

**ANALISIS TINGKAT KERENTANAN SEISMIK DI SUMATERA BARAT
BERDASARKAN NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN
INTENSITAS MAKSIMUM
(PERIODE DATA GEMPA TAHUN 2007-2017)**

SKRIPSI

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



**MANDASARI
NIM/BP: 14034005/2014**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS TINGKAT KERENTANAN SEISMIC DI SUMATERA BARAT
BERDASARKAN NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN
INTENSITAS MAKSIMUM
(PERIODE DATA GEMPA TAHUN 2007-2017)

Nama : Mandasari
TM/NIM : 2014/14034005
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 13 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. 19810207 200312 1 001

Ketua Jurusan Fisika


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

HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Mandasari
Tm/NIM : 2014/14034005
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

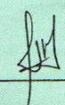
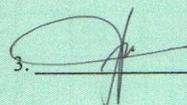
dengan judul

**ANALISIS TINGKAT KERENTANAN SEISMIK DI SUMATERA BARAT
BERDASARKAN NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN
INTENSITAS MAKSIMUM
(PERIODE DATA GEMPA TAHUN 2007-2017)**

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

Padang, 13 Agustus 2018

Tim Penguji

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

PERNYATAAN

1. Dengan ini saya menyatakan bahwa :“Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Analisis Tingkat Kerentanan Seismik Di Sumatera Barat Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Dan Intensitas Maksimum (Periode Data Gempa Tahun 2007-2017)”;
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, 13 Agustus 2018
Yang membuat pernyataan



Mandasari
NIM. 14034005

ABSTRAK

Mandasari (2018): Analisis Tingkat Kerentanan Seismik Di Sumatera Barat Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Maksimum (Periode Data Gempa Tahun 2007 – 2017).

Sumatera Barat merupakan salah satu wilayah yang memiliki sejarah rawan terhadap gempabumi karena berada pada Zona Subduksi dan Segmen Sesar aktif. Salah satu parameter yang dihasilkan akibat terjadinya gempabumi adalah percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum. Tujuan dalam penelitian ini yaitu mencari nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum serta menentukan tingkat kerentanan seismik di wilayah Sumatera Barat berdasarkan nilai percepatan tanah dan intensitas maksimum.

Jenis penelitiannya yaitu penelitian deskriptif dengan menggunakan data sekunder berupa data gempabumi dari Stasiun Geofisika BMKG Padang Panjang. Data penelitian yang digunakan adalah data gempabumi yang tercatat di BMKG Padang Panjang dari bulan Februari 2007 sampai Desember 2017 yang berada di wilayah Sumatera Barat dengan koordinat $3^{\circ}30'LS-0^{\circ}54'LU$ dan $96^{\circ}BT-102^{\circ}BT$. Magnitudo gempabumi yang digunakan adalah 5.0 SR-8.1 SR dengan kedalaman gempabumi 10-208 km. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan rumusan empiris *Mc.Guirre*, *Si and Midorikawa* dan *Donovan* untuk mencari nilai percepatan tanah maksimum dan rumusan empiris *Murphy O'Brien* untuk mencari intensitas maksimum serta menentukan tingkat kerentanan seismik berdasarkan hasil perhitungan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum.

Berdasarkan hasil perhitungan bahwa nilai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan rumusan empiris *Mc.Guirre* berkisar antara 24.93 Gal – 138.79 Gal dan intensitas maksimumnya V MMI – VI MMI. Untuk rumusan empiris *Si and Midorikawa* nilai percepatan tanah maksimum berkisar 13.50 Gal – 348.31 Gal dan intensitas maksimumnya V MMI – VIII MMI. Sedangkan untuk rumusan empiris *Donovan* nilai percepatan tanah maksimum yaitu 6.04 Gal – 34.47 Gal dan intensitas maksimumnya berkisar antara III MMI – V MMI. Berdasarkan hasil perhitungan ketiga rumusan empiris yang digunakan tersebut maka tingkat kerentanan seismik di wilayah Sumatera yang memiliki nilai tertinggi berada di wilayah Kep.Mentawai dan Pesisir Selatan.

Kata Kunci : Gempabumi, Tingkat Kerentanan Seismik, Percepatan Tanah Maksimum, Intensitas Maksimum

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Analisis Tingkat Kerentanan Seismik Di Sumatera Barat Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Dan Intensitas Maksimum (Periode Data Gempa Tahun 2007-2017)**”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dan merupakan penelitian Ibu Syafriani, Ph.D, dkk pada skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2018 dengan kontrak 1247/UN35.2/PG/2018 dengan judul Studi Kegempaan dan Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Tomography Gelombang Permukaan untuk Usaha Mitigasi Bencana Gempabumi di Sumatera Barat.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, tidak terlepas dari bantuan dan dukungan yang diberikan dari berbagai pihak baik moral maupun materi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

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

4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D sebagai sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si sebagai Penasehat Akademis.
7. Bapak dan Ibu staff Stasiun BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) Kelas I Silaian Bawah Padang Panjang.
8. Bapak dan Ibu staff pengajar serta staff administrasi dan Laboran Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
9. Kedua Orangtua penulis yang selalu mendukung dan mendoakan penulis serta memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Untuk bg Robby yang selalu menemani dan membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
12. Serta seluruh pihak yang telah berkontribusi dan telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis menerimanya dengan senang hati untuk kesempurnaan skripsi ini. Dengan keterbatasan yang ada, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca. Terima kasih.

Padang, Agustus 2018

Mandasari

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 Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	6
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah.....	6
E. Tujuan Penelitian	7
F. Manfaat Penelitian	7
G. Definisi Istilah.....	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Geologi Sumatra Barat.....	8
B. Gempabumi.....	15
C. Gelombang Gempabumi	19
D. Parameter-parameter Gempabumi	21
E. Percepatan Tanah Maksimum.....	23

F. Intensitas Maksimum	26
G. Tingkat Kerentanan Seismik	29
H. Penelitian-Penelitian yang Relevan.....	30
I. Kerangka Berfikir Penelitian	31
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	33
B. Variabel Penelitian	33
C. Data Penelitian	33
D. Teknik Pengumpulan Data.....	34
E. Teknik Pengelohan Data	34
F. Teknik Analisa Data.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	37
B. Pembahasan.....	52
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	58
B. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Tektonik Sumatera	9
Gambar 2. Empat (4) Segmen Patahan Aktif di Sumatera Barat	11
Gambar 3. Mekanisme Terjadinya Gempabumi	16
Gambar 4. Gelombang Badan (<i>body wave</i>)	20
Gambar 5. Gelombang Permukaan (<i>surface wave</i>).....	29
Gambar 6. Kerangka Berpikir Penelitian	29
Gambar 7. Peta Percepatan Tanah Maksimum dengan Rumusan <i>Mc.Guirre</i> ..	39
Gambar 8. Peta Intensitas Maksimum dengan Rumusan <i>Mc.Guirre</i>	40
Gambar 9. Peta Percepatan Tanah Maksimum dengan Rumusan <i>Si and Midorikawa</i>	41
Gambar 10. Peta Intensitas Maksimum dengan Rumusan <i>Si and Midorikawa</i>	42
Gambar 11. Peta Percepatan Tanah Maksimum dengan Rumusan <i>Donovan</i> ..	43
Gambar 12. Peta Intensitas Maksimum dengan Rumusan <i>Donovan</i>	44
Gambar 13. Peta Seismisitas di Wilayah Sumatera Barat Data dari Magnitudo > 5 SR	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Skala Intensitas Gempabumi	27
Tabel 2.	Tingkat Resiko Gempa.....	29
Tabel 3.	Nilai Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Maksimum di Wilayah Sumatera Barat dengan Koordinat Gempabumi Lat: -2.50 Long: 99.92 dengan Magnitudo 7.2 SR	37
Tabel 4.	Hubungan Antara Nilai Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Maksimu	45
Tabel 5.	Tingkat Kerentanan Seismik di Wilayah Sumatera Barat (<i>Mc.Guirre</i>) dengan Koordinat Gempabumi Lat:-2.50 Long: 99.92 dan Magnitudo 7.2 SR	48
Tabel 6.	Tingkat Kerentanan Seismik di Wilayah Sumatera Barat (<i>Si and Midorikawa</i>) dengan Koordinat Gempabumi Lat:-2.50 Long: 99.92 dan Magnitudo 7.2 SR	49
Tabel 7.	Tingkat Kerentanan Seismik di Wilayah Sumatera Barat (<i>Donovan</i>) dengan Koordinat Gempabumi Lat:-2.50 Long: 99.92 dan Magnitudo 7.2 SR	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Perhitungan Jarak Episenter Gempabumi (D) ke BMKG Padang Panjang	62
Lampiran 2.	Perhitungan Jarak Hiposenter Gempabumi (R) ke BMKG Padang Panjang	63
Lampiran 3.	Perhitungan Jarak Episenter Gempabumi (D) di 19 Kabupaten/ Kota di Sumatera Barat	64
Lampiran 4.	Perhitungan Jarak Hiposenter Gempabumi (R) di 19 Kabupaten/ Kota di Sumatera Barat	65
Lampiran 5.	Perhitungan Nilai Percepatan Tanah Maksimum di 19 Kabupaten/ Kota di Sumatera Barat	66
Lampiran 6.	Perhitungan Nilai Intensitas Maksimum di 19 Kabupaten/Kota di Sumatera Barat	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan daerah pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu lempeng Pasifik, Indo-Australia, dan Eurasia. Gempabumi banyak terjadi pada daerah pertemuan antara lempeng-lempeng tersebut. Ketiga lempeng tersebut bergerak satu sama lainnya. Lempeng Indo-Australian bergerak dari Selatan ke Utara dan lempeng Pasifik bergerak dari Timur ke Barat. Pertemuan antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia berada di sepanjang Barat Sumatera, Selatan Jawa, Selatan Nusa Tenggara dan berakhir di Laut Banda. Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik bertemu di sepanjang Laut Maluku dan berakhir di laut Banda. Lempeng Pasifik bergerak dengan kecepatan 120 mm/tahun kearah barat daya yang menabrak tepian Utara dari Papua Nugini – Irian Jaya menerus kearah Barat sampai ke daerah tepian Timur Sulawesi (Bock,2003).

Pulau Sumatera merupakan salah satu pulau di Indonesia yang memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap ancaman gempa bumi. Hal ini dikarenakan bagian Barat Pulau Sumatera terdapat zona subduksi. Pada zona subduksi Sumatera, lempeng tektonik Indo-Australia bergerak perlahan ke arah Timur laut sebesar 61 mm/ tahun dan menunjam lempeng Burma (bagian dari lempeng Eurasia). Proses penunjaman ini mengakibatkan pertemuan antara dua lempeng yaitu pertemuan antara Lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia.

Lempeng Indo-Australia menunjam kebawah Lempeng Eurasia dengan arah miring sekitar 45° , dan bergerak sekitar $50 - 70 \text{ cm/tahun}$ (Prawirodikromo, 2012). Lempeng Eurasia yang bergerak relative kearah barat daya dan beriteraksi dengan Lempeng Indo-Australia yang terletak disebelah barat daya Pulau Sumatera yang bergerak relative kearah Utara dengan kecepatan 6 cm/tahun (Ardiansyah, 2012). Kondisi geologi inilah yang menyebabkan terjadinya gempabumi di wilayah Sumatera Barat.

Sumatera Barat memiliki 4 (empat) segmen sesar aktif yaitu, Segmen Sumpur yang terletak di daerah Rao, Lubuk Sikaping, Kabupaten Pasaman dengan panjang sesar $\pm 35 \text{ km}$; Segmen Sianok memiliki panjang sesar sekitar $\pm 90 \text{ km}$ berada disekitar Ngarai Sianok Kota Bukittinggi hingga Tenggara Danau Singkarak; Segmen Sumani dengan panjang sesar sekitar $\pm 60 \text{ km}$ berada di Utara Danau Singkarak, menyisir sisi barat daya danau dan terus melintasi Kota Solok, Sumani, Selayo, dan berakhir di Utara Danau Diatas, sebelah Tenggara Gunung Talang; Segmen Suliti memiliki panjang sesar sekitar $\pm 90 \text{ km}$, ujung Utara segmen ini berada pada Danau Diatas dan Danau Dibawah dengan lebar zona 4 km di wilayah tersebut, terus menelusuri lembah Segmen Suliti ke Tenggara hingga anak-anak Sungai Liki di Barat Laut Gunung Kerinci.

Sumatera Barat memiliki sejarah catatan gempabumi yang terjadi akibat adanya pergerakan sesar-sesar yang telah diuraikan diatas. Berdasarkan Katalog Gempabumi dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), di

wilayah Sumatera Barat tercatat cukup banyak terjadi gempa bumi yaitu gempa bumi Singkarak (1926 dan 1943), Pasaman (1977), Solok (2004) dan di Gunung Raju (2007) terjadi 2 kali gempa dengan kekuatan 6,4 SR dan 6,3 SR (Triyono, 2000).

Gempa bumi dapat menimbulkan kerentanan seismik. Salah satu dampak terjadinya gempa bumi adalah perpindahan dan kecepatan permukaan tanah. Semakin dekat suatu daerah terhadap sumber gempa maka kerusakan yang ditimbulkan akan semakin besar juga, namun hal tersebut tergantung juga dengan keadaan geologi suatu daerah tersebut serta besarnya nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum. Perhitungan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum dilakukan untuk mengetahui tingkat kerawanan suatu daerah terhadap bahaya dari gempa bumi dan tingkat kerentanan seismiknya.

Percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Percepatan tanah maksimum adalah nilai percepatan tanah terbesar yang pernah terjadi pada suatu daerah tersebut yang diakibatkan oleh gelombang dari gempa bumi. Nilai dari percepatan tanah maksimum dapat dilakukan dengan pengukuran secara langsung yaitu dengan menggunakan Accelerograph atau dengan menggunakan rumusan empiris yaitu Mc.Guirre R.K, Si And Midorikawa, Donovan, Kawashumi, C.F.Richter dan rumusan empiris lainnya. Rumusan empiris yang sesuai dengan

kondisi dari Patahan Sumatera yaitu Mc.Guirre R.K karena rumusan tersebut pernah di pakai pada gempa bumi yang ada di California Selatan, yaitu di patahan San Andreas. Kondisi patahan yang ada di San Andreas memiliki karakteristik yang sama dengan patahan Sumatera khususnya Sumatera Barat (Pawirodikromo, 2012). Rumusan empiris Si and Midorikawa (1999) pernah dilakukan di Kepulauan Jepang dengan menggunakan nilai percepatan tanah maksimum dari 21 gempabumi yang pernah terjadi. Ditinjau dari kondisi tektonik, bentuk patahan lempeng di Kepulauan Jepang hampir sama dengan bentuk dari patahan lempeng di Kepulauan Mentawai (Syafriana, 2015). Rumusan empiris Donovan (1973) merupakan rumusan yang biasa dipakai untuk menentukan nilai dari percepatan tanah maksimum di suatu daerah tertentu. Semakin besar nilai percepatan tanah maksimumnya maka akan semakin besar pula intensitas gempabumi yang dirasakan. Penelitian ini menggunakan rumusan empiris Mc.Guirre R.K, Si And Midorikawa dan Donovan karena dianggap lebih sesuai dengan kondisi tektonik di Sumatera.

Secara garis besar intensitas maksimum adalah tingkatan kerusakan yang terjadi pada suatu permukaan tanah akibat dari terjadinya gempabumi. Kerusakan yang terjadi bergantung dari kekuatan, kualitas bangunan, kondisi geologi dan geotektonik serta percepatan tanah yang terjadi. Dari beberapa faktor tersebut percepatan tanah maksimum akibat dari gempabumi merupakan parameter yang perlu dikaji untuk setiap untuk setiap kejadian gempabumi (Leviana, 2017).

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh (Romadiana, 2018) untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan rumusan empiris yang sesuai untuk didaerah Sumatera Barat yaitu dengan menggunakan rumusan empiris Mc.Guirre R.K karena rumusan tersebut pernah di pakai pada gempa bumi yang ada di California Selatan, yaitu di patahan San Andreas. Kondisi patahan yang ada di San Andreas memiliki karakteristik yang sama dengan patahan Sumatera khususnya Sumatera Barat (Pawirodikromo, 2012). Sehingga dari hasil nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas tersebut dapat ditentukan tingkat kerentanan seismiknya.

Tingkat kerentanan seismik adalah tingkatan yang menggambarkan kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi. Dimana tingkat kerentanan seismik dapat memberikan informasi potensi dari tingkat guncangan akibat dari terjadinya gempabumi pada suatu daerah tersebut. Tingginya nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum gempabumi yang diperoleh akan berdampak pada tingginya kerentanan seismik didaerah-daerah tersebut.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Tingkat Kerentanan Seismik Di Sumatera Barat Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Dan Intensitas Maksimum (Periode Data Gempa Tahun 2007-2017)”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan Latar Belakang yang telah diuraikan terdapat beberapa identifikasi masalah yaitu:

1. Sumatera Barat merupakan daerah yang berpotensi terhadap terjadinya gempa bumi dikarenakan di wilayah Sumatera Barat berada pada zona subduksi Sumatera, Segmen Sesar Mentawai dan Sesar Sumatera.
2. Di Sumatera Barat belum terdapat metode untuk menentukan tingkat kerentanan seismik, sehingga perlu dilakukan analisis komparatif nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimumnya.

C. Batasan Masalah

1. Daerah penelitian terletak pada wilayah yang dibatasi oleh koordinat secara geografis, Sumatera Barat terletak diantara $3^{\circ}30'LS-0^{\circ}54'LU$ dan $96^{\circ}BT-102^{\circ}BT$.
2. Data penelitian yang digunakan berupa data sekunder gempa bumi yang diperoleh dari Stasiun Geofisika BMKG Padang Panjang.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan di atas maka dapat dirumuskan masalah penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum di wilayah Sumatera Barat ?
2. Bagaimana tingkat kerentanan seismik berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum di wilayah Sumatera Barat ?

E. Tujuan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah maka adapun tujuan penelitian ini yaitu:

1. Memperoleh informasi nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum di wilayah Sumatera Barat.
2. Menentukan tingkat kerentanan seismik berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum di wilayah Sumatera Barat.

F. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi tentang nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas di wilayah Sumatera Barat.
2. Memberikan informasi tentang tingkat kerentanan seismik berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum di wilayah Sumatera Barat.

G. Defenisi Istilah

1. Percepatan tanah maksimum adalah nilai percepatan tanah terbesar yang pernah terjadi pada suatu daerah tersebut yang diakibatkan oleh gelombang dari gempabumi.
2. Intensitas Maksimum adalah tingkatan kerusakan yang terjadi akibat dari gempabumi.
3. Tingkat kerentanan seismik adalah tingkatan yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi.

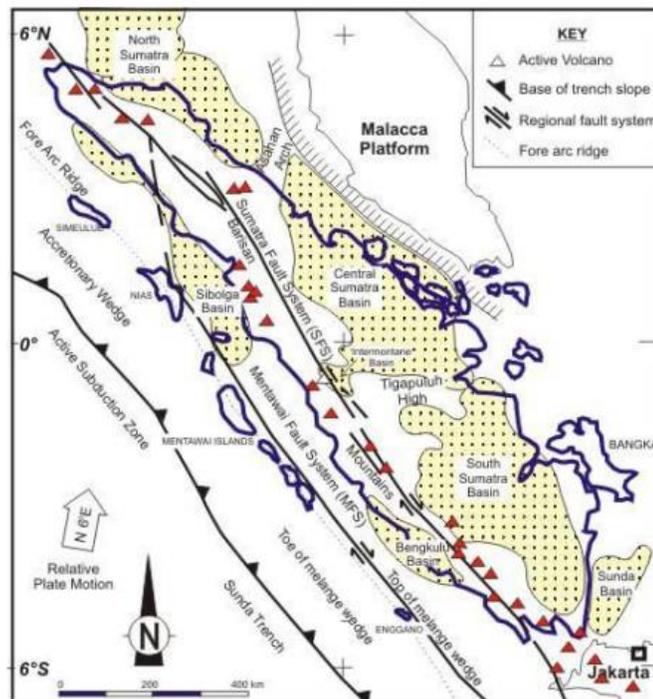
BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Geologi Sumatera Barat.

Pulau Sumatera terletak diantara dua lempeng tektonik aktif yaitu Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Lempeng Eurasia bergerak relative kearah Barat daya dan berinteraksi dengan Lempeng Indo-Australia yang terletak disebelah barat Pulau Sumatera yang bergerak relative kearah Utara dengan kecepatan 6cm/tahun. Zona pertemuan antara kedua Lempeng tersebut membentuk zona subduksi. Berdasarkan analisis mekanisme sumber (*focal mechanism*) kemiringan subduksinya antara 1° sampai 10° dengan dip dominan dibagian bawah wilayah Sumatera (Ardiansyah, 2012).

Secara umum, tatanan tektonik di Sumatera dicirikan oleh tiga sistem tektonik. Ketiga sistem tektonik tersebut, yaitu: Zona Subduksi antara Lempeng tektonik Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia, Mentawai Fault System (MFS) dan Sumatera Fault System (SFS) atau Sesar Sumatera. Peta tektonik Pulau Sumatera terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Tektonik Sumatera (Darman dan Sisi, 2000)

Berdasarkan pada Gambar 1 diatas terlihat bahwa zona subduksi membentang dari arah sebelah barat pulau Sumatera dan sejajar dengan garis pantai pulau Sumatera. Sesar Sumatera terletak di daratan pada pulau Sumatera dan membelah pulau Sumatera menjadi dua bagian barat dan timur. Selain itu, pada Sesar Mentawai terletak diantara sebelah timur zona subduksi dan sebelah barat sesar Sumatera.

a. Zona Subduksi

Jalur subduksi lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia di Indonesia memanjang dari pantai barat Sumatera sampai ke Selatan Nusa Tenggara. Pada sistem subduksi Sumatera dicirikan dengan menghasilkan rangkaian busur Pulau dengan (forearch islands) yang nonvulkani (Pulau

Simeulue, Nias, Banyak, Batu, Siberut hingga Pulau Enggano). Lempeng Indo-Australia menunjam kebawah lempeng Benua Eurasia dengan kecepatan 50-60 mm/tahun. Batas antara dua (2) lempeng ini terdapat zona subduksi dangkal atau yang disebut sebagai “Megathrust Subduction Sumatera” inilah yang saat ini menjadi perhatian masyarakat karena dapat diprediksi masih menyimpan potensi gempa bumi dengan magnitudo 8.9 SR di zona ini yang populer dengan istilah Mentawai Megathrust (Triyono, 2018).

b. Mentawai Fault System (MFS)

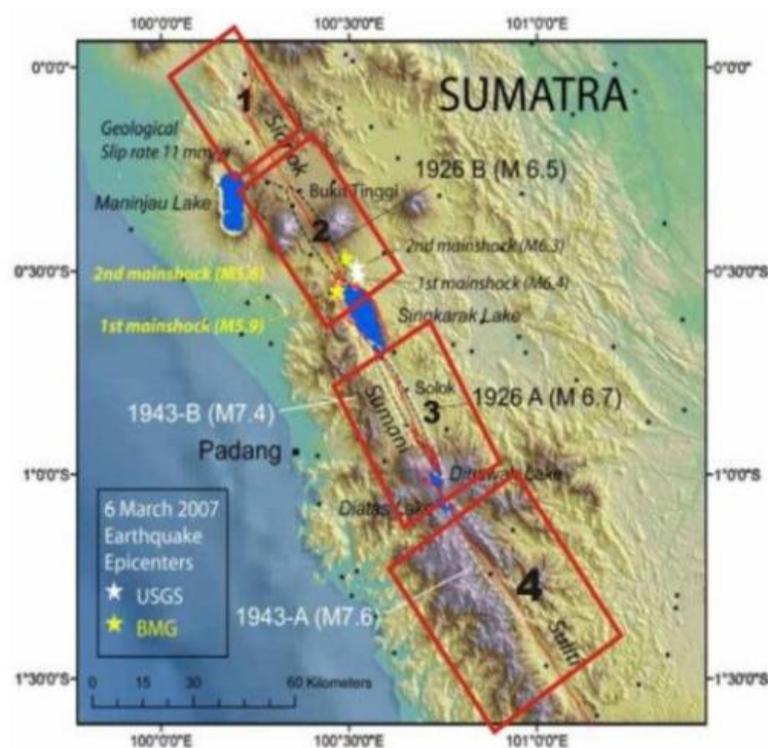
Selain jalur tumbukan dua lempeng tektonik, disebelah barat pantai Sumatera Barat terdapat juga Mentawai Fault System. Mentawai Fault System adalah sesar mendatar yang disebabkan adanya proses penunjaman miring di sekitar pulau Sumatera. Sesar Mentawai berada di laut memanjang disekitar pulau-pulau Mentawai dari Selatan hingga ke Utara menerus hingga kesekitar Utara Nias (Triyono, 2018).

c. Sumatera Fault System (SFS)

Sumatera fault system atau sesar Sumatera terjadi akibat adanya lempeng Indo-Australia yang menabrak bagian barat pulau Sumatera secara miring, sehingga menghasilkan tekanan dari pergerakan ini. Karena adanya tekanan ini, maka terbentuklah sesar Sumatera atau disebut juga “The Great Sumatera Fault” yang membelah pulau Sumatera membentang mulai dari Lampung sampai Banda Aceh, sesar ini menerus sampai ke Laut Andaman

hingga Burma. Patahan ini merupakan daerah rawan gempa bumi dan tanah longsor. Sesar Sumatera merupakan sesar Strike Slip berarah dekstral yang terdiri dari 20 segmen utama sepanjang tulang punggung Sumatera (Siah and Natawidjaja, 2000).

Sesar Sumatera ini membelah wilayah Sumatera Barat menjadi empat (4) segmen sesar seperti yang dipelihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Empat (4) Segmen Patahan Aktif di Sumatera Barat (Wahyu Triyoso and Natawidjaja, 2000).

Pada gambar 2 diatas terlihat bahwa Sumatera Barat terdiri dari empat (4) segmen sesar (Triyono, R. BMKG, 2018). Keempat segmen sesar tersebut adalah sebagai berikut:

1). Segmen Sumpur ($0.1^{\circ}\text{N}\sim 0.3^{\circ}\text{N}$).

Segmen Sumpur terletak didaerah Rao, Lubuk Sikaping Kabupaten Pasaman, segmen Sumpur memiliki panjang patahan ± 35 Km, Swegmen Sumpur di bagian Utara berujung pada sisi Selatan Depresi Sumpur, Selatan Panti, kemudian menyisir Lembah Batang Sumpur ke Tenggara, Salabawan hingga Bonjol, kemudian menyusuri Sungai Silasung, pergeseran segmen Sumpur berkisar 23-24 mm/tahun. Segmen Sumpur melewati kota Lubuk Sikaping pada tahun 1977 pernah terjadi gempa bumi dengan kekuatan 5.5 SR.

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

Segmen Sianok mempunyai panjang patahan ± 90 Km berada disekitar Ngarai Sianok kota Bukittinggi sampai Tenggara Danau Singkarak melewati sisi Timut Danau dan pergeseran patahan berkisar 23 mm/tahun, kota Bukittinggi termasuk kota yang rawan gempa bumi darat yang bersumber dari patahan Segmen Sianok. Pada Segmen Sianok pernah terjadi 2 kali gempa bumi pada tanggal 6 Maret 2007 dengan magnitudo 6.4 SR dan 6.3 SR dan gempa terbesar pernah tercatat pada segmen ini yaitu pada tanggal 4 Agustus 1926 dengan pusat hancuran antara Bukittinggi dan Danau Singkarak.

3). Segmen Sumani ($1.0^{\circ}\text{S}\sim 0.5^{\circ}\text{S}$).

Segmen Sumani memiliki panjang patahan ± 60 Km, ujung Utara segmen ini berada disisi Utara Danau Singkarak menyisir sisi Barat Daya

danau tersebut melintasi daerah kota Solok, Sumani, Selayo dan berakhir di Utara Danau Atas, sebelah Tenggara Gunung Talang. Panjang patahan segmen Sumani ini sekitar 90 Km. Gempa merusak tercatat terjadi pada tanggal 9 Juni 1943 dengan Magnitudo 7.4 dibawah Danau Singkarak dan menghasilkan pergeseran horizontal sejauh 1 Meter (Natawidjaja, 1995).

4). Segmen Suliti ($1.75^{\circ}\text{S}\sim 1.0^{\circ}\text{S}$).

Segmen Suliti mempunyai panjang patahan sekitar 90 Km dan pergeserannya berkisar ± 23 mm/tahun. Ujung Utara segmen berada pada Danau Diatas dan Danau Dibawah dengan lebar zona 4 Km pada wilayah tersebut. Patahan Sumatera pada segmen ini menelusuri lembah segmen Suliti ke Tenggara hingga anak-anak Sungai Liki di Barat laut Gunung Kerinci.

Berdasarkan Peta Geologi daerah Sumatera Barat dapat dikelompokkan menjadi empat (4) unit litologi, yaitu :

a. Endapan Permukaan

Tersebar dominan disepanjang tepi pantai bagian Barat, morfologi daratan (tepi danau dan endapan rawa) dan didataran tinggi (Solok, Bukit tinggi dan Lubuk Sikaping). Litologi yang dominan adalah Aluvium Muda, Kipas Aluvium, Endapan Danau, Endapan Undak, Endapan Paya dan Endapan Tua. Terdapat struktur geologi berupa sesar yang terdapat di bagian Barat daerah Painan (Leviana, 2017).

b. Endapan Gunung api

Tersebar menerus dari Tenggara sampai Barat Laut dengan morfologi perbukitan-pengunungan setelah didaratan tepi pantai (Barat Laut). Batuan ini merupakan hasil dari aktifitas gunung api yaitu : Gunung Talamau, Gunung Sarang Layang-layang, Gunung Talang, Gunung Gadut, Gunung Betesambung, Gunung Merapi, Gunung Singgalang, Gunung Tandikat dan Gunung Kerinci. Litologi yang dominan adalah batuan berumur Kuartar, Tersier dan Prem.

Struktur geologi yang terdapat adalah sesar pada bagian Tenggara-Barat Laut merupakan hasil dari aktifitas gunung api yang melewati daerah sekitar Gunung Kerinci, Gunung Talang, Gunung Tandikat, Gunung Kerinci, Gunung Singgalang, Gunung Sorik Marapi dan Gunung Malintang (Leviana, 2017).

c. Batuan Sedimen

Tersebar dibagian Selatan, Utara, Timur laut dan setempat di bagian tengah serta Timur laut dengan morfologi dataran – perbukitan dan tersebar didaerah pengunungan (sekitar Gunung Bongsu). Litologi yang dominan adalah batuan yang berumur Kuartar serta Kapur.

Struktur geologi yang terdapat pada batuan sedimen adalah sesar sumangko yang menerus dari arah Tenggara-Barat laut. Dengan melewati daerah seperti Solok, Cupak, Suman, Bukit tinggi dan Rantau Panjang. Pada bagian Timur-Barat terdapat struktur sesar Antiklin dan Sinkli. Melewati

daerah seperti Gunung Keramat, Bukit Situngal, Bukit Pematang Panjang dan Bukit Baranasi (Leviana, 2017).

d. Batuan Beku dan Malihan

Tersebar menerus di bagian Tenggara sampai Barat laut dengan morfologi perbukitan-pengunungan. Meliputi Bukit Barisan, Ulu Langgo, Gunung Batukas, Gunung Bongsu, Tor Sanduluk, Gunung Sorik Marapi, Tor Nagargar dan Dolok Namaitait. Litologi dominannya adalah Kwartir, Tersier, Trias, Kapur, Perem dan Karbon.

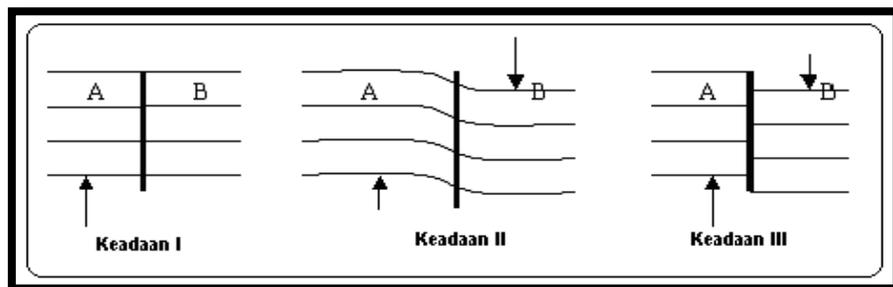
Struktur geologi yang terdapat adalah kekar-kekar berada di sepanjang sesar semangko yang berada pada bagian Timur, Tenggara, Selatan, Barat dan Barat laut melewati daerah seperti Bukit Paninjauan, Bukit Batung Bejawat, Bukit Lumut, Payakumbuh dan terdapat di beberapa tempat seperti sekitar Gunung Pulas, daerah Kurahan, Tanjung Medan, Kotanopan dan Dolok Malea (Leviana, 2017).

B. Gempabumi

Gempabumi adalah suatu peristiwa pelepasan energi oleh gelombang seismik yang terjadi secara tiba-tiba. Pelepasan energi inilah yang mengakibatkan terjadinya deformasi pada lempeng tektonik didalam kerak bumi (Hartuti, 2009). Gempa bumi terjadi ketika energi yang tersimpan dalam bumi, biasanya dalam bentuk tegangan pada batuan, secara tiba-tiba terlepas. Energi ini dirambatkan ke permukaan bumi oleh gelombang gempa bumi. Atau dengan kata

lain gempa bumi adalah gerakan tiba-tiba atau suatu rentetan gerakan tanah yang berasal dari daerah terbatas dan menyebar dari titik tersebut ke segala arah.

Teori yang menjelaskan mekanisme terjadinya gempabumi yang dikenal sebagai “*Elastic Rebound Theory*” yang dikemukakan oleh seorang seismolog Amerika yang bernama Reid (Bullen and Bolt, 1985). Dalam teori ini menjelaskan bahwa gempabumi terjadi akibat pelepasan energi regangan elastis batuan yang disebabkan karena adanya deformasi batuan pada litosfer bumi. Deformasi batuan ini terjadi akibat adanya tekanan (*stress*) dan regangan (*strain*) pada lapisan bumi. Pada Gambar 1 merupakan ilustrasi dari mekanisme gempabumi berdasarkan *Elastic Rebound Theory*.



Gambar 3. Mekanime Terjadinya Gempabumi (Bullen and Bolt, 1985)

Berdasarkan Gambar 3, pada keadaan I menunjukkan bahwa suatu lapisan batuan yang belum terjadi perubahan bentuk geologi. Di dalam bumi, akan ada tekanan atau regangan yang terjadi secara terus menerus. Hal ini akan menyebabkan terjadinya perubahan bentuk geologi karena lapisan batuan tidak dapat menahan tekanan atau regangan yang berasal dari dalam bumi.

Keadaan II menunjukkan suatu lapisan batuan telah terjadi perubahan bentuk geologi. Pada daerah A mendapat tekanan ke atas dan daerah B mendapat tekanan ke bawah. Proses ini berjalan terus sampai tekanan yang terjadi 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 tekanan maka akan terjadi suatu pergerakan atau perpindahan yang tiba-tiba sehingga terjadilah patahan. Peristiwa pergerakan secara tiba-tiba ini disebut gempa bumi.

Keadaan III menunjukkan lapisan batuan yang sudah patah diakibatkan karena adanya pergerakan yang tiba-tiba pada lapisan batuan tersebut. Perlahan-lahan patahan ini akan bergerak terus sehingga seluruh proses diatas akan terulang lagi dan sebuah gempa bumi akan terjadi lagi setelah beberapa waktu lamanya demikian seterusnya.

Berdasarkan sumber terjadinya gempa (Subardjo dan Ibrahim, 2004) mengelompokkan menjadi:

- a. Gempabumi Tektonik, yaitu gempabumi pada permukaan yang disebabkan oleh aktivitas pergerakan lempeng tektonik misalnya adanya tumbukan antar lempeng pembentuk kulit bumi.
- b. Gempabumi Vulkanik, yaitu gempabumi yang terjadi karena adanya aktivitas vulkanik misalnya desakan magma dari gunung api ke permukaan. Gempabumi ini memiliki kekuatan kurang dari 4 SR dan termasuk gempabumi sedang.

- c. Gempabumi Runtuhan, yaitu gempabumi yang terjadi karena adanya runtuh atau longsor dari massa batuan. Gempabumi ini memiliki kekuatan yang sangat kecil sehingga getarannya tidak bisa terasa dan hanya bisa terdeteksi oleh seismograf. Gejala ini disebut dengan tremor dan banyak terjadi di pegunungan.
- d. Gempabumi Buatan, yaitu gempabumi yang sengaja dibuat oleh manusia, seperti ledakan dinamit atau ledakan nuklir untuk mencari bahan tambang.

Berdasarkan dalamnya sumber gempa, (Subardjo dan Ibrahim, 2004) mengelompokkan gempabumi menjadi 3 jenis, yaitu:

- a. Gempabumi dangkal (kedalaman 0-60 km)

Gempabumi dangkal yang terjadi didaratkan biasanya berasosiasi dengan patahan-patahan besar yang bergeser atau bergerak akibat pergerakan lempeng. Gempabumi dangkal memiliki daya rusak konstruksi yang sangat kuat, disebabkan jarak hiposenter relative dekat dengan permukaan sehingga getaran gempa terasa sangat kuat dipermukaan. Walaupun skala gempanya hanya memiliki amplitude 4-5 Skala Richter namun mampu merusakkan bangunan.

- b. Gempabumi menengah (kedalaman 60-300 km).

Bumi terdiri dari tiga lapisan utama yaitu *crust*, *mantle* dan *core*. *Crust* atau *lithosfer* adalah lapisan yang paling terluar dari bumi berbentuk padat dengan ketebalan lapisan mencapai 100 km. *lithosfer* terdiri dari kerak bumi dan bagian atas selubung. Gempa-gempa menengah terjadi pada kedalaman

dibawah kerak bumi. Sehingga di golongkan sebagai gempa yang mungkin tidak berasosiasi dengan penampakan mekanisme terjadinya.

c. Gempabumi dalam (>300 km).

Gempabumi dalam sebenarnya relatif sering terjadi. Namun karena berada pada kedalaman dibawah 300 km maka manusia tidak bisa merasakan getarannya. Gempa dalam merupakan gempa-gempa yang disebabkan oleh pergerakan kerak benua.

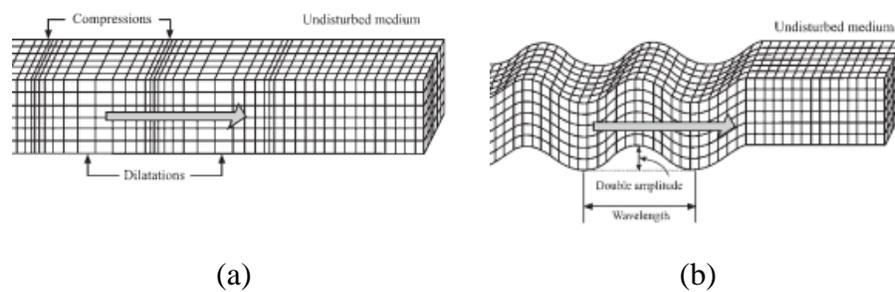
C. Gelombang Gempabumi

Gelombang merupakan suatu usikan yang merambat melalui suatu medium akibat suatu sumber getar. Sumber getar gelombang yang terjadi akan menimbulkan tekanan sehingga mengakibatkan terjadinya tegangan, kemudian menggerakkan partikel-partikel di sekitarnya (Sugiantoro,1989).

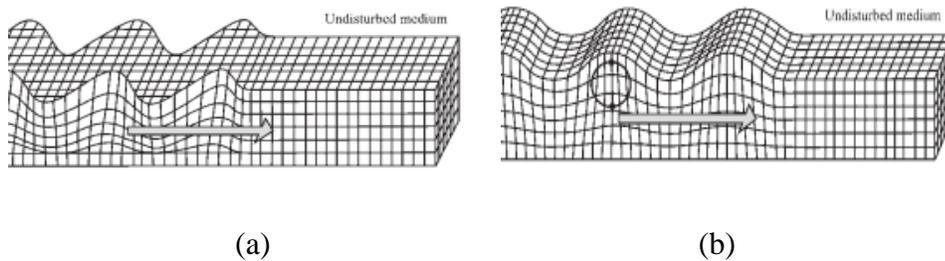
Pergerakan dari lempeng tektonik akan menghasilkan akumulasi energi disekitar pembatasan lempeng akibat tegangan, regangan atau gesekan. Energi yang terakumulasi ini jika melewati batas kemampuan atau ketahanan batuan disekitar patahan tersebut. Proses kemampuan atau ketahanan batuan disekitar patahan tersebut mengeluarkan energi yang menjalar sebagai gelombang seismik. Menurut Ibrahim (2005) “Gelombang seismik adalah gelombang elastik yang menjalar keseluruhan bagian dalam bumi dan melalui permukaan bumi akibat adanya lapisan batuan yang patah secara tiba-tiba atau adanya suatu ledakan. Gelombang seismik yang merupakan *strain dynamic* (regangan dinamik) atau *strain elastic* (regangan elastik) berubah terhadap waktu yang merambat melalui

material elastik seperti batuan sebagai tanggapan terhadap suatu gangguan dinamik”.

Penjalaran gelombang gempa bumi ini diklasifikasikan ke dalam dua kelompok yaitu gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Gelombang Badan (*body wave*), (a) Gelombang Primer (*P-wave*) dan (b) Gelombang Sekunder (*S-wave*) (Elnashai dan Sarno, 2008:10)



Gambar 5. Gelombang Permukaan (*surface wave*), (a) Gelombang *Love* dan (b) Gelombang *Rayleigh* (Elnashai dan Sarno, 2008:13)

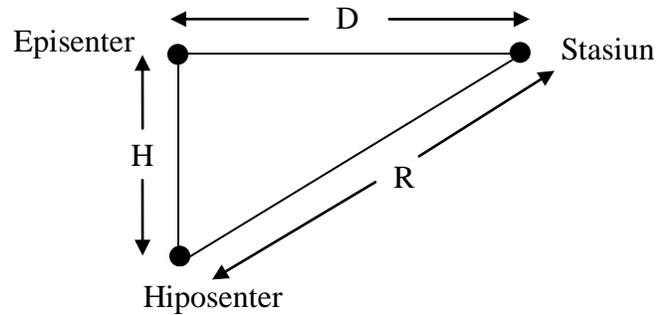
Berdasarkan Gambar 4a terlihat bahwa gelombang primer (*P-wave*) adalah gelombang badan yang arah gerak partikelnya searah dengan arah rambatnya. Gelombang P ini mempunyai kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan gelombang yang lain. Hal inilah yang menyebabkan

gelombang P tiba lebih dahulu ke permukaan bumi. Gambar 4b merupakan gelombang sekunder (*S-wave*). Gelombang S adalah gelombang badan yang arah rambatnya tegak lurus terhadap arah gerak partikelnya. Gelombang S ini tiba ke permukaan bumi setelah gelombang P.

Gambar 5a dan 5b merupakan gelombang permukaan (*surface wave*). Pada Gambar 5a menjelaskan bahwa gelombang *Love* adalah gelombang permukaan yang arah rambat partikelnya bergetar melintang terhadap arah penjarannya. Gambar 5b menunjukkan gelombang *Rayleigh* yang arah rambatnya berlawanan arah dengan gerak partikelnya yang menyerupai *ellips*. Gelombang *Rayleigh* hanya merambat dibatas permukaan saja dan gelombang ini mirip dengan gelombang air laut.

D. Parameter-parameter Gempabumi

- a. Origin Time merupakan informasi yang berhubungan dengan waktu kejadian. Menurut Malik Krisbudianto (2009) “Origin Time merupakan waktu kejadian gempabumi yang menggambarkan waktu terlepasnya akumulasi tegangan (*stress*). Akumulasi tegangan ini berbentuk penjaran gelombang gempabumi dan dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, detik, dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinate*).
- b. Lokasi Gempabumi dapat ditentukan berdasarkan posisi episenter dan hiposenter gempabumi. Posisi hiposenter dan episenter dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



dimana D : Jarak Episenter ke Stasiun

R : Jarak Hiposenter

H : Kedalaman Gempabumi

- c. Episenter lebih dikenal dengan pusat gempa, tempat dimana getaran gempa dimulai terjadi, hal ini didukung oleh Malik Krisbudianto (2009) yang menyatakan "Episenter merupakan titik pertemuan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari hiposenter atau fokus gempabumi. Lokasi episenter dibuat dalam system koordinat kartesius bola bumi atau system koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur". Episenter merupakan pusat gempabumi yang berada dipermukaan bumi sebagai proyeksi dari fokus gempabumi didalam bumi yang tegak lurus terhadap hiposenter.
- d. Kedalaman gempabumi sering disebut hiposenter. Hiposenter dinyatakan sebagai jarak kedalaman dalam satuan km ($1^0=111\text{km}$). Hiposenter merupakan pusat gempabumi yang berada didalam permukaan bumi.
- e. Magnitudo gempabumi merupakan karakteristik gempa yang berhubungan dengan jumlah energi total seismik yang dilepaskan sumber gempa.

Magnitudo gempa adalah besaran yang berhubungan dengan kekuatan gempa di sumbernya.

- f. Energi Gempabumi dinyatakan dalam satuan erg, yang merupakan besarnya energy yang dipancarkan oleh gempa dalam bentuk gelombang gempa.
- g. Intensitas dapat didefinisikan sebagai suatu besarnya kerusakan disuatu tempat akibat gempabumi yang diukur berdasarkan kerusakan yang terjadi. Harga intensitas merupakan fungsi dari magnitudo, jarak ke episenter, lama getaran, kedalaman gempa, kondisi tanah dan keadaan bangunan.

E. Percepatan Tanah Maksimum

Percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan mulai dari keadaan diam sampai pada kecepatan tertentu. Pada bangunan yang berdiri diatas tanah memerlukan kestabilan tanah tersebut agar bangunan tetap stabil. Percepatan gelombang gempa yang sampai di permukaan bumi disebut juga percepatan tanah. Percepatan getaran tanah maksimum adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang pernah terjadi di suatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempabumi.

Besar kecilnya percepatan tanah tersebut menunjukkan resiko gempabumi yang perlu diperhitungkan sebagai salah satu bagian dalam perencanaan bangunan tahan gempa (Ibrahim, 2004). Semakin besar magnitudo suatu gempa berarti besar energi yang dipancarkan dari sumber gempa tersebut semakin besar, sehingga percepatan permukaan tanah yang timbul juga semakin besar pula. Semakin dalam hiposenter dan semakin jauh jarak episenter maka percepatan

tanah yang timbul semakin kecil juga. Factor lain yang juga menentukan besarnya percepatan permukaan tanah yaitu tingkat kepadatan tanah pada suatu daerah tersebut. Jadi percepatan permukaan tanah yang timbul berbanding lurus dengan magnitudo dan berbanding terbalik dengan jarak episenter, kedalaman hiposenter dan kepadatan tanah.

Setiap gempa yang terjadi akan menimbulkan satu nilai percepatan tanah pada suatu daerah (*site*). Nilai percepatan tanah yang akan diperhitungkan pada perencanaan bangunan adalah nilai percepatan tanah maksimum. Meskipun gempabumi yang kuat tidak sering terjadi tetapi tetap sangat membahayakan kehidupan manusia (Ibrahim,2004:49).

Model Empiris menggunakan historis gempabumi, diantaranya sebagai berikut:

a. Mc. Guirre R.K (1963), ditulis sebagai berikut :

$$\alpha = 472,3 * 10^{0,278M} * (R + 25)^{-1,301} \quad (1)$$

Dimana α merupakan percepatan getaran tanah (gal). M adalah magnitudo gelombang permukaan (SR). R adalah jarak hiposenter (km). Untuk mengetahui nilai R dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumusan:

$$R = \sqrt{D^2 + h^2}, \quad (2)$$

Dengan D adalah jarak episenter (km). h merupakan kedalaman sumber gempa (km).

$$D = \sqrt{\left((long_{peneliti} - long_{gempa})^2 + (lat_{peneliti} - lat_{gempa})^2 \times 111.322 \right)} \quad (3)$$

Rumusan empiris Mc.Guirre R.K karena rumusan tersebut pernah di pakai pada gempa bumi yang ada di California Selatan, yaitu di patahan San Andreas. Kondisi patahan yang ada di San Andreas memiliki karakteristik yang sama dengan patahan Sumatera khususnya Sumatera Barat (Pawirodikromo, 2012).

b. Si and Midorikawa (1999)

$$\log A = 0,5M_w + 0,0036D + \sum d_i S_i - \log X_{eq} - 0,003X_{eq} + e + \varepsilon \quad (4)$$

Dimana A merupakan percepatan tanah maksimum (gal). M_w adalah momen magnitudo gempabumi (SR). D adalah kedalaman gempabumi. X_{eq} adalah jarak hiposenter (km). d adalah jarak dari pusat gempabumi ke lokasi. S adalah variabel dummy (0,06). e adalah koefisien regresi (0,6). ε adalah standar deviasi (0,24).

Rumusan empiris Si and Midorikawa (1999) adalah rumusan yang sesuai untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum di Kepulauan Mentawai. Dikarenakan rumusan empiris Si and Midorikawa pernah dilakukan di Kepulauan Jepang dengan menggunakan nilai percepatan tanah maksimum dari 21 gempabumi yang pernah terjadi. Ditinjau dari kondisi

tektonik, bentuk patahan lempeng di Kepulauan Jepang hampir sama dengan bentuk dari patahan lempeng di Kepulauan Mentawai (Syafriana, 2015).

c. Donovan (1973)

$$\alpha = \frac{1080 e^{0,5M}}{(R + 25)^{1,32}} \quad (5)$$

Dimana α merupakan nilai percepatan tanah maksimum (gal). M adalah magnitudo gempabumi (SR). R adalah jarak hiposenter (km).

Rumusan empiris Donovan (1973) merupakan rumusan yang biasa dipakai untuk menentukan nilai dari percepatan tanah maksimum di suatu daerah tertentu.

F. Intensitas Maksimum

Intensitas gempabumi merupakan ukuran gempabumi yang pertama kali digunakan untuk menyatakan besar gempabumi sebelum manusia dapat mengukur besarnya gempabumi dengan menggunakan alat. Ukuran ini dapat diketahui dengan cara melakukan pengamatan secara langsung efek dari gempabumi terhadap manusia, struktur bangunan dan lingkungan pada suatu daerah tersebut.

Intensitas adalah besaran yang dipakai untuk mengukur suatu gempa selain dengan magnitudo. Intensitas dapat didefinisikan sebagai suatu besarnya kerusakan disuatu tempat akibat gempabumi yang diukur berdasarkan kerusakan

yang terjadi. Pada saat ini sudah dikembangkan alat untuk menentukan besarnya intensitas yaitu berdasarkan dari nilai percepatan tanah pada suatu daerah tertentu sehingga skala yang didapatkan lebih objektif. Skala intensitas yang sekarang digunakan yaitu dengan menggunakan skala SIG (Skala Intensitas Gempabumi) yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika seperti pada tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Skala Intensitas Gempabumi

Skala SIG	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Level MMI	PGA (%g)	PGA (gal)
I	Tidak dirasakan (Not Felt)	Tidak dirasakan oleh semua orang tetapi terekam oleh alat	I-II	<0.3	<2.9
II	Dirasakan (Felt)	Dirasakan oleh kebanyakan orang tetapi tidak merusak. Benda-benda ringam yang digantung bergoyang dan rak piring bergetar.	III-V	0.3-0.9	2.9-88
III	Kerusakan Ringan (Slight Damage)	Bagian nonstruktur bangunan mengalami kerusakan ringan seperti retak rambut pada dinding, genteng bergeser kebawah dan sebagian berjatuhan.	VI	9.1-17	89-167
IV	Kerusakan Sedang (Moderate Damage)	Banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah, sebagian plaster dinding lepas. Hampir sebagian besara genteng melorot atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	17.1-57.5	168.564
V	Kerusakan Berat (Heavy Damage)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	>57.5	>564

(Sumber: PGR VI Padang Panjang)

Pada tabel 1 diatas merupakan tabel dari SIG (Skala Intensitas Gempabumi) dengan level MMI dari I sampai XII serta batasan untuk nilai dari

PGA nya yaitu mulai dari <2.9 sampai >564 gal yang dikeluarkan oleh BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika)

G. Tingkat Kerentanan Seismik.

Tingkat kerentanan seismik adalah tingkatan yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi. Tingkat kerentanan seismik bermanfaat untuk memprediksi zona lemah saat terjadinya gempabumi. Tingkat kerentanan seismik berhubungan dengan percepatan batuan dasar yang digunakan untuk menghitung nilai regang-geser lapisan tanah permukaan. Gempabumi merusak terjadi apabila batas regang-geser terlampaui sehingga terjadinya deformasi lapisan tanah permukaan (Nakamura, 2008).

Tabel 2. Tingkat Resiko Gempa

No	Tingkat Resiko	Percepatan Tanah Maksimum (Gal)	Intensitas Gempa Maksimum (MMI)
1.	Resiko sangat kecil	< 25	$< VI$
2.	Resiko kecil	$25 - 50$	$VI-VII$
3.	Resiko sedang satu	$50 - 75$	$VII - VIII$
4.	Resiko sedang dua	$75 - 100$	$VII - VIII$
5.	Resiko sedang tiga	$100 - 125$	$VII - VIII$
6.	Resiko besar satu	$125 - 150$	$VIII - IX$
7.	Resiko besar dua	$150 - 200$	$VIII- IX$
8.	Resiko besar tiga	$200 - 300$	$VIII - IX$
9.	Resiko sangat besar satu	$300 - 600$	$IX - X$
10.	Resiko sangat besar dua	> 600	$> X$

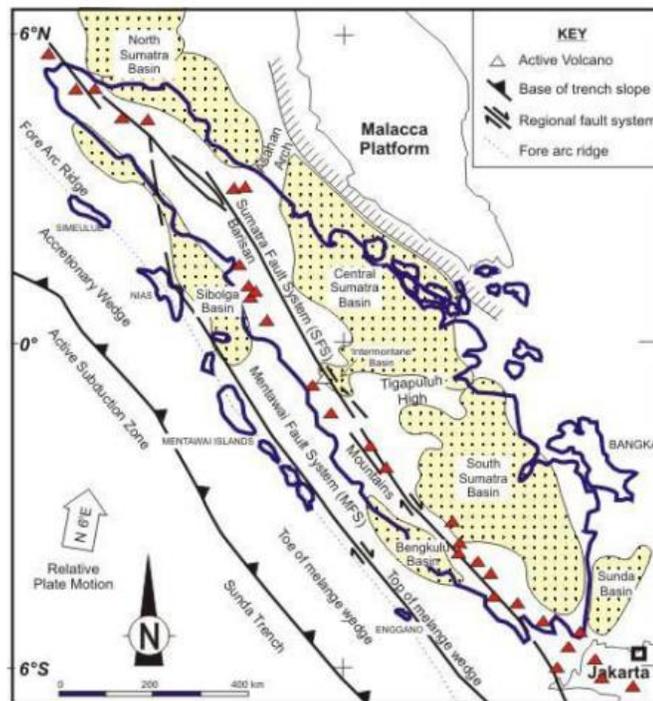
Sumber (Suwandi,dkk. 2017).

Tabel diatas merupakan tabel tingkatan resiko dari tingkat kerentanan seismiknya. Tingkat kerentanan seismik dapat memberikan informasi potensi dari tingkat guncangan akibat dari terjadinya gempabumi pada suatu daerah tersebut.

H. Geologi Sumatera Barat.

Pulau Sumatera terletak diantara dua lempeng tektonik aktif yaitu Lempeng Eurasia dan Lempeng Indo-Australia. Lempeng Eurasia bergerak relative kearah Barat daya dan berinteraksi dengan Lempeng Indo-Australia yang terletak disebelah barat Pulau Sumatera yang bergerak relative kerah Utara dengan kecepatan 6cm/tahun. Zona pertemuan antara kedua Lempeng tersebut membentuk zona subduksi. Berdasarkan analisis mekanisme sumber (*focal mechanism*) kemiringan subduksinya antara 1^0 sampai 10^0 dengan dip dominan dibagian bawah wilayah Sumatera (Ardiansyah, 2012).

Secara umum, tatanan tektonik di Sumatera dicirikan oleh tiga sistem tektonik. Ketiga sistem tektonik tersebut, yaitu: Zona Subduksi antara Lempeng tektonik Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia, Mentawai Fault System (MFS) dan Sumatera Fault System (SFS) atau Sesar Sumatera. Peta tektonik Pulau Sumatera terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Tektonik Sumatera (Darman dan Sisi, 2000)

Berdasarkan pada Gambar 1 diatas terlihat bahwa zona subduksi membentang dari arah sebelah barat pulau Sumatera dan sejajar dengan garis pantai pulau Sumatera. Sesar Sumatera terletak di daratan pada pulau Sumatera dan membelah pulau Sumatera menjadi dua bagian barat dan timur. Selain itu, pada Sesar Mentawai terletak diantara sebelah timur zona subduksi dan sebelah barat sesar Sumatera.

d. Zona Subduksi

Jalur subduksi lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia di Indonesia memanjang dari pantai barat Sumatera sampai ke Selatan Nusa Tenggara. Pada sistem subduksi Sumatera dicirikan dengan menghasilkan rangkaian busur Pulau dengan (forearc islands) yang nonvulkani (Pulau

Simeulue, Nias, Banyak, Batu, Siberut hingga Pulau Enggano). Lempeng Indo-Australia menunjam kebawah lempeng Benua Eurasia dengan kecepatan 50-60 mm/tahun. Batas antara dua (2) lempeng ini terdapat zona subduksi dangkal atau yang disebut sebagai “Megathrust Subduction Sumatera” inilah yang saat ini menjadi perhatian masyarakat karena dapat diprediksi masih menyimpan potensi gempa bumi dengan magnitudo 8.9 SR di zona ini yang populer dengan istilah Mentawai Megathrust (Triyono, 2018).

e. Mentawai Fault System (MFS)

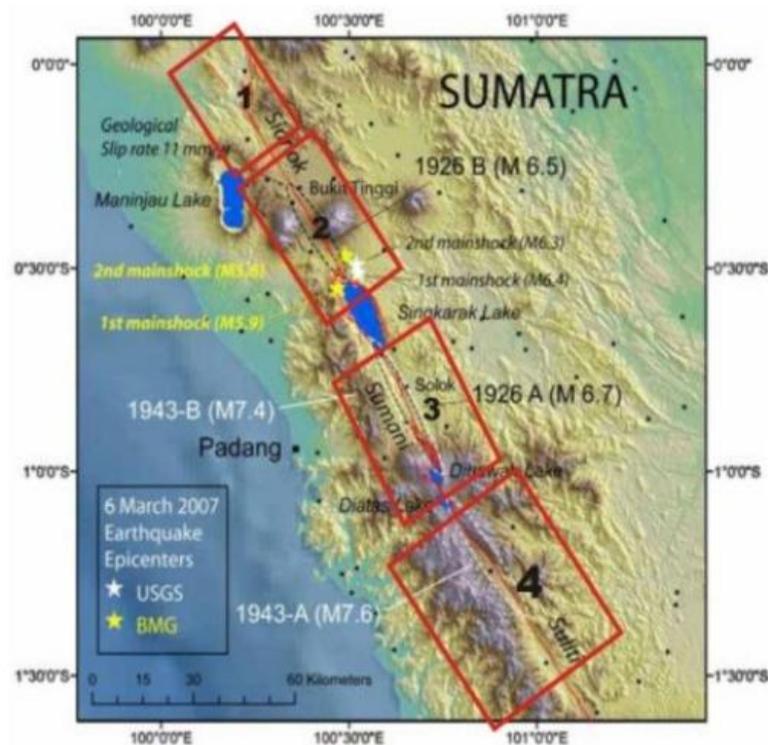
Selain jalur tumbukan dua lempeng tektonik, disebelah barat pantai Sumatera Barat terdapat juga Mentawai Fault System. Mentawai Fault System adalah sesar mendatar yang disebabkan adanya proses penunjaman miring di sekitar pulau Sumatera. Sesar Mentawai berada di laut memanjang disekitar pulau-pulau Mentawai dari Selatan hingga ke Utara menerus hingga kesekitar Utara Nias (Triyono, 2018).

f. Sumatera Fault System (SFS)

Sumatera fault system atau sesar Sumatera terjadi akibat adanya lempeng Indo-Australia yang menabrak bagian barat pulau Sumatera secara miring, sehingga menghasilkan tekanan dari pergerakan ini. Karena adanya tekanan ini, maka terbentuklah sesar Sumatera atau disebut juga “The Great Sumatera Fault” yang membelah pulau Sumatera membentang mulai dari Lampung sampai Banda Aceh, sesar ini menerus sampai ke Laut Andaman

hingga Burma. Patahan ini merupakan daerah rawan gempa bumi dan tanah longsor. Sesar Sumatera merupakan sesar Strike Slip berarah dekstral yang terdiri dari 20 segmen utama sepanjang tulang punggung Sumatera (Sieh and Natawidjaja, 2000).

Sesar Sumatera ini membelah wilayah Sumatera Barat menjadi empat (4) segmen sesar seperti yang dipelihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Empat (4) Segmen Patahan Aktif di Sumatera Barat (Wahyu Triyoso and Natawidjaja, 2000).

Pada gambar 2 diatas terlihat bahwa Sumatera Barat terdiri dari empat (4) segmen sesar (Triyono, R. BMKG, 2018). Keempat segmen sesar tersebut adalah sebagai berikut:

1). Segmen Sumpur ($0.1^{\circ}\text{N}\sim 0.3^{\circ}\text{N}$).

Segmen Sumpur terletak didaerah Rao, Lubuk Sikaping Kabupaten Pasaman, segmen Sumpur memiliki panjang patahan ± 35 Km, Swegmen Sumpur di bagian Utara berujung pada sisi Selatan Depresi Sumpur, Selatan Panti, kemudian menyisir Lembah Batang Sumpur ke Tenggara, Salabawan hingga Bonjol, kemudian menyusuri Sungai Silasung, pergeseran segmen Sumpur berkisar 23-24 mm/tahun. Segmen Sumpur melewati kota Lubuk Sikaping pada tahun 1977 pernah terjadi gempa bumi dengan kekuatan 5.5 SR.

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

Segmen Sianok mempunyai panjang patahan ± 90 Km berada disekitar Ngarai Sianok kota Bukittinggi sampai Tenggara Danau Singkarak melewati sisi Timut Danau dan pergeseran patahan berkisar 23 mm/tahun, kota Bukittinggi termasuk kota yang rawan gempa bumi darat yang bersumber dari patahan Segmen Sianok. Pada Segmen Sianok pernah terjadi 2 kali gempa bumi pada tanggal 6 Maret 2007 dengan magnitudo 6.4 SR dan 6.3 SR dan gempa terbesar pernah tercatat pada segmen ini yaitu pada tanggal 4 Agustus 1926 dengan pusat hancuran antara Bukittinggi dan Danau Singkarak.

3). Segmen Sumani ($1.0^{\circ}\text{S}\sim 0.5^{\circ}\text{S}$).

Segmen Sumani memiliki panjang patahan ± 60 Km, ujung Utara segmen ini berada disisi Utara Danau Singkarak menyisir sisi Barat Daya

danau tersebut melintasi daerah kota Solok, Sumani, Selayo dan berakhir di Utara Danau Atas, sebelah Tenggara Gunung Talang. Panjang patahan segmen Sumani ini sekitar 90 Km. Gempa merusak tercatat terjadi pada tanggal 9 Juni 1943 dengan Magnitudo 7.4 dibawah Danau Singkarak dan menghasilkan pergeseran horizontal sejauh 1 Meter (Natawidjaja, 1995).

4). Segmen Suliti ($1.75^{\circ}\text{S}\sim 1.0^{\circ}\text{S}$).

Segmen Suliti mempunyai panjang patahan sekitar 90 Km dan pergeserannya berkisar ± 23 mm/tahun. Ujung Utara segmen berada pada Danau Diatas dan Danau Dibawah dengan lebar zona 4 Km pada wilayah tersebut. Patahan Sumatera pada segmen ini menelusuri lembah segmen Suliti ke Tenggara hingga anak-anak Sungai Liki di Barat laut Gunung Kerinci.

Berdasarkan Peta Geologi daerah Sumatera Barat dapat dikelompokkan menjadi empat (4) unit litologi, yaitu :

e. Endapan Permukaan

Tersebar dominan disepanjang tepi pantai bagian Barat, morfologi daratan (tepi danau dan endapan rawa) dan didataran tinggi (Solok, Bukit tinggi dan Lubuk Sikaping). Litologi yang dominan adalah Aluvium Muda, Kipas Aluvium, Endapan Danau, Endapan Undak, Endapan Paya dan Endapan Tua. Terdapat struktur geologi berupa sesar yang terdapat di bagian Barat daerah Painan (Leviana, 2017).

f. Endapan Gunung api

Tersebar menerus dari Tenggara sampai Barat Laut dengan morfologi perbukitan-pengunungan setelah didaratan tepi pantai (Barat Laut). Batuan ini merupakan hasil dari aktifitas gunung api yaitu : Gunung Talamau, Gunung Sarang Layang-layang, Gunung Talang, Gunung Gadut, Gunung Betesambung, Gunung Merapi, Gunung Singgalang, Gunung Tandikat dan Gunung Kerinci. Litologi yang dominan adalah batuan berumur Kuartar, Tersier dan Prem.

Struktur geologi yang terdapat adalah sesar pada bagian Tenggara-Barat Laut merupakan hasil dari aktifitas gunung api yang melewati daerah sekitar Gunung Kerinci, Gunung Talang, Gunung Tandikat, Gunung Kerinci, Gunung Singgalang, Gunung Sorik Marapi dan Gunung Malintang (Leviana, 2017).

g. Batuan Sedimen

Tersebar dibagian Selatan, Utara, Timur laut dan setempat di bagian tengah serta Timur laut dengan morfologi dataran – perbukitan dan tersebar didaerah pengunungan (sekitar Gunung Bongsu). Litologi yang dominan adalah batuan yang berumur Kuartar serta Kapur.

Struktur geologi yang terdapat pada batuan sedimen adalah sesar sumangko yang menerus dari arah Tenggara-Barat laut. Dengan melewati daerah seperti Solok, Cupak, Suman, Bukit tinggi dan Rantau Panjang. Pada bagian Timur-Barat terdapat struktur sesar Antiklin dan Sinkli. Melewati

daerah seperti Gunung Keramat, Bukit Situngal, Bukit Pematang Panjang dan Bukit Baranasi (Leviana, 2017).

h. Batuan Beku dan Malihan

Tersebar menerus di bagian Tenggara sampai Barat laut dengan morfologi perbukitan-pengunungan. Meliputi Bukit Barisan, Ulu Langgo, Gunung Batukas, Gunung Bongsu, Tor Sanduluk, Gunung Sorik Marapi, Tor Nagargar dan Dolok Namaitait. Litologi dominannya adalah Kuarter, Tersier, Trias, Kapur, Perem dan Karbon.

Struktur geologi yang terdapat adalah kekar-kekar berada di sepanjang sesar semangko yang berada pada bagian Timur, Tenggara, Selatan, Barat dan Barat laut melewati daerah seperti Bukit Paninjauan, Bukit Batung Bejawat, Bukit Lumut, Payakumbuh dan terdapat di beberapa tempat seperti sekitar Gunung Pulas, daerah Kurahan, Tanjung Medan, Kotanopan dan Dolok Malea (Leviana, 2017).

I. Penelitian – Penelitian yang Relevan

Penelitian mengenai indeks kerentanan seismik sebelumnya telah dilakukan di berbagai Negara. Elza (2017) melakukan penelitian tentang analisis percepatan tanah maksimum, intensitas maksimum dan periode ulang untuk menentukan tingkat kerentanan seismik di Jawa Barat. Berdasarkan dari hasil analisi data yang telah dilakukan diketahui bahwa semakin besar nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum maka tingkat kerentanan seismiknya juga semakin

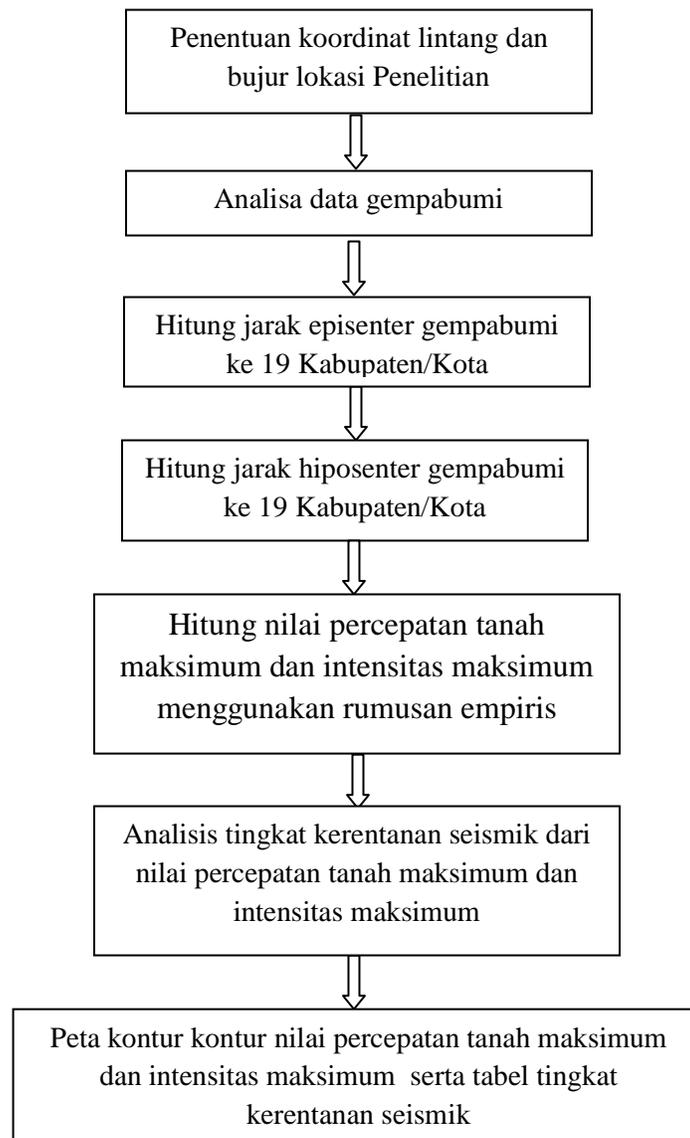
besar dan indeks kerentanan seismiknya berkisar antara 0.21-0.85 yaitu 33 – 125 tahun.

Analisis nilai *Peak Ground Acceleration* dan indeks kerentanan seismik berdasarkan data mikroseismik pada daerah rawan gempabumi di Kota Bengkulu pernah dilakukan penelitian oleh Yeza Febrian, dkk (2013). Berdasarkan dari hasil analisis yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kota Bengkulu memiliki nilai PGA bervariasi dari 292 gal – 852 gal dan nilai indeks kerentanan seismiknya dari 0,3 – 20,8. Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) yang tinggi didominasi oleh formasi bintunan dan batu gamping terumbu, sedangkan nilai percepatan tanah getaran tanah yang lebih rendah dari formasi bintunan didominasi oleh alluvium, endapan rawa dan undak alluvium.

Penelitian tentang analisis nilai percepatan tanah maksimum menggunakan rumusan empiris *Mc.Gurre, Si And Midorikawa dan Donovan* di wilayah Sumatera Barat pernah dilakukan oleh Dwi Romadiana (2018). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa nilai hasil percepatan tanah maksimum dengan menggunakan rumusan *Si And Midorikawa* hampir mendekati nilai percepatan tanah pada alat *accelerograph*.

J. Kerangka Berpikir Penelitian

Penelitian ini berada di daerah Sumatera Barat dengan koordinat secara geografis yaitu $3^{\circ}30'LS - 0^{\circ}54'LU$ dan $96^{\circ}BT - 102^{\circ}BT$. Adapun alur dari kerangka berpikir dari penelitian ini dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 3. Kerangka Berpikir Penelitian.

Berdasarkan Gambar 3, bahwa nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum didapatkan dari hasil perhitungan dengan menggunakan rumusan empiris *Mc.Guirre, Si and Midorikawa dan Donovan*. Sehingga dapat diketahui tingkat kerentanan seismik di wilayah Sumatera Barat dan peta kontur percepatan tanah maksimum serta intensitas maksimumnya.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data gempabumi yang tercatat di BMKG Padang Panjang selama periode Januari 2007 – Desember 2017 dengan magnitudo 5.0 SR - 8.1 SR terdapat 175 kejadian gempabumi. Untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum yaitu dengan menggunakan rumusan empiris *Mc.Guirre, Si and Midorikawa dan Donovan*. Hasil nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum tertinggi yaitu dengan menggunakan rumusan empiris *Si and Midorikawa* yang berada pada wilayah Kep.Mentawai dan Pesisir Selatan. Untuk Kep.Mentawai nilai percepatan tanah maksimum 348.31 Gal dan intensitas maksimum IX MMI, sedangkan untuk Pesisir Selatan diperoleh nilai percepatan tanah maksimum 83.57 dan intensitas maksimum VI MMI.
2. Tingkat kerentanan seismik tertinggi di wilayah Sumatera Barat berada di wilayah Kep.Mentawai dan Pesisir Selatan. Untuk Kep.Mentawai koordinatnya 2.05°LS dan 99.58°BT berada pada tingkat Resiko sangat besar satu, sedangkan untuk koordinat Pesisir Selatan yaitu 1.35°LS dan 100.58°BT . Tingginya

tingkat kerentanan seismik pada suatu wilayah diakibatkan dari tingginya nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimumnya.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk penggunaan rumusan empiris dalam menghitung nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum di wilayah Sumatera Barat.

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dan terperinci untuk titik acuan pengukuran agar didapat nilai percepatan tanah dan intensitas lebih terperinci di setiap Kabupaten/Kota.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, S. 2012. *Eartquake Potential Energy in the Segment, Kepahiang-Bengkulu Area*. Stasiun Geofisika Kepahiang.
- Bock, Y, et al. 2003. *Crustal Motion In Indonesia From Global Positioning System Measurement*, Journal of Geophysical Research, 108
- Darman, H, dan Sidi, F.H. 2000. *An Outline of The Geology of Indonesia*. Jakarta: AIGI.
- Febriani.Yeza, Ika Daruwati, Rindi Genesa Hatika. (2013). Analisis Nilai Peak Ground Acceleration Dan Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Data Mikroseismik Pada Daerah Rawan Gempabumi Dikota Bengkulu. *Jurnal Ilmiah Edu Research* (Vol.2 No.2, Desember 2013).
- Hartuti, .R. 2009. *Buku Pintar Gempa*. Yogyakarta: DIVA Press..
- Krisbudianto, Malik. 2009. *Analisa pada subdaksi Daerah Bengkulu dengan Metoda Segmen Irisan Vertikal*. Jakarta : AMG.
- Leviana, Mia, Syafriani, Andiyansyah Z. Sabarani. 2017. Estimasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Barat Berdasarkan Skenario Gempabumi M 8.8 SR Menggunakan Rumusan Empiris Mc.Guirre (1963) dan Donovan (1973). *Pillar of Physich* (Vol.10. Oktober 2017: 55-62).
- Nakamura, Y. 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application. Proc XII Word Conf. Earthquake Engineering*. New Zealand, 2526.
- Nakamura, Y. 2008. *On The H/V Spectrum. The 14th World Conference On Earthquake Enggineering. Oktober 12-17. 2008*. Beijing. China.
- Pariwodikromo, W. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar : Yogyakarta.
- Romadiana, Dwi. 2018. Analisis Percepatan Tanah Maksimum Menggunakan Rumusan Empiris Mc.Guirre, Si and Midorikawa dan Donovan di Wilayah Sumatera Barat. Padang:UNP.
- Sieh, K, and Natawidjaja, D.H. 2000. *Neotectonics of The Sumatera Fault, Indonesia. Journal of Geophysical Research, 105, B12, pp. 28, 295-29, 326*.

- Subadjo dan Ibrahim, G. 2004. *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika : Jakarta
- Sugiantoro. 1989. *Studi Gelombang Seismik Mikropada Medium Dua Fasa*. Yogyakarta: UGM.
- Suwandi, Elza Anisa, Indriana Lucky Sari, Waslaluddin. (2017). Analisis Percepatan Tanah Maksimum, Intensitas Maksimum Dan Periode Ulang Gempa Untuk Menentukan Tingkat Kerentanan Seismik Di Jawa Barat (Periode Data Gempa Tahun 1974-2016). *Wahana Fisika* (Vol.2. No.2, 2017 :12-30).
- Syafriana, Denisa. Dwi Pujiastuti, Andiyansyah Z. Sabarani. (2015). Estimasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum di Sumatera Barat Berdasarkan Skenario Gempa Bumi di Wilayah Siberut dengan Menggunakan Rumusan Si and Midorikawa (1999). *Jurnal Fisika Unand* (Vol.4, No.4, Oktober 2015 Issn 2302-8491).
- Triyono, Rahmat. *Ancaman Gempabumi di Sumatera Tidak Hanya Bersumber dari Mentawai Megathrust*. Artikel Stasiun Geofisika Kelas 1 Padang Panjang. Diakses tanggal 26 April 2018 pukul 20.45 WIB.