

- Solikhin, A. dan Suantika, G., 2008. *Laporan Penyelidikan Gempabumi Daerah Kabupaten Bandung dan Sekitarnya Jawa Barat*, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung.
- Supartoyo, Surono, dan Putranto, E.T., 2014, *Katalog Gempabumi Merusak Di Indonesia Tahun 1612-2014*, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
- Tokeshi, K., Harutoonian, P., Leo, C.J. And Liyanapathirana, S., 2013. *Use of Surface Waves for Geotechnical Engineering Applications in Western Sydney*, Advances in Geosciences. European Geosciences Union.
- USGS, 2011, *Shallow Seismic Site Characterizations at 23 Strong Motion Station Sites in and Near Washington State*, Washington State Department of Natural Resources.
- Windu, P., Irsyam, M., Wardani, S.P.R. dan Maarif, S., 2015. *Persepsi Pengembangan Peta Rawan Gempa Kota Semarang Melalui Penelitian Hazard Gempa Deterministik*. Teknik, 36 (1), 2015, 24-31. Universitas Diponegoro.