

**PENENTUAN TINGKAT SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPA
BUMI DENGAN UJI ANALISIS PERBANDINGAN METODE FRAKTAL
DAN METODE EMPIRIS DI WILAYAH SUMATERA BARAT**

(Skripsi)

Oleh:

ADIEF AIDIL ZULSFI

NPM. 1715051048



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2022

**PENENTUAN TINGKAT SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPA
BUMI DENGAN UJI ANALISIS PERBANDINGAN METODE FRAKTAL
DAN METODE EMPIRIS DI WILAYAH SUMATERA BARAT**

Oleh:

ADIEF AIDIL ZULSFI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geofisika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

PENENTUAN TINGKAT SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPA BUMI DENGAN UJI ANALISIS PERBANDINGAN METODE FRAKTAL DAN METODE EMPIRIS DI WILAYAH SUMATERA BARAT.

Oleh

ADIEF AIDIL ZULSFI

Telah dilakukan penelitian dengan tujuan untuk menentukan tingkat seismisitas serta periode ulang gempa bumi menggunakan uji analisis perbandingan metode fraktal dan metode empiris di wilayah Sumatera Barat yang dikorelasikan dengan data geologi. Tujuan dari penelitian ini diantaranya untuk menentukan nilai *a value* serta *b value* di Sumatera Barat yang didapatkan menggunakan metode fraktal dan metode empiris, mengetahui perbandingan tingkat seismisitas dengan menggunakan metode fraktal dan metode empiris, dan menentukan indeks seismisitas dan periode ulang gempa bumi di wilayah Sumatera Barat. Metode fraktal adalah cabang matematika yang mempelajari sifat-sifat dan perilaku fraktal. Fraktal bisa membantu menjelaskan banyak situasi yang sulit dideskripsikan menggunakan geometri klasik, dan sudah cukup banyak diaplikasikan dalam sains, teknologi, dan seni karya komputer, sedangkan metode empiris ialah metode yang dilakukan untuk menghitung dengan menggunakan rumus sederhana sebagai kajian analisis aktivitas gempa tektonik dan tingkat seismisitasnya. Daerah penelitian merupakan daerah dengan tatanan geologi yang cukup kompleks dimana letaknya berada pada daerah tumbukan 2 lempeng besar yaitu Lempeng Indo-Australia pada bagian Selatan dan Lempeng Eurasia dibagian Utara. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai indeks seismisitas untuk magnitudo gempa $M \geq 7$ dan $M \geq 8$ nilai terendah untuk metode fraktal yaitu 0,002 dan terbesar yaitu 0,165 sedangkan dengan metode empiris diperoleh nilai indeks seismisitas terendah 0,004 dan tertinggi 0,357. Sedangkan untuk periode ulang metode fraktal diperoleh nilai periode ulang berkisar dari 6 tahun – 470 tahun, dan periode ulang untuk metode empiris berkisar dari 2 tahun – 228 tahun.

Kata kunci: Metode Fraktal, Metode Empiris, Gempa Bumi, Sumatera Barat.

ABSTRACT

DETERMINATION OF SEISMICITY LEVEL AND ESTIMATION OF EARTHQUAKE RETURN PERIOD USING COMPARISON ANALYSIS TEST BETWEEN FRACTAL METHOD AND EMPIRICAL METHOD IN WEST SUMATERA REGION.

By

ADIEF AIDIL ZULSFI

Research has been conducted with the aim of going into seismicity level and earthquake period using the comparison analysis test of fractal methods and empirical methods in West Sumatra region which is correlated with geological data. The purpose of this study includes determining the value of a value and b value in West Sumatra which is obtained using fractal methods and empirical methods, knowing the level of seismicity level using fractal and empirical method. Fractal methods are mathematical branches that study fractal properties and behavior. Fractal can help explain many situations that are difficult to describe using classic geometry, and are quite applied in science, technology, and art of computer works, while empirical methods are the methods carried out to calculate using a simple formula as a study of tectonic earthquake activity analysis and its seismicity level. The study area is an area with a fairly complex geological order where it is located in the 2-large collision area, the Indo-Australian plate in the southern part and the Eurasian plate in the northern part. Based on the results of the study, it was found that the seismicity index value for the magnitude of the earthquake $m \geq 7$ and $M \geq 8$. The lowest value for the fractal method is 0.002 and the largest is 0.165 while with the empirical method the lowest seismicity index value is 0.004 and the highest is 0.357. Whereas for the re-refinement period the Farktal method obtained a repeat period ranging from 6 years - 470 years, and the repeat period for empirical methods ranged from 2 years - 228 years.

Keywords: Fractal Method, Empirical Method, Eartquake, West Sumatera.

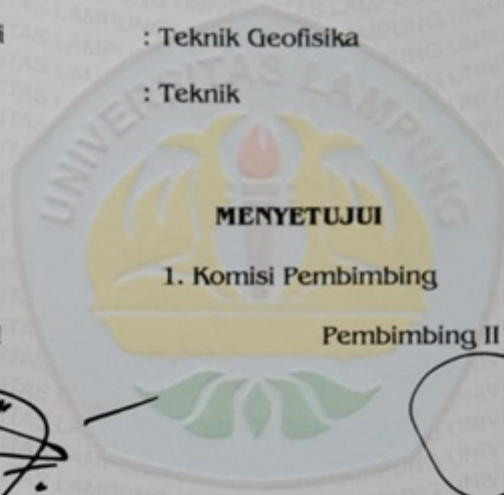
Judul Skripsi : **PENENTUAN TINGKAT SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPA BUMI DENGAN UJI ANALISIS PERBANDINGAN METODE FRAKTAL DAN METODE EMPIRIS DI WILAYAH SUMATERA BARAT**

Nama Mahasiswa : **Adief Aidil Zulsi**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1715051048

Program Studi : Teknik Geofisika

Fakultas : Teknik



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Dr. Ordas Dewanto".

Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.
NIP 19661122 199603 1 001

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Ir. Bagus Sapto Mulyatno".

Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.
NIP 19700120 200003 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Geofisika

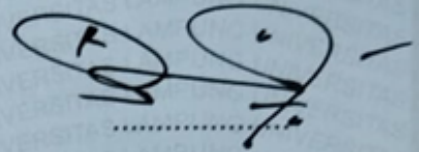
A handwritten signature in black ink, appearing to be "Karyanto".

Karyanto, S.Si., M.T.
NIP 19691230 199802 1 001

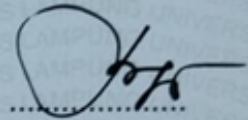
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

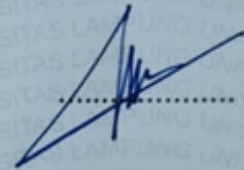
Ketua : **Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si.**



Sekretaris : **Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T.**



Anggota : **Dr. Ir. Muh. Sarkowi, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750926 200112 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 Desember 2022**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil pemikiran saya sendiri, bukan merupakan hasil karya orang lain sebagai syarat memperoleh gelar sarjana. Adapun kutipan-kutipan yang terdapat dalam skripsi ini telah dicantumkan sumber-sumbernya dalam daftar pustaka sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan.

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

Bandar Lampung, 22 Februari 2023



Adief Aidil Zulfy

1715051048

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Padang pada tanggal 23 April 1998, anak kedua dari tiga bersaudara, putra dari Bapak Zulkifli dan Ibu Sofia. Riwayat pendidikan penulis dimana penulis bersekolah dasar (SD) di SD N 16 Pariaman diselesaikan pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di MTsN Model Padusunan Pariaman diselesaikan pada tahun 2012 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri 2 Pariaman yang diselesaikan pada tahun 2015. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan Perguruan Tinggi Negeri mengambil Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur SBMPTN.

Selama masa kuliah, penulis beberapa kesempatan menjadi asisten praktikum yaitu Komputasi, Analisis Sinyal Geofisika, Welllogging dan Seismik. Pada tahun 2019 sampai 2020 penulis menjabat sebagai staff Birohmah pada UKM Birohmah Universitas Lampung. Selama masa kuliah, penulis aktif menjadi Asisten Praktikum di Jurusan Teknik Geofisika. Pada awal tahun 2020 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata Pada Desa Margo Jaya, Kecamatan Mesuji Timur. Didalam pengaplikasian ilmu di bidang Teknik Geofisika penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktik di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Stasiun Geofisika Kelas I Padang Panjang dengan judul laporan “ **ANALISIS TINGKAT SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPA BUMI DI WILAYAH SUMATERA BARAT TAHUN 1900 – 2020**” Pada akhir masa studi, penulis melakukan penelitian untuk memperoleh gelar sarjana teknik dengan judul “**PENENTUAN TINGKAT SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPA BUMI DENGAN UJI ANALISIS PERBANDINGAN METODE FRAKTAL DAN METODE EMPIRIS DI WILAYAH SUMATERA BARAT.**”

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, kupersembahkan skripsi ini kepada:

AYAH DAN IBU TERCINTA

ZULKIFLI

&

SOFIA

Yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat aku balas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dalam kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ayah dan ibu bahagia karena aku sadar, selama ini belum bisa berbuat yang lebih.

KAKAK & KEMBARAN TERCINTA

SRI INDAH JUWITA Z & ADOLF ADHA Z

Dengan segala kasih sayang dan kebanggaan yang selalu ada di hati. Semoga ini dapat memberikan motivasi untuk kalian kedepannya.

TEKNIK GEOFISIKA UNIVERSITAS LAMPUNG 2017

Terima kasih telah menyediakan telinga untuk mendengar segala keluh kesah, pundak untuk menangis serta uluran tangan yang selalu siap sedia memberi bantuan saat aku membutuhkannya. Terima kasih sudah menjadi keluargaku selama mengenyam pendidikan. Semoga kita sukses selalu.

MOTTO

Don't be trapped in someone else's dream.

(BTS)

**If you can't run, walk. If you can't walk, crawl. Even if you have to crawl,
gear up and you will survive.**

(BTS)

Don't ever be scared, whatever people say you're okay, you're strong.

(BTS)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Penentuan Tingkat Seismisitas Dan Periode Ulang Gempa Bumi Dengan Uji Analisis Perbandingan Metode Fraktal Dan Metode Empiris Di Wilayah Sumatera Barat*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ayah dan Ibu tercinta, yang telah bekerja begitu keras demi mewujudkan impian penulis. Terima kasih pula atas doa yang selalu dipanjatkan untuk penulis yang belum bisa membalas segala kebahagiaan serta seluruh kasih sayang yang tak pernah habisnya kalian berikan. Terima kasih karena selalu mendukung penulis.
2. Kakak tercinta Sri Indah Juwita Zulsfi dan Kembaran Adolf Adha Zulsfi yang selalu menemani penulis dalam berbagai hal serta selalu menyemangati penulis.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Karyanto, S.Si., M.T. selaku ketua jurusan Teknik Geofisika Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Ordas Dewanto, S.Si., M.Si. selaku pembimbing pertama atas kesabaran, kebaikan hati, dan kesediaannya untuk memberikan bantuan, bimbingan, saran, dan krtitik dalam proses penyelesaian skripsi ini serta meluangkan waktunya untuk bimbingan.
6. Bapak Ir. Bagus Sapto Mulyatno, S.Si., M.T. selaku pembimbing kedua atas saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.

7. Bapak Dr. Ir. Muh. Sarkowi, S.Si., M.Si. Selaku penguji pada tugas akhir ini, terimakasih atas segala koreksi serta nasihat yang diberikan untuk kemajuan tugas akhir ini.
7. Keluarga besar Dj Family yang selalu menyemangati penulis dan tidak pernah lelah dalam menemani dan mendoakan segala proses saya.
8. Keluarga kedua penulis teman-teman Teknik Geofisika 2017 yang setia bersama penulis hingga sekarang, yang selalu direpotkan setiap saat, yang selalu mendukung penulis. Terimakasih telah menjadi keluarga terbaik penulis di perantauan ini. Terima kasih telah sabar menghadapi penulis. Terima kasih untuk setiap kisah yang kita lalui bersama. Aku sayang kalian. Sangat.
9. Serta semua pihak yang terlibat dalam proses penyusunan skripsi, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Bandar Lampung, Februari 2023.

Adief Aidil Zulfri

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
MENGESAHKAN	iv
PERNYATAAN	v
RIWAYAT HIDUP	vi
PERSEMBAHAN	vii
MOTTO	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Lokasi Daerah Penelitian	4
2.2. Geologi Regional Daerah Penelitian.....	5
III. TEORI DASAR	9
3.1. Gempa Bumi.....	9
3.2. Gelombang Seismik	12
3.3. Magnitudo Gempa Bumi	13

3.4.	Intensitas Gempa Bumi	15
3.5.	<i>A-Value</i>	16
3.6.	<i>B-Value</i>	17
3.7.	Metode Fraktal	17
3.8.	Metode Empiris	19
3.9.	Indeks Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi	20
IV.	METODOLOGI PENELITIAN.....	21
4.1.	Waktu dan Tempat	21
4.2.	Alat dan Bahan	22
4.3.	Tahapan Pengolahan.....	22
4.3.1.	Metode Fraktal	22
4.3.2.	Metode Empiris.....	23
4.3.3.	Perbandingan Antara Metode Fraktal dan Metode Empiris.....	24
4.4.	Diagram Alir.....	25
V.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
5.1.	Data Pengamatan	26
5.2.	Interpretasi Dan Analisis	27
VI.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
6.1.	Kesimpulan.....	40
6.2.	Saran	41
	DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Peta daerah penelitian	4
Gambar 2. Peta geologi regional Pulau Sumatera (modifikasi dari Stephenson dan Aspden, 1982).....	5
Gambar 3. Peta sebaran jenis batuan	6
Gambar 4. Proses terjadinya gempa bumi (Adzkia, 2010).....	9
Gambar 5. Diagram Alir	25
Gambar 6. Sebaran Data Gempa Bumi	27
Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Jumlah Kejadian Gempa Bumi Dengan Magnitudo (a) Wilayah I (b) Wilayah II (c) Wilayah III (d) Wilayah IV.....	29
Gambar 8. Peta sebaran <i>b-value</i> wilayah 1.....	30
Gambar 9. Peta sebaran <i>b-value</i> wilayah 2.....	31
Gambar 10. Peta sebaran <i>b-value</i> wilayah 3.....	31
Gambar 11. Peta sebaran <i>b-value</i> wilayah 4.....	32
Gambar 12. Peta sebaran <i>a-value</i> wilayah 1.....	33
Gambar 13. Peta sebaran <i>a-value</i> wilayah 2.....	34
Gambar 14. Peta sebaran <i>a-value</i> wilayah 3.....	34
Gambar 15. Peta sebaran <i>a-value</i> wilayah 4.....	35
Gambar 16. Hasil perbandingan <i>b-value</i> dan <i>a-value</i> dengan menggunakan metode fraktal dan metode empirisi	37
Gambar 17. Hasil perhitungan indeks seismisitas	38
Gambar 18. Hasil perhitungan periode ulang.....	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Skala <i>Modified Mercalli Intensity</i>	15
Tabel 2. Jadwal kegiatan penelitian.....	21
Tabel 3. Perbandingan antara metode fraktal dan metode empiris	24
Tabel 4. Cuplikan Data pengamatan	26
Tabel 5. Nilai MC atau kelemahan magnitudo di setiap wilayah penelitian.....	30
Tabel 6. Tingkat seismisitas berdasarkan <i>a-value</i> dan <i>b-value</i>	36

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu wilayah yang memiliki tatanan tektonik yang cukup unik adalah Pulau Sumatera. Hal ini disebabkan adanya dua kondisi geologi yang dapat mempengaruhi aktivitas seismik dan kondisi tektonik Pulau Sumatera, yaitu zona subduksi dan zona sesar Sumatera. Kedua zona inilah yang menyebabkan pulau Sumatera sangat rawan terhadap bencana gempa bumi, salah satunya daerah Sumatera Barat.

Sumatera Barat terletak pada jalur Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia dan melewati jalur gempa Sirkum Mediteranian. Kondisi ini disebabkan terdapatnya adanya patahan atau penyusupan lempengan aktif gempa. Sehingga hal menyebabkan wilayah Sumatera Barat memiliki tingkat kerawanan yang cukup tinggi terhadap gempa bumi (Edwiza, 2008).

Wilayah barat Pulau Sumatera merupakan salah satu kawasan yang terletak pada pinggiran lempeng aktif dunia (*active plate margin*) yang menyebabkan tingginya frekuensi kejadian gempa bumi di wilayah ini. Sebaran gempa bumi di wilayah ini tidak hanya bersumber dari aktivitas zona subduksi, tetapi juga dari sistem sesar aktif di sepanjang Pulau Sumatera. Dalam katalog sejarah gempa bumi, telah terjadi 5 kali gempa bumi berskala besar dan bersifat merusak di Sumatera Barat berturut-turut mulai tahun 2005, 2007, dan 2009 (Sunarjo, Gunawan dan Pribadi, 2012).

Tinjauan tektoknik dan sebaran kegempaan pada suatu daerah dapat dilihat secara kualitatif dengan menggunakan metode statistik, sehingga dapat diketahui tingkat keaktifan gempa bumi, indeks seismisitas, tingkat risiko gempa atau probabilitas dan periode ulang gempa dengan magnitudo tertentu pada suatu daerah.

Semua parameter tersebut dapat diperoleh dari perhitungan statistik konstanta b atau nilai b -value. Beberapa metode yang sering digunakan untuk menentukan tingkat seismisitas di suatu daerah yaitu dengan metode fraktal dan metode empiris.

Metode fraktal adalah sebuah metode yang digunakan untuk mendefinisikan besarnya tingkat kerapuhan batuan di suatu wilayah sehingga dapat ditentukan bahwa wilayah tersebut memiliki nilai seismisitas yang tinggi. Ciri khas fraktal ialah patah atau rusak atau tidak teratur sebagai akibat dari fraktal tersebut, dimana akan terjadi pengulangan gempa pada wilayah yang memiliki fraktal yang tinggi. Gempa bumi berkaitan erat dengan patahan, sementara patahan tersusun oleh retakan-retakan batuan dan dapat didefinisikan sebagai sistem fraktal. Sedangkan metode empiris adalah metode yang menggunakan persamaan sederhana. Metode ini menggunakan sistem penguraian untuk memperoleh variabel-variabel yang akan ditentukan (Sabrani, 2017).

Adzkie (2010) telah melakukan penelitian tentang perhitungan b -value untuk daerah Sumatera Barat dengan hasil b -value berada pada rentang 0.81 sampai 1.12 yang menunjukkan nilai b -value Sumatera Barat cukup rendah. Hal ini menunjukkan bahwa Sumatera Barat rentan terjadinya kegempaan dengan magnitudo besar.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai a value dan b value di daerah Sumatera Barat menggunakan metode fraktal dan metode empiris.
2. Mengetahui perbandingan tingkat seismisitas dengan menggunakan metode fraktal dan metode empiris.
3. Menentukan indeks seismisitas, dan periode ulang gempa bumi di daerah Sumatera Barat.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah penelitian ini menggunakan data dari website BMKG <https://geof.bmkg.go.id/webdc3/> dengan magnitudo gempa ≥ 4 dari tahun 2009 – 2022.

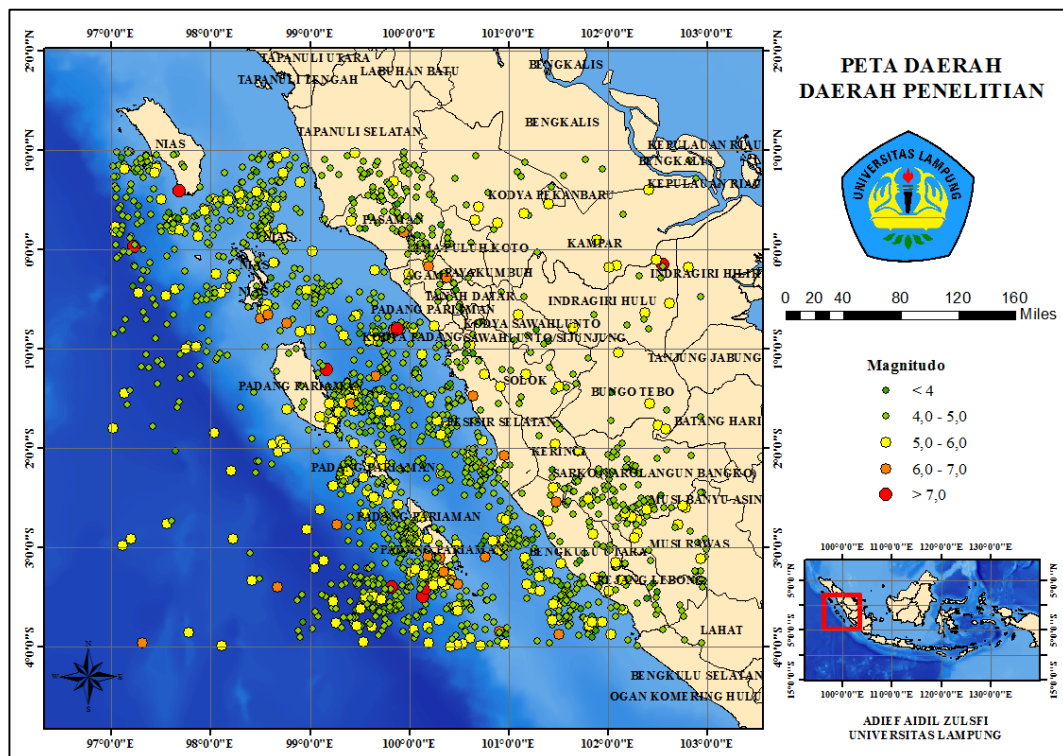
1.4. Manfaat Penelitian

Adapaun manfaat penelitian ini adalah mengetahui tingkat aktivitas kegempaan kepada pemerintah dan masyarakat setempat sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan mitigasi bencana gempa bumi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

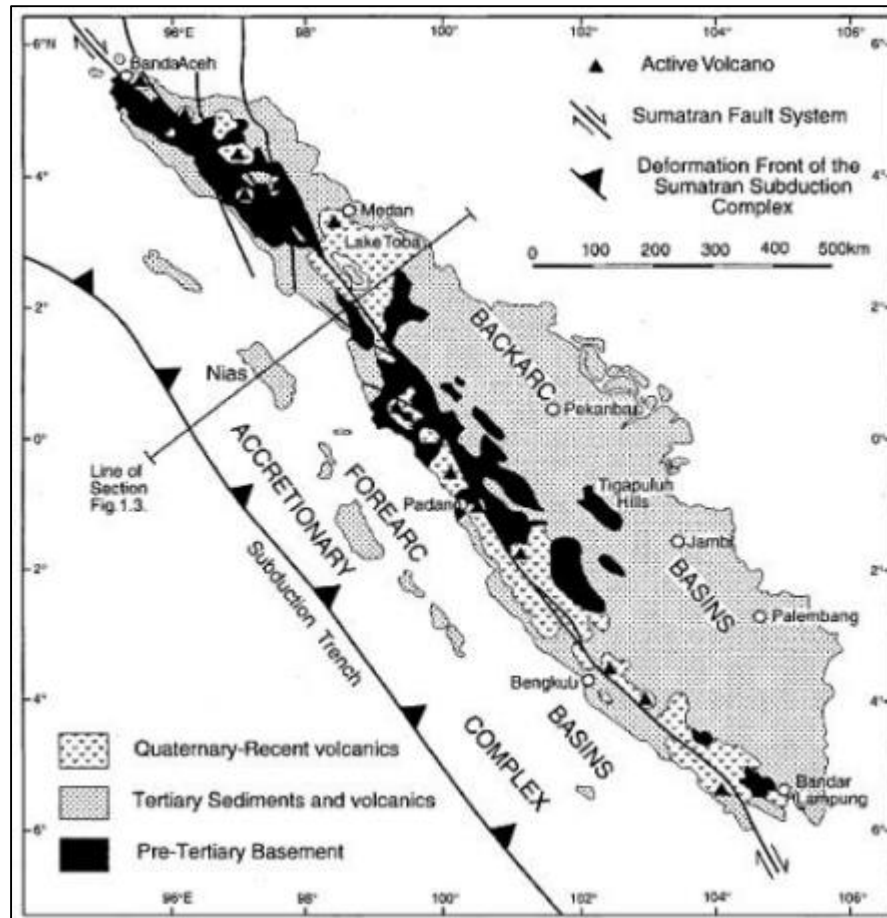
2.1. Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian yang ditunjukkan pada **Gambar 1** terletak pada wilayah Sumatera Bagian Barat dengan koordinat $1^{\circ}0'0''$ LU- $4^{\circ}0'0''$ LS dan $97^{\circ}0'0''$ BT- $103^{\circ}0'0''$ BT. Secara geografis, bagian utara berbatasan dengan Sumatera Utara, bagian selatan berbatasan dengan Samudra Hindia dan Bengkulu, bagian timur berbatasan dengan Riau dan Jambi, sedangkan bagian barat berbatasan dengan Samudra Hindia.



Gambar 1. Peta daerah penelitian

2.2. Geologi Regional Daerah Penelitian

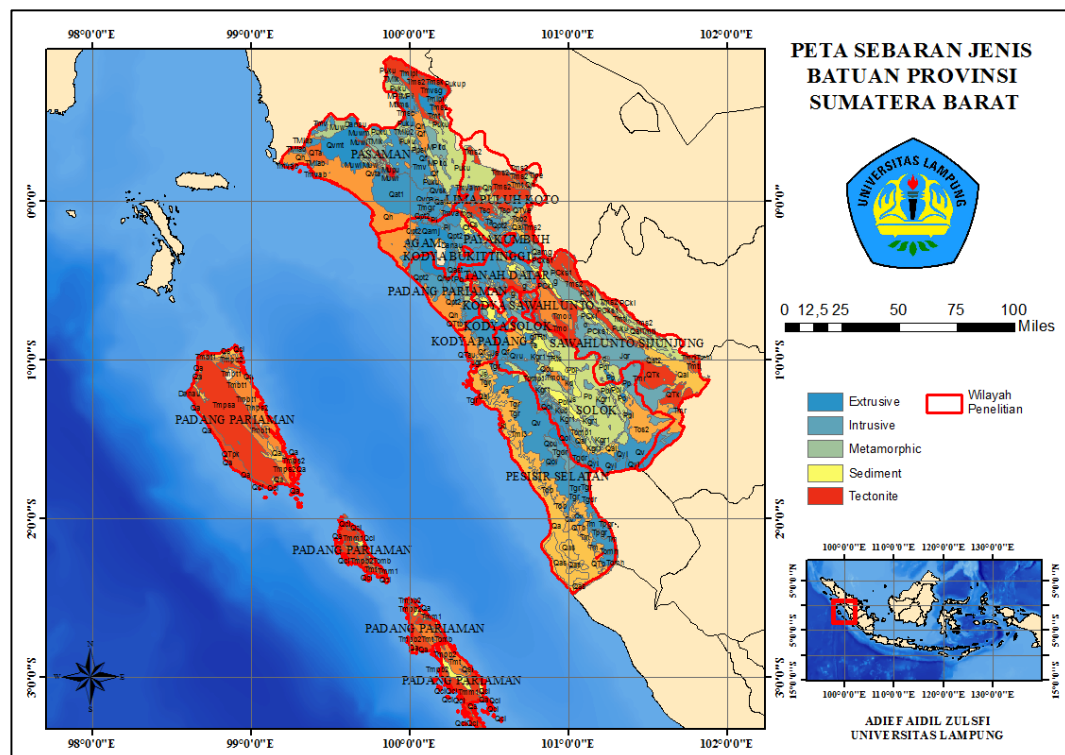


Gambar 2. Peta geologi regional Pulau Sumatera (modifikasi dari Stephenson dan Aspden, 1982)

Pulau Sumatera terletak di lempeng benua Eurasia yang ditekan ke arah utara oleh lempeng Indo-Australia dengan kecepatan 7,1 cm/tahun. Lempeng Indo Australia subduksi ke lempeng Eurasia dengan sudut lebih kurang 45°. Proses itulah yang menyebabkan terbentuknya gugusan Pegunungan Bukit Barisan di sepanjang Pulau Sumatera. Di samping itu, sejajar dengan Bukit Barisan terbentuk pula Sumatera *Fault System* atau lebih dikenal dengan Patahan Semangko, karena berawal dari Teluk Semangko.

Di sepanjang pantai barat Sumatera sampai ke Patahan Semangko di punggung Bukit Barisan hingga sepanjang Pulau Sumatera merupakan kawasan gempa bumi yang sangat aktif dan telah banyak memakan korban, harta benda, maupun nyawa manusia.

Daerah penelitian terletak pada daerah Sumatera Barat, yang secara fisiografi sangat kompleks. Menurut Sandi (1985), dapat ditemui tiga wilayah fisiografi utama di Sumatera Barat, yaitu wilayah pegunungan vulkanik, wilayah perbukitan Tersier dan wilayah dataran rendah. Wilayah pegunungan vulkanik membujur pada bagian tengah provinsi ini dari Utara - Selatan dengan patahan Semangko ditengahnya, sedangkan perbukitan lipatan Tersier membentang di bagian Timur pegunungan vulkanik tersebut. Sementara pada bagian Barat Provinsi Sumatera Barat terdapat dataran rendah. Wilayah provinsi Sumatera Barat yang terletak di bagian barat Pulau Sumatera merupakan bagian dari Lempeng Eurasia yang bergerak sangat lambat dan relatif kearah tenggara dengan kecepatan sekitar 0,4 cm/tahun.



Gambar 3. Peta sebaran jenis batuan

Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu daerah di Indonesia dengan lingkungan geologi yang kompleks. Kondisi ini disebabkan lokasinya yang berada di zona tumbukan dua lempeng besar, yaitu lempeng Indo-Australia di selatan dan lempeng Eurasia di utara, ditandai dengan adanya pusat-pusat pergerakan tektonik di sekitar Kepulauan Mentawai.

Menyusul tumbukan kedua lempeng besar tersebut, muncul gejala tektonik lainnya, yaitu busur magmatik yang ditandai dengan terbentuknya Gunung Api Bukit-Barisan dan Sesar Besar Sumatera yang memanjang hingga zona tumbukan kedua lempeng tersebut, dari utara ke selatan. Kondisi geologis yang demikian berpengaruh positif bagi Provinsi Sumatera Barat, penghasil mineral berharga seperti emas, perak, bijih besi, mangan, timah hitam dan lain-lain, tanah subur dan banyak sumber air bersih dan air panas dari kawasan geomorfologi struktural. dekat sumber panas bumi magma dekat permukaan.

Struktur yang terbentuk di Provinsi Sumatera Barat berupa struktur perlipatan (antiklinorium) dan struktur perpindahan dengan kecenderungan umum baratlaut-tenggara, mengikuti struktur wilayah pulau Sumatera. Kondisi stratigrafi struktur geologi Sumatera Barat adalah sebagai berikut:

- a) Grup Pra-Tersier : kelompok ini termasuk Paleozoikum-Mesozoikum, dibagi lagi menjadi kelompok batuan ultrabasa; kelompok batuan melange, kelompok batuan metamorf; kelompok batuan vulkanik dan kelompok batuan intrusi.
- b) Kelompok batuan ultramafik Pra-Tersier terdiri dari harzburgit, dunit, serpentinit, gabro dan basalt.
- c) Kelompok Melange Pra-Tersier merupakan kelompok batuan campuran yang terdiri dari greenstone, grey talus, tuf dan gamping terpetakan, jenis batuan yang beraneka ragam. Kelompok batuan metamorf Prasier terdiri dari serpih, filit, kuarsit, serpih dan batugamping yang dipetakan.
- d) Kelompok Sedimen Pra-Tersier didominasi oleh batugamping kristalin sedangkan Kelompok Intrusi Pra-Tersier terdiri dari granit, diorit, granodiorit, kuarsa porfiri, diabas dan basalt.
- e) Pra-Tersier - Tersier Bawah kelompok transisi yang merupakan kelompok batuan transgresif terdiri dari granodiorit dan granit.
- f) Gugus Tersier terbagi atas golongan batuan ultra alkalin; band rock melange; kelompok batuan sedimen; kelompok batuan vulkanik dan kelompok batuan intrusi.
- g) Kelompok batuan ultramafik Tersier terdiri dari serpentinit, piroksenit, dan dunit. Grup Melange Tersier merupakan batuan campuran yang terdiri dari greystone, shale, konglomerat, sandstone kuarsa, arkose, serpentinite, gabro,

lava basaltik dan shale.

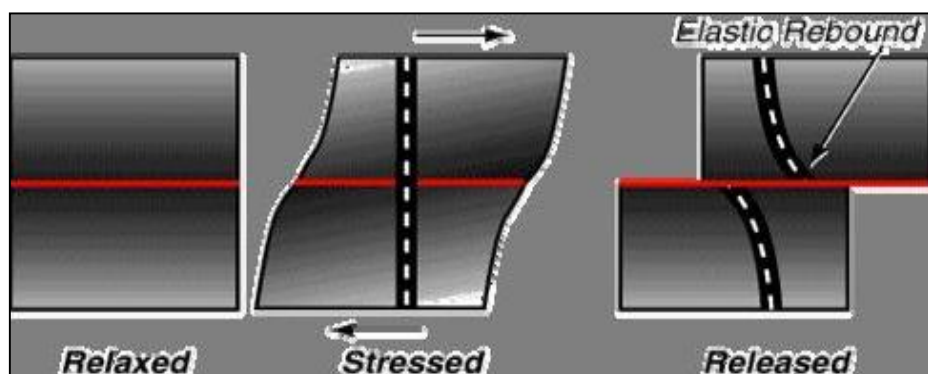
- h) Kelompok batuan sedimen tersier terdiri dari konglomerat, aglomerat, batulanau, batupasir, batugamping, breksi dan napal.
- i) Kelompok batuan vulkanik Tersier terdiri dari batuan vulkanik andesit-basalt, lava basaltik, sedangkan kelompok batuan intrusi Tersier terdiri dari granit, granodiorit, diorit, andesit porfiritik dan diabas.
- j) Kelompok peralihan Tersier-Kuarter (Plio-Pliosen) dapat dibagi menjadi kelompok batuan sedimen; kelompok batuan vulkanik dan kelompok batuan intrusi.
- k) Kelompok batuan sedimen Plio-Pleistosen terdiri dari konglomerat polimiks, batupasir, batulanau dan silih bergantinya merlin dan batupasir.
- l) Kelompok batuan vulkanik Plio-Pleistosen terdiri dari batuan vulkanik andesit-basalt, tufa, breksi dan endapan lava, sedangkan kelompok batuan intrusi Plio-Pleistosen terdiri dari riolit afanit, basalt retas, dan porfiradesit.
- m) Kelompok Kuarter dibagi menjadi kelompok batuan sedimen; batuan vulkanik dan pasang surut.

III. TEORI DASAR

3.1. Gempa Bumi

Gempa bumi (*earthquake*) merupakan peristiwa bergetar atau bergoncangnya bumi akibat pergerakan/pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba karena pergerakan lempeng-lempeng tektonik, yang mana dapat menimbulkan penjalaran gelombang seismik. Menurut Teori *Elastic Rebound* menurut seismolog Reid (Bullen, 1965 dalam Bolt, 1988), gempa bumi merupakan gejala alam akibat pelepasan energi regangan elastis batuan yang disebabkan adanya deformasi batuan yang terjadi di litosfer.

Deformasi batuan terjadi karena adanya tekanan (*Stress*) dan tarikan (*strain*) pada lapisan bumi. Tekanan atau tarikan yang terus-menerus menyebabkan elastisitas pada batuan akan mencapai batas maksimum dan mulai terjadi pergeseran sehingga akhirnya dapat patah secara tiba-tiba. Energi *stress* yang tersimpan akan dilepaskan dalam bentuk getaran yang selama ini dikenal sebagai gempa bumi (Adzkie, 2010).



Gambar 4. Proses terjadinya gempa bumi (Adzkie, 2010)

Gempa bumi dapat terjadi disebabkan oleh gerakan-gerakan pada lempeng bumi. Bumi memiliki lempeng-lempeng yang suatu saat akan bergerak karena adanya tekanan atau energi dari dalam bumi. Lempeng-lempeng tersebut bisa bergerak menjauh (*divergen*), mendekat (*konvergen*) atau melewati (*transform*). Gerakan lempeng-lempeng tersebut bisa dalam waktu yang lambat maupun dalam waktu yang singkat. Energi yang tersimpan dan sulit keluar itulah yang menyebabkan energi tersebut tersimpan dalam waktu lama hingga akhirnya energi itu tidak dapat tertahan lagi dan terlepas yang kemudian menyebabkan pergerakan lempeng secara cepat dalam waktu yang singkat dalam bentuk getaran pada kulit bumi (Josina, 2011).

Berdasarkan pergerakan lempeng-lempeng yang saling bertumbukan tersebut, terdapat tiga jalur utama gempa bumi yang merupakan batas pertemuan dari beberapa lempeng tektonik aktif:

1. Jalur gempa bumi Sirkum Pasifik, Jalur ini dimulai dari Cardilleras de Los Andes (Chili, Ecuador dan Caribia), Amerika Tengah, Mexico, California British Columbia, Alaska, Alaution Island, Kamchatka, Jepang, Taiwan, Filipina, Indonesia, Polynesia dan berakhir di New Zealand.
2. Jalur Gempa bumi Mediteran atau Trans Asiatic, Jalur ini dimulai dari Azores, mediteran (Maroko, Portugal, Italia, Balkan, Rumania), Turki, Kaukasus, Irak, Iran, Afganistan, Himalaya, Burma, Indonesia (Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, dan Laut banda) dan akhirnya bertemu dengan jalur sirkum Pasifik di daerah Maluku.
3. Jalur Gempa bumi Mid-Atlantic, Jalur ini mengikuti Mid-Atlantik Ridge yaitu Spitsbergen, Iceland dan Atlantik selatan.

Sebanyak 80% gempa di dunia terjadi di jalur Sirkum Pasifik yang biasa disebut sebagai *Ring of Fire* karena merupakan jalur vulkanik. Sedangkan pada jalur Mediteran terdapat 15% gempa dan sisanya sebanyak 5% tersebar di Mid Atlantik dan tempat – tempat lainnya (Pertiwi, 2010).

Menurut sumber terjadinya gempa, gempa bumi dikategorikan menjadi:

1. Gempa tektonik, merupakan gempa bumi yang berasal dari pergeseran lapisan-lapisan batuan di sepanjang bidang sesar di dalam bumi.
2. Gempa vulkanik, merupakan gempa bumi yang berasal dari gerakan magma

karena aktifitas gunung api.

3. Gempa longsor atau runtuh, yaitu gempa bumi yang terjadi karena aktivitas runtuh pada area pertambangan atau area rawan longsor.
4. Gempa buatan, yaitu getaran gempa bumi yang terjadi akibat adanya aktivitas manusia di kulit bumi yang menyebabkan getaran yang cukup kuat.

Menurut BMKG, gempa bumi dapat diklasifikasikan berdasarkan kedalaman sumber gempa menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Gempa bumi dangkal, dengan kedalaman hiposenternya kurang dari 70 km di bawah permukaan bumi ($h < 70$ km).
2. Gempa bumi menengah, dengan kedalaman hiposenter antara 70 km - 300 km di bawah permukaan bumi ($70 > h < 300$ km).
3. Gempa bumi dalam, dengan kedalaman hiposenternya lebih dari 300 km di bawah permukaan bumi ($h > 300$ km).

Seiring dengan terjadinya gempa bumi, terdapat beberapa kejadian yang berupa guncangan yang terjadi, diantaranya:

1. *Foreshock*, deretan guncangan yang terjadi sebelum gempa bumi utama.
2. *Aftershock*, deretan guncangan yang terjadi setelah gempa bumi utama dan dapat terjadi selama berbulan – bulan.
3. *Swarm*, sejumlah besar guncangan kecil tanpa ada gempa bumi utama.

Ibrahim (2009) menyatakan bahwa salah satu skala untuk mengukur kekuatan gempa bumi adalah Skala Richter (SR) dengan ketentuan berikut.

- a. Gempabumi sangat besar, magnitudo lebih besar dari 8 SR.
- b. Gempabumi besar, magnitudo antara 7 hingga 8 SR.
- c. Gempabumi merusak, magnitudo antara 5 hingga 6 SR.
- d. Gempabumi sedang, magnitudo antara 4 hingga 5 SR.
- e. Gempabumi kecil, dengan magnitudo antara 3 hingga 4 SR.
- f. Gempabumi mikro, magnitudo antara 1 hingga 3 SR.
- g. Gempabumi ultra mikro, lebih kecil dari 1 SR

3.2. Gelombang Seismik

Gelombang seismik adalah gelombang mekanik yang ditimbulkan oleh gempa bumi, sedangkan gelombang pada umumnya merupakan fenomena penjalaran gangguan di lingkungan sekitarnya. Gangguan ini mula-mula terjadi secara lokal yang menyebabkan osilasi berulang atau pergerakan partikel medium secara berulang, baik berupa osilasi tekanan maupun osilasi rapat massa. Gangguan menyebar dari satu tempat ke tempat lain menunjukkan transfer energi. Gelombang seismik disebut juga gelombang elastik karena osilasi partikel-partikel dalam medium terjadi akibat adanya interaksi antara gaya gangguan (*gradien stress*) melawan gaya-gaya elastik (Sungkowo, 2016).

Gelombang seismik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian:

1. Gelombang Badan

Gelombang badan adalah gelombang yang merambat dalam badan medium, yang berarti juga dapat merambat di permukaan medium. Gelombang ini dibagi lagi menjadi dua kelompok yaitu:

a. Gelombang primer (P) atau gelombang longitudinal. Gelombang P atau gelombang mampatan (*compression wave*), adalah gelombang yang arah gerakannya sejajar dengan arah rambatan gelombang. Gelombang ini dapat merambat pada media padat maupun cair. Semakin padat media yang dilalui kecepatannya semakin besar.

b. Gelombang sekunder (S) atau gelombang transversal. Gelombang S atau gelombang sekunder (*shear wave*) adalah gelombang yang arah gerakannya tegak lurus dengan arah rambat gelombang. Gelombang ini tidak dapat merambat pada medium cair.

2. Gelombang permukaan.

Gelombang permukaan adalah gelombang yang dihasilkan oleh interaksi antara gelombang badan dengan bagian permukaan lapisan bumi yang disebabkan oleh adanya permukaan pada batas suatu lingkungan. Gelombang permukaan dapat dibagi menjadi dua jenis:

a. Gelombang Rayleigh (R). Gelombang Rayleigh adalah getaran yang menyebabkan partikel batuan yang bergerak melingkar (*circular orbit*) membentuk

elips sehubungan dengan arah rambat gelombang.

b. Gelombang Love (L). Gelombang Love adalah getaran yang muncul dari interaksi gelombang SH dan permukaan bumi yang lunak dan tidak memiliki komponen dalam gerakan horizontal partikel.

3.3. Magnitudo Gempa Bumi

Magnitudo gempa merupakan ukuran kekuatan gempa yang menyatakan besarnya energi seismik yang dipancarkan oleh sumber gempa. Besaran ini akan bernilai sama, meskipun dihitung dari tempat yang berbeda. Konsep “magnitudo gempa bumi” sebagai skala kekuatan relatif yang merupakan hasil dari pengukuran fase amplitudo. Magnitudo dikemukakan pertama kali oleh K.Wadati dan C.Richter pada 1930 (T. Lay and T.C.Wallace, 1995).

Suatu nilai 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. Skala yang sering digunakan untuk menyatakan magnitudo gempa adalah skala richter (*Richter Scale*). Selain skala richter, ada beberapa magnitudo yang dikenal dalam kajian gempa bumi. Adapun jenis jenis magnitudo yang umum digunakan yaitu:

1) Magnitudo Lokal (ML)

Magnitudo lokal pertama kali diperkenalkan oleh Richter diawal tahun 1960 dengan menggunakan data kejadian gempa bumi di daerah California yang direkam oleh seismograf Woods Anderson. Menurutnya, pendekatan untuk mengetahui besarnya gempa bumi yang terjadi adalah dengan mengetahui jarak episenter ke seismograf dan mengukur amplitudo maksimum dari sinyal yang tercatat di seismograf.

2) Magnitudo *Body* (Mb)

Terbatasnya penggunaan magnitudo lokal untuk jarak tertentu menuntut adanya pembaruan tipe magnitudo gempa yang dapat digunakan secara luas. Salah satunya adalah magnitudo *body* (Mb). Magnitudo ini didapatkan dari catatan amplitudo gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi.

3) Magnitudo Permukaan (M_s)

Selain magnitudo *body*, terdapat pula magnitudo permukaan (M_s). Magnitudo tipe ini didapatkan sebagai hasil pengukuran terhadap gelombang permukaan. Untuk jarak $\Delta > 600$ km, periode panjang dari gempa bumi dangkal yang tercatat pada seismogram didominasi oleh gelombang permukaan.

Gelombang ini biasanya memiliki periode sekitar 20 sekon. Amplitudo gelombang permukaan sangat tergantung pada jarak Δ dan kedalaman sumber gempa bumi. Gempa bumi dalam tidak menghasilkan gelombang permukaan. Sehingga M_s tidak memerlukan koreksi kedalaman.

4) Magnitudo *Moment* (M_w)

Kekuatan gempa bumi sangat berkaitan dengan energi yang dilepaskan dari sumber gempa bumi. Pelepasan energi ini berbentuk gelombang yang menjalar ke permukaan dan bagian dalam bumi. Dalam penjarannya, energi ini mengalami pelemahan karena terserap oleh batuan yang dilaluinya sehingga energi yang sampai stasiun pencatat kurang menggambarkan energi gempa bumi di hiposenter. Berdasarkan teori elastik *rebound*, terdapat pula istilah momen seismik. Momen seismik ini dapat dihitung dari dimensi pergeseran bidang sesar atau dari analisis karakteristik gelombang gempa bumi yang terekam di stasiun pencatat.

5) Magnitudo Durasi (M_D)

Magnitudo Durasi (*Duration Magnitudo*) adalah fungsi dari total durasi sinyal seismik. Magnitudo durasi sangat berguna dalam kasus sinyal yang sangat besar amplitudonya (*off-scale*) yang mengaburkan jangkauan dinamis sistem pencatat sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan pembacaan apabila dilakukan estimasi menggunakan M_L (Massinon. B, 1986).

Secara umum magnitudo gempa dapat dicari dengan menggunakan rumus empirisnya, namun terkadang dalam penerapannya dapat terjadi berbagai kondisi dimana rumus empiris tersebut tidak dapat digunakan. Solusi untuk mendapatkan

nilai magnitudonya dapat dengan menggunakan pencarian nilai magnitudo berdasarkan hubungan antara magnitudo. Penggunaan nilai rumus empiris ini telah ditetapkan formulanya oleh beberapa ahli.

3.4. Intensitas Gempa Bumi

Intensitas merupakan besaran yang dipakai untuk mengukur suatu gempa selain dengan magnitudo. Intensitas dapat pula didefinisikan sebagai besarnya kerusakan di suatu tempat akibat gempa bumi yang diukur berdasarkan tingkat kerusakan yang terjadi. Angkanya ditentukan dengan menilai kerusakan yang dihasilkan, pengaruh pada benda, bangunan, tanah, dan akibat pada manusia. Patameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kerusakan ialah MMI (*Modified Mercalli Intensity*), yang diperkenalkan oleh Giuseppe Mercalli pada tahun 1902. Skala Mercalli terbagi menjadi 12 pecahan (Tabel 1).

Tabel 1. Skala *Modified Mercalli Intensity*

Skala Intensitas	Klasifikasi Secara Umum
I	Getaran tidak dirasakan kecuali dalam keadaan luarbiasa oleh beberapa orang
II	Getaran dirasakan oleh beberapa orang, benda-benda ringan yang digantung bergoyang.
III	Getaran dirasakan nyata dalam rumah. Terasa getaran seakanakan ada truk berlalu.
IV	Pada siang hari dirasakan oleh orang banyak dalam rumah, di luar oleh beberapa orang, gerabah pecah, jendela/pintu berderik dan dinding berbunyi.

V	Getaran dirasakan oleh hampir semua penduduk, orang banyak terbangun, gerabah pecah, barang-barang terpelanting, tiang-tiang dan barang besar tampak bergoyang, bandul lonceng dapat berhenti.
VI	Getaran dirasakan oleh semua penduduk. Kebanyakan semua terkejut dan lari keluar, plester dinding jatuh dan cerobong asap pada pabrik rusak, kerusakan ringan.
VII	Tiap-tiap orang keluar rumah. Kerusakan ringan pada rumah-rumah dengan bangunan dan konstruksi yang baik. Sedangkan pada bangunan yang konstruksinya kurang baik terjadi retak-retak bahkan hancur, cerobong asap pecah. Terasa oleh orang yang naik kendaraan.
VIII	Kerusakan ringan pada bangunan dengan konstruksi yang kuat. Retak-retak pada bangunan dengan konstruksi kurang baik, dinding dapat lepas dari rangka rumah, cerobong asap pabrik dan monumen-monumen roboh, air menjadi keruh.
IX	Kerusakan pada bangunan yang kuat, rangka-rangka rumah menjadi tidak lurus, banyak retak. Rumah tampak agak berpindah dari pondamennya. Pipa-pipa dalam rumah putus.
X	Bangunan dari kayu yang kuat rusak, rangka rumah lepas dari pondamennya, tanah terbelah rel melengkung, tanah longsor di tiap-tiap sungai dan di tanah-tanah yang curam.
XI	Bangunan-bangunan hanya sedikit yang tetap berdiri. Jembatan rusak, terjadi lembah. Pipa dalam tanah tidak dapat dipakai sama sekali, tanah terbelah, rel melengkung sekali.
XII	Hancur sama sekali, Gelombang tampak pada permukaan tanah. Pemandangan menjadi gelap. Benda-benda terlempar ke udara.

Sumber: <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg>

3.5. A-Value

Parameter seismitas atau yang biasa disebut nilai-a merupakan parameter seismik yang nilainya bergantung pada jumlah kejadian gempa bumi, volume dan

time window yang berada dalam batasan penelitian (Rohadi, Grandis dan Ratag, 2007 dalam Ernandi, dan Madlazim, 2020). Nilai seismisitas menunjukkan karakteristik data berupa tingkat seismisitas suatu daerah atau dengan kata lain menggambarkan aktivitas seismik pada suatu daerah dalam kurung waktu tertentu. Nilai-a dapat bervariasi secara spasial. Wilayah dengan nilai-a tinggi menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki aktivitas seismik yang tinggi atau sering terjadi gempa bumi, sedangkan wilayah dengan nilai-a yang rendah menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki aktivitas seismik yang rendah. Rendahnya aktivitas seismik pada suatu wilayah yang berada pada zona aktif gempa dikarenakan terjadi akumulasi energi pada wilayah tersebut.

3.6. B-Value

Parameter tektonik atau nilai-b mencerminkan akumulasi *stress local* sehingga dapat menjadi parameter kegempaan yang didapat dari frekuensi relatif dari jumlah kejadian gempa besar dan gempa kecil di suatu wilayah. Nilai-b digunakan untuk mengetahui perubahan fenomena fisis yang diamati sebelum terjadinya gempa bumi. Fenomena fisis yang dapat diamati adalah akumulasi tegangan yang kemudian akan dilepaskan saat terjadi gempa bumi. Nilai-b memiliki korelasi terhadap distribusi tegangan dan regangan sehingga dapat dijadikan indikator tegangan pada suatu wilayah (Ernandi, dan Madlazim, 2020). Sedangkan pada penelitian lain yang dilakukan oleh Wandono (2004), menyebutkan bahwa variasi nilai-b bergantung pada kondisi struktur tanah wilayah penelitian, dimana semakin besar nilai-b maka struktur tanah pada wilayah tersebut semakin tidak homogen seperti pada daerah dengan temperatur tinggi yaitu dapur magma dan sumber geothermal.

3.7. Metode Fraktal

Fraktal adalah bentuk geometris yang kasar pada semua skala, dan terlihat dapat "dibagi-bagi" dengan berbagai macam cara. Beberapa fraktal bisa dipecah menjadi beberapa bagian yang semuanya mirip dengan fraktal aslinya. Fraktal dikatakan memiliki detail yang tak hingga dan dapat memiliki struktur yang serupa

pada tingkat perbesaran yang berbeda (Galih dan Handayani, 2007).

Bahasa Inggris fraktal adalah *fractal*. Istilah fraktal dibuat oleh Benoit Mandelbrot pada tahun 1975 dari kata Latin *fractus* yang artinya “patah”, “rusak”, atau tidak teratur”. Sebelum Mandelbrot memperkenalkan istilah tersebut, nama umum untuk struktur semacamnya adalah kurva monster.

Berbagai jenis fraktal pada awalnya dipelajari sebagai benda-benda matematis. Geometri fraktal adalah cabang matematika yang mempelajari sifat-sifat dan perilaku fraktal. Fraktal bisa membantu menjelaskan banyak situasi yang sulit dideskripsikan menggunakan geometri klasik, dan sudah cukup banyak diaplikasikan dalam sains, teknologi, dan seni karya komputer (Galih dan Handayani, 2007).

Salah satu contoh adalah menggambar metode Newton, sebagai fraktal yang ternyata menunjukkan bahwa batas antara penyelesaian yang berbeda adalah fraktal. Geometri fraktal juga telah digunakan untuk kompresi data dan memodel sistem geologis dan organis yang kompleks, seperti pertumbuhan pohon dan perkembangan lembah sungai.

Gempa bumi berkaitan erat dengan patahan, sementara patahan tersusun oleh retakan-retakan batuan dan dapat dianggap sebagai sistem fraktal (Hirata, dkk., 1987; Kagan, 1982). Variasi fraktal secara spasial kemungkinan berhubungan erat dengan heterogenitas kondisi geologi.

Metode fraktal ini pernah diaplikasikan di daerah California bagian selatan dengan menggunakan katalog gempa tahun 1932–1972 (Main dan Burton, 1986). Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa fraktal untuk area California bagian selatan adalah 1.78. Angka tersebut menunjukkan aktivitas gempa yang sangat banyak yang berasosiasi dengan keberadaan sesar San Andreas (Galih dan Handayani, 2007).

Fraktal banyak diaplikasikan pada bidang:

- a. Klasifikasi slide histopatologi di ilmu kedokteran
- b. Pembuatan musik jenis baru
- c. Pembuatan berbagai bentuk karya seni baru
- d. Kompresi data dan sinyal

- e. Seismologi
- f. Kosmologi

3.8. Metode Empiris

Metode empiris merupakan metode yang dilakukan untuk menghitung dengan menggunakan rumus sederhana sebagai kajian analisis aktivitas gempa tektonik dan tingkat seismisitasnya. Lalu dari masing–masing kelompok data dicari hubungan statistik empiris antara jumlah kejadian gempa dengan magnitudo gempanya. Hubungan statistik empiris antara jumlah kejadian gempa (N) dan magnitudo gempa (m) yang dipakai adalah persamaan yang dirumuskan Gutenberg–Richter sebagai berikut:

$$\log N(M) = a - b M \quad \dots\dots (1)$$

Dimana N(M) adalah jumlah gempa bumi dengan magnitudo M, a merupakan parameter seismic yang besarnya bergantung banyaknya gempa untuk wilayah tertentu bergantung pada penentuan volume dan time window. Sedangkan b merupakan parameter tektonik biasanya mendekati 1 dan menunjukkan jumlah *relative* dari getaran yang kecil dan yang besar.

Konstanta b biasa dikenal sebagai *b-value* yang merupakan ukuran kerapuhan batuan. Banyak ahli menyatakan bahwa nilai-b bergantung pada karakter tektonik dan tingkat *stress* atau struktur material suatu wilayah. Variasi nilai-b suatu wilayah berhubungan dengan heterogenitas struktur dan distribusi *stress* wilayah tersebut. Nilai-b diperkirakan dengan cara statistik, yang salah satunya dikemukakan dengan Metode Likelihood Estimation (MLE) sebagai berikut:

$$b = \frac{1}{\bar{M} - M_{\min}} \log e \quad \dots\dots (2)$$

Sedangkan untuk menentukan nilai-a dapat ditentukan melalui persamaan,

$$a = \log N (M \geq M_o) + \log(b \ln 10) + M_o b \quad \dots(3)$$

Dengan \bar{M} adalah magnitudo rata-rata dan M_{\min}/M_o adalah magnitudo terkecil dari sampel data, $\log e = 0,4343$ dan N adalah jumlah kumulatif data yang digunakan.

3.9. Indeks Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi

Indeks seismisitas adalah sebuah parameter fisis yang menggambarkan jumlah total kejadian gempa bumi yang berlangsung dalam periode satu tahun dengan magnitudo lebih besar dari magnitudo terkecil gempa bumi pada suatu wilayah. Harga indeks seimisitas dapat dijabarkan dalam rumus sebagai berikut :

$$\log N_1 (M \geq M_o) = a_1 - bM_o \quad \dots\dots (4)$$

dengan :

$$a_1 = a' - \log \Delta t$$

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

Dimana $N_1 (M \geq M_o)$ adalah indeks seismisitas untuk magnitudo $\geq M_o$, a dan b adalah konstanta hubungan frekuensi-magnitudo, M adalah magnitudo gempa bumi, Δt adalah interval waktu pengamatan.

Periode gempa bumi dimaksudkan bahwa gempa bumi dengan magnitudo tertentu akan terulang kembali di daerah yang sama pada kurun waktu tertentu.

Untuk mendapatkan rata-rata periode ulang gempa bumi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\theta(M \geq M_o) = \frac{1}{N_1(M \geq M_o)} \quad \dots\dots(5)$$

Dengan $\theta(M \geq M_o)$ adalah periode ulang gempa bumi untuk magnitudo $(M \geq M_o)$. $N_1(M \geq M_o)$ adalah indeks seismisitas untuk magnitudo $(M \geq M_o)$.

IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Waktu dan Tempat

Adapun penelitian ini dilakukan di:

Tempat : Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Alamat : Gedung L Teknik Geofisika, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro
No.1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung,
Lampung 35145

Tanggal : 1 Mei 2022 – 15 Desember 2022

Adapun jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Jadwal kegiatan penelitian

No	Kegiatan	Kegiatan (Minggu Ke-)													
		Mei 2022				Agus 2022				Sep 2022				Des 2022	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
1	Studi Literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Penyusunan Proposal		■	■	■										
3	Bimbingan Usul			■	■										
4	Seminar Usul							■							
5	Analisa Data		■	■											
6	Pengolahan Data dan Interpretasi			■	■	■	■	■	■						
5	Penyusunan Laporan Hasil							■	■	■	■	■	■		
6	Bimbingan Hasil									■	■	■	■		
7	Seminar Hasil												■		
8	Revisi dan Persiapan Ujian Komprehensif													■	
9	Sidang Komprehensif														■

4.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah sebagai berikut :

1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop yang digunakan untuk mengolah data gempa.

2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Software Ms.Excel digunakan untuk mengatur format data gempa bumi sebelum diolah kedalam software Matlab.
- 2) Software Matlab R2018a digunakan untuk melakukan konverting data gempa.
- 3) Software Z-Map digunakan untuk melakukan pengolahan data gempa bumi.

3. Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil rekaman gempa bumi pada wilayah Sumatera Bagian Barat.

4.3. Tahapan Pengolahan

4.3.1. Metode Fraktal

Berdasarkan penelitian sebelumnya digunakan metode fraktal dengan perhitungan menggunakan software *MatLab-ZMap*, metode ini digunakan untuk dilakukan perbandingan dengan metode empiris.

Tahapan pengolahan data meliputi :

1. Seleksi data dimana data yang akan digunakan data dengan magnitudo diatas 4.
2. Declustering katalog gempa dengan ZMAP pada menu catalog menggunakan *decluster Reasenberg*.
3. Menghitung nilai *a-value* dan *b-value* menggunakan ZMAP.
4. Melakukan pemodelan *syntetic* pada menu *catalog* menggunakan ZMAP dari katalog gempa untuk mendapatkan sebaran nilai *a-value* dan *b-value*.
5. Melakukan perhitungan indeks seismisitas menggunakan rumus

$$\log N_1 (M \geq M_o) = a_1 - bM_o$$

6. Melakukan perhitungan periode ulang gempa bumi menggunakan rumus

$$\theta(M \geq M_o) = \frac{1}{N_1(M \geq M_o)}$$

4.3.2. Metode Empiris

Dengan metode empiris untuk mengetahui tingkat seismisitas di suatu wilayah khususnya wilayah Sulawesi yang menjadi tempat penelitian. *b-value* adalah konstanta yang dikenal dengan parameter tektonik atau struktur material suatu wilayah sedangkan *a-value* adalah konstanta yang dikenal dengan nilai seismisitas.

Tahapan pengolahan data meliputi :

1. Seleksi data dimana data yang akan digunakan data dengan magnitudo diatas 4.
2. Menghitung nilai *b-value* menggunakan microsoft excel dengan persamaan rumus empiris *Gutenberg-Richter*.

$$b = \frac{1}{\bar{M} - M_{\min}} \log e$$

3. Menghitung nilai *a-value* menggunakan microsoft excel dengan persamaan rumus empiris *Gutenberg-Richter*.

$$a = \log N (M \geq M_o) + \log(b \ln 10) + M_o b$$

4. Melakukan perhitungan indeks seismisitas menggunakan rumus.

$$\log N_1 (M \geq M_o) = a_1 - bM_o$$

5. Melakukan perhitungan periode ulang gempa bumi menggunakan rumus.

$$\theta(M \geq M_o) = \frac{1}{N_1(M \geq M_o)}$$

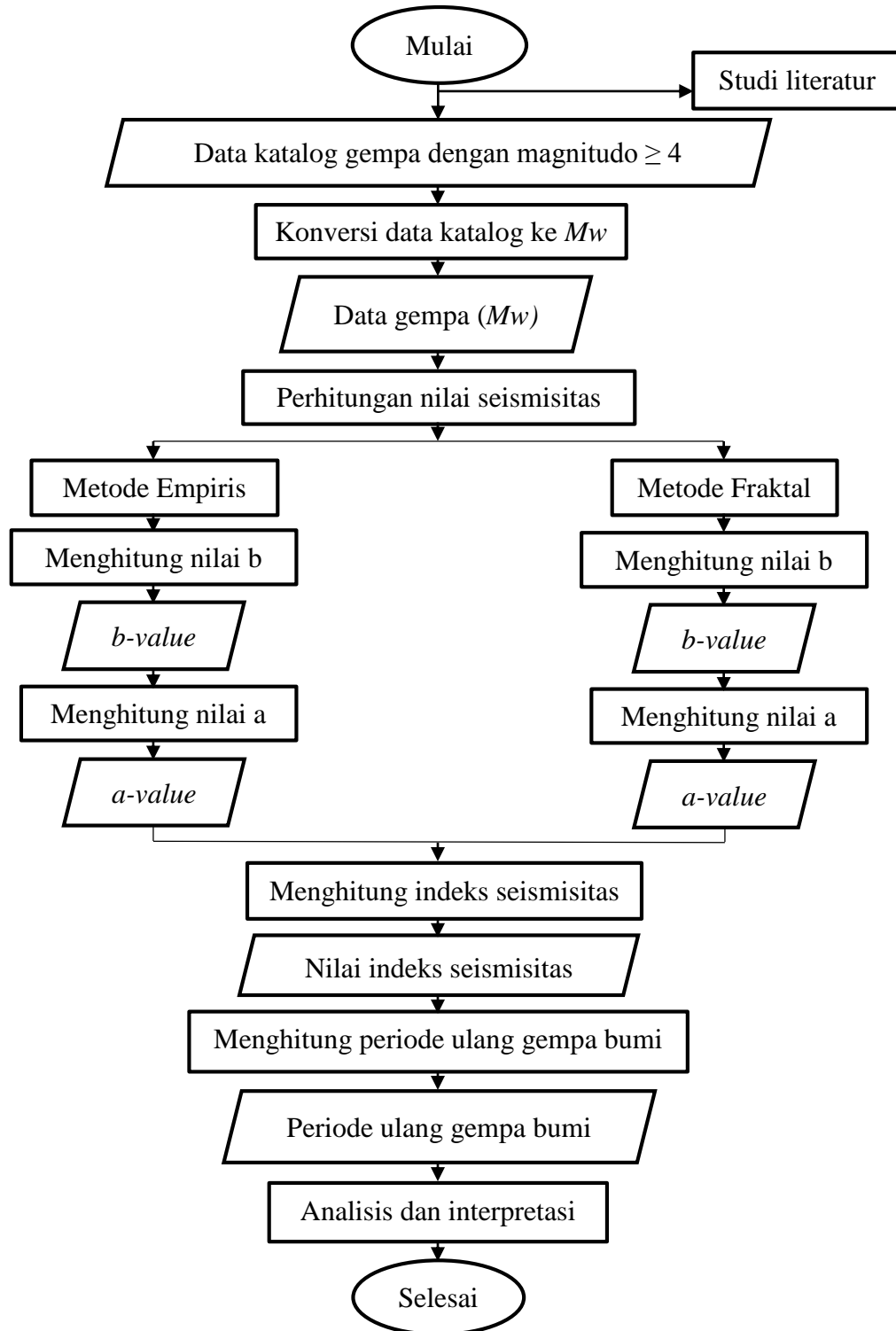
4.3.3. Perbandingan Antara Metode Fraktal dan Metode Empiris

Tabel 3. Perbandingan antara metode fraktal dan metode empiris

Analisis Parameter	Metode Empiris	Metode Fraktal
Parameter Tektonik	Untuk menentukan nilai b maka digunakan persamaan : $b = \frac{1}{\bar{M} - M_{\min}} \log e$	Dengan menggunakan program Zmap akan menghasilkan suatu grafik anatar jumlah kejadian gempa (Log N) dengan magnitudo (m)
Parameter Seismisitas	Untuk menentukan nilai a maka digunakan persamaan : $a = \log N (M \geq M_0) + \log(b \ln 10) + M_0 b$	Dengan menggunakan program Zmap akan menghasilkan suatu grafik anatar jumlah kejadian gempa (Log N) dengan magnitudo (m)

4.4. Diagram Alir

Diagram alir dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram Alir

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat seismisitas untuk wilayah Sumatera Barat yang dihasilkan dengan menggunakan metode fraktal diperoleh nilai *b-value* terendah 0,69 dan tertinggi 1,02, sementara itu untuk nilai *a-value* terendah yaitu 4,995 dan tertinggi 6,792. Sedangkan tingkat seismisitas yang dihasilkan dengan menggunakan metode empiris diperoleh nilai *b-value* terendah 0,70 dan tertinggi 1,05, sementara itu untuk nilai *a-value* terendah yaitu 5,194 dan tertinggi 7,538.
2. Dalam menentukan tingkat seismisitas di suatu wilayah dengan menggunakan dua metode baik dengan metode fraktal dengan *b-value* sebesar 1,02 dan *a-value* sebesar 6,792 sedangkan untuk metode empiris diperoleh *b-value* sebesar 1,05 dan *a-value* sebesar 7,538 dari kedua metode diperoleh wilayah yang sama yaitu wilayah III yang memiliki seismisitas yang tinggi atau daerah rawan gempa.
3. Nilai indeks seismisitas untuk magnitudo gempa $M \geq 7$ dan $M \geq 8$ nilai terendah untuk metode fraktal yaitu 0,002 dan terbesar yaitu 0,165 sedangkan dengan metode empiris diperoleh nilai indeks seismisitas terendah 0,004 dan tertinggi 0,357. Sedangkan untuk periode ulang metode fraktal diperoleh nilai periode ulang berkisar dari 6 tahun – 470 tahun, dan periode ulang untuk metode empiris berkisar dari 2 tahun – 228 tahun.

6.2. Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui indeks seismisitas, probabilitas dan periode ulang gempa bumi di wilayah Sumatera Barat menggunakan persamaan yang lain agar diketahui perbandingan nilai yang diperoleh. Selain itu, penelitian selanjutnya bisa juga menambahkan data katalog gempa bumi agar memperoleh nilai-a dan nilai-b yang lebih representative untuk dimasa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adzkie, M. 2010. Perhitungan *b-value* menggunakan metode likelihood untuk daerah Sumatera Barat dan sekitarnya. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Ernandi, F, N. dan Madlazim. 2020. Analisa variasi *a-value* dengan menggunakan software ZMAP V.6 sebagai indikator potensi gempa bumi di wilayah Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia, Vol.9, No.3, Hal. 24-30*.
- Edwiza, D. 2008. Analisis terhadap intensitas dan percepatan tanah maksimum gempa Sumbar. *Repository. UNAND, Vol 1, No 29*.
- Galih dan Handayani. 2007. Pemetaan Pola Terjadinya Gempa Bumi Di Indonesia Dengan Metode Fraktal. *Riset Geologi dan Pertambangan 17, No.2, Hal. 51-56*.
- Gutenberg, B. dan Richter, C. F. 1944. Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seismol. Soc. Am. Vol. 34, No.4*.
- Ibrahim, G., 2009, *Pengantar Seismologi, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*. Jakarta.
- Lay, T, and Terry, C. W. 1995. Modern Global Seismology, London. *Academic Press United California*
- Pertiwi, C, P. 2010. Analisis peluang terjadinya gempa bumi dengan metode likelihood untuk daerah papua dan sekitarnya. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.

- Rohadi, S, Grandis, H, dan Ratag, M. A. 2007. Studi variasi spatial seismisitas zona subduksi Jawa. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol.8. No.1.
- Sandy, I, M. 1985. Republik Indonesia Geografi Regional. Jakarta: Depdikbud.
- Sabrani. 2017. Uji Analisis Perbandingan Metode Fraktal dan Metode Empiris Untuk Penentuan Tingkat Seismisitas Di Wilayah Sulawesi. *Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin. Makasar.*
- Scholz, C.H. 1968. The-Frequency-magnitude Relation of the Earthquake Frequency-Distribution. *Geophysical Journal of the royal Astronomical Society*, vol 58.
- Stephenson dan Aspden. 1982. Simplified Geological Map of Northern Sumatra. Institute of Geological Sciences. Keyworth, U.K.
- Sunarjo, Gunawan, M, T dan Pribadi, S. 2012. *Gempa bumi Indonesia edisi populer. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.* Jakarta.
- Sungkowo, A. 2016. Studi kerentanan seismik dan karakteristik dinamik tanah di kota Yogyakarta dari data mikrotremor. *Thesis.* Fakultas Teknik Sipil dan Perancangan Universitas Islam Indonesia.
- Suwandi dan Elza A. 2017. Analisis Percepatan Tanah Maksimum, Intensitas Maksimum dan Periode Ulang Gempa Untuk Menentukan Tingkat Kerentanan Seismik di Jawa Barat (Periode Gempa Tahun 1974-2016). *Jurnal Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.*
- Utsu, T. 1965. A Method for Determining the Value of b in a Formula $\log N = a - Bm$ Showing the Magnitude Frequency for Earthquakes. *Geophys. Bull. Hokkaido Univ. Vol. 13, Hal. 99-103.*
- Wandono. 2004. Analisis Hubungan Frekuensi-Magnitudo Gempa Bumi Di Bali Dan Sekitarnya. *Jurnal Matematika Dan Sains. Vol. 9, No. 3.*

