

**STUDI HAZARD SEISMIC DI WILAYAH SUMATERA  
BAGIAN TENGAH DAN SEKITARNYA DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *PROBABILISTIC*  
*SEISMIC HAZARD ANALYSIS* (PSHA)**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



**VINNA HATICA  
NIM. 14034040/2014**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

Studi *Hazard* Seismik di Wilayah Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya  
dengan Menggunakan Metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA)

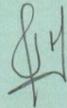
Nama : Vinna Hatica  
NIM : 14034040  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 6 Agustus 2018

Disetujui oleh

Pembimbing I

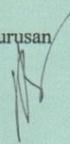
Pembimbing II



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

Rahmat Triyono, ST. Dipl. Seis. M.Sc.  
NIP. 19700705 199803 1 002

Ketua Jurusan



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

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Vinna Hatica  
NIM/TM : 14034040/2014  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan judul

**Studi *Hazard* Seismik di Wilayah Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya  
dengan Menggunakan Metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA)**

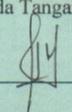
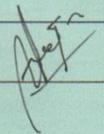
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Padang

Padang, 8 Agustus 2018

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Syafriani, S.Si., M.Si., Ph.D.	1. 
2. Sekretaris : Rahmat Triyono, ST. Dipl. Seis. M.Sc.	2. _____
3. Anggota : Drs. Akmam, M.Si.	3. _____
4. Anggota : Dr. Hamdi, M.Si.	4. 

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Studi Hazard Seismik di Wilayah Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya dengan Menggunakan Metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA)”, adalah asli karya saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari 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, 8 Agustus 2018  
Yang membuat pernyataan



Vinna Hatica  
NIM. 14034040/2014

*Sesungguhnya setelah kesulitan pasti ada kemudahan*

*Maka apabila telah selesai dalam suatu urusan*

*Kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan lainnya*

*Dan hanya kepada Allah lah kamu berharap*

*(Al Nasyrat :6-7)*

*Terima kasih untuk Ayah di Surganya Allah (Iswardi), Ibu (Bismi Nurmi), Amak (Rabiatun), Adik (Vani Hatica dan Muhammad Agustino) serta keluarga yang selalu mendo'akan dan mendukung untuk setiap perjalanan hidupku. Terima kasih untuk Onang, Om Ardi, Om Nal dan Om Efi yang selalu mendo'akan dan memberi asupan dana.*

*Kepada sahabatku Lily Handayani, Ocha Samantha Feriyana, Puja Kahar, Helmita dan Allya Nissa Daswar yang selalu ada menemani disaat tawa dan tangis tanpa syarat, selalu mendengarkan kekonyolan yang ku perbuat, selalu melarang untuk melakukan hal yang akan membuat air mata jatuh. Terima kasih karena telah menemani ku hingga akhir keberadaan kalian hingga akhir merupakan rezeki dalam bentuk lain yang Allah berikan untukku. Terima kasih hanya yang dapat ku katakan untuk kalian. Aku sayang kalian.*

*Terima kasih untuk Kak Irfa Destrayanti yang telah membantu dari awal hingga akhir penelitian. Terima Kasih untuk Media Sentosa, Abdul Rahman Saleh Nasution, Ramadhan Saputra, Ahmad Kasasi dan Roli Satria Permana cowok yang selalu dapat diandalkan. Keluarga Villa Coklat yang selalu bersedia menghibur ketika di rumah. Keluarga MP5 yang selalu mengisi waktu senggangku. Para penghuni labor elin's kece pencari gibah terupdate. Tim Seismik yang seperjuangan dengan ku. Fisika 2014 yang telah mengisi kenangan kuliah selama 4 tahun ini serta teman-teman lain yang tidak dapat ku sebutkan namanya satu persatu. Terima kasih atas bantuan dan dukungan semoga selalu dalam lindungan Allah SWT.*

*Vinna Hatica*

## ABSTRAK

**Vinna Hatica.2018.**“Studi Hazard Seismik di Wilayah Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya dengan Menggunakan Metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA)”.

Pulau Sumatera merupakan wilayah yang memiliki aktivitas kegempaan yang cukup tinggi, sehingga berpotensi terjadi gempa bumi besar serta merusak. Salah satu wilayah yang menunjukkan tingkat seismisitas yang aktif adalah wilayah Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya. *Hazard* seismik perlu dipelajari sebagai bahan masukan dalam melakukan mitigasi bencana gempa bumi maupun sebagai acuan dalam pembangunan infrastruktur wilayah. Dengan membuat peta *hazard* seismik kita dapat mengetahui tingkat *hazard* seismik suatu wilayah sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pembangunan infrastruktur di wilayah tersebut.

Metode yang dapat digunakan untuk menganalisa wilayah *hazard* seismik yaitu metode *probabilistik seismic hazard analysis* (PSHA). PSHA didasarkan pada parameter gempa yang menghasilkan pergerakan tanah terbesar. Besarnya intensitas pada suatu lokasi akibat gempa bumi di daerah sumber gempa dengan magnitudo  $M$  dan berjarak  $R$  dapat digunakan fungsi atenuasi. Fungsi atenuasi yang digunakan pada penelitian ini adalah Joyner-Boore (1997) dan Young et al (1997). Jenis penelitian ini deskriptif, yaitu dengan mengumpulkan data kejadian gempa dari katalog gempa bumi Stasiun Geofisika Padang Panjang. Parameter data kejadian gempa dibatasi dari tahun 1918 hingga 2017 dengan magnitudo  $\geq 4.5$  SR dengan kedalaman 0 Km – 450 Km.

Hasil yang diperoleh bahwa *hazard* seismik yang terbesar terjadi pada PGA maksimum  $> 3.6$  g berada di beberapa wilayah Pulau Pini (Sumatera Utara), Pulau Sipora (Mentawai), dan Pesisir Bengkulu. Tingkat *hazard* seismik sedang diantaranya Provinsi Sumatera Utara, Sumatera Barat dan Bengkulu dengan nilai PGA maksimum 1.2 g – 2.6 g. Tingkat *hazard* seismik terendah terjadi di wilayah bagian Timur dari Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya seperti Kepulauan Riau, Provinsi Riau, dan Provinsi Jambi dengan nilai PGA maksimum kisaran 0.2 g – 1.2 g dan lebih kecil dari 0.2 g. Hasil ini merupakan kemungkinan terlampaui 10% dalam 50 tahun.

**KataKunci :** *Hazard*, PGA

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur diucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Sebagai judul skripsi yaitu “Studi Hazard Seismik di Wilayah Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya dengan Menggunakan Metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PHSA)”. Shalawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Dengan dasar ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga atas jasa-jasanya, kesabaran, do'a dan tidak pernah lelah dalam mendidik dan memberi cinta yang tulus ikhlas kepada penulis sejak kecil.
2. Ibu Syafriani, S.Si., M.Si., Ph.D. sebagai dosen Pembimbing I dan Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Rahmat Triyono, ST. Dipl. Seis, M.Sc. sebagai Pembimbing II.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si. dan Bapak Dr. Hamdi, M.Si. sebagai Tim Penguji.
5. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si. sebagai Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Yohandri, M.Si., Ph.D. sebagai sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.

7. Bapak Rio Anshari, S.Pd., M.Si. selaku Penasehat Akademis.
8. Bapak dan Ibu staff Stasiun BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) Klas I Padang Panjang.
9. Bapak dan Ibu staf pengajar serta staf administrasi dan Laboran Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Padang
10. Serta seluruh pihak yang telah berkontribusi dan telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga segala bimbingan, bantuan dan perhatian yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh kepada semuanya serta mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Demi perbaikan selanjutnya, saran dan kritik yang membangun akan penulis terima dengan senang hati.

Padang, 9 Agustus 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	6
G. Definisi Istilah.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Gempabumi.....	7
B. Tatanan Tektonik Sumatera Barat.....	15
C. <i>Seismic Hazard Analysis</i> .....	18
D. Fungsi Atenuasi .....	24
E. Parameter Seismotektonik.....	27
F. Penelitian-Penelitian Relevan .....	28

G. Kerangka Berpikir .....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian .....	32
B. Variabel Penelitian .....	32
C. Data Penelitian .....	32
D. Teknik Pengumpulan Data .....	33
E. Teknik Pengolahan Data .....	33
F. Interpretasi Data .....	37
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	39
B. Pembahasan .....	47
<b>BAB V PENUTUP</b>	
A. Kesimpulan .....	56
B. Saran .....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	58
LAMPIRAN .....	60

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme Terjadinya Gempabumi .....	8
Gambar 2. Grafik Hubungan antara Intensitas dengan PGA .....	15
Gambar 3. Peta Tektonik Pulau Sumatera .....	16
Gambar 4. Tahapan dari analisis <i>hazard</i> seismik probabilitas.....	20
Gambar 5. Kerangka Berpikir Penelitian .....	30
Gambar 6. Peta Segmentasi dan $M_{Maks}$ Subduksi di Indonesia.....	35
Gambar 7. Peta Segmen Sesar Pulau Sumatera .....	36
Gambar 8. Peta Wilayah Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya .....	40
Gambar 9. Peta Percepatan di Batuan Dasar pada $T = 0$ Detik .....	41
Gambar 10. Peta Percepatan di Batuan Dasar pada $T = 0.2$ Detik .....	42
Gambar 11. Peta Percepatan di Batuan Dasar pada $T = 1$ Detik .....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Skala Intensitas Gempabumi.....	13
Tabel 2. Hubungan Parameter – Parameter Resiko Gempa.....	24
Tabel 3. Konversi Skala Magnitudo.....	34
Tabel 4. Percepatan di Batuan Dasar pada $T = 0$ Detik .....	42
Tabel 5. Percepatan di Batuan Dasar pada $T = 0.2$ Detik .....	43
Tabel 6. Percepatan di Batuan Dasar pada $T = 1$ Detik .....	44

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Katalog Gempabumi .....	60
Lampiran 2. Data <i>Descluter</i> .....	62
Lampiran 3. Data Identifikasi dan Pemodelan Sumber Gempa ( <i>Shallow</i> ) .....	64
Lampiran 4. Data Identifikasi dan Pemodelan Sumber Gempa ( <i>Deep 1</i> ).....	66
Lampiran 5. Data Identifikasi dan Pemodelan Sumber Gempa ( <i>Deep 2</i> ).....	68
Lampiran 6. Data Identifikasi dan Pemodelan Sumber Gempa ( <i>Deep 3</i> ).....	69
Lampiran 7. Data Identifikasi dan Pemodelan Sumber Gempa ( <i>Deep 4</i> ).....	70
Lampiran 8. Parameter <i>Hazard</i> Seismik a-b Value .....	71
Lampiran 9. Data Percepatan di Batuan Dasar pada T = 0 Detik .....	73
Lampiran 10. Data Percepatan di Batuan Dasar pada T = 0.2 Detik .....	75
Lampiran 11. Data Percepatan di Batuan Dasar pada T = 1 Detik .....	77

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Negara Indonesia terletak pada tiga lempeng besar tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Akibat dari pertemuan tiga lempeng tersebut Indonesia memiliki tingkat kegempaan yang tinggi baik di darat maupun di laut. Kejadian alam seperti gempa bumi hampir tiap hari melanda negara kita Republik Indonesia. Gempa bumi tersebut menghasilkan gerakan tanah yang dapat menimbulkan kerusakan yang disebut *Hazard* Seismik atau bahaya kegempaan. Kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa bumi dapat dilihat secara jelas seperti kerusakan bangunan, jalan, dan lain sebagainya.

Salah satu daerah rawan gempa bumi di Indonesia adalah Pulau Sumatera, karena Pulau Sumatera terletak pada jalur lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Selain dilalui oleh Zona Subduksi dan Sesar Mentawai Pulau Sumatera dilalui juga oleh Sesar Sumatera. Sesar Sumatera terjadi diakibatkan adanya lempengan Indo-Australia yang menabrak bagian barat Pulau Sumatera secara miring. Sesar Sumatera ini membentang dari Lampung hingga Banda Aceh dan sesar ini membagi pulau Sumatera menjadi dua bagian. Sesar Sumatera ini ditandai dengan adanya bukit barisan yang membentang sepanjang pulau Sumatera. Sesar Sumatera ini menjadi sumber gempa bumi di daratan.

Dampak yang ditimbulkan akibat peristiwa gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan struktur, rumah penduduk, rumah sakit serta sarana

dan prasarana di wilayah yang dilanda gempa bumi. Sebagian besar korban jiwa, kerugian material, dan kerugian materi yang terjadi akibat gempa bumi disebabkan oleh kerusakan dan kegagalan dalam membangun infrastruktur dan bangunan.

Kerusakan dampak dari gempa bumi dibagi menjadi dua, yaitu kerusakan tidak langsung dan kerusakan langsung. Kerusakan tidak langsung seperti yang terjadi pada tanah contohnya longsor pada lereng, keretakan tanah dan lain sebagainya. Sedangkan kerusakan langsung diakibatkan dari gaya inersia yang diterima oleh bangunan selama gempa terjadi. Kerusakan yang banyak memakan korban jiwa, yaitu kerusakan langsung dan kerusakan langsung ini dapat dicegah dengan melalui proses desain dari bangunan dengan memperhitungkan suatu tingkat beban gempa rencana di wilayah tersebut sehingga pemilihan parameter pergerakan tanah diperlukan untuk mendapatkan beban rencana tersebut.

Setiap kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi di wilayah tertentu ditentukan oleh parameter-parameter gempa bumi salah satunya yaitu dengan menggunakan nilai percepatan tanah maksimum atau *peak ground acceleration* (PGA). PGA merupakan salah satu parameter penting yang digunakan dalam studi tingkat bahaya dan resiko gempa bumi yang dapat menimbulkan kerusakan.

Romadiana (2018) telah meneliti rumusan empiris yang dapat digunakan untuk wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya menggunakan rumusan empiris MC.Guire, *Si and Midorikawa*, dan Donovan. Hasil dari penelitian tersebut

rumusan empiris *Si and Midorikawa* yang dapat mendekati hasil dari *accelerograph* BMKG Padang Panjang. Rumusan empiris *Si and Minorikawa* ini dapat digunakan untuk mencari nilai percepatan tanah maksimum di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya secara manual.

Selain mencari nilai PGA maksimum, upaya mitigasi dapat dilakukan dengan mengetahui *hazard* seismik yang dapat bermanfaat dalam perencanaan bangunan tahan gempa. *Hazard* seismik dapat menggambarkan efek gempa pada suatu lokasi yang akan membantu dalam rangka antisipasi dan meminimalisir korban jiwa maupun kerugian materi. Meminimalisir dampak bencana perlu dilakukan secara dini dan optimal.

Para peneliti terus berusaha mengembangkan metode-metode perhitungan *hazard* seismik untuk meminimalisir kerusakan yang ditimbulkan akibat gempa, salah satunya dikenal dengan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA). PSHA dikembangkan berdasarkan teori probabilitas total yang dikemukakan oleh Cornell (1968). Metode ini terus mengalami perkembangan hingga sekarang menjadi salah satu metode yang cukup populer dan banyak dipergunakan. Metode PSHA ini dapat digunakan untuk memprediksi seberapa besar probabilitas kondisi terburuk akan terjadi di lokasi studi.

Penggunaan metode PSHA menggunakan teorema probabilitas total dan atenuasi Youngs dan Joyner-Boore. Dimana fungsi dari atenuasi digunakan untuk menggambarkan besarnya intensitas pada suatu lokasi akibat peristiwa

gempabumi di wilayah sumber gempa dengan magnitudo dan jarak dari lokasi gempa itu terjadi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *hazard* seismik di Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya karena di wilayah inilah sering terjadinya gempabumi yang diakibatkan oleh Zona Subduksi, Patahan Mentawai, dan Patahan Sumatera sehingga penelitian ini penting untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat serta upaya mitigasi bencana gempabumi. Juga digunakan sebagai bahan acuan dalam perencanaan pembangunan infrastruktur di wilayah Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya.

#### **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, terdapat beberapa identifikasi masalah :

1. Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya di lintasi oleh tiga patahan, yaitu Patahan Sumatera, Patahan Mentawai, dan Zona Subduksi yang mengakibatkan seringnya terjadi gempabumi.
2. Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya memiliki sejarah kegempaan yang didominasi oleh gempa yang merusak terutama gempabumi yang terjadi di darat.
3. Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya belum ada peta *hazard* khusus.

#### **C. Batasan Masalah**

Mengingat luasnya permasalahan pada penelitian dan keterbatasan penulis, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Sinyal gempabumi yang dianalisa terbatas hanya di wilayah Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya pada latitude  $-3.5^{\circ}\text{LS} - 1^{\circ}\text{LU}$  dan longitude  $92^{\circ}\text{BT} - 109^{\circ}\text{BT}$ .
2. Data yang digunakan yaitu data pada kedalaman 0 Km – 450 Km. Kekuatan gempa (magnitudo) yang digunakan yaitu besar atau sama dengan 4.5 SR ( $\geq 4.5$ . SR).
3. Data yang digunakan dari tahun 1918 hingga tahun 2017.

#### D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan diatas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana memetakan daerah *hazard* seismik di daerah Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya dengan metoda *Probabilistic Hazard Seismic Analysis* (PHSA) ?
2. Bagaimana tingkat *hazard* seismik di wilayah Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya setelah dikaji menggunakan *Probabilistic Hazard Seismic Analysis* (PHSA)?

#### E. Tujuan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah, maka adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Membuat peta *hazard* seismik di daerah Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya dengan metoda *Probabilistic Hazard Seismic Analysis* (PHSA).

2. Untuk mengetahui tingkat *hazard* seismik di wilayah Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya setelah menggunakan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pembangunan infrastruktur.

#### F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu :

1. Mengetahui *hazard* seismik sebagai bahan acuan dalam perencanaan pembangunan infrastruktur di wilayah Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya.
2. Melakukan mitigasi bencana di wilayah Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya berdasarkan metode *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA).

#### G. Definisi Istilah

Berikut ini merupakan daftar istilah yang digunakan dalam penelitian yaitu:

1. *Hazard* Seismik adalah gerakan tanah yang dihasilkan oleh gempabumi yang menimbulkan kerusakan .
2. Gempabumi adalah suatu guncangan yang terjadi akibat pelepasan energi yang berasal dari dalam bumi ke permukaan bumi.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

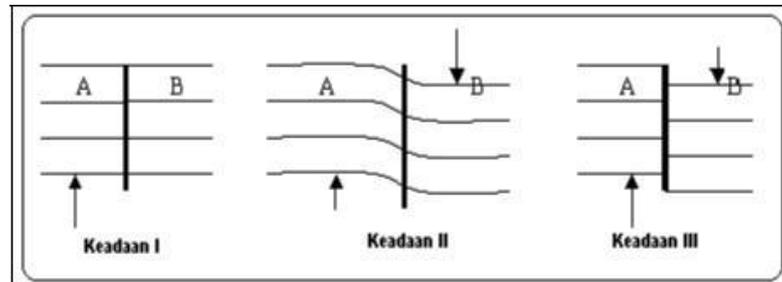
#### **A. Gempabumi**

##### **1. Pengertian Gempabumi**

Gempabumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi yang berada di dalam bumi secara tiba-tiba. Energi yang dihasilkan merupakan pergerakan dari lempeng-lempeng tektonik dan dipancarkan ke segala arah hingga dapat kita rasakan di permukaan bumi. Energi yang dilepaskan pada saat terjadinya patahan tersebut dapat berupa energi deformasi, energi gelombang dan lain-lain. Energi deformasi ini dapat terlihat pada perubahan bentuk sesudah terjadinya patahan, misalnya pergeseran. Sedangkan energi gelombang menjalar melalui medium elastis yang dilewatinya dan dapat dirasakan sangat kuat di daerah terjadinya gempabumi tersebut.

Teori yang menjelaskan mekanisme terjadinya gempabumi yang dikenal sebagai "*Elastic Rebound Theory*". Dijelaskan dalam teori ini bahwa gempabumi 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 terjadinya 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. Peristiwa inilah yang

disebut dengan gempa bumi. Mekanisme terjadinya gempa bumi dapat dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme Terjadinya Gempabumi (Edwizar.2008)

Gambar 1. pada keadaan I menunjukkan suatu lapisan yang belum terjadi perubahan bentuk geologi. Karena di dalam bumi terjadi gerakan yang terus-menerus, maka akan terdapat *stress* yang lama kelamaan akan terakumulasi dan mampu merubah bentuk geologi dari lapisan batuan.

Gambar 1. keadaan II menunjukkan suatu lapisan batuan telah mendapat dan mengandung *stress* dimana telah terjadi perubahan bentuk geologi. Untuk daerah A mendapat *stress* ke atas, sedangkan daerah B mendapat *stress* ke bawah. Proses ini berjalan terus sampai *stress* yang terjadi atau dikandung di daerah ini cukup besar untuk merubahnya menjadi gesekan antara daerah A dan daerah B. Lama kelamaan karena lapisan batuan sudah tidak mampu lagi untuk menahan *stress* maka akan terjadi suatu pergerakan atau perpindahan yang tiba-tiba sehingga terjadilah patahan. Peristiwa pergerakan secara tiba-tiba ini disebut gempa bumi.

Gambar 1. keadaan III menunjukkan lapisan batuan yang sudah patah karena adanya pergerakan yang tiba-tiba dari batuan tersebut. Gerakan perlahan-lahan sesar ini akan berjalan terus sehingga seluruh proses diatas

akan diulangi lagi dan sebuah gempa akan terjadi lagi setelah beberapa waktu lamanya demikian seterusnya (Edwizar.2008).

## 2. Parameter Gempabumi

### a. Waktu Terjadi ( *Origin Time* )

*Origin Time* atau waktu terjadinya gempabumi merupakan waktu dimana pelepasan energi pertama kali terjadi pada lempeng tektonik bumi yang mengalami tekanan akibat tumbukan atau gesekan lempeng satu sama lain.

### b. *Hypocenter*

*Hypocenter* merupakan pusat gempabumi yang berada di dalam permukaan bumi. Penentuan kedalaman sumber gempabumi ditentukan dari pembacaan seismogram setengah amplitudo maksimum dari gelombang P pada komponen vertikal.

### c. *Epicenter*

*Epicenter* merupakan pusat gempabumi yang berada di permukaan bumi sebagai proyeksi dari fokus gempabumi didalam bumi yang tegak lurus terhadap *hypocenter*.

### d. Magnitudo

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

Sejalan dengan berkembangnya ilmu pengetahuan tentang gempabumi maka berkembang pula skala-skala magnitudo dengan menggambarkan kekuatan besaran dari gempabumi tersebut.

a. Magnitudo Lokal ( $M_L$ )

Skala magnitudo ini didefinisikan oleh Richter (1935) berdasarkan gempabumi di California Selatan yang direkam menggunakan seismograf Wood-Anderson dan dikenal sebagai magnitudo lokal dan merupakan skala magnitudo yang pertama. Magnitudo lokal suatu gempa ditentukan berdasarkan data amplitudo maksimum dari gelombang gempa yang terekam oleh seismograf.

$$M_L = \log A - \log A_0 \quad (1)$$

Keterangan :

A = Amplitudo Maksimum

$A_0$  = Amplitudo gempa standar yang terekam oleh seismograf Wood-Anderson pada jarak episentral 100 Km.

b. Magnitudo Gelombang Permukaan ( $M_S$ )

Skala magnitudo lokal dari Richter tidak memperhitungkan adanya tipe gelombang tertentu yang dihasilkan oleh peristiwa gempa. Pada jarak epicenter yang besar, gelombang badan atau *body wave* biasanya mengalami pelemahan, sehingga menghasilkan gerakan atau *motion* yang didominasi oleh

gelombang permukaan atau *surface wave*. Magnitudo gelombang permukaan ( $M_S$ ) merupakan skala magnitudo berdasarkan amplitudo gelombang Rayleigh dengan perioda sekitar 20 detik, perioda 20 detik ini dikarenakan pada seismograf umumnya memiliki pencatat amplitudo maksimum pada perioda 20 detik. Magnitudo ini di gunakan untuk menghitung kekuatan gempa dengan jarak lebih dari 600 Km dan gempa dangkal ( $h < 60$  Km).

$$M_s = \log_{10} \left( \frac{A}{T} \right) + 1,66 \log_{10} \Delta + 3,3 \quad (2)$$

Keterangan :

A = Pergerakan Tanah ( $10^{-6}$  m)

T = Perioda

$\Delta$  = Jarak Episenter ( $^{\circ}$ )

c. Magnitudo Gelombang Badan ( $M_B$ )

Gempa dengan kedalaman sumber gempa yang dalam, gelombang permukaan memberikan hasil yang lebih kecil dari yang diisyaratkan untuk melakukan pengukuran dengan menggunakan magnitudo gelombang permukaan. Magnitudo gelombang badan ( $M_B$ ) merupakan skala magnitudo yang didasarkan pada amplitudo beberapa cycles pertama dari gelombang P (P-wave), dimana tidak terlalu dipengaruhi oleh kedalaman terjadinya gempabumi. Magnitudo gelombang badan didapat dari rumusan empiris berikut :

$$M_B = \log A - \log T + 0,01\Delta + 5,9 \quad (3)$$

Keterangan :

A = Amplitudo ( $\mu\text{m}$ )

T = Perioda dari gelombang P (*p-wave*)

$\Delta$  = Jarak episentral terhadap seismometer (*degree*)

d. Magnitudo Momen ( $M_w$ )

Mendeskripsikan besaran gempa yang sangat besar atau *very large earthquake*, suatu skala magnitudo tidak hanya bergantung pada tingkat guncangan tanah saja atau *groundshaking levels* akan lebih diinginkan. Skala magnitudo tersebut adalah magnitudo momen ( $M_w$ ) yang didasarkan pada momen gempa (*seismic moment*), dimana merupakan pengukuran langsung dari bidang patahan yang pecah (*repture zone*) pada zona patahan aktif.

$$M_w = \frac{\log M_o}{1,5} - 10,7 \quad (4)$$

Keterangan :

$M_o$  = Momen Seismik (dyne-cm)

e. Moment Seismik ( $M_o$ )

Momen seismik dikembangkan dari teori bingkai elastik.  $M_o$  (magnitudo momen) adalah satuan magnitudo yang dihitung berdasarkan momen seismik yang diestimasi dari dimensi pergeseran bidang sesar atau dari analisis karakteristik gelombang gempabumi yang terekam pada stasiun.

$$M_o = \mu A d \quad (5)$$

Keterangan :

$\mu$  = Modulus Kekakuan Dari Batuan dengan *Rupture* (dyne-cm)

A = Luas Total *Rupture Area*

d = Pergeseran Rata-Rata

e. Intensitas

Intensitas merupakan besaran yang menunjukkan kekuatan gempabumi berdasarkan kerusakan yang diakibatkannya. Skala ini lebih subjektif karena nilainya tergantung pada orang yang mengamati. Namun saat ini sudah dikembangkan alat untuk menentukan besarnya skala intensitas yaitu berdasarkan nilai percepatan tanah di suatu wilayah, sehingga skala yang di dapat lebih objektif. Skala intensitas yang sekarang ini digunakan yaitu skala SIG (Skala Intensitas Gempabumi) yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala Intensitas Gempabumi

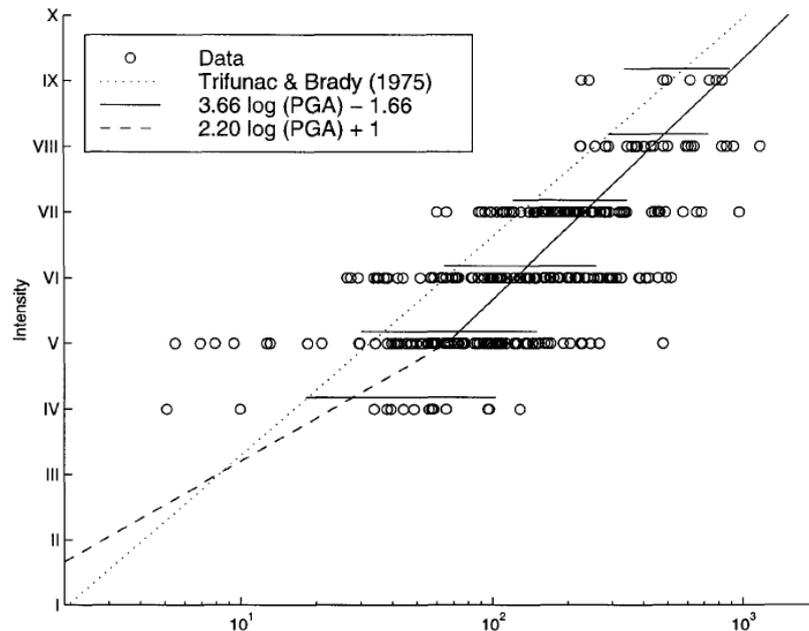
Skala SIG	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Level MMI
I	Tidak dirasakan ( <i>Not Felt</i> )	Tidak dirasakan oleh semua orang tetapi terekam oleh alat	I–II
II	Dirasakan ( <i>Fel</i> )	Dirasakan oleh kebanyakan orang tetapi tidak merusak. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan rak piring bergetar	III–V

Skala SIG	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Level MMI
III	Kerusakan Ringan ( <i>Slight Damage</i> )	Bagian nonstruktur bangunan mengalami kerusakan ringan seperti retak rambut pada dinding, genteng bergeser kebawah dan sebagian berjatuhan	VI
IV	Kerusakan Sedang ( <i>Moderate Damage</i> )	Banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah, sebagian plaster dinding lepas. Hampir sebagian besar genteng jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII–VIII
V	Kerusakan Berat ( <i>Heavy Damage</i> )	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX–XII

(Sumber : PGR VI Padang Panjang)

Hubungan antara skala intensitas dan percepatan puncak, intensitas guncangan pada skala rendah berhubungan secara wajar dengan PGA (*Peak Ground Motion*) dan PGV (*Peak Ground Velocity*), sedangkan pada intensitas tinggi berkorelasi baik dengan kecepatan puncak. Secara mendasar, percepatan puncak melewati level intensitas tinggi ketika kecepatan puncak mengalami kenaikan (Wald, et al.,1999).

Pada Gambar 2. ditampilkan grafik nilai PGA dan PGV terhadap nilai intensitas.



Intensity	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+
Peak Accel. (% g)	<0.17	0.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
Peak Velocity (cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116

Gambar 2. Grafik Hubungan antara Intensitas dengan PGA

(Wald, et al.,1999)

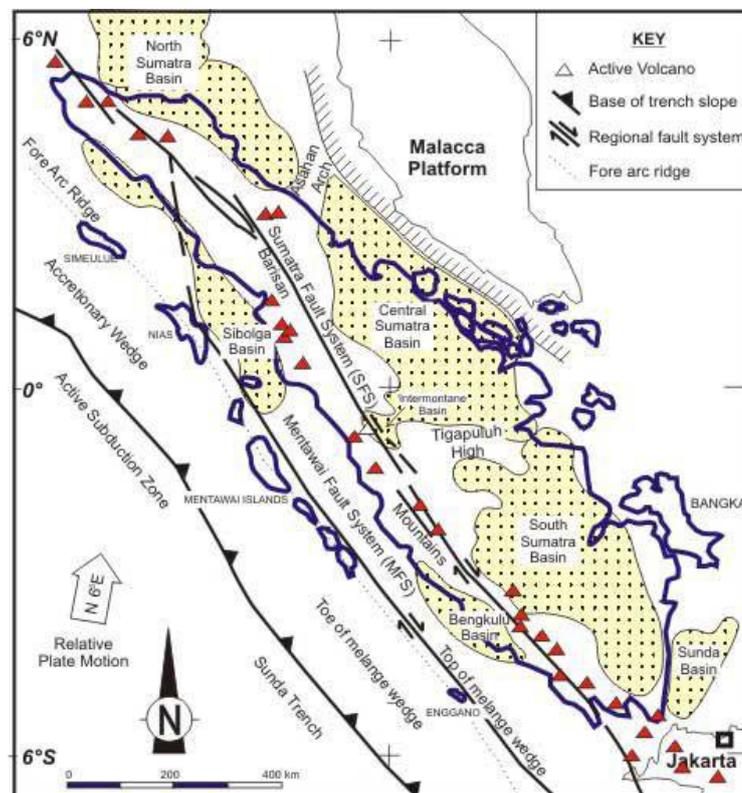
Gambar 2. menunjukkan semakin besar nilai PGA maksimum maka intensitas juga akan semakin tinggi. Penjelasa untuk masing-masing intensitas dapat dilihat pada tabel 1.

## B. Tatanan Tektonik Sumatera Bagian Tengah

Sumatera terletak di batas lempeng konvergen antara dua lempeng yang *rigid* yaitu lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Lempeng Indo-Australia (Samudera Hindia) bergerak ke arah utara-timur laut dan mendorong lempeng Eurasia (bagian bawah Sumatera). Pergerakan relatif dari kedua lempeng tersebut akan mengakibatkan terjadinya peningkatan energi disepanjang *interface*. Apabila energi sudah melebihi batas maka akan

terjadi *repture* dan gerakan tiba-tiba (*lurch*) sehingga dapat menimbulkan terjadinya gempa bumi kuat dan *tsunami*.

Secara umum tatanan tektonik di Sumatera dicirikan oleh tiga sistem tektonik. Ketiga sistem tektonik tersebut, yaitu zona subduksi antara lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia, *Mentawai Fault System (MFS)*, dan *Sumatera Fault System (SFS)* atau sesar Sumatera. Gambar. 3. di bawah ini memperlihatkan peta tektonik wilayah Pulau Sumatera (Triyono, R.BMKG).



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

Berdasarkan Gambar 3. terlihat bahwa zona subduksi membentang disebelah barat Pulau Sumatera dan sejajar dengan garis pantai. Sesar Sumatera terletak di daratan pulau Sumatera yang membelah Sumatera yang membelah pulau Sumatera menjadi dua bagian. Selain itu, sesar Mentawai terletak diantara zona subduksi dan sesar Sumatera.

a. Zona Subduksi

Jalur subduksi lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia di Indonesia memanjang dari pantai barat Sumatera samapai ke selatan Nusa Tenggara. Zona subduksi sumatera ini dicirikan oleh terdapatnya rangkaian busur pulau depan (*forearch island*) yang non-vulkanik (Pulau Simeule, Nias, Batu, Siberut hingga Pulau Enggano) (Triyono, R.BMKG).

b. Sesar Metawai (*Mentawai Fault System* atau MFS)

Selain jalur tumbukan dua lempeng tektonik, disebelah barat pantai Sumatera Barat terdapat juga sesar Mentawai (*Mentawai Fault System*). Sesar Mentawai adalah sesar mendatar yang disebabkan oleh adanya proses penunjaman miring disekitar pulau Sumatera. Sesar Mentawai berada di laut memanjang disekitar pulau-pulau Mentawai dari selatan hingga ke utara terus menerus hingga ke utara Nias (Triyono, R.BMKG).

c. Sesar Sumatera (*Sumatera Fault System* atau SFS)

*Sumatera Fault System* atau sesar sumatera terjadi akibat adanya lempeng Indo-Australia yang menabrak bagian barat pulau Sumatera secara miring. Akibat dari pergerakan ini akan menghasilkan tekanan. Adanya tekanan ini maka akan terbentuk sesar Sumatera atau *The Great Sumatera Fault* yang membelah pulau Sumatera. Sesar ini terbentang mulai dari Lampung sampai Banda Aceh, kemudian menerus sampai ke laut Andaman hingga Burma. Patahan ini berpotensi akan terjadinya gempabumi dan longsor. Sesar Sumatera merupakan sesar strike slip

berarah dekstral yang terdiri dari 20 segmen utama sepanjang tulang punggung Sumatera (*Sieh and Natawidjaja.2000*).

Jalur patahan Sumatera bisa dikenal dari kenampakan bentang alam di sepanjang jalur, dan ditandai oleh kenampakan bukit-bukit dan danau-danau yang terjadi karena pergeseran pada sesar tersebut. Jalur patahan sepanjang  $\pm 1900$  Km ini melintasi punggung pulau Sumatera sepanjang Bukit Barisan. Sejarah mencatat sudah cukup banyak kejadian gempa bumi dengan magnitudo besar yang terjadi di sekitar patahan Sumatera (Triyono, R.BMKG).

### **C. *Seismic Hazard Analysis***

*Seismic* adalah rambatan energi yang disebabkan karena adanya gangguan di dalam kerak bumi, misalnya adanya patahan atau adanya ledakan. *Hazard* didefinisikan sebagai potensi bahaya atau ancaman yang merupakan hasil interaksi antar kejadian alam ekstrim (yang masih berupa potensi) dengan sistem lingkungan manusia (yang berupa realita). Bahaya kegempaan (*seismic hazard*) merupakan bahaya yang berkaitan dengan aktifitas gempa bumi. Risiko, mengandung makna probabilitas terjadinya kerugian materi maupun korban jiwa yang diakibatkan oleh suatu bencana tertentu. Risiko menghubungkan secara langsung antara kejadian bencana alam dengan kerugian yang diakibatkannya (Bidan Seismologi Teknik.2018).

*Seismic Hazard Analysis* merupakan cara yang paling umum untuk memperkirakan tingkat intensitas gerakan tanah yang berhubungan dengan kejadian gempa bumi sehingga menjadi masukan mendasar dalam proses

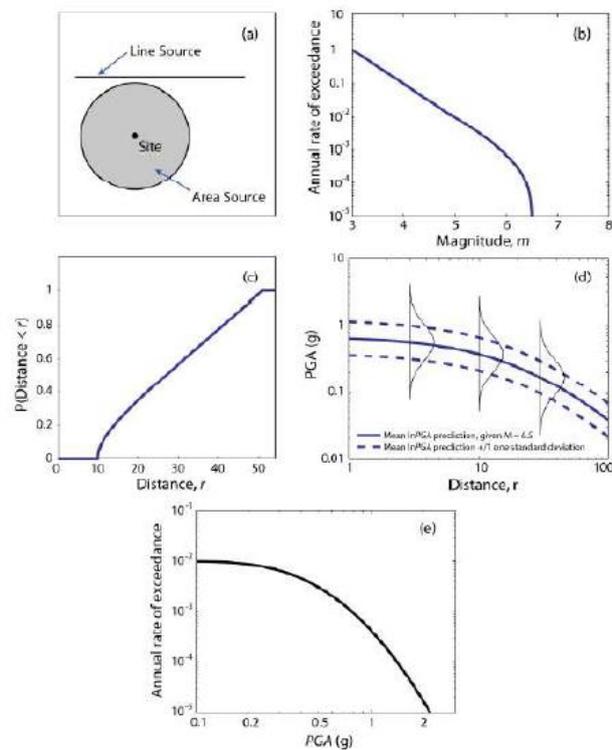
pengambilan keputusan untuk mitigasi kerugian akibat yang ditimbulkan oleh gempa bumi.

*Seismic Hazard Analysis* terdapat dua pendekatan yang dapat dilakukan untuk mengestimasi bahaya seismik di suatu lokasi, yaitu :

1. Pendekatan deterministik dengan menggunakan skenario gempa bumi tertentu yang telah diketahui sebelumnya. Pendekatan ini dikenal sebagai metode *deterministic seismic hazard analysis* (DSHA). Pada dasarnya DSHA ini bertujuan untuk mengembangkan skenario gempa bumi yang ditentukan oleh jarak dan magnitudo yang berefek terhadap suatu lokasi. Pendekatan DSHA menggunakan sumber seismik yang telah diketahui berdasarkan data gempa historis maupun bukti geologi untuk memodelkan estimasi *ground motion* terhadap lokasi tersebut secara deterministik dimana magnitudo, jarak sumber-lokasi dan kondisi geologi di lokasi tersebut telah diketahui.
2. Pendekatan probabilitas yang menghitung faktor ketidakpastian terhadap ukuran, lokasi, dan waktu kejadian gempa bumi tersebut.  
  
Analisis probabilistik atau yang lebih dikenal dengan *probabilistic seismic hazard analysis* (PSHA) ini pada prinsipnya adalah analisis deterministik dengan berbagai macam skenario dan didasarkan tidak hanya pada parameter gempa yang menghasilkan pergerakan tanah terbesar. Pada pendekatan PSHA ini frekuensi untuk setiap skenario pergerakan tanah yang akan terjadi juga diperhitungkan. Dengan demikian, pendekatan PSHA juga dapat digunakan untuk memprediksi

seberapa besar probabilitas kondisi terburuk akan terjadi di lokasi studi (Tim Revisi Peta Gempa Indonesia, 2010).

PSHA tidak hanya memperhitungkan *worst case scenario* tetapi juga berbagai level dan kemungkinan serta memperhitungkan semua sumber gempabumi yang akan terjadi di lokasi yang ditinjau. Konsep probabilitas juga mempertimbangkan ukuran, lokasi serta periode perulangan kejadian gempabumi sebagai evaluasi *hazard* seismik. Dalam PSHA, ketidakpastian tersebut diidentifikasi, dikuantifikasi dan dikombinasi untuk menghasilkan gambaran yang lebih lengkap mengenai bahaya seismik disuatu lokasi. Baker (2008) membagi tahapan PSHA menjadi lima tahap, seperti pada Gambar 4. yaitu :



Gambar 4. Tahapan dari analisis *hazard* seismik probabilitas (Baker.2008)

Gambar 4. ditampilkan tahapan-tahapan untuk pengolahan data PSHA, diantaranya :

- a. Mengidentifikasi semua sumber gempa bumi yang dapat menimbulkan kerusakan akibat *ground motion*.
- b. Karakterisasi distribusi magnitudo gempa bumi.
- c. Karakteristik distribusi jarak sumber ke lokasi yang berasosiasi dengan gempa bumi yang berpotensi terjadi.
- d. Memprediksi distribusi yang dihasilkan dari intensitas *ground motion* sebagai fungsi dari magnitudo gempa, jarak, dan lain-lain. Pada tahapan ini digunakan fungsi atenuasi yang dianggap cocok dengan wilayah penelitian.
- e. Mengkombinasi semua ketidakpastian dalam hal ukuran gempa bumi, lokasi, dan intensitas *ground motion* menggunakan perhitungan teorema probabilitas total.

Rumus dasar dari teori probabilitas total yang dikembangkan oleh Mc Guire pada tahun 1976 berkaitan dengan konsep probabilitas yang dikembangkan oleh Cornell pada tahun 1968, yaitu sebagai berikut :

$$P[I \geq i | m, r] = \iint P[I \geq i; m, r] f_m f_r dm dr \quad (6)$$

Dimana :

$f_m$  : fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*) dari magnitudo.

$f_r$  : fungsi kepadatan probabilitas (*probability density function*) dari jarak hiposenter.

$P[I \geq i | m, r]$  : kondisi probabilitas acak intensitas (I) yang melampaui nilai (i) pada suatu lokasi akibat magnitudo gempa (m) dan jarak hiposenter (r).

Nilai  $P[I \geq i | m, r]$  dapat dihubungkan dengan nilai Cumulative Distribution Function (CDF)  $F_1(i)$  dari intensitas I pada magnitudo m dan jarak r, yaitu :

$$P[I \geq i | m, r] = 1 - F_1(i) \quad (7)$$

Pada dasarnya nilai dari  $F_1(i)$  tergantung pada distribusi probabilitas yang digunakan dan pada umumnya parameter pergerakan tanah yang diasumsikan terdistribusi secara log normal.

*Probability Density Function* dari magnitudo,  $f_m$  diturunkan dari nilai frekuensi kejadian gempa tahunan. Frekuensi kejadian gempa tahunan yang biasanya dapat dipakai dalam analisa *hazard* seismik selalu mempertimbangkan adanya suatu gempa minimum yang dapat didefinisikan sebagai batas dimana tidak akan terjadi gangguan yang berarti pada lokasi daerah tinjauan.

Batasan magnitudo terhadap kejadian gempa tahunan menurut McGuire dan Arabasz pada tahun 1990, yaitu :

$$N(m) = v \frac{\exp[-\beta(m - m_0)] - \exp[-\beta(m_{\max} - m_0)]}{1 - \exp[-\beta(m_{\max} - m_0)]} \quad (8)$$

Dimana :

$$v = \exp(\alpha - \beta m_0)$$

$m_0$  : magnitudo (minimum 5)

Dari nilai frekuensi kejadian gempa tahunan tersebut dapat diturunkan nilai *probability density function* dari magnitudo, yaitu :

$$f_m(m) = \frac{d}{dm} F_M(m) = \frac{\beta \exp[-\beta(m - m_0)]}{1 - \exp[-\beta(m_{\max} - m_0)]} \quad (9)$$

Dimana :

$$F_M(m) = \frac{N(m_0) - N(m)}{N(m_0) - N(m_{\max})} \quad (10)$$

*Probability density function* untuk jarak,  $f_R$  sangat ditentukan dari geometri sumber gempa yang juga tergantung pada kondisi geologi dan seismologi sumber gempa.

Hasil akhir dari analisis hazard ini meliputi peta percepatan maksimum di batuan dasar pada  $T = 0$  detik atau biasanya juga disebut PGA (*peak ground acceleration*) untuk probabilitas terlampaui 10 % dan 2 % dalam kurun waktu 50 tahun. Resiko gempa adalah kemungkinan terlampaui (*probability of exceedance*) suatu gempa dengan intensitas tertentu selama masa bangunan (Bidang Seismologi Teknik.2018). Nilai dari resiko gempa secara matematik dinyatakan pada persamaan (11).

$$R_n = 1 - (1 - R_a)^N \quad (11)$$

Dimana :

$R_n$  : resiko gempa

$R_a$  : resiko tahunan  $1/T$

$T$  : periode ulang gempa

$N$  : masa bangunan

Tabel 2. menampilkan mengenai nilai dari hubungan parameter-parameter *annual rate*, periode ulang (*return periode*), resiko gempa (*probability of exceedande*) dan umur bangunan yang akan ditinjau

Tabel 2. Hubungan Parameter- Parameter Resiko Gempa

<i>Annual Rate</i>	T (Periode Ulang)	R <sub>n</sub> (Nilai Resiko Gempa)	N (Umur Bangunan)
	Tahun	%	Tahun
0.0021050	475	10 (UBC 97)	50
0.0004040	2.475	2 (IBC 2006)	50

(Bidang Seismologi Teknik.2018)

Tabel 2. menunjukkan periode ulang gempa dalam dua periode yaitu periode ulang 475 tahun dan 2.475 tahun. Periode ulang 475 tahun dengan nilai resiko gempanya 10 % dan parameter *annual rate* 0.0021050 sedangkan pada periode ulang 2.475 tahun dengan resiko gempanya 2 % dan parameter *annual rate* 0.0004040.

#### D. Fungsi Atenuasi

Analisis *seismic hazard* memerlukan fungsi atenuasi untuk menggambarkan besarnya intensitas pada suatu lokasi akibat peristiwa gempabumi di daerah sumber gempa dengan magnitudo M dan berjarak R dari lokasi sumber tersebut. Atenuasi itu sendiri adalah melemahnya suatu sinyal yang disebabkan oleh adanya jarak yang semakin jauh yang harus ditempuh oleh suatu sinyal tersebut. Atenuasi disebabkan oleh adanya penyebaran absorpsi gelombang. Penyebaran gelombang terjadi akibat berkas gelombang berubah, pola berkas gelombang tergantung pada perbandingan antara diameter sumber gelombang dan panjang gelombang. Absorpsi

gelombang, yaitu penyerapan energi yang diakibatkan penyerapan energi selama menjalar di dalam medium.

Fungsi atenuasi di wilayah Indonesia belum dapat ditemukan hingga sampai saat ini para peneliti pada pemilihan fungsi atenuasi hanya didasarkan dari wilayah lain yang memiliki kemiripan tektonik geologi dengan wilayah Indonesia. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi fungsi atenuasi antara lain :

1. Mekanisme gempa

Gempabumi besar biasanya terjadi karena adanya pergeseran lempeng tektonik yang biasanya terjadi di daerah zona subduksi atau patahan yang tampak pada permukaan bumi. Gempa yang terjadi pada daerah zona subduksi ini biasanya gempa dalam yang menghasilkan gelombang permukaan yang lebih sedikit, sehingga memberikan respon spektra yang lebih rendah pada periode tinggi.

2. Jarak Episenter

Respon spektra dari gempa yang tercatat pada batuan dasar mempunyai bentuk yang berbeda tergantung jarak dari episenternya.

3. Kondisi tanah Lokal

Kondisi tanah lokal sangat menentukan respon suatu daerah terhadap gelombang gempa. Respon gempa yang tiba pada batuan dasar dapat diperlemah karena tersaringnya getaran berfrekuensi tinggi.

Berikut merupakan fungsi-fungsi atenuasi yang dapat digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

a. Youngs, et al (1997)

Model atenuasi untuk zona subduksi pada umumnya dapat dibagi dalam 2 (dua) kategori yaitu gempa pada zona *megathrust* (*interface*) dan pada zona Benioff (*interslab*). Bentuk persamaan dari fungsi atenuasi Youngs et al. yaitu :

$$\ln(PGA) = 0.2418 + 1.414M_w - 20552 \ln \left[ r_{rup} + 1.7818e^{0.554M_w} \right] + 0.00607H + 0.3846Z_t \quad (11)$$

Dimana :

PGA : *Peak ground acceleration* (g)

$M_w$  : Magnitude momen

$r_{rup}$  : Jarak terdekat ke ruptere (Km)

H : Kedalaman (Km)

$Z_t$  : Tipe sumber gempa (0 untuk *interface* dan 1 untuk *interslab*)

b. Joyner dan Boore (1997)

Persamaan pada Joyner dan Boore pada tahun 1997 ini diturunkan berdasarkan data-data gempa di Wesren North Amerika dan gempa-gempa di daerah California dengan magnitudo gempanya antara 5.0 hingga 7.7 dalam jarak 100 Km dari proyeksi permukaan. Rumus atenuasinya sebagai berikut :

$$\ln(PGA) = b_1 + b_2(M_w - 6.0) + b_3(M_w - 6.0)^2 + b_4 \ln r + b_v \ln \left( \frac{V_s}{V} \right) \quad (12)$$

Dimana :

$$r = \sqrt{(r_{jb}^2 + h^2)}$$

$r_{jb}$  : Jarak (Km)

$V_s$  : Kecepatan gelombang geser (m/sec)

$b_1$  : [ $b_{ISS}/b_{IRS}/b_{IALL}$ ]

$b_{ISS}$ : Untuk gempa dengan mekanisme strike slip (-0.313)

$b_{IRS}$ : Untuk gempa dengan mekanisme reverse slip (-0.177)

$b_{IALL}$ : Untuk gempa dengan mekanisme tidak diketahui (-0.242)

### E. Parameter Seismotektonik

Metode yang digunakan untuk menentukan nilai parameter seismotektonik disuatu wilayah dikenal dengan relasi Gutenberg-Richter. Relasi ini menyatakan bahwa frekuensi atau jumlah gempabumi adalah merupakan karakteristik basis dari aktifitas seismik di suatu daerah selama selang waktu tertentu. Parameter ini diperoleh dengan mendistribusikan kejadian gempa umumnya diasumsikan mengikuti hubungan frekuensi magnitudo. Adapun persamaan sistematisnya, yaitu :

$$\log N = a - bm \tag{13}$$

Keterangan :

$N$  = Jumlah gempabumi dengan magnitudo lebih besar atau sama dengan

$M$

$a$  = Konstanta yang terkait karakteristik ruang, tingkat seismisitas.

$b$  = Konstanta distribusi gempabumi

Selain itu, persamaan *maximum likelihood* untuk memperoleh nilai  $b$  yaitu:

$$a = \log N + \log(b \ln 10) + M_0 \quad (14)$$

$$b = \frac{\log e}{M_{rata} - M_0} \quad (15)$$

Keterangan :

$$\log e = 0.4343$$

$M_{rata}$  = Magnitudo rata-rata dari seluruh data

$M_0$  = Magnitudo minimum

Nilai konstanta  $a$  merupakan parameter seismik yang besarnya bergantung pada penentuan *volume* dan *time window*. Konstanta  $a$  dapat dikatakan juga sebagai suatu tetapan yang besarnya tergantung pada periode, luas daerah dan aktifitas daerah tersebut sangat aktif terhadap gempa bumi, kemudian sebaliknya untuk nilai konstanta  $a$  yang kecil (Raharjo:2016).

Nilai konstanta  $b$  merupakan parameter tektonik suatu daerah dimana terjadi gempa bumi dan tergantung dari sifat batuan setempat. Secara global nilai konstanta  $b$  mendekati 1 yang berarti 10 kali penurunan aktivitas kegempaan dan menunjukkan jumlah relatif dari getaran yang besar dan yang kecil (Raharjo:2016).

## F. Penelitian-Penelitian Relevan

Penelitian terkait *hazard* dan intensitas seismik menggunakan *Probabilistic Seismic Hazard Analysis* (PSHA) telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010 dalam penelitiannya menggunakan metode PSHA untuk mengetahui bahaya seismik

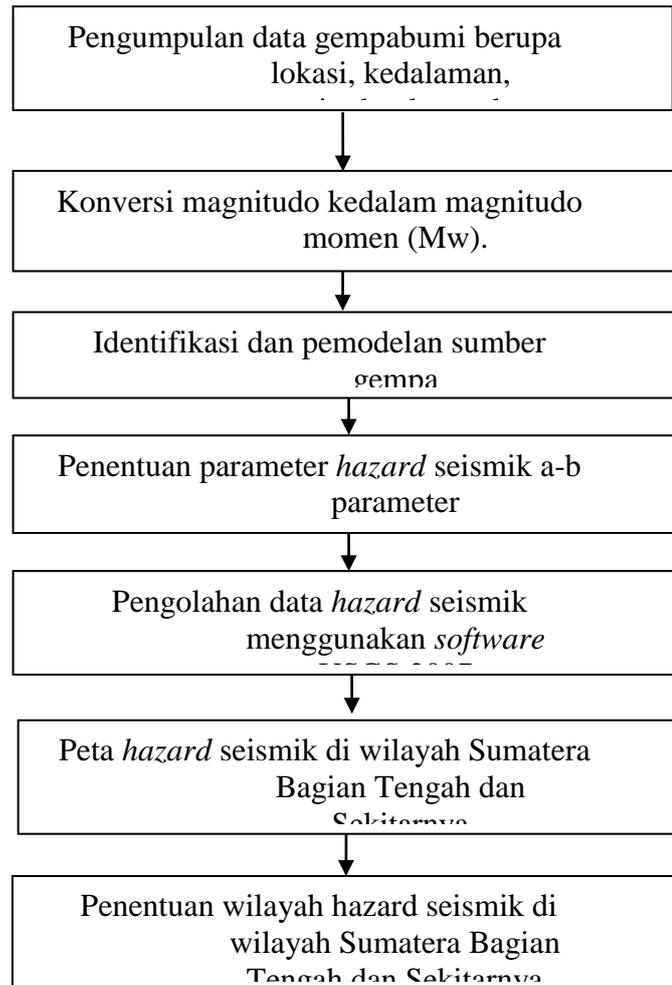
di seluruh wilayah Indonesia. Hasil penelitian tersebut berupa peta *hazard* berisi informasi PGA maksimum dan spektra percepatan pada periode 0.2 detik dan 1 detik di batuan dasar dengan kemungkinan terlampaui 10% dalam kurun waktu 50 tahun (gempa 475 tahun) dan 2% dalam waktu 50 tahun (gempa 2.475 tahun).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Felix (2008) menggunakan pendekatan *probabilistic* (PSHA) dengan data katalog gempa yang terjadi di sekitar Pulau Sumatera mulai tahun 1964 hingga tahun 1999, dengan kedalaman maksimum 100 km dan magnitudo lebih besar dari 5 (lima) SR. Hasil yang didapat merupakan peta kontur rawan kegempaan yang direpresentasikan oleh harga percepatan tanah maksimum di batuan dasar untuk perioda perulangan 475 tahun (10% terlampaui dalam 50 tahun), 975 tahun (5% terlampaui dalam 50 tahun), dan 2.475 tahun (2% terlampaui dalam 50 tahun).

Pada penelitian yang dilakukan Jimmi, dkk (2014) melakukan penelitian dengan tujuan untuk menganalisis *hazard* gempa dan isoseismal di wilayah Jawa-Bali-NTB. Hasil analisis *hazard* gempa menunjukkan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) di batuan dasar Pulau Jawa-Bali-NTB bervariasi dari 0,05 g – 0,5 g. Hasil analisis ini hampir sama dengan Peta Gempa Indonesia 2010.

## G. Kerangka Berpikir

Penelitian ini berada di wilayah Sumatera Bagian Tengah dengan koordinat latitude  $3.5^{\circ}\text{LS} - 1^{\circ}\text{LU}$  dan  $92^{\circ}\text{BT} - 109^{\circ}\text{BT}$ . Adapun alur dari kerangka berpikir dari penelitian dapat dijelaskan pada Gambar 4. :



Gambar 5. Kerangka Berpikir Penelitian

Berdasarkan Gambar 5. menjelaskan bahwa *hazard* seismik yang didapatkan dari hasil penentuan parameter *hazard* seismik berupa a-b parameter. Sebelumnya sudah dilakukan identifikasi dan pemodelan sumber

gempa akan di dapatkan peta *hazard* seismik. Selain itu, akan didapatkan wilayah mana saja yang memiliki tingkat *hazard* seismik yang tinggi.

## **BAB V PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

Dari hasil yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan mengenai studi *hazard* seismik di wilayah Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya dengan menggunakan metode *probabilistic seismic hazard analysis* (PSHA), yaitu sebagai berikut :

1. Peta *hazard* seismik wilayah Sumatera Bagian Tengah dan Sekitarnya menghasilkan tiga wilayah yang memiliki tingkat *hazard* seismik yang tinggi diantaranya Pulau Pini (Sumatera Utara), Pulau Sipora (Mentawai), dan Pesisir Bengkulu. Wilayah ini memiliki nilai PGA maksimum lebih besar dari 3.6 g. Peta *hazard* seismik ini juga memperlihatkan wilayah dengan tingkat *hazard* seismik yang rendah yaitu wilayah bukit barisan karena wilayah ini jauh dari lokasi sumber gempa. Wilayah tersebut memiliki nilai PGA maksimum dengan kisaran 0.2 g – 1.2 g dan lebih kecil dari 0.2 g
2. Wilayah yang memiliki tingkat *hazard* seismik tinggi diantaranya Pulau Pini (Sumatera Utara), Pulau Sipora (Mentawai) dan Pesisir Bengkulu. Secara probabilitas bahaya gempabumi di wilayah ini di dominasi oleh sumber gempa zona subduksi. Wilayah yang memiliki tingkat *hazard* sedang diantaranya Provinsi Sumatera Utara, Sumatera Barat, dan Bengkulu. Sedangkan wilayah yang memiliki tingkat *hazard* seismik rendah yaitu wilayah yang berada di belakang bukit barisan diantaranya Provinsi Riau, Jambi, Sumatera Selatan dan Kepulauan Riau.

## B. Saran

Beberapa saran dalam penelitian di masa yang akan datang diantaranya :

1. Hasil pemetaan *hazard* seismik dapat dijadikan acuan dalam melakukan mitigasi bencana dan sebagai acuan dalam perencanaan pembangunan infrastruktur.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang *hazard* sesimik, mengingat bahwa Sumatera Bagian Tengah dan sekitarnya merupakan wilayah yang sangat rawan terjadinya bencana gempabumi karena merupakan wilayah dengan tektonik aktif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baker, W. J. 2008. *An Introduction to Probabilistic Seismic Hazard Analysis*, version 1.3. Stanford University.
- Bidang Seismologi Teknik. 2018. *Modul Diklat Teknis Seismologi Teknik Seri Geofisika Prinsip Dasar Probabilistic Seismic Hazard Analysis*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Darman, H dan Sidi, F.H. 2000. *An outline of The Geology of Indonesia*. Jakarta: IAGI.
- Edwiza, Daz. 2008. *Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa SUMBAR*. No 29 Vol. 1 Thn. XV April 2008.
- Ferdian, Felix. 2008. *Peta Rawan Kegempaan Pulau Sumatera Berdasarkan Analisa Probabilistik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Ibrahim dan Subardjo. 2005. *Pendahuluan Seismologi*. Jakarta: Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika.
- Kumala, Siti Ayu, Wahyudi. 2016. *Analisis Nilai PGA (Peak Ground Acceleration) untuk Seluruh Wilayah Kabupaten dan Kota di Jawa Timur*. INERSIA, Vol. XII No.1, Mei 2016.
- Nugraha, Jimmi, dkk. 2014. *Analisis Hazard Gempa dan Isoleismal untuk Wilayah Jawa-Bali-NTB*. Jakarta.
- Prawirodikromo, Widodo. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Raharjo, Furqon Dawam. 2016. *Studi Analisis Variasi Spasial Parameter Seismotektonik untuk Mengetahui Konsisi Stress Lokal dan Memetakan Tingkat Keaktifan Kegempaan di Sumatera Barat dan Sekitarnya*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Romadiana, Dwi. 2018. *Analisis Nilai Percepatan Tanah Maksimum Menggunakan Rumusan Empiris MC. Guir, SI and Midorikawa dan Donovan di Wilayah Sumatera Barat*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Santoso, Edy, dkk. 2011. *Studi Hazard Seismik dan Hubungannya dengan Intensitas Seismik di Pulau Sumatera dan Sekitarnya*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika Volume 12 Nomor 2 September 2011: 129-136.
- Sieh, K., and Natawidjaja, D.H. 2000. *Neotectonics of the Sumatera fault, Indonesia*. *Journal of Geophysical Research*, 105, B12, pp. 28, 295- 28, 326.

- Suku, Yohanes Laka dan Reinardus Santosi Angkasa. *Analisis Probabilitas Resiko Gempa (Probabilistic Seismic Hazard Analysis) Kota Ende Berdasarkan Fungsi Atenuasi Joyner-Boore dan Youngs*. Flores: Universitas Flores Ende.
- Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010. 2010. *Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010*. Bandung.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan, dan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Triyono, Rahmat. 2015. *Ancaman Gempabumi di Sumatera Tidak Hanya Bersumber dari Mentawai Megathrust*. Artikel Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang.
- Wald, et al. 1999. *Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California*. *Earthquake Spectra* Volume 15, No.3, Agustus 1999.