

**ANALISIS DISTRIBUSI SPASIAL DAN TEMPORAL
SEISMOTEKTONIK BERDASARKAN NILAI-B DAN
DIMENSI FRAKTAL DI SUMATERA BARAT**



**MELLA YUSRAHMAN
NIM.16034063/2016**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

**ANALISIS DISTRIBUSI SPASIAL DAN TEMPORAL
SEISMOTEKTONIK BERDASARKAN NILAI-B DAN
DIMENSI FRAKTAL DI SUMATERA BARAT**

SKRIPSI

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



**Oleh:
MELLA YUSRAHMAN
NIM.16034063/2016**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS DISTRIBUSI SPASIAL DAN TEMPORAL SEISMOTEKTONIK BERDASARKAN NILAI-B DAN DIMENSI FRAKTAL DI SUMATERA BARAT

Nama : Mella Yusrahman
NIM : 16034063
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

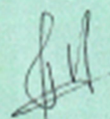
Padang, 15 Februari 2022

Mengetahui:
Kepala Departemen Fisika



Dr. Ratnawulan, M. Si
NIP. 19690120 1993032 002

Disetujui Oleh:
Pembimbing



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

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Mella Yusrahman
NIM : 16034063
Prodi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

ANALISIS DISTRIBUSI SPASIAL DAN TEMPORAL SEISMOTEKTONIK BERDASARKAN NILAI-B DAN DIMENSI FRAKTAL DI SUMATERA BARAT

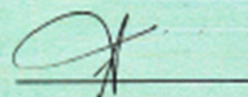
Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 15 Februari 2022

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Syafriani, S.Si., M.Si., Ph.D
Anggota	: Dr. Akmam, M.Si
Anggota	: Dr. Ahmad Fauzi, M.Si

Tanda Tangan



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mella Yusrahman
NIM/TM : 16034063/2016
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul: "Analisis Distribusi Spasial dan Temporal Seismotektonik Berdasarkan Nilai-B dan Dimensi Fraktal di Sumatera Barat" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Saya yang menyatakan



Mella Yusrahman
NIM.16034063

Analisis Distribusi Spasial Dan Temporal Seismotektonik Berdasarkan Nilai-B Dan Dimensi Fraktal Di Sumatera Barat

Mella Yusrahman

ABSTRAK

Sumatera Barat merupakan wilayah yang terletak pada pinggir lempeng aktif dunia yang menyebabkan tingginya frekuensi kejadian gempa bumi di wilayah ini. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi spasial dan distribusi temporal berdasarkan parameter seismotektonik nilai-b di wilayah Sumatera Barat serta untuk mengetahui nilai dimensi fraktal gempa bumi di wilayah Sumatera Barat.

Data gempa bumi yang digunakan bersumber dari katalog USGS periode 1990-2020. Metode yang digunakan untuk menentukan nilai-b pada penelitian ini adalah metode maksimum likelihood menggunakan software ZMAP 6.0. Metode ini lebih banyak dipakai dalam mencari nilai-b dibanding metode lain karena memberikan perkiraan lebih kuat.

Hasil yang diperoleh pada distribusi spasial seismotektonik nilai-b adalah berkisar antara 0.7-2.2. Hasil distribusi temporal nilai-b menunjukkan bahwa sebelum terjadi gempa bumi besar terjadi kenaikan dan penurunan nilai-b. Hal ini menunjukkan bahwa nilai-b di wilayah Sumatera Barat dapat dijadikan prekursor sebelum terjadi gempa bumi besar. Dimensi fraktal didapatkan nilainya yaitu 1.98 ± 0.02 menunjukkan tingkat kerentanan gempa bumi Sumatera Barat tinggi. Berdasarkan hasil analisis data gempa diketahui bahwa Sumatera Barat di beberapa wilayah rentan mengalami gempa bumi besar karena tingkat kerapuhan batuan rendah serta nilai-b dapat dijadikan prekursor untuk melihat potensi gempa bumi besar di masa depan.

Kata kunci : Seismisitas, Nilai-B, Sumatera Barat, Dimensi Fraktal

Analysis of Seismotectonic Spatial and Temporal Distribution of Seismotectonics Based on B-Values and Fractal Dimensions in West Sumatra

Mella Yusrahman

ABSTRACT

West Sumatra is a region located on the periphery of the world's active plates that cause a high frequency of earthquake events in this region. This study was conducted to find out spatial distribution and temporal distribution based on seismotektonic parameters of b-value in west Sumatra region and to find out the dimension value of earthquake fractals in west Sumatra region.

Earthquake data used is sourced from the USGS catalog for the period 1990-2020. The method used to determine the b-value in this study is the maximum likelihood method using ZMAP 6.0 software. This method is more widely used in finding the b-value than other methods because it provides a stronger estimate.

The results obtained on the seismotectonic spatial distribution of b-values range from 0.7 to 2.2. The results of the temporal distribution of b-values show that before a major earthquake there is an increase and decrease in the value of b. This shows that the b-value in the West Sumatra region can be used as a precursor before a large earthquake. For fractal dimensions obtained the value of 1.98 ± 0.02 indicates the level of vulnerability of the West Sumatra earthquake is high. Based on the results of earthquake data analysis it is known that West Sumatra in some regions is vulnerable to large earthquakes because of low rock fragility levels and b-values can be used as precursors to see the potential for large earthquakes in the future.

Keywords : Seismicity, B-Value, West Sumatra, Fractal Dimension

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Distribusi Spasial Dan Temporal Seismotektonik Berdasarkan Nilai-B Dan Dimensi Fraktal Di Sumatera Barat”. Penulisan skripsi ini adalah sebagai syarat dalam menyelesaikan Program Strata Satu (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Dalam menyelesaikan skripsi ini penulis tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik bantuan secara moril maupun materil. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Syafriani, M. Si, Ph.D, selaku Ketua Prodi Fisika dan dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran dan tenaga serta kesabarannya untuk membimbing penulis dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Akmam, M.Si selaku penasehat akademik dan dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan saran kepada penulis.
3. Bapak Dr. H. Ahmad Fauzi, M.Si selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan saran kepada penulis.
4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M. Si selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA UNP.
5. Staf Pengajar dan Karyawan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.

6. Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberikan doa serta dukungannya baik secara materil maupun spiritual dalam penyelesaian skripsi ini dan menjadi alasan penulis untuk tetap berjuang.
7. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP khususnya angkatan 2016 yang telah membantu berjuang hingga akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna, meskipun penulis sudah melakukan usaha terbaik untuk menjadikan skripsi ini lebih baik. Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan, kritikan, dan saran yang dapat membantu untuk menjadikan skripsi ini lebih baik.

Padang, Februari 2022

Mella Yusrahman

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian.....	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II. KERANGKA TEORITIS.....	7
A. Kondisi Tektonik Sumatera Barat	7
B. Gempa bumi	9
C. Klasifikasi Gempabumi	11
D. Gelombang Seismik	12
E. Parameter Gempabumi	16
F. Sesar	18
G. Distribusi Frekuensi dengan Magnitudo	19
H. Metoda Likelihood Maksimum	20
I. Distribusi Spasial dan Distribusi Temporal Nilai-b	22
J. Dimensi Fraktal	23
K. Penelitian Relevan.....	25
L. Kerangka Berpikir	27
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	29
A. Jenis Penelitian	29
B. Variabel Penelitian	29
C. Teknik Pengumpulan Data	29
D. Teknik Pengolahan Data	29
E. Teknik Analisa Data	31

F. Teknik Interpretasi Data.....	32
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Hasil	33
B. Pembahasan	37
Bab V. PENUTUP	42
A. Kesimpulan	42
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tektonik Regional Sumatra(Zera dkk, 2019).....	7
Gambar 2. Peta Indeks Rawan Bencana Bengkulu (BNPB, 2011).....	8
Gambar 3. Mekanisme Gempabumi (Sumber: Daz Edwiza, 2008).....	9
Gambar 4. Ilustrasi Gelombang p (sumber: Iris)	14
Gambar 5. Ilustrasi Gelombang S (Sumber: Iris)	15
Gambar 6. Ilustrasi Gelombang Rayleigh (Sumber: Iris)	16
Gambar 7. Ilustrasi gelombang Love (Sumber: Iris)	16
Gambar 8. Kerangka berpikir penelitian.....	28
Gambar 9. Peta seismisitas gempabumi tahun 1990-2020.....	33
Gambar 10. Plot kumulatif kejadian gempabumi tahun 1990-2020	34
Gambar 11. Distribusi frekuensi-magnitudo.....	35
Gambar 12. Distribusi spasial nilai-b di wilayah Sumatera Barat	35
Gambar 13. Distribusi temporal nilai-b di wilayah Sumatera Barat.....	36
Gambar 14. Dimensi fraktal di wilayah Sumatera Barat	37

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia terletak pada jalur pertemuan tiga lempeng besar dunia yaitu Indo-Australia yang bergerak ke Utara, Lempeng Eurasia yang bergerak relatif ke Selatan dan Lempeng Pasifik yang relatif bergerak ke barat. Ketiga lempeng ini bergerak secara bersamaan membuat Indonesia dikenal sebagai wilayah yang mempunyai tatanan geologi yang unik dan rumit. Akibat dari kondisi tersebut, menjadikan wilayah Indonesia sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas atau kegempaan yang tinggi. Pulau Sumatera termasuk disalah satunya.

Pulau Sumatera merupakan wilayah dengan tingkat kegempaan yang tinggi akibat berada pada zona subduksi. Zona subduksi Sumatera termasuk bagian dari zona subduksi Sunda-Andaman dan proses kegempaan yang terjadi di wilayah Sumatera karena adanya tumbukan antar lempeng, di mana Lempeng Indo-Australia menyusup ke bawah lempeng Eurasia dengan kecepatan diperkirakan mencapai 56 mm/tahun (Harjono, 2017). Hal ini disebabkan karena lempeng yang rapat massanya lebih besar yaitu Lempeng Indo-Australia dapat menyusup ke bawah ketika bertumbukkan dengan Lempeng Eurasia yang rapat massanya lebih kecil di zona tumbukan. Lempeng itu sendiri akan mengalami perlambatan gerakan akibat gesekan dari selubung bumi. Penumpukan energi di zona subduksi dan zona patahan merupakan akibat dari perlambatan gerak lempeng. Oleh karena itu, zona-zona tersebut terjadi tekanan, tarikan, dan geseran. Saat batas lempeng elastisitas lempeng

terlampau, maka terjadi patahan batuan yang juga diikuti dengan lepasnya energi secara tiba-tiba. Tumbukan kedua lempeng besar ini menimbulkan gejala tektonik lainnya yaitu busur magmatik yang ditandai dengan munculnya rangkaian pegunungan Bukit Barisan dengan gunung apinya dan sesar besar. Hal ini mengakibatkan lempeng yang sebaran gempabumi di wilayah ini tidak hanya bersumber dari aktivitas zona subduksi, tetapi juga dari sistem sesar aktif di sepanjang Pulau Sumatera. Sumatera Barat merupakan salah satu kawasan di Indonesia yang terletak pada pinggiran lempeng aktif (*active plate margin*) dunia yang menyebabkan tingginya frekuensi kejadian gempabumi di wilayah ini. Penelitian pernah dilakukan di daerah subduksi Sumatera Barat, yaitu daerah Kepulauan Mentawai khususnya di Pulau Siberut. Di Mentawai tahun 2010 telah terjadi gempabumi dengan magnitudo 7,8 Sr. Hasil dari penelitian diperoleh bahwa Pulau Siberut mempunyai potensi terjadinya gempa di masa yang akan datang (Febriyani dkk, 2014).

Gempabumi merupakan sebuah peristiwa bergetar atau bergoncangnya bumi karena pergerakan atau pergeseran lapisan batuan pada kulit bumi secara tiba-tiba diakibatkan oleh pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Gempabumi juga bisa terjadi akibat aktifitas gunung berapi. Oleh karena itu, Gempabumi menimbulkan resiko besar yaitu merusak bangunan-bangunan, fasilitas umum dan memakan korban jiwa. Berkaitan dengan kondisi tersebut, perlu dilakukan analisis resiko kegempaan di suatu wilayah.

Analisis tingkat resiko kegempaan di suatu wilayah dapat dilihat dengan parameter seismotektoniknya yang terdiri dari nilai-a dan nilai-b yang didasarkan dari hubungan antara frekuensi dengan magnitudo gempabumi. Nilai-a merupakan parameter seismotektonik pada suatu wilayah yang menyatakan tingkat aktivitas kegempaan di suatu wilayah. Nilai-b adalah parameter seismotektonik yang menggambarkan kondisi tektonik pada suatu wilayah. Nilai-b yang rendah pada suatu wilayah mengindikasikan adanya potensi gempa besar dan sebaliknya. Hubungan frekuensi dan magnitudo gempabumi bisa digunakan dalam berbagai penelitian salah satunya yaitu untuk menentukan distribusi spasial dan distribusi temporal. Distribusi spasial merupakan distribusi yang mengacu pada ruang di suatu wilayah. Pada distribusi spasial nilai-b dapat menunjukkan wilayah yang aktif gempabumi. Distribusi temporal merupakan distribusi yang mengacu terhadap waktu. Pada distribusi temporal, nilai-b dapat dijadikan sebagai prekursor gempabumi. Menurut penelitian sebelumnya Supriyanto Rohadi (2015) yang mengambil data gempabumi selama 35 tahun. Supriyanto mendapatkan kesimpulan bahwa nilai-b dapat menjadi prekursor sebelum terjadi gempabumi besar. Hasil dari distribusi spasial nilai-b didapatkan wilayah yang memiliki nilai-b yang kecil umumnya memiliki potensi kecil potensi gempabumi besar. Hasil pada distribusi temporal, nilai-b didahului peningkatan pada jangka waktu menengah, lalu diikuti dengan nilai-b yang menurun sebelum terjadinya gempabumi besar. Penelitian selanjutnya oleh Pailoplee dan Choowong (2014) yang telah melakukan penelitian tentang nilai-b dan dimensi fraktal di wilayah Asia Tenggara. Hasil memperlihatkan bahwa variasi wilayah nilai-b dan dimensi fraktal bisa menyatakan stress lokal tektonik dan tingkat bahaya.

Penelitian ini diperlukan pemetaan nilai- b dengan resolusi spasial lebih detail dengan katalog gempabumi yang lebih terbaru.

Kekuatan gempabumi bisa diukur dengan menggunakan skala magnitudo. Biasanya magnitudo bergantung pada frekuensi gempabumi sehingga dapat melibatkan teknik fraktal untuk memahami karakteristik wilayah gempabumi. Teori fraktal dan dimensi fraktal bisa digunakan untuk studi aktivitas seismik. Umumnya, variasi temporal dan variasi spasial dari gempabumi keduanya memperlihatkan struktur fraktal. Ketika gempa terjadi, nilai dimensi fraktal sangat rendah (Yushan Tang dkk, 2020). Ciri khas fraktal ialah patah atau rusak atau tidak teratur akibat dari fraktal tersebut akan terjadi pengulangan gempa pada wilayah yang memiliki fraktal yang tinggi. Hal itu memperlihatkan bahwa gempabumi berkaitan erat dengan patahan, sementara patahan tersusun oleh retakan–retakan batuan dan dapat dianggap sebagai sistem fraktal. Kegempaan dicirikan oleh parameter seismotektonik (nilai- b) dan dimensi fraktal (D).

Berdasarkan permasalahan diatas, Sumatera Barat memiliki tatanan tektonik yang rumit. Oleh karena itu, upaya mitigasi menjadi salah satu upaya yang akan dilakukan untuk meminimalisir dampak negatif gempabumi. Langkah yang dilakukan adalah menganalisa parameter-parameter seismotektonik suatu wilayah. Informasi yang dihasilkan dari analisa ini dapat memberi gambaran karakteristik kegempaan wilayah baik secara spasial maupun temporal. Dalam mengetahui potensi kegempaan dan parameter prekursor gempabumi serta waktu perulangan gempa bumi di wilayah Sumatera Barat maka dilakukan penelitian ini. Metode yang digunakan dalam menentukan nilai- b adalah metode maksimum Likelihood.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan diatas, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumatera Barat di lintasi oleh tiga patahan, yaitu Patahan Sumatera, Patahan Mentawai, dan Zona Subduksi yang mengakibatkan seringnya terjadi gempabumi dan perlu upaya mitigasi.
2. Perlu dilakukan pemetaan distribusi spasial nilai-b dan penentuan distribusi temporal nilai-b untuk memberikan informasi tambahan kepada masyarakat.
3. Belum adanya penelitian terkait dimensi fraktal gempabumi di wilayah Sumatera Barat.

C. Batasan Masalah

1. Wilayah penelitian dilakukan di Sumatera Barat yang memiliki koordinat $0^{\circ}54'$ LU - $3^{\circ}30'$ LS dan $98^{\circ}36'$ BT - $101^{\circ}53'$ BT.
2. Data yang digunakan adalah data katalog gempabumi yang tersedia di situs *national earthquake information center U.S geology survey (NEIC/USGS)* periode 1990-2020.
3. Data gempa yang digunakan adalah data gempa yang memiliki batasan magnitudo yaitu $M \geq 4.5$ SR.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana distribusi Spasial berdasarkan parameter seismotektonik nilai-b di wilayah Sumatera Barat?

2. Bagaimana distribusi temporal berdasarkan parameter seismotektonik nilai-b di wilayah Sumatera Barat?
3. Bagaimana nilai dimensi fraktal di wilayah Sumatera Barat?

E. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini, untuk menjawab rumusan masalah yang telah diuraikan, maka adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui distribusi Spasial berdasarkan parameter seismotektonik nilai-b di wilayah Sumatera Barat.
2. Mengetahui distribusi temporal berdasarkan parameter seismotektonik nilai-b di wilayah Sumatera Barat.
3. Mengetahui nilai dimensi fraktal gempabumi di wilayah Sumatera Barat.

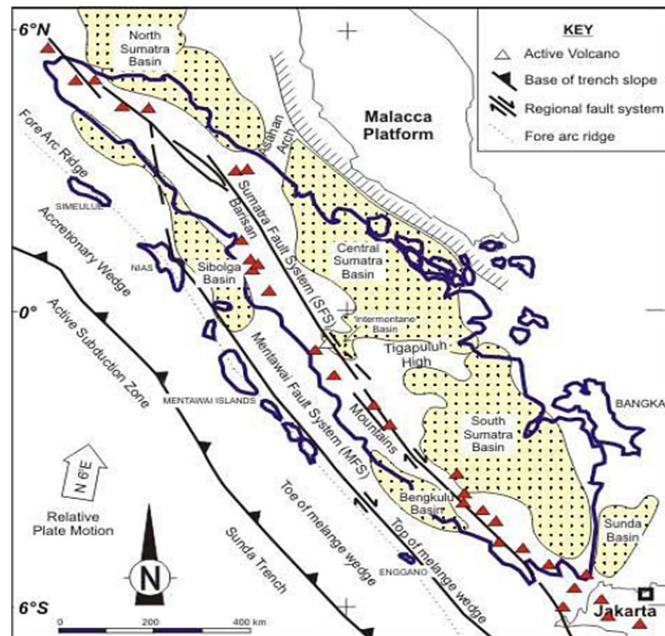
F. Manfaat Penelitian

1. Sebagai informasi awal untuk mitigasi bencana kepada pemerintah pusat maupun pemerintah daerah setempat untuk digunakan sebagai studi awal indikasi atau *precursor* gempabumi.
2. Penelitian nilai-b dan dimensi fraktal diharapkan dapat menjadi informasi untuk masyarakat khususnya masyarakat di Sumatera Barat.
3. Untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi.

BAB II KERANGKA TEORITIS

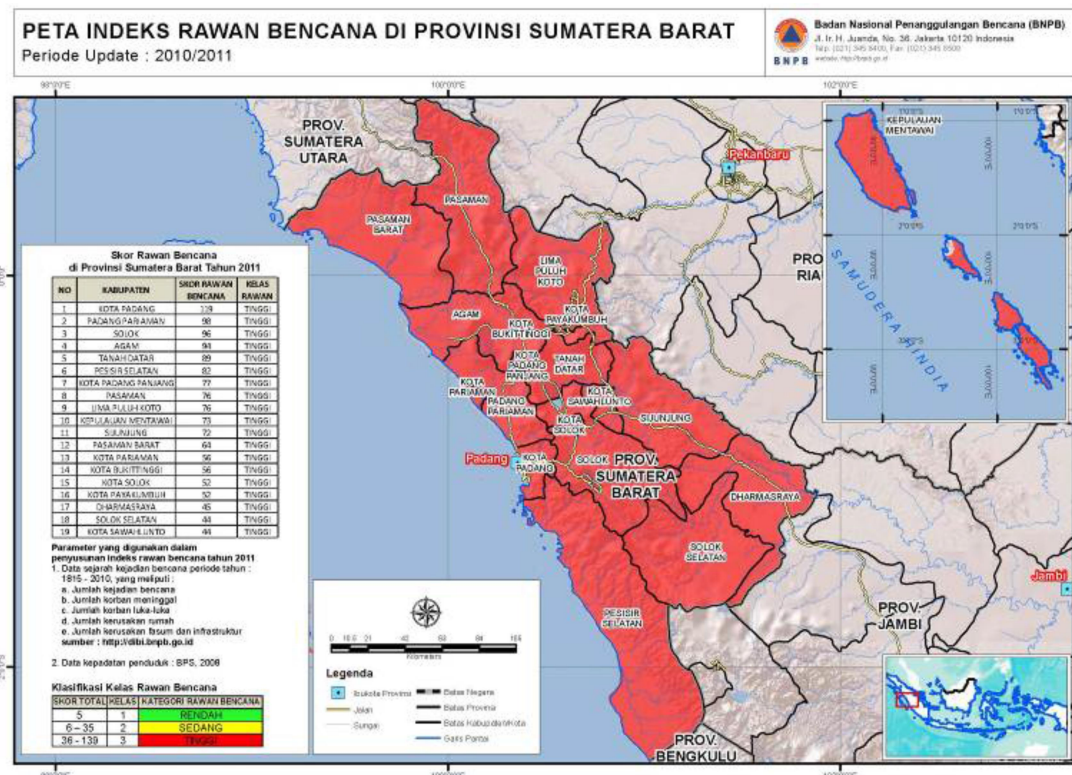
A. Kondisi Tektonik Sumatera Barat

Pulau Sumatera merupakan daerah zona tektonik aktif yang berada pada sebelah barat daya dari Lempeng Eurasia. Wilayah ini merupakan hasil subduksi antara Lempeng Indo-Australia yang menujam ke bawah Lempeng Eurasia. Seismisitas di Sumatera berkaitan dengan tiga sistem sesar besar, yaitu subduksi yang dikenal juga dengan sebutan Sunda Megathrust, Sesar Sumatra (Sesar Semangko) dan Sesar Mentawai seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tektonik Regional Sumatera (Zera dkk, 2019)

Zona subduksi Sumatera terbentang dari Selat Sunda hingga Laut Andaman. Pulau Sumatra juga terdapat sesar aktif yang dibagi menjadi 20 segmen utama dengan panjang masing-masing segmen berkisar 35-200 kilometer (Raharjo, 2016). Salah satu wilayah di Pulau Sumatra yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi adalah Sumatera Barat.



Gambar 2. Peta Indeks Rawan Bencana Bengkulu (BNPB, 2011)

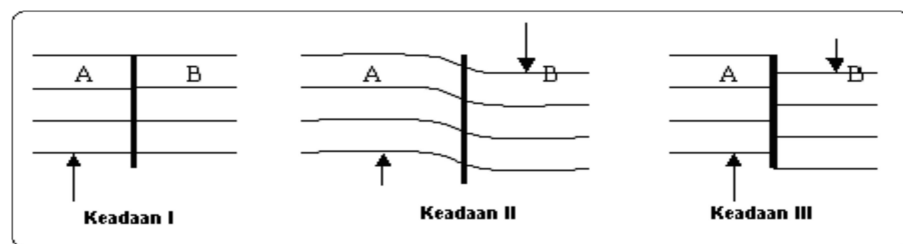
Wilayah Sumatera Barat secara geografis memiliki koordinat $0^{\circ}54'$ LU - $3^{\circ}30'$ LS dan $98^{\circ}36'$ BT - $101^{\circ}53'$ BT. Sumatera Barat terletak di sepanjang pantai barat Pulau Sumatra bagian tengah dimana wilayahnya yang membujur dari Barat Laut ke Tenggara. Wilayah Sumatera Barat ini mempunyai tingkat kegempaan yang cukup aktif karena terletak pada jalur Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. Akibat tumbukan kedua lempeng besar ini selanjutnya menimbulkan gejala tektonik

lainnya yaitu busur magmatik yang ditandai dengan munculnya rangkaian pegunungan Bukit Barisan beserta gunung apinya dan sesar/patahan besar Sumatera yang memanjang searah dengan zona tumbukan kedua lempeng yaitu Utara-Selatan. Wilayah Sumatera Barat dilalui oleh 4 segmen sesar aktif yang berpotensi menghasilkan gempa bumi besar dan merusak yaitu Segmen Sesar Sumpur, Segmen Sesar Sianok, Segmen Sesar Sumani dan Segmen Sesar Suliti (Syafriani, 2019).

B. Gempabumi

Gempabumi merupakan getaran yang terjadi di dalam bumi ketika terlepasnya energi yang tersimpan dalam bumi secara tiba-tiba, biasanya dalam bentuk tegangan pada batuan (Mandasari, 2018). Gempabumi akan terjadi apabila penumpukan energi pada batas lempeng bersifat *konvergen* (bertumbukan), *divergen* (saling menjauh) dan *transform* (berpapasan) atau pada sesar dan blok batuan tersebut tidak mampu lagi menahan batas elastisitasnya, sehingga akan dilepaskan sejumlah energi dalam bentuk rangkaian gelombang seismik yang dikenal sebagai gempabumi.

Gelombang yang dipancarkan oleh gempa tektonik akan menjalar keseluruhan penjuru, tidak hanya melewati permukaan bumi melainkan juga melalui bagian bumi bagian dalam dan bahkan seringkali gelombang tersebut melewati inti bumi sebelum ditangkap oleh suatu stasiun pencatat gempa.



Gambar 3. Mekanisme gempabumi (Sumber: Daz Edwiza, 2008)

Gambar 3 merupakan mekanisme gempabumi yang menjadi sumber gempa tektonik. Sesar atau pecahan pada bagian bumi yang padat ditunjukkan dengan garis tebal vertikal. Keadaan I menunjukkan belum terjadi suatu perubahan bentuk geologi pada suatu lapisan. Gerakan yang terjadi terus-menerus di dalam bumi, maka akan terdapat *stress* yang lama kelamaan akan terakumulasi dan mampu merubah bentuk geologi dari lapisan batuan. Keadaan II menunjukkan dimana telah terjadi perubahan bentuk geologi suatu lapisan batuan yang mendapat dan mengandung *stress*. Pada gambar *stress* ke atas menggambarkan daerah A, sedangkan *stress* ke bawah menggambarkan daerah B. Proses ini akan berjalan terus sampai adanya gesekan antara daerah A dan daerah B yang terjadi akibat *stress* yang dikandung di daerah ini cukup besar. Seiring berjalannya waktu ketika lapisan batuan sudah tidak mampu lagi untuk menahan *stress*, maka akan terjadi suatu pergerakan atau perpindahan yang tiba-tiba sehingga terjadilah patahan. Peristiwa pergerakan secara tiba-tiba ini disebut gempabumi. Pada keadaan III gambar menunjukkan lapisan batuan yang sudah patah karena adanya pergerakan yang secara tiba-tiba dari batuan. Gerakan perlahan-lahan sesar ini akan berjalan terus-menerus, sehingga seluruh proses diatas akan diulangi lagi dan sebuah gempa akan terjadi lagi setelah beberapa waktu lamanya. Gerakan lempeng bisa dalam waktu yang lambat maupun dalam waktu yang cepat (Daz Edwiza, 2008). Energi yang tersimpan dan sulit keluar menyebabkan energi tersebut tersimpan sampai akhirnya energi itu tidak dapat tertahan lagi dan terlepas yang menyebabkan pergerakan lempeng secara cepat dalam waktu yang singkat yang menyebabkan terjadinya getaran pada kulit bumi.

C. Klasifikasi gempabumi

Gempabumi dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Klasifikasi gempabumi berdasarkan kejadian

Menurut (Gunawan dan Subardjo, 2010) gempabumi yang merusak dan menimbulkan bencana dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu:

- a. Gempabumi vulkanik merupakan gempa yang terjadi akibat adanya aktivitas magma, terjadi karena aktivitas gunung api. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan timbulnya ledakan yang juga akan menimbulkan terjadinya gempabumi. Gempabumi tersebut hanya terasa di sekitar gunung api tersebut.
- b. Gempabumi tektonik merupakan gempa yang disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng–lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga yang sangat besar.
- c. Gempabumi runtuhuan merupakan gempa yang terjadi karena adanya runtuhuan. Gempa ini biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun pada daerah pertambangan, gempabumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal.
- d. Gempabumi buatan merupakan gempa yang disebabkan oleh adanya aktivitas dari manusia yang menyebabkan getaran kuat seperti peledakan dinamit, nuklir atau palu yang dipukulkan ke permukaan bumi.

2. Gempabumi Berdasarkan Kekuatannya

Jenis gempabumi berdasarkan kekuatannya (Sunarjo, 2012) yaitu sebagai berikut:

- 1) Gempabumi sangat besar, $M > 8$ SR

- 2) Gempabumi besar, M 7-8 SR
- 3) Gempabumi merusak, M 5-6 SR
- 4) Gempabumi sedang, M 4-5 SR
- 5) Gempabumi kecil M 3-4 SR
3. Gempabumi Berdasarkan kedalamannya

Jenis gempabumi berdasarkan kedalamannya (Sunarjo, 2012) yaitu sebagai berikut:

- a. Gempabumi dalam yaitu gempabumi dengan kedalaman $h > 300$ km di bawah permukaan bumi.
- b. Gempabumi menengah yaitu gempabumi dengan kedalaman 70 - 300 km.
- c. Gempabumi dangkal yaitu gempabumi dengan kedalaman $h < 70$ km.

D. Gelombang Seismik

Gelombang seismik merupakan gelombang elastik gempabumi yang menjalar ke seluruh bagian bumi dan melalui permukaan bumi, akibat adanya lapisan batuan yang patah secara tiba-tiba. Gelombang utama gempabumi terdiri dari dua tipe, yaitu gelombang badan (*body waves*) dan gelombang permukaan (*surface wave*).

- a. Gelombang badan (*body waves*)

Gelombang badan adalah gelombang yang menjalar di setiap lapisan bumi. menurut para ahli, gelombang permukaan membawa energi yang lebih besar daripada gelombang badan, sedangkan kecepatan rambat gelombang badan jauh lebih besar daripada gelombang permukaan (Pawirodikromo, 2012). Jenis batuan, kepadatan, tekanan dan temperatur batuan mempengaruhi cepat rambat gelombang. Kecepatan

rambat gelombang akan semakin cepat jika batuan semakin padat. Gelombang badan terdiri dari dua macam gelombang, yaitu :

1) Gelombang P (*Pressure-wave*)

Gelombang P (*Pressure wave*) merupakan gelombang yang menjalar dalam tubuh bumi yang mempunyai kecepatan paling tinggi. Gelombang ini merambat dengan kecepatan antara 7-14 km/detik. *Pressure Wave* ini mempunyai sifat gerakan partikel searah dengan rambatan gelombang. *Pressure Wave* juga dapat merambat ke media solid, cair (air, magma) dan gas/udara. *Pressure Wave* akan menjalar lebih cepat pada media padat dan akan semakin bertambah kecepatan rambatnya apabila berada pada zona yang mempunyai densitas lebih besar. Gelombang ini mempunyai kecepatan tertinggi dibanding dengan gelombang lain. Adapun persamaan dari kecepatan gelombang P adalah sebagai berikut:

$$V_p = \alpha = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad (1)$$

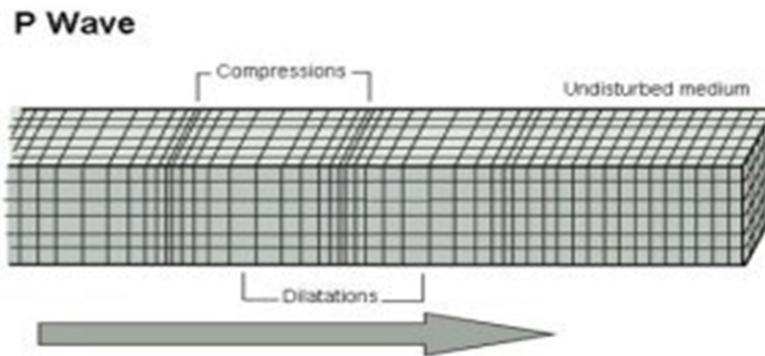
Dengan,

V_p : kecepatan gelombang primer

α : parameter *lame*

μ : modulus geser

ρ : massa jenis batuan.



Gambar 4. Ilustrasi Gelombang p (sumber: Iris)

2) Gelombang S (*Shear-wave*)

Gelombang S adalah gelombang yang merambat seperti gelombang primer dengan kecepatan lebih lambat. Gelombang merambat dengan kecepatan 4-7 km/detik. Gelombang permukaan juga dapat disebut gelombang *transversal*. *Shear wave* mempunyai sifat menimbulkan efek geser (seperti gelombang air), pada rambatan gelombang gerakan partikel tegak lurus, dan *Shear wave* tidak dapat merambat melalui air atau zat cair. *Shear wave* tidak bisa merambat pada medium cair karena medium ini tidak bisa diberi sebuah puntiran. Adapun persamaan dari kecepatan gelombang sekunder adalah sebagai berikut:

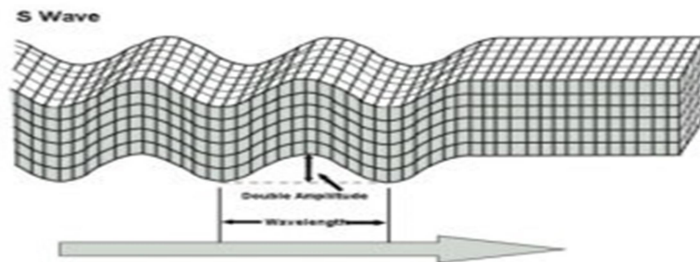
$$V_s = \beta = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2)$$

Dengan,

V_s : kecepatan gelombang sekunder

μ : modulus geser

ρ : massa jenis batuan



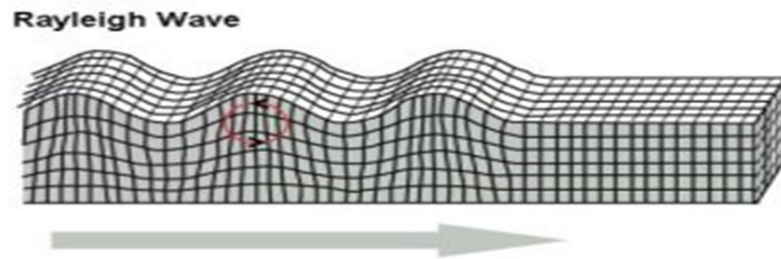
Gambar 5. Ilustrasi Gelombang S (Sumber: Iris)

b. Gelombang permukaan (*surface wave*)

Gelombang permukaan merupakan gelombang yang menjalar di permukaan tanah dengan kecepatan 3-4 km/detik. Gelombang permukaan ini menimbulkan kerusakan di permukaan bumi karena berasal dari episentrum. Gelombang yang paling cepat merambat adalah gelombang primer, kemudian gelombang sekunder, dan disusul oleh gelombang *Rayleigh* (Pawirodikromo, 2012). Gelombang permukaan terdiri dari dua, yaitu:

1) Gelombang *Rayleigh*

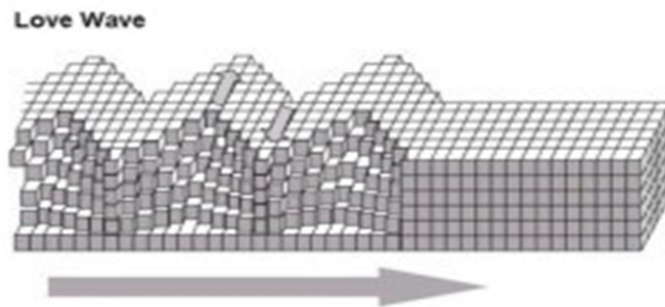
Gelombang *Rayleigh* adalah getaran partikel yang bergerak melingkar (*circular orbit*) berbentuk ellips terhadap perambatan gelombang. Gelombang *Rayleigh* terjadi karena adanya interaksi antara bidang gelombang SV dan P pada permukaan bebas yang kemudian merambat secara paralel terhadap permukaan. Gelombang *rayleigh* terlihat pada permukaan tanah yang bergerak ke atas dan ke bawah pada saat gempa bumi besar terjadi. Waktu perambatan gelombang ini lebih lambat dibanding gelombang *love*.



Gambar 6. Ilustrasi Gelombang Rayleigh (Sumber: Iris)

2) Gelombang *Love*

Gelombang *love* adalah getaran partikel dengan yang dihasilkan dari interaksi antara SH-waves dengan permukaan tanah lunak dan tidak memiliki komponen dari partikel.



Gambar 7. Ilustrasi gelombang Love (Sumber: Iris)

E. Parameter Gempabumi

1. Waktu Asal (*origin time*)

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

2. Hiposenter

Hiposenter atau fokus gempa adalah pusat titik gempa yang ada di dalam bumi. Studi proses dan perubahan mekanisme sumber dari gempabumi besar, validasi variasi kecepatan gelombang, dan studi struktur zona patahan adalah manfaat dari penentuan hiposenter. Manfaat tersebut membuat penentuan hiposenter yang akurat menjadi kebutuhan mutlak untuk analisis kegempaan lanjutan.

3. Episenter

Episenter adalah titik dipermukaan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari hiposenter atau fokus gempa bumi. Lokasi episenter dibuat dalam sistem koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur.

4. Magnitudo

Magnitudo adalah ukuran kekuatan gempabumi yang menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempabumi terjadi dan merupakan hasil pengamatan seismograph. Konsep magnitudo gempabumi sebagai skala kekuatan relatif hasil dari pengukuran amplitudo. Magnitudo terdiri dari beberapa jenis yaitu:

a. Magnitudo Bodi (mb)

Dikarenakan penggunaan magnitudo lokal sangat terbatas untuk jarak tertentu maka dikembangkan tipe magnitudo yang dapat digunakan secara luas. Salah satunya yaitu mb atau magnitudo bodi (*Body-Wave Magnitude*). Magnitudo ini didefinisikan berdasarkan catatan amplitudo dari gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi.

b. Magnitudo Permukaan (M_s)

Magnitudo tipe ini didapatkan sebagai hasil pengukuran terhadap gelombang permukaan (*surface waves*). Jarak $D > 600$ km seismogram periode panjang (*long-period seismogram*) dari gempabumi dangkal didominasi oleh gelombang permukaan.

c. Magnitudo Momen (M_w)

Kekuatan gempabumi sangat berkaitan dengan energi yang dilepaskan oleh sumbernya. Pelepasan energi ini berbentuk gelombang yang menjalar ke permukaan dan bagian dalam bumi. Dalam penjarannya energi ini mengalami pelemahan karena absorpsi dari batuan yang dilaluinya, sehingga energi yang sampai ke stasiun pencatat kurang dapat menggambarkan energi gempabumi di hiposenter.

F. Sesar

Sesar (*fault*) adalah suatu rekahan pada batuan yang mengalami pergeseran sehingga terjadi perpindahan antara bagian-bagian yang berhadapan dengan arah yang sejajar dengan bidang patahan. Pergerakan balok pada lithosphere dapat terjadi dengan pergerakan yang relatif dominan ke atas, ke bawah atau mendatar/sejajar dengan blok lainnya. Terjadinya gempabumi dapat dipicu oleh pergerakan patahan yang terjadi secara mendadak akibat batas lempeng yang mengalami gesekan yang disebabkan oleh pelepasan energi (Suroyo, MT, 2019).

Secara umum, sesar diklasifikasikan berdasarkan atas bidang sesar dan arah gerak relatifnya yaitu :

1. Sesar normal (*normal fault*),
2. Sesar mendatar (*transform fault*), dan

3. Sesar naik (*reverse fault*).

G. Distribusi frekuensi dengan magnitudo

Distribusi frekuensi-magnitudo Gempabumi pertama kali dilakukan berdasarkan rekaman seismogram untuk daerah Kwato, Jepang. Penelitian ini dilakukan oleh Ishimoto dan Iida. Kemudian B. Gutenberg dan C.F Richter melakukan hal yang sama untuk data global seluruh dunia. Dalam menganalisis aktivitas kegempaan suatu wilayah dalam upaya mitigasi adalah dengan menganalisis Distribusi frekuensi dan magnitudo. Distribusi antara frekuensi dengan magnitudo dapat diperoleh dengan cara menggambarkan pola sebaran parameter-parameter seismotektonik oleh *Gutenberg-Richter* (1954) dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\text{Log}N = a - bM \quad (3)$$

Nilai N merupakan jumlah gempabumi dengan magnitudo yang lebih besar atau sama dengan M. Nilai-a merupakan parameter seismotektonik yang menyatakan tingkat seismisitas di suatu daerah yang sedang diamati dan nilai ini tergantung pada periode tertentu, luas daerah dan seismisitas daerah yang diamati. Nilai-b merupakan parameter seismotektonik yang menyatakan tentang kondisi tektonik di wilayah yang berhubungan dengan aktivitas kegempaan.

1. Arti Fisis Konstanta a

Nilai-a merupakan konstanta dari persamaan linier dengan hubungan frekuensi dan magnitudo dari Gutenberg-Richter. Nilai-a menunjukkan tingkat keaktifan seismik. Tingkat keaktifan seismik menyatakan banyaknya seismisitas di wilayah penelitian, besarnya tergantung dari luas daerah dan periode penelitian.

Semakin besar a-value di suatu daerah artinya semakin tinggi aktivitas seismik di daerah tersebut, hal ini juga berlaku sebaliknya (Ernandi, 2020).

2. Arti Fisis Konstanta b

Nilai-b merupakan konstanta dari persamaan Gutenberg - Richter mengenai hubungan frekuensi dan magnitudo yaitu $\text{Log}N = a - bM$. Dilihat dari bentuk persamaannya, maka nilai-b menunjukkan kemiringan atau gradien dari persamaan linier hubungan frekuensi dan magnitudo. Nilai-b tergantung dari sifat batuan setempat dimana erat sekali hubungannya dengan tektonik daerah suatu tempat. Nilai-b biasanya mendekati 1 dan menunjukkan tingkat kerapuhan batuan daerah. (Priadi, 2017).

Beberapa ahli menyatakan bahwa nilai-b bergantung pada karakter tektonik dan tingkat stress atau struktur material suatu wilayah (Bambang Sunardi, 2009). Nilai-b rendah pada suatu wilayah biasanya berkorelasi dengan tingkat stress yang tinggi mengindikasikan adanya potensi gempa besar di masa yang akan datang. Bilai nilai-b tinggi berarti tingkat stress rendah dan sebaliknya.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk meneliti hubungan potensial nilai-b sebagai prekursor gempabumi. Hasilnya menunjukkan bahwa gempabumi besar biasanya didahului dengan kenaikan nilai-b dipertengahan waktu yang diikuti penurunan nilai-b dalam beberapa minggu atau bulan sebelum terjadi gempabumi besar.

H. Metoda Likelihood Maksimum

Metoda likelihood merupakan suatu metoda statistik yang sesuai untuk memecahkan beberapa masalah seismologi. Dalam menentukan nilai-b dapat

ditentukan dengan metode likelihood. Metode Likelihood Maksimum menggunakan persamaan yang diberikan Utsu (1965) yaitu :

$$b = \frac{\log e}{M-M_0} = \frac{0.4343}{M-M_0} \quad (4)$$

Dengan,

M : rata-rata magnitudo

M₀ : nilai minimum magnitudo

Magnitudo minimum yang dipakai dalam perhitungan nilai-b dapat menggunakan dua kriteria berikut:

1. Likelihood (Mmin)

Dalam hal ini perhitungan nilai a dan b menggunakan metode likelihood dengan nilai Mmin sama dengan nilai magnitudo terendah yang tercatat pada daerah yang akan dihitung.

2. Likelihood (Mmin= Mc)

Dalam hal ini perhitungan nilai a dan b menggunakan metode likelihood dengan nilai M₀ sama dengan nilai Mc (*magnitude completeness*) yang tercatat pada daerah yang akan dihitung. Mc merupakan magnitudo dengan nilai N paling besar. Mc dapat didekati dengan cara plot distribusi frekuensi magnitudo. Menurut Utsu (1961) ditunjukkan bahwa metode likelihood lebih teliti daripada metode least square, dengan manfaat bahwa kejadian ini untuk data gempabumi yang runtutan kecil. Bila diberikan probabilitas untuk 95%. Batas atas dan batas bawah dari nilai-b yang didapatkan menggunakan metode ini adalah

$$b = b \left(1 + \frac{1.960}{\sqrt{n}} \right) \text{ dan } b = b \left(1 - \frac{1.960}{\sqrt{n}} \right) \quad (5)$$

Bersamaan dengan nilai a yang diperhitungkan dari hubungan frekuensi kumulatif untuk $M \geq M_0$ adalah

$$a = \log n(M > M_0) + \log(b \ln 10) + M_0 b \quad (6)$$

I. Distribusi Spasial dan Distribusi Temporal Nilai-b

Distribusi spasial merupakan distribusi terhadap ruang yang menggambarkan kondisi tektonik pada suatu daerah yang diteliti. Kondisi tektonik di suatu daerah dapat ditentukan dengan nilai-b. Distribusi spasial nilai-b bergantung pada tingkat stress atau struktur material dalam suatu wilayah. Distribusi spasial nilai-b yang rendah menandakan stress yang tinggi di suatu wilayah. Nilai-b menjelaskan distribusi frekuensi magnitudo yang terjadi dalam data seismik, sehingga distribusi spasial nilai-b menjadi salah satu komponen kunci dari peta bahaya seismik (Wesseloo, 2014).

Distribusi Temporal merupakan distribusi yang dapat dijadikan prekursor gempa bumi pada jangka waktu pendek, menengah dan panjang. Dalam penelitian Pailoplee dan Choowong(2014) yang memetakan nilai-b dan dimensi fraktal di wilayah Asia Tenggara menunjukkan bahwa zona dengan tingkat stress yang rendah menghasilkan gempa bumi yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah yang memiliki tingkat stress yang tinggi. Penurunan distribusi temporal nilai-b terjadi dalam beberapa bulan sebelum terjadinya gempa besar. Distribusi temporal nilai-b dapat dijadikan sebagai prekursor gempa bumi sehingga dapat mengetahui potensi terjadinya gempa besar. Seperti dalam penelitian Nuannin pada tahun 2005 yang meneliti temporal nilai-b wilayah Andaman sebelum terjadinya gempa besar di Aceh pada 26 Desember 2004, menunjukkan penurunan signifikan secara statistik pada

nilai-b dapat dikaitkan dengan waktu terjadinya 2 gempa besar pada tahun 2002 dan akhir tahun 2004. Maka dari itu nilai-b pada distribusi temporal sebagai prekursor Gempabumi dapat digunakan untuk mengamati potensi terjadinya gempa besar.

J. Dimensi Fraktal

Fraktal dapat diartikan patah atau rusak. Pergerakan lempeng bumi dan aktivitas seismik dapat dipelajari lewat teori fraktal. Ciri khas dari fraktal adalah memiliki dimensi. Dimensi fraktal mengukur geometri dari distribusi kemungkinan variasinya sebagai fungsi ruang dan waktu. Parameter ini dapat dipakai untuk mengelompokkan perulangan suatu kejadian gempa. Gempabumi berkaitan erat dengan patahan, sementara patahan tersusun oleh retakan–retakan batuan dan dapat dianggap sebagai sistem fraktal. Nilai dimensi fraktal yang besar berkaitan dengan geometri patahan yang tidak teratur (Sigit Sukmono, 1996). Dimensi fraktal dapat memberikan informasi tentang stabilitas daerah penelitian. Dimensi fraktal diperoleh dari nilai eksponen dengan konstanta integral korelasi $C(r)$ adalah:

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log C(r)}{\log r_n}$$

Dimensi korelasi dijelaskan oleh Grassberger dan Procaccia (1983) yang digunakan untuk menentukan geometri dari jumlah distribusi episenter gempa dengan jarak r pada area pengamatan yang berukuran R , sehingga :

$$C_r = \frac{2}{N(N-1)} N_{(R < r)} \quad (8)$$

Dimana C_r adalah fungsi korelasi integral dari distribusi data episenter gempa dalam suatu klustrer, N adalah jumlah gempabumi yang digunakan untuk analisis,

$N(R < r)$ adalah jumlah gempabumi pada jarak $R < r$ dan r adalah jarak antara 2 kejadian gempabumi. Jika distribusi episenter mempunyai struktur fraktal,

$$C(r) \approx r^{D_c} \quad (9)$$

Dimana D_c adalah dimensi fraktal atau dimensi korelasi dan r adalah jarak.

Geometri bidang sesar atau patahan merupakan fenomena fraktal sehingga derajat ketidakteraturannya dapat dikuantifikasikan dengan dimensi fraktal. Geometri yang tidak teratur berhubungan dengan nilai dimensi fraktal yang besar dan sebaliknya. koefisien gesek pada sistem sesar yang lebih besar dan waktu perulangan gempa yang lebih lama disebabkan oleh bentuk geometri yang tidak teratur. Sebaliknya, nilai dimensi fraktal yang kecil mengindikasikan geometri sesar yang teratur sehingga mengakibatkan koefisien gesek sistem sesar yang lebih kecil dan waktu perulangan gempa yang lebih singkat (Pertiwi dkk, 2012).

Metoda fraktal ini pernah diaplikasikan di daerah Kalifornia bagian selatan dengan menggunakan katalog gempabumi tahun 1932 - 1972. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa dimensi fraktal (D) untuk daerah Kalifornia bagian selatan adalah 1.78. Angka tersebut menunjukan aktivitas gempa yang sangat banyak yang berhubungan dengan keberadaan Sesar San Andreas. Selain itu, penelitian serupa dilakukan untuk wilayah Indonesia dengan menggunakan katalog gempabumi tahun 1973 – 2006 (Galih dan Handayani, 2007), hasil dari penelitian ini digunakan untuk memberikan gambaran tentang zonasi daerah rawan bencana gempabumi di Indonesia. Hasil penelitian ini cukup baik menggambarkan zona-zona yang menjadi zona rawan gempabumi di wilayah Indonesia .

Besarnya dimensi fraktal diperoleh dari turunan fungsi distribusi frekuensi-magnitudo oleh *Gutenberg-Richter* dinyatakan dalam persamaan:

$$D = \frac{3b}{c} \quad (10)$$

dimana D menyatakan dimensi fraktal, b adalah nilai-b dari relasi Gutenberg-Richter serta c adalah kemiringan antara log-moment terhadap magnitude. Nilai c merupakan konstanta, dimana sebagian besar studi gempa konstanta ini bernilai ($c = 1,5$). Nilai c bergantung pada ukuran gempa, nilai ($c = 1$) untuk gempa berskala kecil, nilai ($c = 1.5$) untuk gempa berskala sedang dan untuk ($c = 2$) untuk gempa berskala besar (Legrand, 2002). Dalam kajian aktivitas gempabumi, Turcotte (1992) melakukan penurunan rumus sederhana sehingga didapat besaran dimensi fraktal (D), maka dimensi fraktal menjadi:

$$D = 2b \quad (11)$$

b adalah konstanta yang didapat dari hukum Gutenberg-Richter.

K. Penelitian Relevan

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan analisis distribusi spasial dan temporal seismotektonik berdasarkan nilai-b dan dimensi fraktal telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Penelitian pertama yaitu oleh Sianturi (2019). Dalam penelitian ini menjelaskan bagaimana menentukan korelasi dari distribusi spasial, temporal, periode ulang gempabumi serta dimensi fraktal di wilayah Nusa Tenggara periode 1918-2015. Hasil yang diperoleh yaitu distribusi spasial nilai-b di daerah penelitian relatif rendah berkisar antara 0.6-13 menunjukkan bahwa di daerah penelitian memiliki tingkat stress yang tinggi. Distribusi temporal di daerah

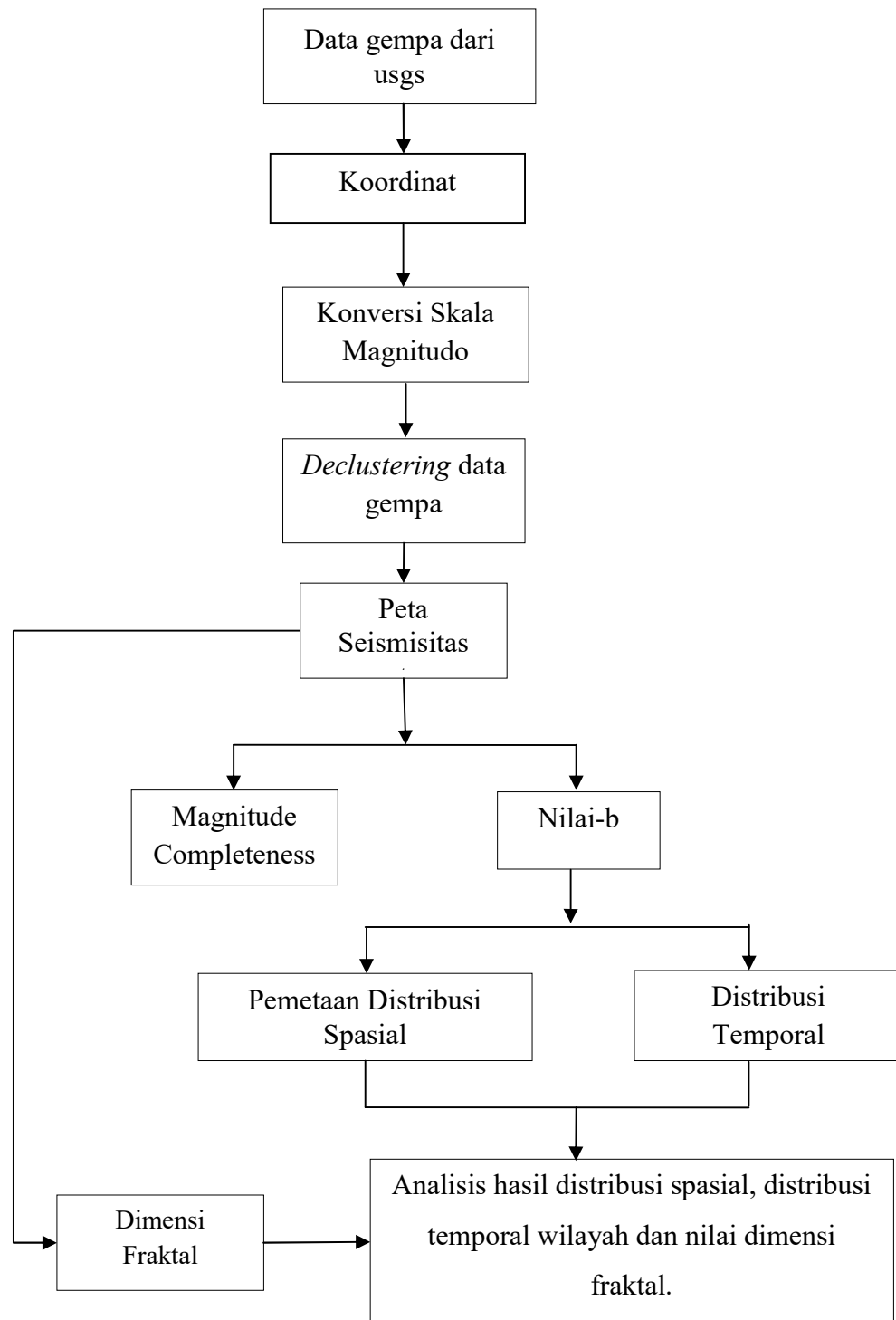
penelitian menunjukkan bahwa sebelum terjadi gempa bumi besar yaitu pada tahun 1996 dan 2006, adanya penurunan nilai-b. Hasil perhitungan dimensi fraktal di Nusa Tenggara yang dilakukan dengan membagi 3 zona wilayah mempunyai nilai antara 1.674-1.874, 1.384-1.464, dan 1.704-1.864. Wilayah dengan nilai dimensi fraktal yang besar memungkinkan terjadi periode ulang gempa bumi dengan interval singkat.

Penelitian relevan kedua yaitu oleh Muhamad Farhan Yassar (2019). Dalam penelitian Muhamad melakukan penelitian tentang identifikasi dimensi fraktal menggunakan nilai-b di wilayah Ambon. Hasil pengolahan data diperoleh bahwa nilai-b menggunakan data gempa USGS pada rentang waktu 1700-2019 diperoleh sebesar 1.03 ± 0.03 dengan perolehan numerik sebesar 1.0069. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa wilayah Ambon dan sekitarnya didominasi oleh deformasi pada daerah *shallow interplate*. Wilayah Ambon menggunakan nilai-b diperoleh nilai dimensi fraktal sebesar 2.03 ± 0.03 . hal ini menunjukkan bahwa wilayah Ambon dan sekitarnya memiliki potensi gempa bumi yang cukup besar.

Penelitian relevan ketiga yaitu oleh Imanuela Indah Pertiwi, Muhammad Arsyad, Pariabti Palloan (2012). Dalam penelitian Imanuela menjelaskan tentang distribusi spasial dan temporal seismotektonik didasarkan pada nilai-b, nilai-a, dan dimensi fraktal. Hasil analisis yang diperoleh menunjukkan bahwa daerah dengan nilai terbesar yaitu nilai-b berkisar 1.03-1.23 dan nilai-a adalah 7.09 memiliki peluang untuk terjadinya Gempabumi dengan magnitudo yang besar. Daerah yang menunjukkan nilai dimensi fraktal kecil memiliki peluang selang waktu perulangan Gempabumi yang relatif cepat.

L. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan dengan mengaitkan antar variabel. Kerangka berpikir pada penelitian ini diawali dengan menetapkan masalah yang akan dikaji terlebih dahulu. Alur dari kerangka berpikir dari penelitian dapat dijelaskan pada Gambar 8. Berdasarkan gambar 8, data gempabumi yang diperoleh dari katalog USGS dikonversi menjadi magnitudo momen, hal ini karena magnitudo yang didapatkan pada awalnya tidak seragam. Setelah dikonversi data gempa diolah kedalam program lalu didapatkan peta seismisitas Sumatera Barat. Dari peta seismisitas akan diplot distribusi frekuensi magnitudo yang akan menghasilkan *magnitude completeness* dan nilai-b. Dari peta seismisitas juga bisa mendapatkan nilai dimensi fraktal. Setelah didapatkan nilai-b, maka akan dilakukan pemetaan distribusi spasial untuk mengetahui daerah mana yang mempunyai nilai-b yang rendah dan rawan gempabumi. Nilai-b juga dilakukan untuk penentuan distribusi temporal untuk menentukan adanya kenaikan jangka menengah dan penurunan sebelum terjadinya gempabumi besar, dimana digunakan sebagai prekursor gempabumi. Setelah itu dilakukan analisis hasil distribusi spasial, distribusi temporal wilayah dan nilai dimensi fraktal.



Gambar 8. Kerangka berpikir penelitian

Bab V **PENUTUP**

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas yang diperoleh dari penelitian ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Distribusi spasial di wilayah Sumatera Barat. Dari hasil pemetaan distribusi spasial nilai-b didapatkan nilai-b berkisar antara 0.8-2.2. Wilayah dengan nilai-b rendah dengan rentang dari 0.8-1.4 yaitu terdapat di Wilayah Bagian sekitar Kepulauan Mentawai dan Samudera Hindia. Wilayah daratan yang juga memiliki nilai-b yang relatif rendah antara lain Kepulauan Mentawai, Pariaman, Padang, Lima Puluh Kota, Agam, Tanah Datar, dan Pasaman. Nilai-b yang relatif besar yaitu 1.4 – 2.2 terdapat di wilayah Solok, Sijunjung, Dharmasraya dan Pesisir Selatan. Hal ini memungkinkan wilayah tersebut memiliki tingkat kerapuhan batuan yang tinggi serta tingkat stress yang relatif rendah.
2. Distribusi temporal di wilayah Sumatera Barat menunjukkan bahwa sebelum terjadi gempa bumi besar, yang pada tahun 2009 dengan magnitudo 7.6 SR adanya penurunan nilai-b secara signifikan. Hal ini membuat distribusi temporal dapat dijadikan sebagai prekursor gempa.
3. Nilai dimensi fraktal didapatkan hasilnya yaitu 1.98 ± 0.02 . Semakin besar nilai dimensi fraktal maka semakin besar pula tingkat kerawanan wilayah. Hal ini sesuai dengan banyaknya jumlah kejadian gempa bumi di wilayah Sumatera Barat.

B. Saran

1. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian kembali beberapa tahun ke depan sehingga adanya penambahan data katalog gempabumi agar diperoleh hasil distribusi temporal nilai-b sebagai prekursor dapat terlihat lebih jelas untuk wilayah Sumatera Barat.
2. Pada penelitian selanjutnya, dapat melakukan penambahan parameter lainnya dan parameter yang digunakan harus sesuai agar hasilnya lebih akurat.