

**ANALISIS PREKURSOR *SEISMIC QUIESCENCE* SEBELUM
GEMPABUMI $M = 7,6$ SR 30 SEPTEMBER 2009 PADANG
BERDASARKAN DISTRIBUSI SPASIAL SEISMOTEKTONIK**



**RISA SYAPUTRI
NIM. 17034025/2017**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

**ANALISIS PREKURSOR *SEISMIC QUIESCENCE* SEBELUM
GEMPABUMI $M = 7,6$ SR 30 SEPTEMBER 2009 PADANG
BERDASARKAN DISTRIBUSI SPASIAL SEISMOTEKTONIK**

SKRIPSI

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



**Oleh:
RISA SYAPUTRI
NIM. 17034025/2017**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2021**

PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS PREKURSOR *SEISMIC QUIESCENCE* SEBELUM GEMPABUMI $M = 7,6$ SR 30 SEPTEMBER 2009 PADANG BERDASARKAN DISTRIBUSI SPASIAL SEISMOTEKTONIK

Nama : Risa Syaputri
NIM : 17034025
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika

Padang, 1 November 2021

Mengetahui :
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si.
NIP.196901201993032002

Disetujui Oleh :
Pembimbing



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

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

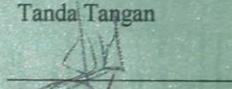
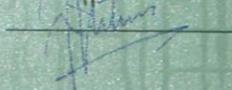
Nama : Risa Syaputri
NIM : 17034025
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika

ANALISIS PREKURSOR *SEISMIC QUIESCENCE* SEBELUM GEMPABUMI $M = 7,6$ SR 30 SEPTEMBER 2009 PADANG BERDASARKAN DISTRIBUSI SPASIAL SEISMOTEKTONIK

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

Padang, 1 November 2021

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D.	
Anggota	: Dr. Ahmad Fauzi, M.Si.	
Anggota	: Drs. Letmi Dwiridal, M.Si.	

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Analisis Prekursor *Seismic Quiescence* Sebelum Gempabumi M=7,6 SR 30 September 2009 Padang Berdasarkan Distribusi Spasial Seismotektonik” adalah hasil karya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya tanpa bantuan pihak lain kecuali pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 1 November 2021

Yang membuat pernyataan



Risa Syaputri

17034025

ANALISIS PREKURSOR *SEISMIC QUIESCENCE* SEBELUM GEMPABUMI M = 7,6 SR 30 SEPTEMBER 2009 PADANG BERDASARKAN DISTRIBUSI SPASIAL SEISMOTEKTONIK

Risa Syaputri

ABSTRAK

Gempabumi Padang berkekuatan 7,6 SR terjadi pada tanggal 30 September 2009 di lepas pantai Sumatera. Gempabumi ini merupakan salah satu gempa signifikan dan merusak yang terjadi di wilayah Sumatera Barat. Gempabumi signifikan didahului oleh fenomena *seismic quiescence* atau fenomena penurunan aktivitas seismik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kapan terjadinya fenomena *seismic quiescence* sebelum gempabumi 30 september 2009 Padang, dan aktivitas seismik setelah terjadinya gempabumi signifikan di wilayah Sumatera Barat.

Metode yang digunakan untuk analisa fenomena *seismic quiescence* adalah metode *z-value*. Data diolah menggunakan software pembantu yaitu Matlab dan Zmap versi 6.0. Data gempabumi pada penelitian ini terdiri dari 1227 event dalam periode waktu 6 Mei 1981 hingga 31 Mei 2021. Dalam metode ini wilayah penelitian dibagi menjadi beberapa grid, masing –masing grid mempunyai ukuran $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$. Jumlah gempabumi yang termasuk dalam setiap grid diatur sebanyak (N = 800, 700, 600, 500, 400, 300 dan 200). *Z-value* dihitung setiap gridnya berdasarkan data gempabumi yang termasuk dalam satu grid. Hasil analisa dari perhitungan *z-value* pada setiap grid memperlihatkan fenomena *seismic quiescence* sebelum gempabumi signifikan 30 September 2009, dan aktivitas seismik setelah gempabumi 30 September 2009 di wilayah Sumatera Barat.

Berdasarkan hasil distribusi spasial *z-value* wilayah Sumatera Barat diperoleh bahwa fenomena *seismic quiescence* mendahului *event* gempabumi 30 September 2009 (7.6 SR) sekitar 8 tahun di permulaan 2001. Saat *cut at* 2019.9, kembali terjadi penurunan aktivitas seismik, yang menunjukkan akan terjadinya gempabumi. Hal ini patut dicurigai sebagai salah satu prekursor gempabumi di masa mendatang.

Kata Kunci : Gempabumi, Seismisitas, *Seismic quiescence*, *Z-value*

ANALYSIS OF SEISMIC QUIESCENCE PRECURSORS BEFORE THE EARTHQUAKE M = 7.6 SR 30 SEPTEMBER 2009 PADANG BASED ON SEISMOTECTONIC SPATIAL DISTRIBUTION

Risa Syaputri

ABSTRAC

The 7.6 magnitude Padang earthquake occurred on September 30, 2009 off the coast of Sumatra. This earthquake is one of the significant and destructive earthquakes that occurred in the West Sumatra region. Significant earthquakes are preceded by the phenomenon of seismic quiescence. The purpose of this study was to determine when the phenomenon occurred seismic quiescence before the September 30, 2009 Padang earthquake, and seismic activity after the significant earthquake in West Sumatra.

The method used to analyze the phenomenon of seismic quiescence is the method z-value . The data is processed using auxiliary software, namely Matlab and Zmap version 6.0. Earthquake data in this study consists of 1227 events in the period from May 6, 1981 to May 31, 2021. In this method the research area is divided into several grids, each grid has a size of $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$. The number of earthquakes included in each grid is set as (N = 800, 700, 600, 500, 400, 300 and 200). Z-value is calculated for each grid based on earthquake data included in one grid. The results of the analysis of the calculation of z-value on each grid show the phenomenon of seismic quiescence before the significant earthquake of 30 September 2009, and seismic activity after the 30 September 2009 earthquake in West Sumatra.

Based on the results of the spatial distribution of z-values in the West Sumatra region, it was found that the phenomenon of seismic quiescence preceded the September 30, 2009, earthquake (7.6 SR) by about 8 years at the beginning of 2001. At the cut at 2019.9, there was another decline in seismic activity, indicating an earthquake would occur. This should be suspected as one of the precursors of earthquakes in the future.

Keywords: Earthquake, Seismicity, Seismic quiescence, Z-value

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 Prekursor *Seismic Quiescence* Sebelum Gempabumi 7,6 Mw 30 September 2009 Padang Berdasarkan Distribusi Spasial Seismotektonik”. 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.

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

1. Kedua orang tua tercinta yang telah menjadi alasan penulis untuk tetap berjuang dan tidak menyerah.
2. Ibu Syafriani, M. Si, Ph. D., selaku dosen Pembimbing tugas akhir dan sekaligus ketua Prodi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang, yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran dan tenaga serta kesabarannya untuk membimbing penulis dalam kegiatan penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ahmad Fauzi, M.Si., selaku Penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan saran kepada penulis.
4. Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si., selaku Penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan saran kepada penulis.

5. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Drs. Hufri, M.Si. selaku Penasehat Akademis.
7. Staf Pengajar dan Karyawan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
8. Fiska, Reza, Taul, Adya, Azmi, Dendy, Vicky selaku teman-teman terdekat yang telah menjadi alasan penulis untuk tetap berjuang, semangat dan tidak menyerah.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan 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, Oktober 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	7
A. Tektonik Sumatera	7
B. Gempabumi	9
C. Aktivitas Kegempaan (Seismisitas)	15
D. <i>Seismic quiescence</i>	18
E. <i>Distribusi Spasial Seismotektonik</i>	19
F. Penelitian-Penelitian Relevan	21
G. Kerangka Berpikir.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
A. Jenis Penelitian.....	26
B. Variabel Penelitian.....	26
C. Instrumen Penelitian.....	26
D. Data Penelitian.....	27
E. Teknik Pengumpulan Data.....	27
F. Teknik Pengolahan Data	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. HASIL.....	30

B. PEMBAHASAN	39
BAB V PENUTUP.....	42
A. KESIMPULAN	42
B. SARAN	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gambar Peta Tektonik Sumatera.....	8
Gambar 2. Mekanisme terjadinya gempabumi. Garis tebal vertikal menunjukkan pecahan atau sesar pada bagian bumi yang padat	10
Gambar 3. Siklus terjadinya gempabumi	13
Gambar 4. Peta sebaran episenter gempabumi di Sumatera Barat periode 1961-2010 (Sumber: Uswatun,2013)	16
Gambar 5. Fungsi rata-rata LTA (t) (Sumber: Wiemer, 2001)	20
Gambar 6. Kerangka Berpikir Penelitian	24
Gambar 7. Peta sebaran seismisitas wilayah Sumatera Barat dan area sekitarnya periode 6 Mei 1981 hingga 31 Mei 2021.	31
Gambar 8. Distribusi Frekuensi magnitudo untuk katalog area penelitian.....	32
Gambar 9. Plot kurva <i>cumulative number</i> dengan <i>z-value</i> fungsi LTA untuk wilayah Sumatera Barat periode 1981-2021, garis biru merupakan grafik <i>cumulative number</i> , garis merah merupakan grafik <i>z-value</i> . (a) Kurva <i>cumulative number</i> terhadap waktu, (b) $N = 1000$, $T_w = 1.5$ tahun, (c) $N = 800$, $T_w = 2$ tahun (d) $N = 700$, $T_w = 2$ tahun, (e) $N = 600$, $T_w = 3$ tahun, (f) $N = 500$, $T_w = 3$ tahun, (g) $N = 500$, $T_w = 4$ tahun, (h) $N = 300$, $T_w = 5$ tahun, (i) $N = 200$, $T_w = 5$ tahun, (j) $N = 100$, $T_w = 2$ tahun.	35
Gambar 10. Distribusi Spasial <i>Z-value</i> dengan $iwl=T_w 1.5$ tahun (a) cut at 1989.9, (b) cut at 1994.9, (c) cut at 2001.9, (d) cut at 2003.9, (e) cut at 2004.9, (f) cut at 2009.9, (g) cut at 2014.9, (h) cut at 2019.9.	38

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Parameter dari prekursor <i>seismik Quiescence</i> pada zona penelitian dan sebelum terjadinya gempabumi 2009 pada periode 1981 hingga 2021.....	36
---	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tampilan data awal USGS	47
Lampiran 2. Tampilan data input Zmap.....	48
Lampiran 3. Hasil perhitungan <i>Z-value</i> pada kurva fungsi LTA	49

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu fenomena yang membahayakan dan merugikan masyarakat adalah terjadinya secara tiba-tiba gempa bumi signifikan. Gempa bumi merupakan suatu peristiwa bergetar atau bergoncangnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempa bumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempa bumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika). Syafriani (2018) mengatakan proses terjadinya gempa bumi ketika energi yang tersimpan dalam bumi terlepas secara tiba-tiba, biasanya dalam bentuk patahan pada batuan. Kerugian yang ditimbulkan akibat adanya peristiwa gempa bumi sangat besar terhadap masyarakat, sehingga diperlukan suatu metode untuk meminimalisir kerugian yang ditimbulkan dengan memprediksi gempa bumi.

Hingga saat ini gempa bumi merupakan bencana yang belum dapat diprediksi secara pasti kapan akan terjadi, namun para seismologi berusaha melakukan penelitian secara maksimal tentang gempa bumi. Salah satu pengamatan yang digunakan untuk memprediksi gempa bumi yaitu prekursor seismik. Salah satu upaya awal yang dilakukan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan akibat bencana gempa bumi menggunakan parameter prekursor seismik yaitu Prekursor kesenyapan seismisitas (*seismic quiescence*). Prekursor tersebut dapat menggambarkan penurunan aktivitas seismik, fenomena ini dikaji

untuk memprediksi gempa bumi dan melihat aktivitas seismik yang mendahului terjadinya gempa bumi signifikan.

Gempa bumi signifikan pada 30 September 2009 Padang yang berkekuatan 7,6 SR merupakan salah satu gempa tektonik yang terjadi di wilayah Sumatera Barat. Sumatera Barat merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki resiko kegempaan yang tinggi. Tiga sumber utama pembangkit gempa bumi aktif di wilayah ini yaitu jalur subduksi / penunjaman lempeng (*Megathrust*), sesar Mentawai (*Mentawai fault*) dan sesar besar Sumatera (*the great Sumatran fault*). Selain itu juga dikarenakan aktivitas gunung berapi yang masih aktif, seperti Gunung Marapi, Tandikat dan Talang. Hal ini menjadikan Sumatera Barat rawan terhadap gempa dan sering mengalami gempa bumi baik di darat maupun di laut.

Berdasarkan Katalog Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Sumatera Barat beberapa kali mengalami guncangan gempa bumi signifikan dan merusak. Gempa bumi merusak di wilayah Sumatera Barat yang pernah terjadi di antaranya gempa bumi 2003 di Agam, gempa bumi 2004 di Solok, gempa bumi 2007 di Bukittinggi, serta gempa bumi 1981, 1991, 2005 dan 2009 di Padang (Stasiun Geofisika Kelas 1 Silaing Bawah, 2018). Kejadian gempa bumi pada tanggal 30 September 2009 dengan magnitudo 7.6 SR pada pukul 17.16 WIB, di pantai Sumatera dengan kedalaman 50 km barat laut Kota Padang, mengakibatkan 1.117 orang tewas yang tersebar di tiga kota dan empat kabupaten di Sumatera Barat, korban luka berat mencapai 1.214 orang, luka ringan 1.688 orang, korban hilang 1 orang. Sedangkan untuk kerusakan bangunan terdapat 135.448 rumah rusak berat, 65.380 rumah rusak sedang, dan 78.604 rumah rusak ringan (BNPB, 2009).

Berdasarkan catatan sejarah kegempaan di Sumatera Barat, Wilayah Sumatera Barat memiliki tingkat aktivitas seismik (seismisitas) yang tinggi. Hal ini dapat dilihat dengan sering terjadinya gempa bumi dangkal yang dapat mengakibatkan kerusakan yang signifikan seperti yang terjadi di gempa 30 September 2009. Aktivitas seismik (Seismisitas) dapat dibuktikan dengan analisa statistik berdasarkan distribusi frekuensi magnitudo (*frequency-magnitude distribution*). Melalui analisa distribusi frekuensi-magnitudo didapatkan variasi spasial parameter tektonik nilai-a dan nilai-b suatu wilayah. Nilai-a merupakan parameter seismotektonik yang dapat menentukan tingkat seismisitas suatu wilayah sedangkan nilai-b merupakan tingkat aktivitas *stress* lokal batuan suatu wilayah (Pasau, 2017). Mengingat tingginya aktivitas kegempaan di wilayah Sumatera Barat maka diperlukan suatu upaya mitigasi untuk meminimalisir dampak bencana gempa bumi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan parameter prekursor seismik yaitu melihat penurunan aktivitas seismik (*seismic quiescence*) suatu wilayah berdasarkan distribusi spasial *z-value*.

Fenomena penurunan aktivitas seismik (*seismic quiescence*) dapat dilihat dengan metode distribusi spasial seismotektonik menggunakan Standar Deviasi-Z (*z-value*). Perhitungan *z-value* dilakukan menggunakan software ZMAP ver 6.0. ZMAP merupakan software berbentuk *Graphic User Interface* (GUI) berbasis MATLAB yang dikembangkan oleh Stefan Wiemer dkk. Sejak tahun 1993 untuk analisis seismisitas (Wiemer & Wyss. 2001).

Penggunaan metode ini telah dilakukan oleh beberapa ahli kebumiharian, salah satu penelitian yang telah dilakukan oleh Kei Katsumata (2011) yang meneliti mengenai *Precursory Seismic quiescence Before the Mw=8.3 Tokachi-*

Oki, Japan, Earthquake on 26 September 2003 Revealed by a re-examined Earthquake Catalog. Hasil dari penelitian menggunakan teknik gridding (ZMAP) didapatkan bahwa sebelum gempa bumi Tokachi-oki (2003) terdapat dua anomali *seismic quiescence* yang berdekatan. Anomali tersebut muncul pada tahun 1999 dan berlangsung selama 5 tahun sebelum kejadian gempa Tokachi-oki 2003.

Prekursor gempa bumi merupakan fenomena alam yang muncul sebelum terjadinya gempa bumi. Dengan mengetahui prekursor gempa bumi tersebut, maka kemungkinan gempa bumi kuat yang akan terjadi dimasa mendatang dapat diperkirakan. Selain itu daerah-daerah yang berpotensi mengalami gempa bumi kuat juga dapat diprediksi. Sehingga dampak yang diakibatkan oleh bencana gempa bumi dapat diminimalisasi.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan analisa statistik dalam memperkirakan ada atau tidaknya penurunan aktivitas seismik sebelum terjadinya gempa signifikan 30 September 2009 Padang. Melihat pola *seismic quiescence* sebelum terjadinya gempa bumi 30 September 2009 Padang berguna untuk memprediksi aktivitas seismik di masa mendatang. Oleh karena itu, penulis tertarik melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Prekursor *Seismic quiescence* Sebelum Gempabumi M=7,6 SR 30 September 2009 Padang Berdasarkan Distribusi Spasial Seismotektonik”.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Sumatera Barat memiliki 3 tatanan tektonik, yaitu Sesar Sumatera, Sesar Mentawai, serta Zona Subduksi yang dapat mengakibatkan sering terjadinya gempa bumi, sedangkan wilayah Sumatera Barat mempunyai penduduk yang padat.
2. Gempa bumi 30 September 2009 Padang merupakan salah satu gempa signifikan yang berbahaya dan merusak.
3. Diperlukan penelitian fenomena penurunan aktivitas seismik sebelum terjadi gempa signifikan 30 September 2009 Padang sebagai prekursor gempa.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Koordinat wilayah yang menjadi lokasi penelitian ini adalah Sumatera Barat dengan koordinat $2,27^{\circ}\text{LS} - 0,36^{\circ}\text{LU}$ dan $98,55^{\circ} - 101,09^{\circ}\text{BT}$.
2. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data gempa pada tanggal 6 Mei 1981 hingga 31 Mei 2021 di wilayah Sumatera Barat.
3. Data yang akan digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan mendownloadnya dari situs National Earthquakes Information Center U.S. Geology Survey (NEIC/USGS).
4. Magnitudo yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah $3,0 \text{ SR} \leq M \leq 7,6 \text{ SR}$.

D. Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penelitian ini berdasarkan Latar Belakang di atas adalah:

1. Bagaimana sebaran seismisitas di wilayah Sumatera Barat pada tahun 1981-2021 ?
2. Apakah ada fenomena *seismic quiescence* (penurunan aktivitas seismik) sebelum terjadinya gempa bumi signifikan 30 September 2009 Padang ?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah :

1. Mengetahui sebaran seismisitas di wilayah Sumatera Barat pada tahun 1981-2021.
2. Mengetahui ada tidaknya fenomena *seismic quiescence* (penurunan aktivitas seismik) sebelum terjadinya gempa bumi signifikan 30 September 2009 Padang.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai tingkat kegempaan Sumatera Barat dan sekitarnya pada periode 1981 sampai 2021.
2. Mitigasi bencana gempa bumi sebagai informasi dalam pembuatan model bangunan potensi gempa bumi khususnya di wilayah Sumatera Barat.
3. Sebagai syarat untuk memenuhi tugas akhir mata kuliah skripsi.

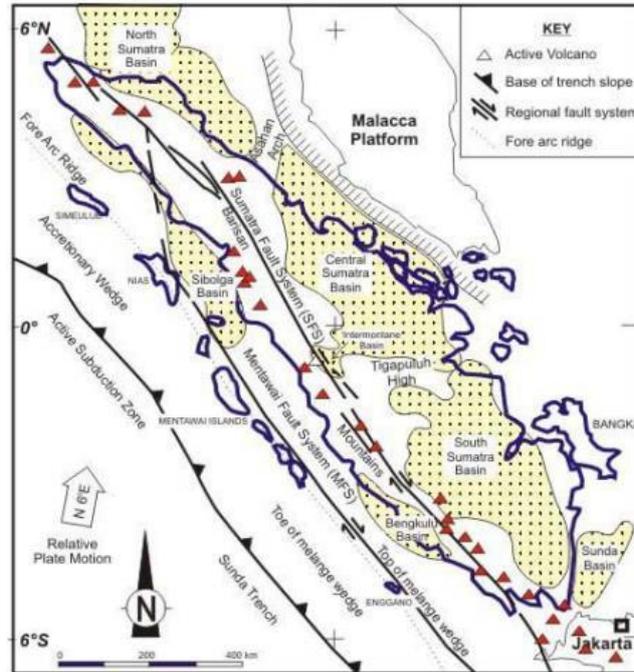
BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Tektonik Sumatera

Pulau Sumatera terletak di sepanjang jalur tumbukan dua lempeng tektonik yaitu lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Lempeng Eurasia yang bergerak relatif ke arah barat daya dan berinteraksi dengan lempeng Indo-Australia yang terletak di sebelah barat Pulau Sumatera. Zona pertemuan antara kedua lempeng tersebut membentuk zona Subduksi. Daerah perbatasan lempeng ini merupakan zona seismisitas yang aktif, sehingga banyak terjadi gempa bumi tektonik yang diakibatkan oleh tumbukan antar lempeng tersebut. Katili dalam Supartoyo, dkk., (2014) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa sistem busur subduksi Sumatera dibentuk oleh penyusupan lempeng Benua.

Secara umum, tatanan tektonik di Sumatera terdiri dari tiga segmen tektonik yaitu zona Subduksi yang merupakan pertemuan antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia, *Mentawai Fault System* (MFS), dan *Sumatra Fault System* (SFS) seperti yang dilihat pada Gambar 1. Peta tektonik Sumatera pada Gambar 1 menunjukkan bahwa zona Subduksi membentang di sebelah barat Pulau Sumatera dan sejajar dengan garis pantai. Sedangkan untuk sesar Sumatera yang terletak di daratan Pulau Sumatera membelah pulau menjadi dua bagian serta sesar Mentawai terletak di antara keduanya yaitu zona Subduksi dan sesar Sumatera (Leviana, 2017).



Gambar 1. Gambar Peta Tektonik Sumatera
(Sumber: Darman, 2000).

1. Zona Subduksi

Jalur subduksi lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia di Indonesia memanjang dari pantai barat Sumatera sampai ke selatan Nusa Tenggara. Lempeng Indo-Australia menunjam ke bawah lempeng Eurasia dengan kecepatan 50-70 cm/tahun (Natawidjaja, 2007). Batas antara dua lempeng ini terdapat zona Subduksi dangkal yang disebut *Megathrust Subduction Sumatra*. Keberadaan akan zona ini berpotensi sangat besar untuk menyebabkan sejumlah gempa bumi dangkal yang bersifat merusak.

2. Sesar Sumatera (*Sumatra Fault System*)

Sesar Sumatera terjadi akibat adanya lempeng Indo-Australia yang menghantam bagian barat Pulau Sumatera secara miring sehingga menghasilkan tekanan dari pergerakan tersebut. Tekanan ini yang menyebabkan terbentuknya Sesar Sumatera.

3. Sesar Mentawai (*Mentawai Fault System*)

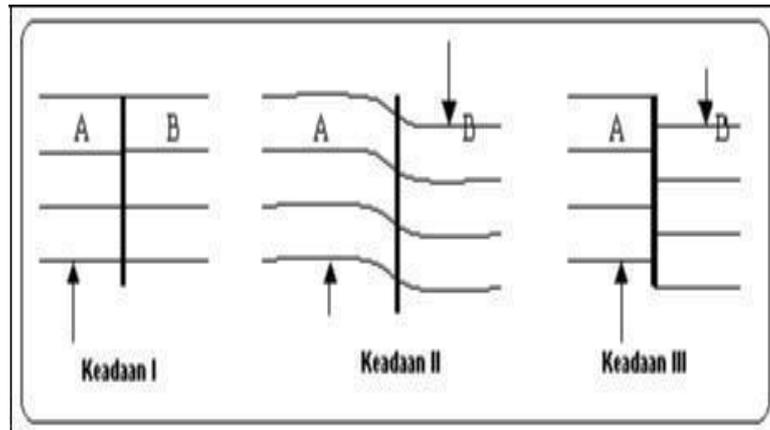
Sesar Mentawai termasuk sesar mendatar yang disebabkan adanya proses penunjaman miring di sekitar Pulau Sumatera. Sesar Mentawai berada di laut memanjang di sekitar pulau-pulau Mentawai dari selatan hingga ke utara menerus ke sekitar utara Nias.

B. Gempabumi

Gempa bumi merupakan suatu peristiwa bergetar atau bergoncangnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika). Getaran gempabumi dihasilkan oleh pelepasan energi yang cepat dari energi *strain* yang terakumulasi dalam periode waktu tertentu karena pelepasan energi elastis yang terkumpul oleh pergeseran sesar. Pelepasan tersebut yang mengakibatkan terjadinya deformasi pada lempeng tektonik yang terdapat di kerak bumi (Syafriani,2018). Akibat dari pelepasan *strain* yang tiba-tiba ini akan menimbulkan gelombang gempa. Teori yang menjelaskan tentang mekanisme terjadinya gempabumi dikenal sebagai *Elastic Rebound Theory* bahwa gempabumi yang terjadi di daerah deformasi terdapat dua buah gaya yang bekerja berlawanan arah pada batuan kulit bumi. (Hartuti,2009).

Dalam teorinya dijelaskan bahwa material pada sisi sesar yang mengalami pergerakan secara relatif akan terdeformasi, tapi sesar tersebut tidak dapat lolos dan terhindar dari *slip*, sehingga pada saat regangan (*strain*) yang terakumulasi

pada batuan melebihi batas maksimumnya dan terjadi *slip* maka energi tegangan (*stress*) akan dilepaskan secara tiba-tiba dan menghasilkan gempa bumi (Wahyuningsih, 2018). Mekanisme terjadinya gempa bumi dapat dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme terjadinya gempa bumi. Garis tebal vertikal menunjukkan pecahan atau sesar pada bagian bumi yang padat (Sumber: David, 2011).

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

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

Keadaan III menunjukkan lapisan batuan yang sudah patah karena adanya pergerakan yang tiba-tiba dari batuan tersebut. Gerakan perlahan-lahan sesar ini akan berjalan terus sehingga seluruh proses di atas akan diulangi lagi dan sebuah gempa akan terjadi lagi setelah beberapa waktu lamanya demikian seterusnya (David, 2011).

Gempabumi di Indonesia disebabkan karena adanya gunung api dan kondisi tektonik. Berdasarkan penyebab terjadinya, maka gempabumi dapat diklasifikasikan menjadi empat yaitu:

1. Gempabumi Vulkanik

Gempabumi vulkanik disebabkan oleh naiknya fluida gunung api (gas, uap dan magma) dari bawah menuju ke permukaan (kawah) mengakibatkan retakan yang menimbulkan getaran di sekitar rekahan dan merambat ke segala arah. Gempabumi ini bersumber dalam tubuh gunung api aktif pada umumnya berkekuatan kecil, tidak terasa dan hanya tercatat oleh peralatan seismograf.

2. Gempabumi Tektonik

Gempabumi tektonik disebabkan oleh pelepasan (tenaga) yang terjadi karena pergeseran lempeng plat tektonik, di mana ada tekanan antar lempeng tersebut. Semakin lama tekanan itu kian membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan di mana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempeng. Saat itulah gempabumi akan terjadi. Kekuatan gempabumi tektonik dapat mencapai 9,2 Mw seperti yang pernah terjadi di Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 (Supartoyo, 2014).

3. Gempabumi Runtuhan

Gempabumi jenis ini jarang ditemui. Gempa ini biasanya terjadi di daerah yang terdapat runtuh-runtuhan tanah seperti di daerah kapur atau daerah-daerah pertambangan.

4. Gempa Buatan

Gempa buatan disebabkan oleh aktivitas dari manusia, seperti gempa akibat ledakan percobaan bom nuklir di bawah tanah. (Ibrahim, 2005)

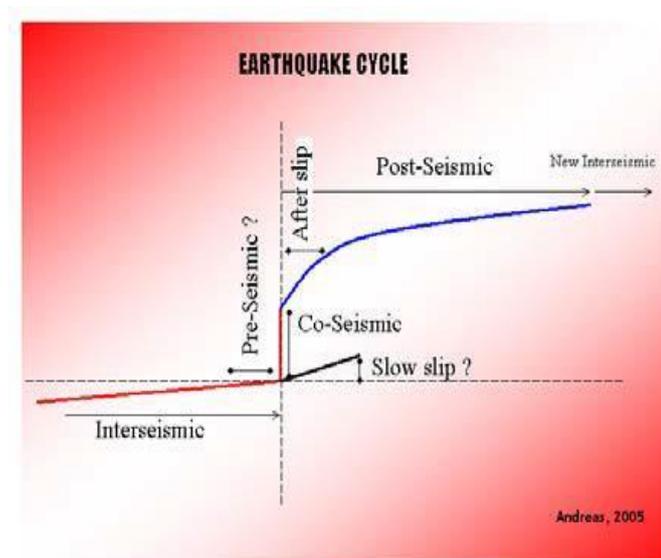
Gempabumi mempunyai sifat berulang, suatu gempa yang terjadi di waktu tertentu akan terulang lagi dimasa yang akan datang dalam periode kurun waktu tertentu. Istilah perulangan gempabumi ini dinamakan siklus gempabumi (*earthquake cycle*) (Andreas dkk, 2005).

Siklus gempabumi dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

1. Fase interseismik merupakan fase awal dari satu *earthquake cycle*, di mana pada fase ini energi dari dalam bumi menggerakkan lempeng dan energi mulai terakumulasi di bagian-bagian lempeng tempat biasanya terjadinya gempabumi (batas antar lempeng dan patahan).
2. Fase praseismik adalah fase sesaat sebelum terjadinya gempabumi.
3. Fase koseismik adalah fase ketika terjadinya gempa utama (*mainshock*), di mana getaran pada bumi dirasakan paling kuat seiring terjadinya pergeseran secara tiba-tiba pada kerak bumi. Ketika fase koseismik terjadi, maka sebagian kerak bumi dapat bergeser (terdeformasi) secara permanen mencapai orde meter.

4. Fase pascaseismik adalah tahapan setelah gempa utama terjadi di mana sisa-sisa energi dilepaskan secara perlahan dalam kurun waktu yang lama (biasanya bersifat aseismik) namun tetap menghasilkan deformasi secara permanen mencapai orde meter untuk gempa berkekuatan besar (Pujiastuti, 2020).

Siklus gempabumi ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus terjadinya gempabumi (Sumber: Andreas, 2005)

Dalam gempabumi terdapat beberapa parameter-parameter sumber gempabumi yang merupakan hasil dari pengumpulan data, pengolahan data, dan analisa informasi seismik yang diperoleh dari data gempabumi. Berikut merupakan parameter-parameter gempabumi :

1. Waktu Terjadi (*Origin Time*)

Origin Time atau waktu terjadinya gempabumi merupakan waktu di mana pelepasan energi pertama kali terjadi pada lempeng tektonik bumi yang mengalami tekanan akibat tumbukan atau gesekan.

2. Hypocenter

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

Howell (1969) telah membagi jenis-jenis gempa berdasarkan kedalaman hiposentrumnya :

- a. Gempabumi dangkal (normal), pusatnya < 70 km
- b. Gempabumi sedang (intermedier), pusatnya 70-300 km
- c. Gempabumi dalam, pusatnya > 300 km

3. Epicenter

Epicenter merupakan pusat gempa di permukaan bumi sebagai proyeksi dari fokus gempa di dalam bumi yang tegak lurus terhadap *hypocenter*.

4. Magnitudo

Magnitudo merupakan skala kekuatan gempabumi yang menunjukkan besarnya energi yang dilepaskan saat terjadinya gempa. Besarnya magnitudo didasarkan pada hasil pengamatan seismogram dan dinyatakan dalam Skala Richter (SR) (www.bmkg.go.id).

Secara lebih spesifik, magnitudo dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

- a. Magnitudo Lokal (ML)
- b. Magnitudo Body Wave (mb)
- c. Magnitudo Surface Wave (Ms)

d. Magnitudo Moment (M_w)

Sedangkan ditinjau dari kekuatan atau magnitudonya, gempa bumi dapat dibedakan atas (Gunawan dan Subardjo, 2004):

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

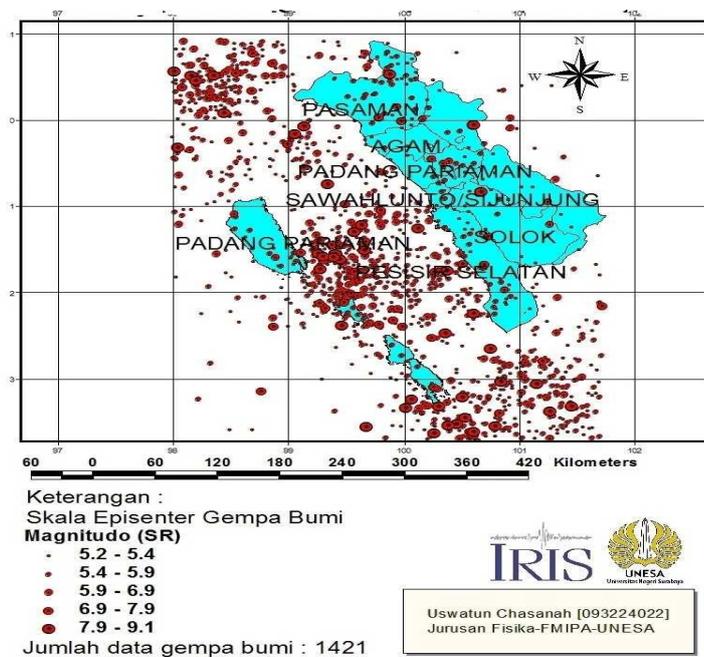
5. Intensitas

Intensitas merupakan besaran yang menunjukkan kekuatan gempa bumi berdasarkan kerusakan yang diakibatkannya. Skala ini lebih subjektif karena nilainya tergantung pada orang yang mengamati. Namun saat ini sudah dikembangkan alat untuk menentukan besarnya skala intensitas yaitu berdasarkan nilai percepatan tanah di suatu daerah, sehingga skala yang di dapat lebih objektif.

C. Aktivitas Kegempaan (Seismisitas)

Seismisitas dinyatakan sebagai suatu sistem data serasi yang dapat memberikan suatu gambaran atau informasi secara sistematis tentang karakteristik dan aktivitas gempa bumi pada suatu daerah dalam jangka waktu tertentu. Informasi itu dapat berupa suatu bentuk persamaan empiris, peta, grafik dan tabel. Secara umum gempa bumi sering terjadi pada kedalaman 17,6-35,1 km di bawah

permukaan bumi, yaitu gempa bumi dangkal yang terjadi di daratan maupun lautan wilayah Sumatera Barat, namun lebih didominasi terjadi di lautan (Chasanah, 2013). Peta sebaran episenter gempa bumi di Sumatera Barat dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Peta sebaran episenter gempa bumi di Sumatera Barat periode 1961-2010 (Sumber: Chasanah, 2013)

Gambar 4 memperlihatkan sebaran gempa bumi yang terjadi pada wilayah Sumatera Barat periode 1961-2010. Berdasarkan gambar tercatat bahwa jumlah data gempa bumi yang terjadi di wilayah Sumatera Barat periode 1961-2010 sebanyak 1421 *event* yang menandakan bahwa wilayah Sumatera Barat memiliki aktivitas kegempaan yang tinggi.

Tingkat kegempaan (seismicity) pada suatu wilayah dapat dipelajari dan diketahui melalui distribusi frekuensi magnitudo dalam persamaan matematis hukum Gutenberg-Richter berikut :

$$\text{Log } N = a - bM \quad (1)$$

Dimana N yaitu frekuensi gempa bumi, a dan b adalah konstanta, nilai a yaitu tingkat seismisitas yang besarnya tergantung pada perioda, luas daerah dan jumlah gempa daerah pengamatan, semakin besar nilai- a suatu daerah menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki tingkat seismisitas yang tinggi, dan sebaliknya semakin kecil nilai- a suatu daerah menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki tingkat seismisitas yang rendah. Nilai- b yaitu parameter yang menentukan tingkat *stress* lapisan batuan geologi bawah permukaan (Han et al., 2015). Wilayah dengan b -value di bawah 'harga normal' $b = 1$ mengindikasikan bahwa b -value rendah, sebaliknya jika b -value di atas 'harga normal' $b = 1$ mengindikasikan bahwa b -value tinggi (Prasad and Singh, 2015). Nilai b lebih rendah dari harga normal mengindikasikan bahwa batuan bawah permukaan menyimpan akumulasi stress yang tinggi (Dewi, 2021). Sedangkan M yaitu magnitudo.

Perhitungan nilai- a dan nilai- b wilayah Sumatera Barat telah dilakukan oleh Erlin (2021). Perhitungan parameter a -value dan b -value menggunakan dua metode yaitu *least square* dan *maximum likelihood*. Masing-masing metode dibahas secara terpisah sebelum dilakukan analisis secara menyeluruh. Kemudian, hasil estimasi kedua parameter tersebut akan dilakukan secara menyeluruh untuk menentukan tingkat kegempaan (*seismicity*) dan potensi bahaya bencana seismik di wilayah Sumatera Barat. Informasi a -value dan b -value didapat melalui distribusi frekuensi-magnitudo gempa berdasarkan hukum Gutenberg-Richter dengan bantuan katalog USGS selama 2007-2019. Hasil Penelitian ini, metode *maximum likelihood* terbukti lebih reliabel dan akurat dari pada metode *least square* di mana menurut *maximum likelihood* b -value = 0,65, a -value= 5,28 dan

annual rate of a-value = 4,17. Temuan tersebut menunjukkan bahwa wilayah Sumatera Barat rentan terhadap bencana gempa dengan tingkat *stress* batuan relatif tinggi sehingga menyimpan potensi bencana gempa besar terutama pada bagian barat daya, seperti yang ditunjukkan oleh peta distribusi spasial *a-value* dan *b-value* bahwa wilayah tersebut didominasi oleh warna biru tua yang mengindikasikan *a-value* dan *b-value* yang rendah. Kedalaman gempa yang terjadi relatif lebih sering ≤ 70 km (gempa dangkal). Hal ini diakibatkan oleh aktivitas seismik zona patahan lokal Sumatera dan dominasi zona Subduksi di perbatasan antara lempeng India dan Eurasia sepanjang pantai barat Pulau Sumatera. Tingginya parameter tektonik (nilai-*a*) dan variasi spasial nilai-*a* pada wilayah Sumatera Barat menunjukkan bahwa Sumatera Barat memiliki aktivitas kegempaan yang relatif tinggi. Sedangkan rendahnya parameter tektonik (nilai-*b*) dan variasi spasial nilai-*b* menunjukkan kondisi *stress* lokal yang tinggi dan berpotensi gempabumi besar dan merusak.

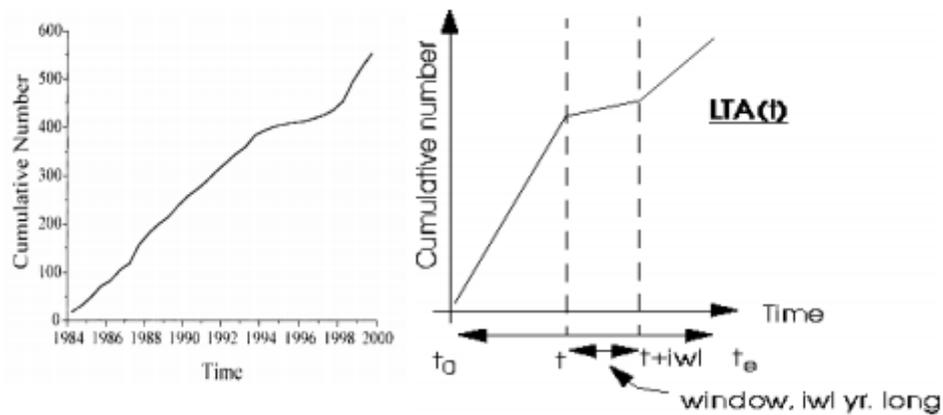
D. *Seismic quiescence*

Studi terhadap pola kegempaan merupakan salah satu aspek penting dalam penelitian memprediksi gempabumi. Beberapa kasus menunjukkan bahwa anomali pola kegempaan dan variasi anomali tingkat kegempaan merupakan prekursor dalam skala waktu menengah dan pendek sebelum terjadi gempabumi besar (Wiemer dan Wyss, 1994; Wyss dan Habermann, 1998; Wyss dan Wiemer, 2000). Parameter *seismic precursors* yang sering diamati salah satunya yaitu *seismic quiescence* (berkurangnya aktivitas gempa-gempa kecil dari biasanya) pada jangka waktu atau periode tertentu di sekitar area kejadian gempa (Pusat Penelitian Fisika, 2018). Prekursor kesenyapan seismisitas (*seismic quiescence*),

menggambarkan penurunan aktivitas seismisitas, fenomena ini dikaji untuk memprediksi gempabumi. Pola *seismic quiescence* dapat digunakan untuk melihat aktivitas seismik yang mendahului terjadinya gempabumi besar (Ardiansyah, 2014).

E. Distribusi Spasial Seismotektonik

Seismotektonik adalah suatu cabang ilmu yang menghubungkan tektonik bumi dengan kegempaan. Hubungan ini dinyatakan menggunakan parameter seismotektonik. Parameter seismotektonik ini ada tiga yaitu nilai-a, nilai-b, dan *z-value*. Nilai-a yaitu tingkat seismisitas, Nilai-b yaitu parameter yang menentukan tingkat *stress* lapisan batuan geologi bawah permukaan, sedangkan *z-value* merupakan nilai statistik untuk mendeteksi perubahan dalam aktivitas seismik. Fenomena *seismic quiescence* dapat diamati menggunakan parameter *z-value*. Metode *z-value* mengukur perbedaan dalam tingkat kegempaan yang bergerak dalam *time window* dengan tingkat kegempaan *background* menggunakan standar deviasi-Z (Wiemer, 2001). Tujuan metode ini yaitu untuk mendeteksi periode kemungkinan anomali kegempaan rendah sebelum kejadian gempa kuat dan untuk mengevaluasi secara statistik perbandingan signifikansi penurunan seismik dengan semua penurunan seismik yang mungkin terjadi di lokasi dan waktu yang acak (Katsumata, 2011). Fungsi LTA (Long Term Average) lebih baik digunakan dalam mengukur *z-value* agar secara statistik tidak ada anomali pada hasil pengukuran (Sunardi, 2013). Gambar 5 berikut merupakan kurva fungsi LTA (t).



Gambar 5. Fungsi rata-rata LTA (t) (Sumber: Wiemer, 2001)

Gambar 5 didapatkan sebuah kurva yang memperlihatkan *cumulative number* perubahan aktivitas seismik (penurunan dan kenaikan aktivitas seismik) menggunakan fungsi *Long Term Average* (LTA). Kurva tersebut diplot untuk setiap grid dan dimulai dari waktu (periode awal) dan berakhir pada waktu (periode akhir).

Standar deviasi Z (*z-value*) didefinisikan pada persamaan berikut,

$$z(t) = \frac{(R_{all} - R_{wl})}{\sqrt{\frac{S_{all}}{n_{all}} + \frac{S_{wl}}{n_{wl}}}} \quad (2)$$

Dimana :

R_{all} : tingkat kegempaan rata-rata dari keseluruhan data

R_{wl} : merupakan tingkat kegempaan rata-rata dari data yang dipilih

S_{all} : merupakan variasi pada keseluruhan periode

S_{wl} : merupakan variasi periode yang dipilih

n_{all} : jumlah sampel/event pada keseluruhan

n_{wl} : jumlah sampel/event yang dipilih (Wiemer, 2001).

Menghitung *z-value* dapat dilakukan sesuai dengan jumlah gempabumi terpilih pada setiap *nude* N_{ZMAP} . Periode waktu dari T_0 dan T_e dibagi menjadi $N_{\Delta t}$

short time (ST) time window dengan lebar masing-masing $N_{\Delta t}$ adalah Δt . Tingkat kegempaan rata-rata dari keseluruhan dihitung sebagai berikut :

$$R_{all} = \frac{1}{n_{all}} \left(\sum_{i=1}^{N_1} n_i + \sum_{i=N_2+1}^{N_{\Delta t}} n_i \right) \quad n_i = 1, \dots, N_{\Delta t} \quad (3)$$

Dimana n_i adalah jumlah data gempabumi yang dihitung pada *ST time window*, dan n_{all} pada persamaan (2) ini memiliki nilai yang sama dengan $N_1 + N_{\Delta t} - N_2$ adalah *ST time window* terakhir sebelum memasuki *long-term (LT) time window*. *(LT) time window* memiliki lebar Δt . Tingkat kegempaan R_{wl} dalam *(LT) time window* dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$R_{wl} = \frac{1}{n_{wl}} \sum_{i=N_1+1}^{N_2} n_i \quad (4)$$

Dimana $n_{wl} = \frac{\Delta T}{\Delta t}$. Kemudian R_{wl} dibandingkan dengan R_{all} menggunakan persamaan (1) sebelumnya. Sedangkan untuk S_{all} dan S_{wl} adalah variansi yang dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

$$S_{all} = \frac{1}{n_{all}} \left\{ \sum_{i=1}^{N_1} (n_i + R_{all})^2 + \sum_{i=N_1+1}^{N_{\Delta t}} (n_i - R_{all})^2 \right\} \quad (5a)$$

$$S_{wl} = \frac{1}{n_{wl}} \sum_{i=N_1+1}^{N_2} (n_i - R_{wl})^2 \quad (5b)$$

Z-value positif menunjukkan bahwa pada interval yang dipilih terjadi penurunan rata-rata tingkat kegempaan dibandingkan rata-rata tingkat kegempaan keseluruhan data kecuali data pada interval yang dipilih. Sebaliknya *z-value* yang negatif mengindikasikan bahwa pada interval yang dipilih terjadi peningkatan rata-rata tingkat kegempaan (Sunardi, 2013).

F. Penelitian-Penelitian Relevan

Penelitian relevan pertama yang berkaitan dengan aktivitas seismik dilakukan oleh Kei Katsumata (2011). Analisis rinci dari katalog gempa yang ditentukan kembali antara tahun 1994 dan 2003 menggunakan teknik gridding (ZMAP) menunjukkan bahwa gempabumi Tokachi-oki 2003 didahului oleh dua anomali seismik yang berdekatan yang dimulai sekitar awal tahun 1999, dan berlangsung sekitar 5 tahun, sampai terjadi guncangan utama. Anomali ketenangan ini terletak sekitar gempa utama, dan nilai *Z-value* adalah 3,9 dan 4,0 untuk jendela waktu $T_w = 4$ tahun, menggunakan ukuran sampel $N = 100$ gempabumi.

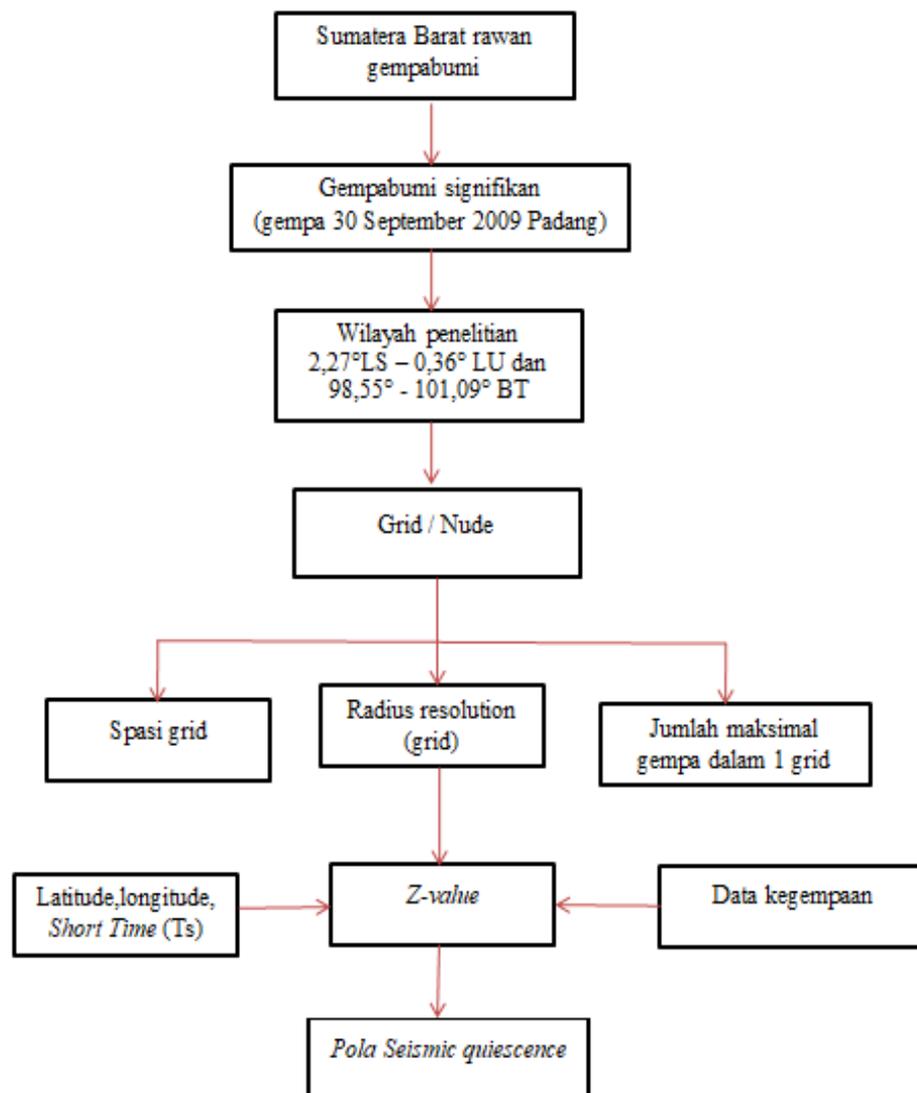
Penelitian relevan yang kedua dilakukan oleh Linda Royani dan Madlazim (2017). Hasil perhitungan *b-value* menggunakan metode *Least Square* dan maksimum Likelihood memiliki kisaran nilai 0,91 dan 1,21. Sedangkan perhitungan *z-value* menggunakan metode LTA (t) memiliki nilai masing-masing *z-value* sekitar 1,5 dan -0,2. Penelitian yang dilakukan mengindikasikan gempabumi pada sesar aktif pada patahan semangko dan adanya aktivitas vulkanologi yang cukup tinggi di wilayah Sumatera Barat. Nilai yang didapatkan sesuai dengan tingkat kerapuhan batuan dan signifikan data prekursor anomali di difilter menggunakan software ZMAP mengindikasikan terjadinya gempabumi cukup tinggi berdasarkan *plotting mapping* persebaran terdapat hasil bahwa tingkat kegempaan bersifat heterogen (gempa kuat) dan nilai negatif mengindikasikan adanya kenaikan tingkat kegempaan di wilayah Sumatera Barat dengan probabilitas kemungkinan kejadian gempabumi diprediksi rata-rata sekitar 96% pada setiap periode semakin lama kemungkinan terjadinya gempabumi yang cukup tinggi.

Penelitian relevan yang ketiga dilakukan oleh Wela Yulianda (2017). Dari hasil penelitian didapatkan distribusi spasial *z-value* wilayah Sumatera Barat pada enam zona fokus penelitian. Zona I – III sebelum *event* gempa bumi 1943 (7.8 SR), 2007 (7.9 SR) dan 2009 (7.6 SR) terdapat fenomena *seismic quiescence* yang mendahului, sedangkan pada zona IV sebelum *event* gempa bumi 2010 (7.8 SR) tidak terdapat fenomena *seismic quiescence* yang mendahului. Kemudian pada zona yang memiliki aktivitas seismik tinggi muncul fenomena *seismic quiescence* sekitar tiga tahun di permulaan tahun 2015, sedangkan pada zona yang memiliki *seismic gap* fenomena *seismic quiescence* ada pada lima tahun pertama di permulaan tahun 2015 dan pada tiga tahun di permulaan 2015 terjadi peningkatan aktivitas seismik. Secara umum, hasil distribusi spasial *z-value* pada wilayah Sumatera Barat menunjukkan bahwa pada permulaan tahun 2015 beberapa wilayah Sumatera Barat mengalami penurunan aktivitas seismik. Hal ini patut dicurigai sebagai salah satu prekursor gempa bumi di masa mendatang.

G. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir pada penelitian ini diawali dengan menentukan suatu wilayah yang akan dijadikan wilayah penelitian, yaitu wilayah Sumatera Barat. Wilayah Sumatera Barat yang dipilih berada pada koordinat $2,27^{\circ}\text{LS} - 0,36^{\circ}\text{LU}$ dan $98,55^{\circ} - 101,09^{\circ}\text{BT}$. Wilayah tersebut dibagi menjadi beberapa grid. Masing-masing grid mempunyai spasi grid, dan jumlah maksimum gempa bumi yang terdapat dalam satu grid. Masing-masing grid tersebut dapat dihitung *z-value*-nya. *Z-value* dihitung berdasarkan data gempa bumi yang terdapat dalam satu grid. Data gempa bumi yang terdapat dalam satu grid tersebut berada dalam rentang katalog gempa bumi periode 1981 sampai 2021. Data tersebut dibagi

menjadi dua periode, yaitu periode data keseluruhan dan periode data yang dipilih. Tingkat kegempaan, variansi dan jumlah event pada kedua periode tersebut dibandingkan untuk mendapatkan z -value. Z -value dihitung untuk setiap posisi *longitude*, *latitude*, dan waktu awal diambilnya *time window* (Ts). Setelah perhitungan z -value pada semua grid selesai, maka hasil perhitungan tersebut diinterpolasikan. Kerangka berpikir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Kerangka Berpikir Penelitian

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa *Z-value* dihitung untuk masing-masing grid berdasarkan data gempabumi dalam satu grid. Masing-masing grid tersebut berada dalam posisi *latitude* dan *longitude* tertentu dan dihitung untuk setiap pengambilan T_s . Sehingga dari hasil perhitungan ini, dapat diamati terdapat atau tidaknya fenomena *seismic quiescence* yang mendahului *event* gempabumi signifikan.

BAB V PENUTUP

A. KESIMPULAN

1. Seismisitas wilayah Sumatera Barat memiliki aktivitas kegempaan yang tinggi. Hal ini ditandai dengan banyaknya *event* gempabumi yang tersebar di perairan Sumatera Barat maupun di daratan Sumatera Barat.
2. Penelitian fenomena *seismik quiescence* pada wilayah Sumatera Barat dengan melihat kurva *cumulative number*, didapatkan hasil bahwa pada tahun 1981 hingga 2004 tidak terjadi perubahan seismik yang signifikan, tetapi pada tahun 2004 hingga 2019 terjadi perubahan aktivitas seismik yang signifikan. *Z-value* maksimum pada zona penelitian ini terdapat pada tahun 1987.9 dengan nilai $Z_{max} = 8.1$. Sebelum terjadinya gempabumi 2009 dilihat dari hasil *z-value* fungsi LTA dengan $N = 500$, $T_w = 3$ di dapatkan adanya fenomena *seismik quiescence* pada tahun 2001.2 dengan nilai *z-value* = 6.1 sekitar 8 tahun sebelum gempabumi 30 September 2009. Pada hasil distribusi spasial *Z-value* pada saat *cut at* 2019.9, kembali terjadi penurunan aktivitas seismik yang signifikan, yang menunjukkan akan terjadinya gempabumi. Hal ini patut dicurigai sebagai salah satu prekursor gempabumi di masa mendatang.

B. SARAN

1. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai fenomena seismic quiescence ini, mengingat bahwa wilayah Sumatera Barat merupakan wilayah yang sangat rawan terjadinya bencana gempabumi.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pengambilan kebijakan salah satu upaya dalam meminimalisir kerugian yang diakibatkan oleh bencana gempabumi
3. Dalam proses pengolahan data pada penelitian, lebih baik data yang akan digunakan dilakukan declustering atau melakukan sortir data terlebih dahulu. Agar menampilkan anomali *seismic quiescence* yang lebih baik.