

**ANALISIS ENERGI POTENSIAL GEMPABUMI  
DI WILAYAH SUMATERA BARAT DAN  
SEKITARNYA (3°50' LS – 1°20' LU  
dan 98°10' BT - 102°10' BT)**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar  
Sarjana Sains*



**Oleh:  
MUHAMMAD RAEIS  
NIM. 15034050/2015**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2019**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**ANALISIS ENERGI POTENSIAL GEMPABUMI  
DI WILAYAH SUMATERA BARAT DAN  
SEKITARNYA (3°50' LS - 1°20' LU  
dan 98°10' BT - 102°10' BT)**

Nama : Muhammad Raeis  
NIM : 15034050  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Agustus 2019

Mengetahui :  
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si  
NIP.196901201993032002

Disetujui Oleh :  
Pembimbing



Syafriani, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP.197403051998022001

**PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI**

Nama : Muhammad Raeis  
NIM : 15034050  
Program Studi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**ANALISIS ENERGI POTENSIAL GEMPABUMI  
DI WILAYAH SUMATERA BARAT DAN  
SEKITARNYA (3°50' LS - 1°20' LU  
dan 98°10' BT - 102°10' BT)**

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

Padang, Agustus 2019

Tim Penguji

Nama  
Ketua : Syafriani, S.Si., M.Si., Ph.D  
Anggota : Drs. Akmam, M.Si  
Anggota : Drs. Letmi Dwiridal, M.Si

Tanda Tangan



## PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya yang berupa skripsi dengan judul “Analisis Energi Potensial Gempabumi di Wilayah Sumatera Barat Dan Sekitarnya (3°50’ LS - 1°20’ LU Dan 98°10’ BT - 102°10’ BT)” 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 oleh orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas di cantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat 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, Agustus 2019  
yang membuat pernyataan



Muhammad Raeis  
NIM. 15034050

**ANALISIS ENERGI POTENSIAL GEMPABUMI  
DI WILAYAH SUMATERA BARAT DAN  
SEKITARNYA (3°50' LS - 1°20' LU  
dan 98°10' BT - 102°10' BT)**

**Muhammad Raeis**

**ABSTRAK**

Bencana alam yang sering terjadi dan dapat merugikan masyarakat yang ada di Indonesia adalah Gempabumi. Indonesia menjadi kawasan yang memiliki intensitas gempabumi yang tinggi disebabkan karena wilayah Indonesia terletak pada pertemuan empat lempeng dunia. Salah satu provinsi dengan tingkat kerawanan gempabumi adalah Sumatera Barat. Gempabumi yang terjadi merupakan pelepasan energi deformasi yang mengalami siklus akumulasi. Berdasarkan siklus tersebut energi dapat di bedakan menjadi energi simpan (*interseismic*), energi lepas (*coseismic*) dan energi potensial (*postseismic*). Energi gempabumi yang dihasilkan bisa bergantung dari kondisi *stress* lokal tektonik dan tingkat keaktifan kegempaan. Maka dari itu penulis ingin melakukan penelitian tentang energi potensial dan *a-value* dan *b-value*.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah katalog gempabumi *NEIC/USGS* dan *ISC* dengan periode tahun 1943-2018 dengan  $M \geq 3.5$  dan  $h \leq 70$  km. Pengolahan data energi potensial didapatkan dengan menghitung energi lepas pertahun, energi ekspektasi pertahun, dan energi total pertahun. Pengolahan *a-value* dan *b-value* menggunakan perhitungan statistik *likelihood* yang dibantu menggunakan aplikasi *ZMAP ver. 6.0* yang merupakan *software* berbentuk *Graphich User Interface* (GUI) dengan berbasis *MATLAB*.

Hasil perhitungan yang diperoleh dari penelitian ini didapatkan nilai energi potensial, kondisi *stress* lokal, dan tingkat kegempaan yang dilihat berdasarkan *b-value* dan *a-value* pada segmen-segmen yang ada di Sumatera Barat. Energi potensial terbesar berada pada segmen Suliti, Sumani dan Mentawai. Sementara energi potensial yang cukup rendah berada pada segmen Sumpur dan Sianok. Kondisi *stress* lokal dan tingkat kegempaan Suliti dan Sumani berada pada tingkat yang rendah, dilanjutkan dengan Sianok dan Sumpur, dan yang tertinggi berada pada Segmen Mentawai.

Kata Kunci : Energi Potensial, *a value*, *b value*

## KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Analisis Energi Potensial Gempabumi di Wilayah Sumatera Barat Dan Sekitarnya ( $3^{\circ}50'$  LS -  $1^{\circ}20'$  LU Dan  $98^{\circ}10'$  BT -  $102^{\circ}10'$  BT)**.

Penulisan skripsi ini adalah sebagai syarat dalam menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang serta merupakan bagian dari penelitian Ibu Syafriani, Ph.D, dkk pada skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi Dasar dengan nomor kontrak: 923/UN35.13/LT/2018 tanggal 23 April 2019 dengan DIPA tahun 2018. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D., sebagai Penasehat Akademik dan pembimbing tugas akhir.
2. Bapak Drs. Akmam, M.Si., dan Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si., sebagai dosen penguji.
3. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si., sebagai Ketua Jurusan Sarjana Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Yohandri, M.Si, Ph.D., sebagai Sekretaris Jurusan Sarjana Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Bapak dan Ibu staf pengajar serta staf administrasi dan Laboran Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

6. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan do'a.
7. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP khususnya Program Studi Fisika angkatan 2015 serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

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

Padang, Agustus 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah .....	6
E. Tujuan Penelitian .....	7
F. Manfaat Penelitian .....	7
BAB II. KERANGKA TEORITIS	
A. Gempabumi.....	8
B. Energi Gempabumi .....	21
C. Tektonik Sumatera Barat.....	32
D. Penelitian-Penelitian Relevan .....	38
E. Kerangka Berfikir.....	39
BAB III. METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian.....	42
B. Variabel Penelitian .....	42

C. Data Penelitian .....	42
D. Teknik Pengumpulan Data.....	43
E. Teknik Pengolahan Data .....	44
F. Teknik Analisis Data.....	50
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil .....	51
B. Pembahasan.....	68
 BAB V. PENUTUP	
A. Kesimpulan .....	77
B. Saran.....	77
 DAFTAR PUSTAKA .....	 79
 LAMPIRAN.....	 83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. (a) Arus Konveksi pada Bumi, (b) Lempeng Tektonik.....	9
2. Sifat Penjalaran Gelombang Seismik .....	10
3. Siklus Gempabumi.....	22
4. Grafik Hubungan <i>Frequency-Magnitude Distribution</i> .....	28
5. Tektonik Sumatera Barat .....	33
6. Sesar Sumatera Barat .....	35
7. Kerangka Berfikir .....	40
8. Daerah Penelitian di Daerah Sumatera Barat dan Sekitarnya.....	43
9. Flowchart Perhitungan Energi Lepas Tahunan.....	45
10. Flowchart Perhitungan Energi Ekspektasi dan Energi Total .....	47
11. Flowchart Perhitungan Energi Potensial .....	48
12. Peta Seismisitas di Wilayah Sumatera Barat 1943- 2018.....	51
13. Peta Seismisitas Segmen Sumpur Periode 1977 - 2015 .....	53
14. Peta Seismisitas Segmen Sianok Periode 1992-2016 .....	55
15. Peta Seismisitas Segmen Sumani Periode 1943- 2018 .....	57
16. Peta Seismisitas Segmen Suliti Periode 1943- 2015.....	59
17. Peta Seismisitas Segmen Mentawai 2005 - 2018 .....	61
18. Grafik Hubungan Distribusi Frekuensi-Magnitudo Gempabumi Segmen Sumpur.....	63
19. Grafik Hubungan Distribusi Frekuensi-Magnitudo Gempabumi Segmen Sianok .....	64
20. Grafik Hubungan Distribusi Frekuensi-Magnitudo Gempabumi Segmen Sumani .....	65

21. Grafik Hubungan Distribusi Frekuensi-Magnitudo Gempabumi Segmen Suliti.....	66
22. Grafik Hubungan Distribusi Frekuensi-Magnitudo Gempabumi Segmen Mentawai.....	67
23. Hubungan Distribusi Frekuensi-Magnitudo semua Segmen .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil Perhitungan Energi Potensial di Segmen Sumpur .....	54
2. Hasil Perhitungan Energi Potensial di Segmen Sianok .....	56
3. Hasil Perhitungan Energi Potensial di Segmen Sumani .....	57
4. Hasil Perhitungan Energi Potensial di Segmen Suliti .....	59
5. Hasil Perhitungan Energi Potensial di Segmen Mentawai .....	62
6. Perbandingan Nilai energi Potensial .....	68

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Awal USGS .....	83
2. Data Segmen Mentawai .....	83
3. Data Segmen Sumpur.....	85
4. Data Segmen Sianok .....	86
5. Data Segmen Sumani .....	87
6. Data Segmen Suliti.....	88
7. Pengolahan Energi Lepas Tahunan Segmen Mentawai .....	89
8. Pengolahan Energi Lepas Tahunan Segmen Sumpur .....	90
9. Pengolahan Energi Lepas Tahunan Segmen Sianok .....	91
10. Pengolahan Energi Lepas Tahunan Segmen Sumani.....	92
11. Pengolahan Energi Lepas Tahunan Segmen Suliti .....	93
12. Pengolahan Periode Ulang Gempabumi .....	94
13. Pengolahan Energi Ekspektasi dan Energi Total .....	94
14. Pengolahan Energi Potensial.....	94

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Bencana gempabumi merupakan bencana alam yang sering terjadi dan dapat merugikan masyarakat yang ada di Indonesia. Kejadian gempabumi banyak mengakibatkan jatuhnya korban jiwa, kerusakan infrastruktur, serta trauma yang berat bagi korban yang merasakannya. Menurut Sunarjo (2012) gempabumi yang memiliki magnitudo besar sering menimbulkan korban jiwa dan kerugian materi yang parah. Gempabumi Pariaman tahun 2009 menimbulkan korban tewas mencapai 1.195 orang, kerugian mencapai Rp 4.8 triliun, dan sebanyak 271.540 rumah rusak. Gempa Aceh tahun 2004 menelan korban jiwa hampir 300.000. Gempa Yogyakarta tahun 2006 tercatat 4.772 orang meninggal. Sebanyak 3.486 gempabumi dengan  $M > 6$  pernah melanda Indonesia. Aktivitas kegempaan yang tinggi disebabkan oleh kondisi tektonik Indonesia

Kondisi tektonik Indonesia terletak pada pertemuan lempeng besar dunia. Indonesia berada di atas empat lempeng dunia yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Laut Filipina (Pusat Studi Gempa Nasional, 2017). Gempabumi yang sering terjadi di Indonesia jelas teridentifikasi merupakan efek dari zona subduksi. Akmam (2006) mengatakan zona subduksi terjadi akibat pertemuan dua lempeng yang saling menekan. Pertemuan kedua lempeng mengakibatkan adanya pembengkokan pada lempeng samudera yang memiliki densitas lebih besar dan menyusup ke bawah lempeng benua. Berdasarkan hal tersebut mengakibatkan

adanya sesar dan barisan gunung api di Indonesia. Sesar dan gunung api ini selanjutnya berkembang menjadi sumber gempa bumi. Salah satu provinsi dengan tingkat kerawanan gempa bumi yang tinggi yaitu Sumatera Barat.

Sumatera Barat merupakan daerah yang sering terjadi gempa bumi, dimana hal ini disebabkan oleh pertemuan lempeng Indo-Australia yang menyusup ke bawah lempeng Eurasia. Pertemuan lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia menciptakan jalur-jalur Gempa bumi (Akman, 2006). Wilayah Sumatera Barat juga terdapat sesar yaitu *Sumatera Fault System* dan *Mentawai Fault Zone*. *Sumatra Fault System* bergerak membelah Pulau Sumatera (Sieh dan Natawidjaja, 2000). Sesar naik di sekitar kepulauan Mentawai atau biasa disebut *Mentawai Fault System* juga menjadi sumber adanya gempa bumi di Sumatera Barat. Berdasarkan hal tersebut daerah Sumatera Barat memiliki tingkat kegempaan yang tinggi.

Kegempaan di Sumatera Barat cukup tinggi dan membahayakan. Berdasarkan Katalog Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Sumatera Barat pernah mengalami perulangan gempa bumi yang bersumber dari sesar yaitu segmen Angkola tahun 1892, segmen Sumpur 154 tahun yang lalu dan berulang pada tahun 1977, segmen Sianok tahun 1926 dan berulang pada tahun 2007, segmen Sumani pada tahun 1943, segmen Suliti tahun 1943, segmen Siulak tahun 1909 dan berulang pada tahun 1995 (Sieh dan Natawidjaja, 2000). Sumatera Barat juga pernah mengalami gempa bumi yang bersumber dari zona subduksi yaitu pada tahun 2007 dan 2009 dengan magnitudo 7.9 Mw dan 7.6 MW. *Mentawai Fault Systems* juga berperan menjadi penyebab gempa bumi di Sumatera Barat yaitu pada tahun 2007 dan

gempabumi Pagai Selatan-Mentawai pada tahun 2010. Gempabumi yang terjadi merupakan pelepasan akumulasi energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik.

Gempabumi terjadi akibat pelepasan energi gelombang seismik di kerak bumi yang menyebabkan adanya getaran atau guncangan di permukaan bumi. Energi yang dilepaskan merupakan pelepasan energi deformasi yang telah mengalami masa atau siklus akumulasi. Energi gempabumi dapat dikelompokkan menjadi tiga tahap atau siklus berdasarkan sifat perulangannya. Menurut Thatcher (1984) karena sifatnya yang berulang, gempabumi mempunyai siklus pertama *interseismic* yaitu tahap awal dimana energi terakumulasi, tahap kedua *coseismic* yaitu energi yang telah terakumulasi dilepaskan dalam bentuk gempabumi, dan Siklus terakhir yaitu *postseismic* dimana pada tahap ini sisa energi gempabumi terlepas secara perlahan dalam kurun waktu yang tertentu sampai kembali ketahap keseimbangan awal. Berdasarkan sifat gempabumi yang berulang, energi gempabumi di suatu wilayah dikelompokkan menjadi energi simpan (tahap *interseismic*), energi lepas (tahap *coseismic*). Berdasarkan kedua energi tersebut kita dapat mengetahui berapa besarnya energi potensial di suatu segmen. Energi potensial merupakan energi yang tersimpan di bawah kerak bumi, yang sewaktu-waktu bisa dilepaskan dalam skala kekuatan (magnitudo) tertentu.

Besar kecilnya energi gempabumi yang dilepaskan bisa bergantung dari kondisi *stress* lokal tektonik dan tingkat keaktifan kegempaan. Menurut Sunarjo (2012) karakteristik batuan dan besarnya *stress* yang terkandung oleh suatu batuan dapat mempengaruhi besar atau kecilnya energi gempabumi yang

dilepaskan pada suatu siklus perulangan gempa bumi. Batuan yang memiliki tingkat kerapuhan yang tinggi menyebabkan energi yang dikumpulkan tidak terlalu besar karena energi langsung dilepaskan dalam bentuk gelombang seismik, begitupun sebaliknya. Kondisi *stress* lokal dapat diketahui dengan melihat parameter seismotektonik *a-value* dan *b-value* berdasarkan hubungan distribusi frekuensi-magnitudo yang dikemukakan oleh Gutenberg dan Richter pada tahun 1944. Menurut para ahli seismologi *b-value* adalah salah satu nilai statistik yang mencerminkan kondisi *stress* lokal batuan di suatu daerah, sedangkan *a-value* merupakan salah satu nilai statistik yang mencerminkan tingkat keaktifan kegempaan di suatu daerah (Rohadi, 2009). Maka dari itu dalam menganalisa energi potensial gempa bumi di suatu wilayah juga perlu diperhatikan kondisi *stress* lokal dari wilayah tersebut.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sudah banyak penelitian di Sumatera Barat yang membahas tentang gempa bumi. Chasanah (2013) dalam penelitiannya memperlihatkan nilai parameter seismotektonik di Sumatera Barat mempunyai nilai *b-value* 0.666 dan untuk *a-value* memiliki nilai 6.218. Yulianda (2017) melakukan penelitian tentang perubahan seismik (*seismic rate change*) berdasarkan distribusi *z-value* dalam pendugaan prekursor gempa bumi. Mandasari (2018) melakukan penelitian tentang kerentanan seismik di Sumatera Barat dimana dalam hasil penelitiannya mendapatkan nilai percepatan dan intensitas dari gempa bumi. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, masih sedikit yang membahas tentang energi terutama energi potensial gempa bumi.

Mengingat tingginya aktivitas kegempaan yang tinggi, sifat dari gempabumi yang berulang dan telah banyak dilakukannya penelitian tentang kegempaan terkhusus di Sumatera Barat maka diperlukan penelitian parameter kegempaan yang lain yaitu tentang energi gempabumi terkhusus energi potensial gempabumi. Energi potensial gempabumi adalah parameter statistik yang digunakan dalam menganalisa energi gempabumi. Ardiansyah (2014) telah melakukan penelitian tentang energi potensial di daerah segmen Mentawai-Sumatera Barat terkhusus di daerah Mentawai bagian selatan yaitu Sikakap. Hasil penelitiannya daerah tersebut masih menyimpan energi potensial yang belum dilepaskan sejak terjadi gempabumi 25 Oktober 2015 sebesar  $3.8 \times 10^{22}$  erg yang setara dengan magnitudo 7.2 Ms.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka penulis tertarik melakukan penelitian tentang energi potensial yang ada di Sumatera Barat terkhusus energi di setiap segmen yaitu sesar segmen Sumpur, segmen Sianok, segmen Sumani, segmen Suliti, dan segmen Mentawai terkhusus di bagian utara yaitu Pulau Sipora-Siberut. Penelitian ini berjudul Analisis Energi Potensial Gempabumi di Wilayah Sumatera Barat Dan Sekitarnya ( $3^{\circ}50'$  LS -  $1^{\circ}20'$  LU dan  $98^{\circ}10'$  BT -  $102^{\circ}10'$  BT).

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka didapatkan beberapa identifikasi masalah yaitu :

1. Sumatera Barat merupakan daerah yang rawan terhadap bencana gempa bumi tektonik.

2. Adanya potensi energi gempabumi yang tersimpan pada setiap segmen di Sumatera Barat yang dilihat berdasarkan perulangan gempabumi.
3. Penelitian tentang energi potensial pada setiap segmen di Sumatera Barat belum ada dilakukan.
4. Perlunya penelitian tentang kondisi *stress* lokal dan tingkat keaktifan kegempaan yang dilihat berdasarkan nilai *a-value* dan *b-value* pada setiap segmen di Sumatera barat dalam menganalisis energi potensial.

### C. Batasan Masalah

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

1. Gempabumi pada penelitian ini merupakan gempabumi yang bersumber dari sesar/segmen yaitu pada segmen Sumpur, segmen Sianok, segmen Sumani, segmen Suliti, segmen Siulak, dan segmen Mentawai.
2. Data yang digunakan adalah data katalog gempabumi yang tersedia di situs *National Earthquake Information Center U.S Geology Survey* (NEIC/USGS) dan *International Seismological Center (ISC)* periode 1943 – 2018.
3. Parameter kedalaman dan magnitudo yang digunakan adalah gempabumi dengan kedalaman  $\leq 70$  km dan magnitudo  $M > 3.5$  SR.

### D. Rumusan Masalah

Perumusan yang mendasari penelitian ini berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan adalah sebagai berikut :

1. Berapa energi potensial gempabumi untuk setiap segmen di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya?

2. Bagaimana keadaan *stress* lokal dan aktivitas kegempaan berdasarkan nilai parameter seismotektonik *a-value* dan *b-value* untuk setiap segmen di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya?

#### **E. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui energi potensial gempabumi untuk setiap segmen di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya.
2. Mengetahui keadaan *stress* lokal dan aktivitas kegempaan berdasarkan nilai parameter seismotektonik *a-value* dan *b-value* untuk setiap segmen di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu sebagai berikut :

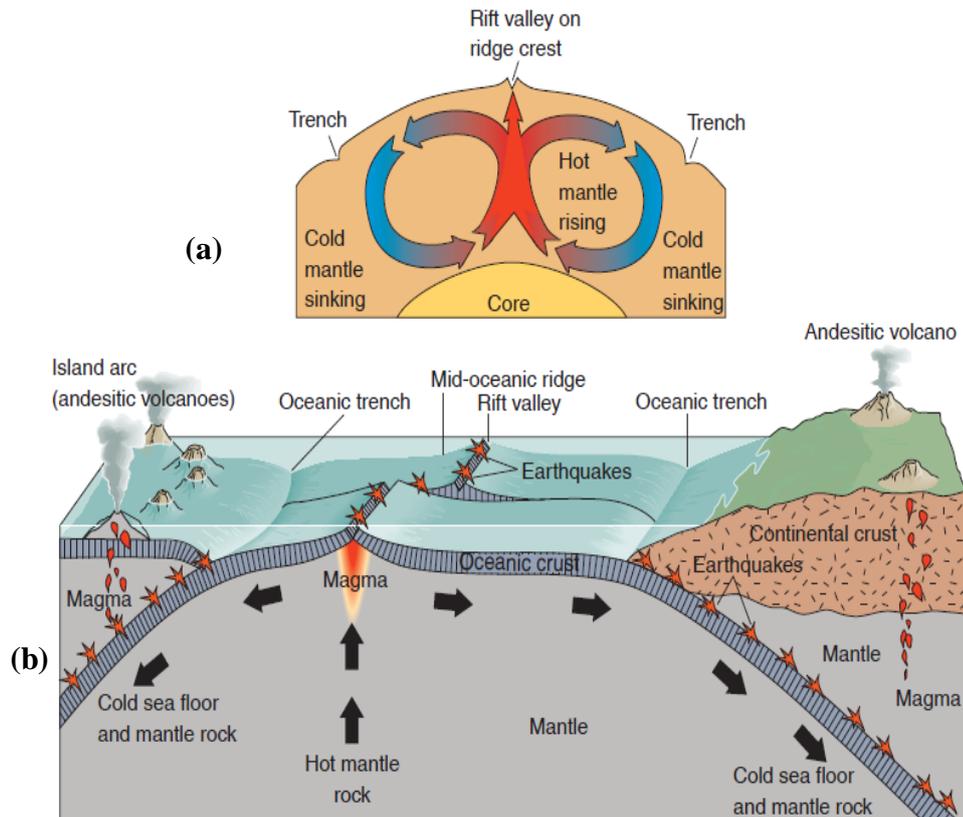
1. Memberikan informasi tentang energi potensial gempabumi, *a-value* dan *b-value* untuk setiap segmen di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya.
2. Menambah wawasan dan pengetahuan mengenai kegempaan bagi masyarakat.
3. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan gempabumi di Sumatera Barat.

## **BAB II KERANGKA TEORITIS**

### **A. Gempabumi**

Gempabumi merupakan peristiwa pelepasan energi yang menyebabkan dislokasi (pergeseran) pada bagian dalam bumi secara tiba-tiba. Pelepasan energi disebabkan adanya deformasi batuan yang terjadi pada bagian litosfer. Deformasi batuan terjadi akibat adanya tekanan (*stress*) dan regangan (*strain*) pada lapisan bumi. Tekanan atau regangan terus-menerus menyebabkan daya dukung pada batuan akan mencapai batas maksimum dan mulai terjadi pergeseran dan akhirnya terjadi patahan secara tiba-tiba. Menurut Sunarjo (2012) gempabumi merupakan sentakan dari bumi yang bersumber dari dalam bumi yang merambat melalui permukaan bumi. Jadi, gempabumi merupakan bencana alam yang berasal dari bumi dan dapat mengakibatkan kerusakan.

Gempabumi yang sering terjadi menimbulkan banyak kerusakan karena skalanya yang besar adalah gempabumi tektonik. Menurut Sunarjo (2012) gempabumi ini terjadi akibat adanya pergerakan lempeng tektonik di bagian kulit bumi yang tersusun atas material kaku yang bergerak dengan arah dan kecepatan yang berbeda-beda. Pergerakan lempeng tektonik diakibatkan oleh adanya arus konveksi yang terjadi karena proses termal dan gravitasi. Gambar 1 memperlihatkan proses arus konveksi yang mengakibatkan lempengan tektonik bergerak dan menimbulkan batas-batas pertemuan lempeng tektonik.



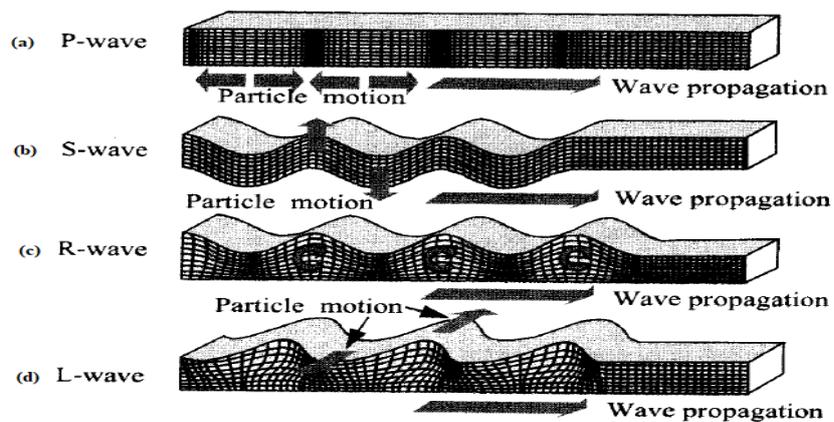
Gambar 1. (a) Arus Konveksi pada Bumi, (b) Lempeng Tektonik (Carlson *et al*, 2011)

Berdasarkan Gambar 1 dua buah lempeng tektonik bertumbukan yang diakibatkan oleh arus konveksi akan terjadi tegangan di daerah perbatasan tersebut. Efek dari teori elastisitas berawal dari peristiwa ini, yakni jika tegangan tersebut melampaui batas ketahanan kulit bumi, maka akan terjadi patahan pada kulit bumi di daerah terlemah sehingga terjadi pelepasan energi sebagian atau seluruhnya. Peristiwa pelepasan energi inilah yang nanti menjalar sampai ke permukaan bumi sebagai gelombang gempabumi.

Lapisan litosfer atau lapisan kuliati bumi terluar terdiri dari lempeng-lempeng tektonik yang kaku. Menurut Sunarjo (2012) daerah pertemuan dua lempeng disebut sebagai *plate margin* atau batas lempeng, yang bisa berupa zona subduksi, pemekaran dasar samudra, atau pengangkatan, atau pelipatan. Gempabumi terjadi di sekitar batas lempeng membentuk jalur gempabumi

dunia begitupun untuk sekitar sesar. Dua lempeng bertemu pada suatu sesar, keduanya dapat bergerak saling menjauhi, saling mendekati, atau saling bergeser. Pertemuan dua lempeng akan saling mengunci satu sama lain sehingga terjadi pengumpulan energi yang berlangsung terus sampai pada suatu saat tidak mampu lagi menahan *stress* tersebut sehingga patah secara mendadak dan melepaskan energi dalam bentuk getaran yang kita kenal sebagai gempa bumi.

Mekanisme gempa bumi dikontrol oleh penjalaran gelombang seismik di dalam bumi. Gelombang seismik adalah gelombang elastis yang menjalar di dalam medium bumi. Berdasarkan sifat-sifatnya, gelombang elastis yang menjalar di dalam medium seperti gelombang suara juga dapat dikategorikan sebagai gelombang seismik. Gelombang seismik sering timbul akibat adanya gempa bumi atau ledakan. Gempa bumi diukur dengan menggunakan alat seismometer. Pola mekanisme ini tergantung pada medium penjalaran atau keadaan struktur kulit serta distribusi gaya atau *stress* yang terjadi. Gelombang seismik dibagi menjadi dua kelompok yaitu gelombang badan dan gelombang permukaan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sifat Penjalaran Gelombang Seismik (a) Gelombang P; (b) Gelombang S; (c) Gelombang Rayleigh; (d) Gelombang Love (Prawirodikromo, 2012)

Berdasarkan Gambar 2 gelombang dapat dibedakan dari mekanisme penjarannya yaitu gelombang badan dan gelombang permukaan (Turcotte, 1982).

- Gelombang Badan (*body wave*)

Gelombang badan adalah gelombang yang merambat di sela-sela bebatuan di bawah permukaan bumi. Efek kerusakan yang ditimbulkan dari gelombang ini cukup kecil. Gelombang badan dibagi menjadi dua jenis, yaitu gelombang P (*compressional wave*) yang merupakan gelombang longitudinal dimana arah getar sejajar dengan arah rambat dan gelombang S (*shear wave*) yang merupakan gelombang transversal dengan arah getar tegak lurus dengan arah rambat. Kegunaan gelombang P dan S dalam ilmu kegempaan adalah untuk menentukan posisi episenter gempa bumi. Amplitudo gelombang P juga digunakan dalam perhitungan magnitudo gempabumi.

- Gelombang Permukaan (*surface wave*)

Gelombang permukaan merupakan salah satu gelombang seismik yang mejalar di permukaan bumi. Gelombang ini ada pada batas permukaan medium. Berdasarkan sifat gerakan partikel elastik, gelombang permukaan merupakan gelombang yang kompleks dengan frekuensi yang rendah dan amplitudo yang besar. Jenis dari gelombang permukaan ada dua yaitu gelombang Rayleigh yang merupakan gelombang permukaan yang orbit gerakannya elips tegak lurus dengan permukaan dan arah penjarannya dimana gelombang ini terjadi akibat asanya interferensi antara gelombang tekan dengan gelombang geser secara konstruktif, dan gelombang *Love*

yang merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal yang penjalarannya paralel dengan permukaannya.

a. Klasifikasi Gempabumi

Gempabumi yang merupakan fenomena yang bersifat merusak dan menimbulkan bencana dapat digolongkan menjadi empat jenis (Sunarjo, 2012) yaitu sebagai berikut.

- 1) Gempabumi vulkanik (gunung api), gempabumi ini terjadi akibat adanya aktivitas magma yang bisa terjadi sebelum gunung api meletus. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan terjadinya ledakan yang juga akan menimbulkan gelombang seismik. Gempabumi tersebut hanya terasa disekitar lokasi gunung api.
- 2) Gempabumi tektonik, gempa bumi ini disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng-lempeng tektonik yang mempunyai kekuatan sangat bervariasi. Gempabumi ini banyak menimbulkan kerusakan atau bencana alam di permukaan bumi karena getaran gempa yang kuat menjalar keseluruh bagian bumi.
- 3) Gempabumi runtuh, gempabumi ini biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun pada daerah pertambangan. Jenis gempabumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal.
- 4) Gempabumi buatan, gempabumi buatan adalah getaran pada bumi yang disebabkan oleh aktivitas dari manusia seperti ledakan dinamit, nuklir, atau palu yang dipukulkan ke permukaan bumi untuk kegiatan eksplorasi.

Berdasarkan kedalam sumber gempa (h), gempabumi digolongkan atas tiga jenis yaitu sebagai berikut (Sunarjo, 2012).

- 1) Gempabumi dalam (*deep*) dengan  $h > 300$  km.
- 2) Gempabumi menengah (*intermediate*) dengan  $70 \leq h \leq 300$  km.
- 3) Gempabumi dangkal (*shallow*) dengan  $h \leq 70$  km.

b. Parameter Gempabumi

Parameter gempabumi merupakan hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisis data informasi seismik yang diperoleh dari data gempabumi. Menurut Sunarjo (2012) parameter sumber gempabumi sebagai berikut.

1) Episenter

Episenter adalah titik di permukaan bumi yang berada tepat di atas kejadian lokal yang mempengaruhi permukaan bumi. Lokasi episenter dibuat dalam sistem koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur.

2) *Origin time*

Waktu kejadian gempabumi (*origin time*) adalah waktu terlepasnya akumulasi tegangan (*stress*) yang berbentuk penjalaran gelombang seismik dan dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinate*).

3) Kedalaman (*depth*)

Kedalaman sumber gempabumi merupakan ukuran kedalaman di pusat terjadinya patahan yang diukur dari permukaan bumi (episenter) tegak lurus terhadap hiposenter. Kedalaman sumber gempabumi merupakan ukuran kedalaman pusat terjadinya patahan yang diukur dari permukaan bumi. Menurut Sunarjo (2012) kedalaman sumber gempabumi bervariasi mulai dari gempabumi

dangkal ( $h = 0 \text{ km} - 70 \text{ km}$ ), menengah ( $h = 71 \text{ km} - 300 \text{ km}$ ), dan dalam ( $h > 300 \text{ km}$ ) yang batas harganya tergantung dari keadaan tektonik setempat.

#### 4) Magnitudo

Kekuatan gempabumi atau magnitudo adalah ukuran kekuatan gempabumi yang menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempabumi terjadi dan merupakan hasil pengamatan seismograf. Richter memperkenalkan konsep magnitudo (kekuatan gempabumi di sumbernya) secara umum dengan satuan skala richter dan dilambangkan dengan  $M$  (Sunarjo, 2012). Kekuatan gempabumi dinyatakan dengan besaran magnitudo dalam skala logaritma basis 10. Suatu harga magnitudo diperoleh sebagai hasil analisis tipe gelombang seismik tertentu (berupa rekaman getaran tanah yang tercatat paling besar) dengan memperhitungkan koreksi jarak stasiun pencatat ke episenter. Bentuk umum magnitudo gempabumi diperlihatkan pada persamaan 1 (Lay dan Wallace, 1995).

$$M = \log\left(\frac{A}{T}\right) + f(\Delta, h) + C_S + C_r \quad (1)$$

dimana :

$M$  = magnitudo gempabumi

$A$  = amplitudo gerakan tanah (mikron)

$T$  = periode (s)

$f(\Delta, h)$  = koreksi episenter dan kedalaman

$C_S$  = koreksi untuk penempatan stasiun

$C_r$  = koreksi wilayah sumber

Menurut Lay dan Wallace(1995) saat ini terdapat empat jenis magnitudo yang umum digunakan yaitu sebagai berikut :

a) *Magnitude Local* ( $M_L$ )

Magnitudo Local ( $M_L$ ) pertama kali diperkenalkan oleh Richter di awal tahun 1930-an dengan menggunakan data kejadian gempabumi di daerah California yang direkam oleh seismograf Woods-Anderson. Menurutny dengan mengetahui jarak episenter ke seismograf dan mengukur amplitudo maksimum dari sinyal yang tercatat di seismograf maka dapat dilakukan pendekatan untuk mengetahui besarnya magnitudo gempabumi yang terjadi. Magnitudo lokal mempunyai persamaan empiris yaitu sebagai berikut :

$$M_L = \log A - 2.48 + 2.76 \log \Delta \quad (2)$$

dimana :

$M_L$  = magnitudo lokal (SR)

$A$  = amplitudo gerakan tanah (mikron)

$\Delta$  = jarak episenter (km)

b) *Magnitude body* ( $M_b$ )

Terbatasnya penggunaan magnitudo lokal untuk jarak tertentu membuat dikembangkannya tipe magnitudo yang bisa digunakan secara luas. Salah satunya adalah  $M_b$  atau magnitudo bodi (*Body Wave Magnitude*). Magnitudo ini didefinisikan berdasarkan catatan amplitudo dari gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Magnitudo bodi secara umum dirumuskan dengan persamaan 3 :

$$M_b = \log \frac{A}{T} + Q(\Delta, h) \quad (3)$$

dimana :

$M_b$  = magnitudo badan (SR)

$A$  = amplitudo gerakan tanah (mikrometer)

$T$  = periode (s)

$Q(\Delta, h)$  = faktor koreksi

c) *Magnitude surface* ( $M_S$ )

Magnitudo yang diukur berdasarkan amplitudo gelombang permukaan disimbolkan dengan  $M_S$ . Dalam prakteknya (USA), amplitudo gerakan tanah yang dipakai adalah amplitudo maksimum gelombang permukaan, yaitu gelombang Rayleigh dalam satuan mikron dan seismogram periode panjang (*long period*) komponen vertikal dengan periode  $20 \pm 3$  sekon dan periodenya diukur pada gelombang dengan amplitudo maksimum tersebut. Magnitudo permukaan secara umum dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$M_S = \log A_{20} + 1.66 \log \Delta + 2.0 \quad (4)$$

Dimana :

$M_S$  = magnitudo permukaan (SR)

$A_{20}$  = amplitudo gelombang permukaan ( $T=20$  s) (mikrometer)

$\Delta$  = jarak episenter (Km)

d) *Magnitude Moment* ( $M_W$ )

Kekuatan gempa bumi sangat berkaitan dengan energi yang dilepaskan oleh sumbernya. Pelepasan energi ini berbentuk gelombang yang menjalar ke permukaan dan bagian dalam bumi. Penjalaran gelombang ini mengalami pelemahan karena absorpsi dari batuan yang dilaluinya, sehingga energi yang sampai ke stasiun pencatat kurang dapat menggambarkan energi gempa bumi di hiposenter. Kanamori (1977) serta Lay dan Wallace (1995) memperkenalkan magnitudo momen (*moment magnitude*) yaitu suatu tipe magnitudo yang

berkaitan dengan momen seismik namun tidak bergantung dari besarnya magnitudo permukaan.

$$M_w = (\log M_0 / 1.5) - 10.73 \quad (5)$$

dimana :

$M_w$  = magnitudo momen (SR)

$M_0$  = momen seismik (N.m)

Berdasarkan teori elastik rebound diperkenalkan istilah momen seismik (*seismic moment*). Momen seismik dapat diestimasi dari dimensi pergeseran bidang sesar atau dari analisis karakteristik gelombang gempabumi yang direkam stasiun pencatat khususnya dengan seismograf periode bebas (*broadband seismograph*). Persamaan untuk momen seismik yaitu sebagai berikut (William *et al.*, 2003):

$$M_0 = \mu DA \quad (6)$$

dimana :

$M_0$  = momen seismik (dyne.cm)

$\mu$  = modulus geser (dyne/cm<sup>2</sup>)

$D$  = pergeseran rata-rata bidang sesar (cm)

$A$  = luas sesar (cm<sup>2</sup>)

e) *Magnitude of Completeness* ( $M_C$ )

*Magnitude of completeness* didefinisikan sebagai magnitudo terendah atau batas bawah magnitudo dimana 100% gempabumi yang terjadi pada suatu daerah dan periode tertentu telah terdeteksi atau terekam oleh stasiun gempabumi. Nilai dari  $M_C$  dapat ditentukan menggunakan teknik berbasis katalog yaitu *fitting* model G-R terhadap *frequency-magnitude distribution*

(FMD). Menurut Mignan (2012) mengatakan estimasi dan pemetaan Nilai  $M_c$  dapat menentukan kelengkapan, konsistensi, serta homogenitas dari data gempabumi pada suatu katalog. Selain itu  $M_c$  juga berpengaruh pada nilai  $a$ -value yang digunakan untuk menghitung indeks seismisitas gempabumi pada suatu daerah.

Penyeragaman magnitudo juga hal yang harus diperhatikan. Menurut Tim Pusat Studi Gempa Nasional (2017) mengatakan analisis  $a$ -value dan  $b$ -value dalam pemutakhiran peta gempabumi yang ada di Indonesia dibutuhkan tipe magnitudo yang sama. Suatu kejadian gempabumi data magnitudo tidak semua tersedia. Sehingga dibutuhkan suatu konversi untuk menghubungkan semua macam tipe data magnitudo. Hubungan dari beberapa tipe data magnitudo adalah sebagai berikut (Tim Pusat Gempa Nasional, 2017).

$$M_w = 1.0107m_B + 0.0801, \text{ magnitudo } 3.7 \leq m_b \leq 8.2 \quad (7)$$

$$M_w = 0.6016m_s + 2.4761, \text{ magnitudo } 2.8 \leq m_s \leq 6.1 \quad (8)$$

$$M_w = 0.9239m_s + 0.5671, \text{ magnitudo } 6.2 \leq m_s \leq 8.7 \quad (9)$$

$$M_w = 0.7473m_L + 1.0651, \text{ magnitudo } 3 \leq m_b \leq 7.8 \quad (10)$$

##### 5) Energi

Bentuk energi yang dilepaskan saat terjadinya gempabumi antara lain adalah energi deformasi gelombang. Energi deformasi dapat dilihat pada perubahan bentuk volume batuan sesudah terjadinya gempabumi, seperti tanah naik, tanah turun, pergeseran batuan, dan lain-lain. Energi gelombang akan menggetarkan medium elastis di sekitarnya dan akan menjalar ke segala arah.

#### 6) Intesitas kerusakan

Tingkat kerusakan akibat gempa bumi dinyatakan juga dalam intensitas. Intensitas dihitung berdasarkan pengamatan visual langsung terhadap kerusakan akibat gempa bumi. Intensitas dapat memberikan gambaran nilai kekuatan gempa bumi pada pusat gempanya. Perbedaan magnitudo dengan intensitas dari suatu gempa bumi adalah magnitudo dihitung dari catatan alat sedangkan intensitas didasarkan atas akibat langsung dari getaran gempa bumi. Magnitudo mempunyai harga yang tetap untuk sebuah gempa bumi, sedangkan intensitas berbeda dengan perubahan tempat. Intensitas biasanya dinyatakan dalam skala. Skala intensitas yang digunakan di Indonesia adalah skala *Modified Mercally Intensity* (MMI) atau disebut juga skala intensitas *Mercally*.

#### c. Sesar

Gempa bumi selain disebabkan oleh zona subduksi juga disebabkan oleh pergerakan dari sesar. Menurut Park (1983) mengatakan sesar adalah retakan yang memotong dan menggeser batuan dimana arah pergeserannya sejajar terhadap bidang retakan. Sesar merupakan retakan yang mempunyai pergerakan searah dengan arah retakan. Noor (2009) mengatakan sesar yang aktif ditunjukkan sebaran gempa bumi dan pecahan dalam tanah sedangkan sesar yang tidak aktif dapat dilihat dari peralihan pada kedudukan lapisan, perulangan lapisan, perubahan secara tiba-tiba suatu jenis batuan. Sesar mempunyai panjang yang bervariasi yang dapat memiliki panjang sampai ratusan kilometer (sesar Semangko) atau beberapa meter. Sesar yang memiliki panjang dalam ratusan kilometer biasanya di kelompokkan di bedakan menjadi segmen-segmen (segmentasi).

Segmentasi sesar adalah batas yang membagi sesar menjadi beberapa bagian. Tim Pusat studi Gempa Nasional (2017) mengatakan segmentasi adalah batas berakhir dan awalya sebuah retakan permukaan sesar yang berkorelasi dengan besar magnitudo gempanya. Segmentasi sesar dapat dikenali berdasarkan batas ketidakmenerusan struktur sesar. Segmentasi sesar dapat dikenali oleh tiga hal yaitu perubahan arah strike, hilang/berhentinya morfologi sesar, berhentinya retakan permukaan, dan hasil analisis deformasi *coseismic* dan *postseismic*. Sesar yang disegmentasi dapat dibagi dalam beberapa jenis.

Sesar dapat dikelompokkan kedalam beberapa jenis/tipe berdasarkan arah relatif pergeserannya. Noor (2009) mengelompokkan jenis sesar sebagai berikut :

1) Sesar mendatar (*strike-slip fault*)

Sesar mendatar adalah sesar yang pergerakannya sejajar dimana blok bagian kiri bergerak sejajar dengan blok bagian yang kanan. Pergeseran sesar mendatar dapat membentuk sudut (*dip-slip/oblique*) sedangkan bidang sesarnya tegak lurus.

2) Sesar naik (*thrust fault*)

Sesar naik adalah sesar dimana salah satu blok batuan bergeser ke arah atas dan blok bagian lainnya bergeser kearah bawah disepanjang bidang sesarnya

3) Sesar turun (*normal fault*)

Sesar yang terjadi karena pergeseran blok batuan akibat pengaruh gaya gravitasi. Secara umum, sesar normal terjadi sebagai akibat dari hilangnya

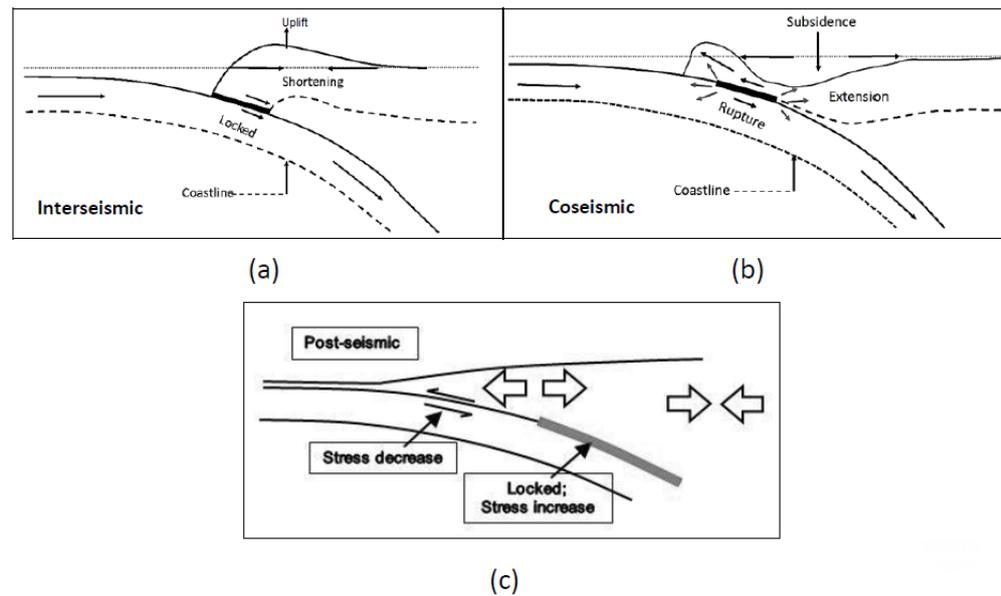
pengaruh gaya sehingga batuan menuju posisi seimbang. Sesar normal dapat terjadi dari kekar.

## **B. Energi Gempabumi**

Energi dalam Fisika dapat diartikan sebagai kemampuan melakukan kerja. Energi adalah suatu nilai kuantitas yang dapat berubah bentuk dan dapat pindah dari suatu sistem ke sistem lain dengan jumlah nilai keseluruhannya tetap sama (Sutrisno, 1997). Energi dapat berubah bentuk; misalnya energi panas yang ada di mantel bumi menjadi energi gerak pada lempeng bumi. Perpindahan energi disebut juga transfer energi, mantel bumi yang mengalami pemindahan energi panas (kalor) ke lempeng bumi yang mengakibatkan lempeng bergerak dan terjadi tumbukan (teori konveksi) sehingga terciptalah energi gempabumi.

Bentuk energi yang dilepaskan saat terjadinya gempabumi adalah energi deformasi. Energi deformasi dapat dilihat pada perubahan bentuk volume sesudah terjadinya gempabumi seperti misalnya tanah naik, tanah turun, pergeseran batuan, dan lain-lain. Energi gelombang akan menggetarkan medium elastis di sekitarnya dan akan menjalar kesegala arah (Sunarjo, 2012). Pemancaran energi gempabumi dapat besar ataupun kecil, hal ini tergantung dari karakteristik buatan yang ada dan besarnya *stress* yang didukung oleh struktur geologi pada suatu daerah.

Berdasarkan siklus perulangan gempabumi, energi gempabumi akan melalui tahap-tahap *interseismic*, *coseismic*, dan *post-seismic* (Thatcher, 1984) seperti yang dijelaskan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Siklus Gempabumi (a) *Interseismic* (b) *Coseismic* (c) *Postseismic* (Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia, 2017 ; digambar ulang berdasarkan Savage, 1983).

Peristiwa yang diperlihatkan pada Gambar 3 menjelaskan 3 tahap sebelum dan sesudah terjadinya gempabumi. Tahap *interseismic* merupakan tahapan awal dari siklus gempabumi. Energi pada tahap ini akan terakumulasi yang disebabkan oleh pertemuan dua buah lempeng (tempat biasa terjadinya gempabumi seperti batas antar lempeng atau sesar). Beberapa kasus subduksi antara dua lempeng pada saat fase *interseismic* dijelaskan pada Gambar 3.a. Zona subduksi mengalami peristiwa *locking* sehingga energi terkumpul di zona tersebut dan material lempeng yang tersubduksi mengalami *shortening* (pemendekan). Besarnya energi yang terkumpul di area *locking* semakin lama semakin meningkat hingga memasuki fase berikutnya. Tahap sesudah *interseismic* adalah *coseismic*. *Coseismic* yaitu fase saat energi yang telah terkumpul dilepaskan dalam bentuk gempabumi. Gambar 3.b terlihat saat akumulasi energi melebihi kekuatan destruktif dari area *locking* terjadi pelepasan energi dalam bentuk gempabumi. Material lempeng pada fase ini

mengalami ekstensi. Tahap terakhir pada peristiwa gempabumi adalah *postseismic*. *Postseismic* yaitu tahapan ketika sisa-sisa energi gempabumi terlepas secara perlahan dalam kurun waktu yang lama sampai kondisi ke tahap keseimbangan awal (*interseismic*) yang baru seperti Gambar 3.c.

Energi gempabumi dapat ditaksir dari pengamatan makroseismik, tetapi biasanya tidak diperoleh hasil yang memadai. Gelombang seismik merupakan bentuk energi yang mudah dideteksi, yaitu dengan pencatatan alat. Data dari alat dapat menaksir energi gempabumi yang memadai. Ukuran besarnya energi gempabumi ditentukan dengan hasil amplitudo gelombang seismik yang dinyatakan dengan istilah amplitudo gempabumi. Penentuan magnitudo baik menggunakan magnitudo bodi ( $M_b$ ) maupun magnitudo permukaan ( $M_s$ ) tidak menunjukkan skala yang sama. Gutenberg *et al.* (1955) mengemukakan hubungan energi ( $E$ ) gempabumi dengan magnitudo permukaan dan magnitudo badan dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$\log E = 5.8 + 2.4M_b \quad (11)$$

$$\log E = 11.8 + 1.5M_s \quad (12)$$

dengan  $E$  adalah energi yang dilepaskan gempabumi dalam satuan erg (1 Joule =  $10^7$  erg). Akmam (2006) juga mengemukakan hubungan antara energi gempabumi dengan magnitudo lokal terkhusus untuk daerah Sumatera Barat dan pantai barat.

$$\log E = 5.24 + 1.44 M_L \quad (13)$$

Beberapa jenis energi yang dikelompokkan berdasarkan sifat perulangan gempabumi yaitu sebagai berikut.

a. Energi Lepas

Energi lepas merupakan besaran fisis yang menunjukkan jumlah energi yang dilepaskan dari sebuah kejadian gempabumi yang dihasilkan sebagai akibat akumulasi energi yang tersimpan selama pergerakan disepanjang bidang patahan hingga mencapai batas elastisitas material batuan menuju kesetimbangan baru. Menurut Prawirodikromo (2012) energi lepas untuk beberapa gempabumi memiliki kekuatan energi yang sangatlah besar melebihi tenaga bom atom sekalipun. Berdasarkan sifat perulangan gempabumi energi lepas berada pada fase *coseismic*. Energi yang dilepaskan sangat dipengaruhi oleh mekanisme dari pergerakan sesar/lempeng karena terkait dengan jumlah momen gaya yang bekerja dalam sebuah kesetimbangan gerak. Parameter utama yang menentukan besarnya energi yang dilepaskan sebuah gempabumi yaitu blok massa batuan dari segmen patahan, percepatan tanah, dan pergeseran tanah. Berdasarkan persamaan 12 yang dikemukakan oleh Gutenberg (1955) dapat diketahui besarnya energi yang dilepaskan dari gempabumi bumi.

$$\begin{aligned}\text{Log } E &= 11.8 + 1.5 M_s \\ E &= 10^{(11.8 + 1.5 M_s)}\end{aligned}\quad (14)$$

dimana :

$E$  = energi (erg)

$M_s$  = magnitudo permukaan (SR)

Besarnya energi lepas pertahun dapat dihitung berdasarkan akumulasi energi lepas dalam jangka periode observasi. Berdasarkan persamaan 16 dapat dihitung energi lepas pertahun (Gutenberg, 1956, Alsan, 1976).

$$E_1 = \frac{\sum E}{t} \quad (16)$$

## b. Energi Potensial

Energi potensial hakikatnya secara fisika merupakan kemampuan suatu benda untuk melakukan kerja sebagai akibat dari posisinya (Mee, 2008). Besarnya energi potensial dirumuskan secara Matematis merupakan perkalian antara besarnya gaya dengan satuan *newton* (N) dengan besarnya perpindahan dengan satuan *meter* (m) sehingga didapatkan satuan untuk energi adalah newton-meter (Nm) atau yang biasa disebut joule. Sistem satuan cgs gaya dinyatakan dalam *dyne* dan panjang dalam *cm* sehingga kerja dinyatakan dalam *dyne-cm* atau biasa disebut *erg*.

Energi potensial gempabumi merupakan besarnya energi yang dimiliki atau tersimpan di bawah kerak bumi dalam waktu tertentu, yang sewaktu-waktu bisa dilepaskan bentuk gempabumi. Berdasarkan sifat perulangan gempabumi energi potensial diprediksi berada dari fase *postseismic* dimana pada fase ini energi-energi sisa yang belum dilepaskan akan dipancarkan menjadi gelombang seismik dalam kurun waktu tertentu sampai kembali ke fase kesetimbangan awal yang baru sebelum menuju ke fase selanjutnya yaitu *interseismic*. Perhitungan untuk mendapatkan energi potensial dimulai dengan dengan membagi energi gempabumi terbesar yang terakhir dengan periode ulangnya (energi ekspektasi) yang pernah terjadi di wilayah yang ingin dihitung. Magnitudo momen ( $M_w$ ) yang diperoleh dari data gempabumi dikonversi menjadi magnitudo permukaan ( $M_s$ ). Berdasarkan Persamaan 17 dapat diketahui besarnya energi yang ekspektasi dari gempabumi besar pertahunnya (Ardiansyah, 2014).

$$E_2 = \frac{E}{\theta} \quad (17)$$

dimana :

$E_2$  = energi ekspektasi pertahun (erg/tahun)

$E$  = energi gempabumi besar (erg)

$\theta$  = periode ulang gempa (tahun)

Energi total gempabumi merupakan keseluruhan energi gempabumi yang dilepaskan untuk satu siklus terjadinya gempabumi dimulai dari tahap *interseismic*, *coseismic* sampai ke tahap *postseismic*. Berdasarkan persamaan 26 dapat diketahui energi total gempabumi.

$$E_{tot} = E_1 + E_2 \quad (18)$$

dimana :

$E_1$  = energi lepas pertahun (erg/tahun)

$E_2$  = energi ekspektasi pertahun (erg/tahun)

$E_{tot}$  = energi total pertahun (erg/tahun) (Ardiansyah, 2014)

Penentuan energi potensial gempabumi dilakukan untuk mengestimasi energi potensial yang akan terlepaskan. Menurut Ardiansyah (2014) menghitung energi potensial ada beberapa parameter yang harus diketahui seperti akumulasi energi setelah tahun gempabumi terbesar yang terakhir yang terjadi serta energi yang seharusnya keluar. Mengetahui energi potensial gempabumi di suatu daerah dapat dilakukan dengan mengurangi energi kumulatif tahunan setelah tahun gempabumi besar pada suatu daerah dengan jumlah energi total. Berdasarkan persamaan 19 dapat diketahui energi potensial gempabumi.

$$E_s = E_{tot} \times Z \quad (19)$$

$$E_p = E_s - E_{gb} \quad (20)$$

dimana :

$E_s$  = energi simpan seharusnya (erg)

$Z$  = banyak tahun setelah gempabumi besar

$E_{gb}$  = jumlah energi lepas setelah gempabumi besar (erg)

$E_p$  = energi potensial (erg)

Jumlah energi total merupakan perkalian energi total tahunan dengan urutan data pada tahun setelah gempabumi besar. Energi yang dilepaskan serta energi potensial disuatu daerah sangat dipengaruhi oleh keadaan *stress* batuan pada suatu daerah pengamatan.

Batuan yang rapuh (batuan yang heterogen), energi yang dikandung tidak besar karena langsung dilepaskan melalui terjadinya gempa-gempa kecil yang banyak. Batuan yang lebih kuat (batuan yang homogen), gempabumi kecil jarang terjadi sehingga energi yang dikandung sangat besar dan pada suatu saat batumannya tidak mampu lagi menahan *stress* sehingga akan terjadi gempabumi dengan magnitudo yang besar (Sunarjo, 2012). Batuan yang lebih rapuh (heterogen) energi yang dikumpulkan tidak terlalu besar karena langsung dilepaskan dalam bentuk gelombang seismik kecil, sedangkan untuk batuan yang lebih kuat, energinya akan dikumpulkan dalam waktu yang relatif lama sehingga pada saat dilepaskan akan terjadi gempabumi yang lebih besar karena akumulasi energi yang dikumpulkan banyak. Tingkat kerapuhan batuan suatu daerah dapat diketahui dengan melihat parameter seismotektonik dari gempabumi.

a. Distrbusi Frekuensi - Magnitudo Gempabumi

Hubungan frekuensi-magnitudo gempabumi merupakan sebaran tingkat aktivitas kegempaan disuatu wilayah dan menjadi hubungan dasar statistik seismologi. Ishimoto-Lida pada tahun 1939 dan Gutenberg-Richter pada tahun 1944 mengemukakan pertama kali hubungan frekuensi dan magnitudo gempabumi (*frequency – magnitude distribution*). Distribusi ini biasa disebut hubungan G-R (Gutenberg-Richter) (William *et al.*, 2003). Hubungan tersebut dapat diekspresikan pada persamaan 21.

$$\log N(M) = a - bM \quad (21)$$

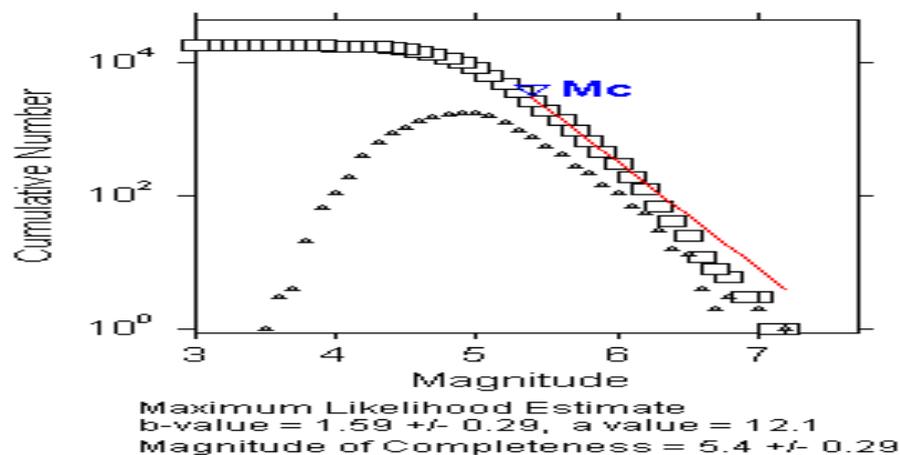
dimana :

$N(M)$  = frekuensi kejadian gempabumi dengan magnitudo

$a$  dan  $b$  = konstanta

$M$  = magnitudo gempabumi

Hubungan jumlah kumulatif gempabumi dengan magnitudo dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hubungan *Frequency-Magnitud Distribution* (Rohadi, 2009)

Berdasarkan Gambar 4 Nilai  $M_c$  menggambarkan magnitudo dengan nilai besar tertentu akan mengalami pengurangan frekuensi magnitudo kejadian gempa bumi. Magnitudo  $< 5.4$  SR mempunyai frekuensi kejadian gempa bumi yang tinggi, sedangkan Magnitudo  $> 5.4$  SR mempunyai frekuensi kejadian gempa bumi yang rendah. Bentuk kotak ( $\square$ ) merupakan frekuensi kumulatif dan bentuk segitiga ( $\Delta$ ) merupakan frekuensi non kumulatif. Garis berwarna merah merupakan *slope* dari garis yang menyatakan relasi Gutenberg-Richter.

Nilai konstanta  $a$  merupakan parameter seismik yang besarnya bergantung pada ketetapan yang besarnya bergantung pada periode, luas daerah, dan aktivitas gempa bumi di daerah pengamatan. Semakin besar konstanta  $a$  berarti daerah tersebut menunjukkan tingkat keaktifan kegempaan yang tinggi, begitupun sebaliknya. Nilai konstanta  $b$  merupakan parameter tektonik suatu daerah yang tergantung dari sifat batuan setempat. Secara global nilai konstanta  $b$  mendekati 1 (William *et al.*, 2003). Menurut Utsu (1965) penentuan konstanta  $b$  dan konstanta  $a$  bisa ditentukan dengan metoda maksimum likelihood yang ditunjukkan pada Persamaan 22 dan 23 berikut.

$$b = \frac{\log e}{\bar{m} - m_0} \quad (22)$$

$$a = \log N(m \geq m_0) + \log(b \log 10) + m_0 b \quad (23)$$

dimana :

$\bar{m}$  = magnitudo rata-rata dari data gempa

$m_0$  = magnitudo minimum dari data gempa

$\log e = 0.4343$

persamaan untuk distribusi kumulatif *a value*

$$a' = a - \log(b \ln 10) \quad (24)$$

Jumlah gempabumi per tahun secara teoritis dapat dihitung dengan cara membagi nilai- $a$  dengan periode observasi ( $T$ ) (Rohadi, 2007).

$$a'_1 = \frac{a}{\log T} \quad (25)$$

Jumlah frekuensi kumulatif gempabumi per tahun.

$$N_1(M) = 10^{a'_1 - bM} \quad (26)$$

Berdasarkan persamaan 34 dapat dihitung nilai rata-rata periode ulang dari gempabumi.

$$\theta = \frac{1}{N_1(M)} \quad (27)$$

dimana  $\theta$  adalah rata-rata periode ulang dari gempabumi dan  $N_1(M)$  adalah frekuensi kumulatif gempabumi pertahun.

#### b. Variasi Spasial Parameter Seismotektonik

Seismotektonik adalah suatu cabang ilmu yang menghubungkan struktur geologi atau tektonik dengan kegempaan. Hubungan keduanya dinyatakan dalam parameter seismotektonik. Parameter seismotektonik terdiri dari *a-value*, *b-value*, dan *z-value*. *a-value* dan *b-value* digunakan untuk melihat tingkat kegempaan dan kondisi *stress* batuan di suatu wilayah, sedangkan nilai *z* digunakan untuk mengamati fenomena *seismic quiescence*. Mengetahui ketiga nilai tersebut sangat bermanfaat dalam upaya mitigasi bencana gempabumi.

##### 1) *b-value*

Nilai *b* merupakan salah satu nilai parameter seismotektonik. Menurut Rohadi (2007) mengatakan *b-value* merupakan suatu konstanta dalam statistik seismologi yang menggambarkan keadaan kondisi *stress* suatu wilayah. Nilai *b* bervariasi terhadap kedalaman, daerah, dan keheterogenan batuan yang menjadi

sumber gempa bumi. Menurut Scholz (1968) menyatakan *b-value* memiliki hubungan yang jelas terhadap *stress* di dalam suatu volume batuan dimana dalam eksperimennya Scholz mengamati penurunan *b-value* berhubungan dengan kenaikan *stress* di dalam batuan. Nilai *b* yang rendah pada kawasan sesar dapat mendeskripsikan di daerah ini memiliki *stress* tinggi dengan nilai *b* sekitar 0.4 – 0.9. Nilai *stress* yang tinggi akan mengakibatkan energi yang terakumulasi sangat besar sehingga memiliki potensi energi yang besar. Nilai *b* yang tinggi pada sesar mendeskripsikan sebagai daerah dengan sesar aktif yang mengalami *slip* dan tidak terjadi akumulasi *stress* dengan nilai  $b > 0.9$  (Wiemer dan Wyss, 2002). Suatu daerah yang memiliki *b-value* yang rendah dapat juga disebut wilayah *asperities*, dimana pada zona ini merupakan wilayah seismik aktif yang masih terkunci (Wiemer and Wyss, 1997). Besar kecilnya *b-value* sangat mempengaruhi dari energi gempa bumi baik yang dilepaskan maupun yang disimpan.

## 2) *a-value*

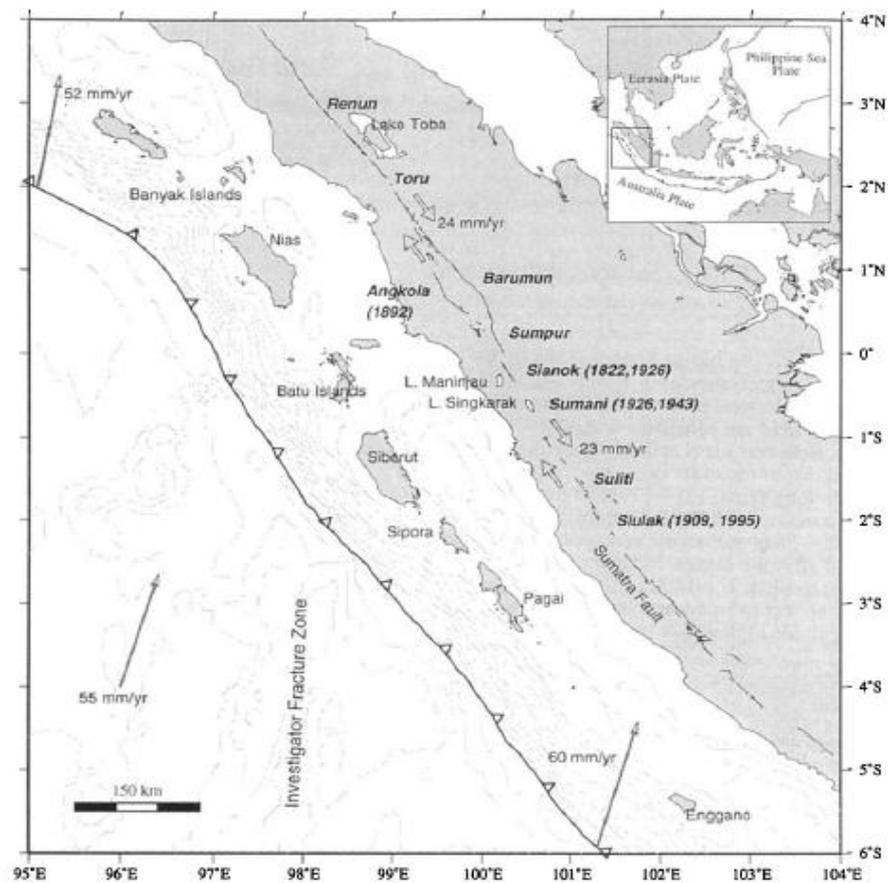
*a-value* juga salah satu nilai parameter seismotektonik selain *b-value* dan *z-value*. Menurut Rohadi (2009) *a-value* merupakan suatu konstanta dalam statistik seismologi yang bergantung pada periode pengamatan, luas daerah dan jumlah gempa bumi pada daerah tersebut. Nilai *a-value* 6-12 di kategorikan dalam keadaan yang tinggi (Rohadi, 2009). Semakin tinggi *a-value* berarti daerah tersebut memiliki tingkat aktifitas kegempaan yang tinggi, begitupun sebaliknya. Wilayah yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi, berarti wilayah tersebut energi gempa bumi tidak terakumulasi dan kondisi *stress* lokalnya cukup rendah. Wilayah dengan aktifitas kegempaan yang rendah atau

jarang terjadi gempa bumi maka diindikasikan wilayah tersebut sedang mengalami akumulasi energi gempa bumi.

### C. Tektonik Sumatera Barat

Tektonik adalah proses gerakan pada kerak bumi yang menimbulkan lekukan, patahan, lipatan, dan rekahan. Sumatera Barat merupakan wilayah yang mengalami proses tektonik. Proses tektonik di Sumatera Barat dikarenakan terletak di batas lempeng konvergen 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 aktif dari kedua lempeng mengakibatkan terjadinya peningkatan energi disepanjang *interface*. Akibat pertemuan kedua lempeng ini terciptalah patahan-patahan atau yang disebut dengan sesar dan gugusan gunung api yang ada di sepanjang Pulau Sumatera. Secara umum tektonik di Sumatera Barat dicirikan oleh tiga sistem tektonik. Ketiga sistem tersebut yaitu *subduction zone* pertemuan Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia, *Mentawai Fault System* (MFS), dan *Sumatera Fault System* (SFS) seperti yang dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Tektonik Sumatera Barat (Prawirodirdjo, 2000)

Berdasarkan Gambar 5 memperlihatkan tatanan tektonik yang ada di Sumatera Barat. Zona subduksi membentang di sebelah barat Pulau Sumatera dan sejajar dengan garis pantai. Sesar Sumatera yang terletak di daratan Pulau Sumatera membelah pulau menjadi dua bagian. Sesar Mentawai terletak diantara keduanya (Triyono, 2015). Berikut dijelaskan zona-zona sumber gempa bumi yang ada di Sumatera Barat.

a. Subduction Zone (Zona Subduksi)

Jalur subduksi lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia di Indonesia memanjang dari pantai barat Sumatera sampai ke selatan Nusa Tenggara. Zona subduksi di Sumatera dicirikan oleh terdapatnya rangkaian busur pulau depan (*foreach island*) yang non-vulkanik (Pulau Simeule, Nias,

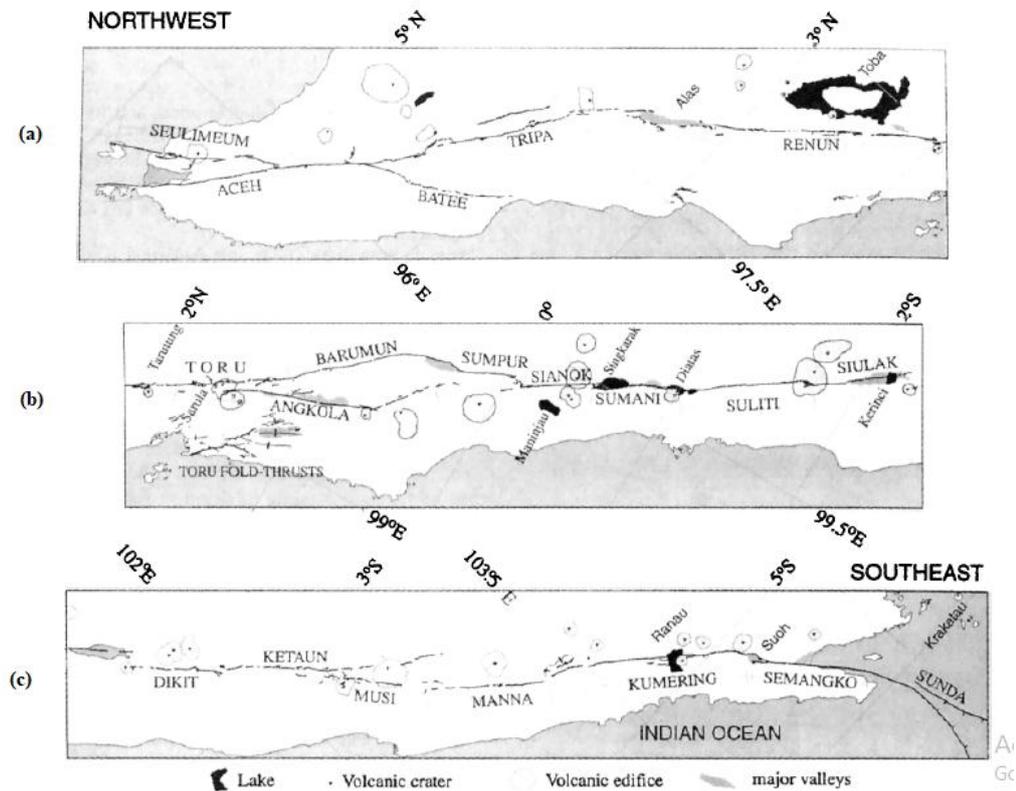
Mentawai, hingga Pulau Enggano). Lempeng Indo-Australia menujam kebawah lempeng Eurasia dengan kecepatan 50 mm - 60 mm pertahun. Batas antara dua lempeng ini terdapat zona subduksi dangka yang disebut *Megathrust Subduction Sumatera*. Zona subduksi dangkal ini menjadi perhatian masyarakat dan para ahli karena diprediksi masih menyimpan potensi gempa bumi dengan magnitudo 8.9 SR dimana zona ini lebih dikenal dengan istilah *Mentawai Megathrust*.

b. Sumatera Fault System/SFS (Sesar Sumatera)

*Sumatera Fault System (SFS)* atau Sesar Sumatera terjadi akibat adanya lempeng Indo-Australia yang menabrak bagian barat Pulau Sumatera secara miring, sehingga menghasilkan tekanan dari pergerakan ini. Tekanan ini yang menyebabkan terbentuknya Sesar Sumatera "*The Great Sumatera Fault*" yang membelah Pulau Sumatera. Sesar ini membentang mulai dari selat Sunda sampai Banda Aceh serta menerus sampai ke laut Andaman hingga Burma. Patahan ini merupakan rawan gempa bumi dan tanah longsor. Sesar Sumatera merupakan jenis sesar *strike slip* berarah dekstral yang terdiri dari 19 segmen utama sepanjang tulang punggung Sumatera (Natawidjaja, 2007). Sumatera Barat sendiri merupakan salah satu daerah yang dilalui oleh sesar ini.

Sesar Sumatera yang membentang di sepanjang Pulau Sumatera dikelompokkan menjadi 3 wilayah. Sieh dan Natawidjaja (2000) membagi sesar Sumatera menjadi wilayah utara, tengah, dan selatan. Berdasarkan pengamatan pada peta topografi dan data GPS sesar Sumatera dikelompokkan menjadi 19 segmen yaitu segmen Sunda, segmen Semangko, segmen Kumering, segmen Manna, segmen Musi, segmen Dikit, segmen Siulak, segmen Suliti, segmen

Sumani, segmen Sianok, segmen Sumpur, segmen Barumun, segmen Angkola, segmen Toru, segmen Renun, segmen Tripa, segmen Aceh, dan segmen Seulimeum seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Sesar Sumatera (a) Wilayah Utara (b) Wilayah Tengah (c) Wilayah Selatan (Sieh dan Natawidjaja, 2000)

Berdasarkan Gambar 6 wilayah Sumatera Barat berada pada wilayah tengah. Terdapat tujuh segmen patahan aktif yang merupakan bagian dari sistem sesar Sumatera yang ada di wilayah Sumatera Barat. Tiga diantaranya berada di perbatasan wilayah Sumatera Barat. Berikut segmen-segmen yang ada di Sumatera Barat.

#### 1) Segmen Angkola ( $0.3^{\circ}\text{N} \sim 1.8^{\circ}\text{N}$ )

Segmen Angkola di bagian ujung utara bermula pada lembah Batang Toru yang menyisir Batang Angkola dan Batang Gadis di Wilayah Sumatera Utara. Bagian ujung selatan berada di Wilayah Sumatera Barat di dekata

Lembah Batang Pasaman. Panjang Segmen Angkola 160 km dengan potensi kekuatan gempabumi maksimum pada segmen ini adalah M 7.6. Gempabumi pada tahun 1892 pernah tercatat dan menyebabkan kerusakan serius di sepanjang lembah Batang gadis dan Sungai Nagkola diantara Malintang dan Lubuk raya ( Sieh dan Natawidjaja, 2000).

2) Segmen Barumon ( $0.3^{\circ}\text{N} \sim 1.2^{\circ}\text{N}$ )

Segmen Barumon di bagian ujung utara berada di wilayah Sosopan Julu, Sumatera Utara yang menyusuri lembah Sungai Barumon. Bagian ujung selatan berada di Wilayah Sumatera Barat. Panjang Segmen Barumon 125 km dengan potensi kekuatan gempabumi maksimum pada segmen ini adalah M 7.6 ( Sieh dan Natawidjaja, 2000).

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

Segmen Sumpur terletak di daerah Rao, Lubuk Sikaping Kabupaten Pasaman yang memiliki panjang patahan  $\pm 35$  Km. Segmen Sumpur pada bagian Utara berujung pada sisi Selatan Depresi Sumpur di Selatan Panti, kemudian menyusir Lembah Batang Sumpur ke tenggara Salabawan hingga Bonjol menyusuri Sungai Silasung. Pergeseran segmen Sumpur berkisar 23-24 mm/tahun. Segmen Sumpur pada tahun 1977 pernah terjadi gempabumi besar (Triyono, 2015).

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

Segmen Sianok mempunyai patahan  $\pm 90$  Km berada di sekitar Ngarai Sianok kota Bukittinggi sampai Tenggara Danau Singkarak melewati sisi Timur Danau. Segmen Sianok memiliki pergeseran pertahun berkisar 23 mm/tahun kota Bukittinggi termasuk kota yang rawan gempabumi darat

yang bersumber dari patahan Segmen Sianok. Pada Segmen Sianok pernah dua kali terjadi gempa bumi pada tanggal 6 Maret 2007 dengan magnitudo 6.4 SR dan 6.3 SR serta gempa terbesar pernah tercatat pada segmen ini yaitu pada 4 Agustus 1926 dengan pusat hancur antara bukit tinggi dan Danau Singakarak (Triyono, 2015).

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

Segmen Sumani memiliki panjang patahan  $\pm 90$  Km yang berada di sisi Utara Danau Singakarak yang menyisir sisi Barat Daya danau tersebut melintasi daerah Kota Solok, Sumani, Selayo dan berakhir di Utara Danau Diatas, sebelah Tenggara dengan Gubung Talang. Gempa merusak tercatat terjadi pada 9 Juni 1943 dengan magnitudo 7.4 Mw (Triyono, 2015).

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

Segmen Suliti mempunyai panjang Patahan sekitar 90 Km dengan pergeserannya sekitar  $\pm 23$  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 Suliti ke Tenggara hingga anak-anak Sungai Liki di Barat Laut Gunung Kerinci (Triyono, 2015).

7) Segmen Siulak ( $2.25^{\circ}\text{S} \sim 1.7^{\circ}\text{S}$ )

Bagian ujung selatan pada segmen Siulak berada di wilayah Jambi menyusuri lembah di barat daya hingga barat laut Gunung Kerinci yang *overlap* dengan segmen Suliti di wilayah Solok Selatan dengan panjang  $\approx 0$  km. Potensi kuat gempa bumi maksimum pada segmen ini adalah 7.2. gempa bumi

merusak parah terjadi pada tanggal 9 Juni 1909 dan pada tanggal 6 Oktober 1995.

c. Mentawai Fault System/MFS (Sesar Mentawai)

Selain jalur tumbukan dua lempeng tektonik, disebelah barat pantai Sumatera Barat juga terdapat sesar Mentawai (*Mentawai Fault System/MFS*). Sesar Mentawai berada di laut yang memanjang di sekitar pulau-pulau Mentawai dari selatan hingga ke utara menerus hingga ke sekitar utara Nias. Menurut Sieh dan Natawidjaja (2000) mengatakan bahwa pergerakan sesar Mentawai mempunyai pola yang bervariasi mulai dari *normal fault*, *strike slip*, dan *reverse fault*. Berdasarkan penampang seismik yang didapatkan oleh Mukti pada tahun 2012 menemukan adanya *antiklin* (struktur batuan yang naik) yang berada di sesar Mentawai. Hasil penelitian Madlazim (2010) dan Mifta (2014) mengatakan bahwa untuk sesar Mentawai termasuk kedalam *reserve fault*.

**D. Penelitian-Penelitian Relevan**

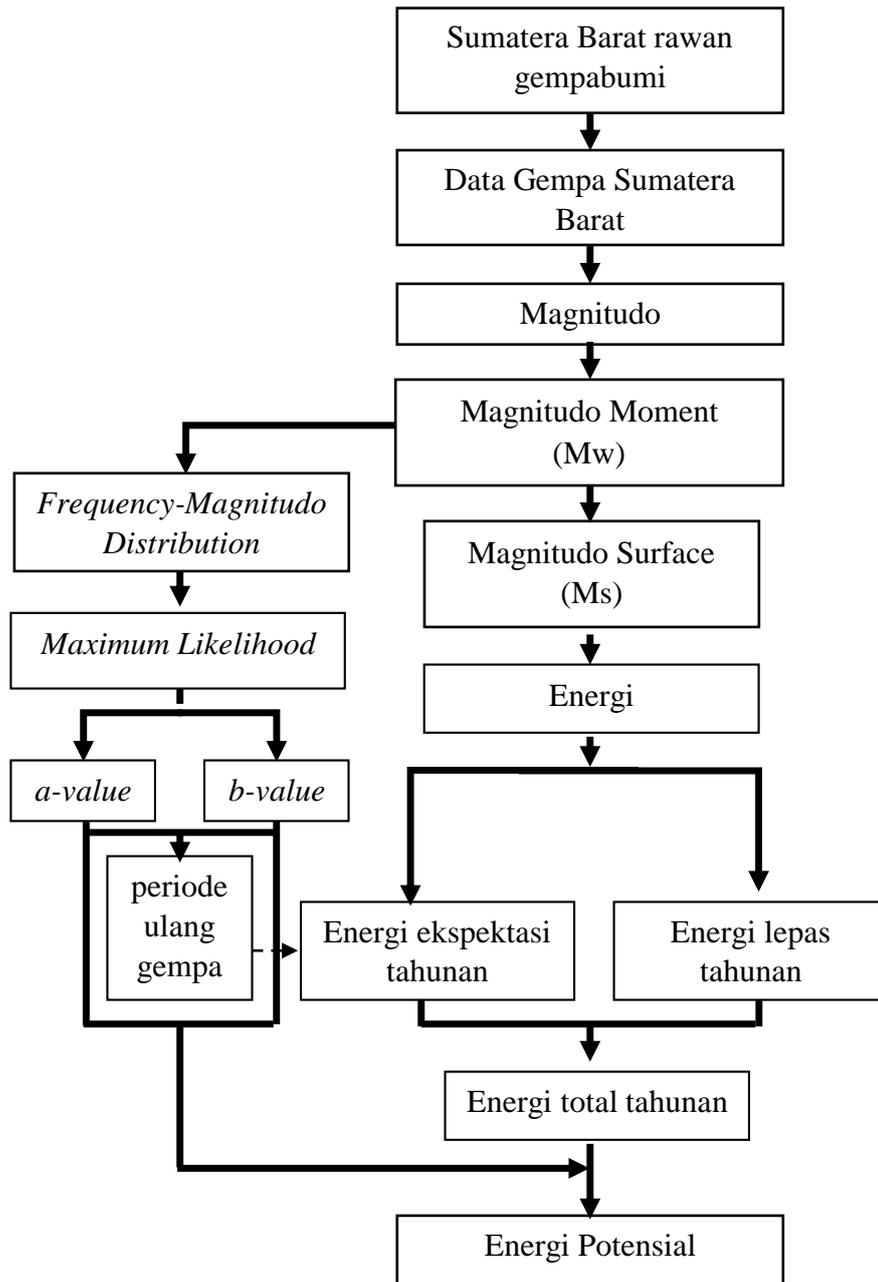
Penelitian mengenai energi potensial gempabumi di suatu wilayah telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya diberbagai daerah. Ardiansyah (2014) melakukan penelitian tentang energi potensial gempabumi di kawasan segmen Mentawai-Sumatera Barat. Berdasarkan hasil penelitiannya kawasan segmen Mentawai menyimpan energi potensial gempabumi yang belum dilepaskan sejak terjadi gempabumi pada tanggal 25 Oktober 2015 adalah sebesar  $3.8 \times 10^{22}$  erg, dimana energi ini setara dengan gempabumi berkekuatan  $M_S = 7.2$  SR. Penelitian yang dilakukan Ardiansyah menggunakan perhitungan regresi dengan model hubungan linier dalam menentukan energi lepas pertahunnya.

Alsyaira (2018) juga melakukan penelitian yang sama yaitu tentang energi potensial lepas dan energi potensial ekspektasi gempabumi di wilayah Sulawesi Tenggara. Alsyaira membagi wilayah Sulawesi Tenggara menjadi beberapa segmen dan menghitung besar energi potensial dari setiap segmennya. Berdasarkan hasil penelitiannya, Alsyaira mendapatkan untuk segmen 1 masih menyimpan energi potensial sebesar  $1.50393 \times 10^{23}$  erg dimana energi ini setara dengan magnitudo 7.5 Ms, diikuti oleh segmen 3 dengan energi potensial  $5.42964 \times 10^{21}$  erg dimana energi ini setara dengan magnitudo 6.6 Ms, dan segmen 4 dengan energi potensial  $1.21814 \times 10^{21}$  erg dimana energi ini setara dengan magnitudo gempabumi 6.1 Ms.

#### **E. Kerangka Berpikir**

Kerangka berpikir pada penelitian ini didasarkan dari tinjauan pustaka yang berkaitan dengan masalah penelitian. Priyono (2008) mengatakan pembentukan model teoritis adalah tahap yang dibuat setelah melakukan tinjauan pustaka. Pembentukan kerangka berpikir dilihat berdasarkan teori pada tinjauan pustaka. Konsep-konsep pada teoritis diubah menjadi variabel yang mudah diukur serta memunculkan variabel bebas. Berdasarkan hal tersebut didapatkanlah hubungan yang menjelaskan hubungan antar masing-masing variabel secara teoritis.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya dibentuklah kerangka berpikir pada penelitian ini berdasarkan teori yang telah dijelaskan di tinjauan kepustakaan. kerangka berpikir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Kerangka Berpikir Penelitian

Berdasarkan Gambar 7 katalog gempabumi tersebut akan diolah untuk mengetahui energi potensial untuk setiap segmen. Variabel yang di dapat dari katalog USGS dan ISC adalah magnitudo gempabumi. Variabel yang dihitung setelah itu adalah magnitudo momen ( $M_w$ ) dan magnitudo surface ( $M_s$ ). Berdasarkan hubungan distribusi frekuensi-magnitudo variabel  $a$ -value,  $b$ -value, dan periode ulang akan dihitung menggunakan prinsip statistik

maksimum *Likelihood Method*. Variabel periode ulang akan digunakan untuk menghitung energi ekspektasi tahunan. Variabel  $M_w$  dikonversi terlebih dahulu ke  $M_s$  sebelum dikonversi ke dalam bentuk variabel energi gempa bumi. Energi setelah itu di akumulasikan sepanjang perioda pengamatan sehingga didapat energi lepas tahunan. Variabel energi dari gempa bumi besar terakhir dibagi dengan periode ulang akan mendapatkan energi ekspektasi tahunan. Energi lepas tahunan dan energi ekspektasi tahunan apabila ditotalkan akan mendapatkan energi total tahunan. Berdasarkan energi total tahunan akan didapatkan energi potensial pada suatu segmen.

## **BAB V PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka penulis menarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai energi potensial untuk segmen di Sumatera Barat memiliki nilai yang terbesar pada segmen Sumani sebesar  $1.78823 \times 10^{23}$  erg, Suliti sebesar  $1.19726 \times 10^{23}$  erg, dan segmen Mentawai sebesar  $3.23306 \times 10^{22}$  erg, nilai energi potensial yang cukup besar berada pada segmen Sianok sebesar  $1.97919 \times 10^{21}$  erg, dan energi potensial terkecil berada pada segmen Sumpur sebesar  $8.73468 \times 10^{20}$  erg.
2. Kondisi *stress* lokal berdasarkan *b-value* untuk setiap segmen di Sumatera Barat dikategorikan dalam tingkat yang tinggi. Segmen dengan kondisi *stress* tertinggi berada pada segmen Suliti dan Sumani, dilanjutkan dengan Sianok dan Sumpur, serta kondisi terendah adalah segmen Mentawai. Tingkat kegempaan untuk setiap di Sumatera Barat berdasarkan *a-value* dikategorikan dalam tingkat kegempaan yang rendah. Segmen dengan tingkat kegempaan yang terendah adalah Sumani dan Suliti dilanjutkan dengan Sianok dan Sumpur, dan tingkat tertinggi adalah segmen Mentawai.

### **B. Saran**

1. Perlu memperhatikan sebaran episenter dan hiposenter gempabumi yang lebih tepat untuk membedakan sumber gempabumi dari satu segmen dengan segmen yang berdekatan.

2. Melakukan penelitian lebih lanjut dan terperinci diperlukan data gempabumi dengan tahun periode yang panjang dan perlunya parameter lain dalam menganalisis energi potensial.