

**ANALISIS PERIODE ULANG GEMPABUMI DI SUMATERA  
BAGIAN UTARA DAN SEKITARNYA**



**YOHANE  
NIM.16034063/2016**

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

**ANALISIS PERIODE ULANG GEMPABUMI DI SUMATERA  
BAGIAN UTARA DAN SEKITARNYA**

**SKRIPSI**

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



**Oleh:  
YOHANE  
NIM.16034063/2016**

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

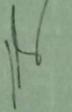
PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS PERIODE ULANG GEMPA BUMI DI SUMATERA  
BAGIAN UTARA DAN SEKITARNYA

Nama : Yohane  
NIM : 16034073  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 16 Maret 2022

Mengetahui:  
Kepala Departemen Fisika



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

Disetujui Oleh:  
Pembimbing



Syafriani, M. Si, Ph. D  
NIP. 19740305 1998022 001

**PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI**

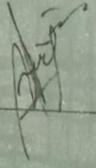
Nama : Yohane  
NIM : 160340473  
Prodi : Fisika  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam

**ANALISIS PERIODE ULANG GEMPABUMI DI SUMATERA  
BAGIAN UTARA DAN SEKITARNYA**

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

Padang, Maret 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Syafriani, M. Si, Ph. D	
Anggota	: Dr. Fatni Mufit S Pd, M. Si	
Anggota	: Dr. Hamdi, M. Si	

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Analisis Periode Ulang Gempabumi Di Sumatera Bagian Utara dan Sekitarnya”, adalah asli karya sendiri.
2. Di dalam karya tulis ini berisi gagasan, rumusan, dari 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 ada 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, 16 Maret 2022

Pernyataan

  
Vohane  
16034073

# ANALISIS PERIODE ULANG GEMPABUMI DI SUMATERA BAGIAN UTARA DAN SEKITARNYA

YOHANE

## ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak antara tiga lempeng besar tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik, dimana gempabumi sering terjadi pada daerah yang terletak pada pertemuan antara lempeng-lempeng tersebut. Kondisi ini menyebabkan Negara Indonesia memiliki potensi gempa bumi yang sangat tinggi. Salah satu wilayah di kepulauan Sumatera yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi yaitu wilayah Sumatera bagian Utara. Sumatera Bagian Utara berada pada zona subduksi antara lempeng tektonik Indo-Australia dengan lempeng Eurasia. Berdasarkan hal tersebut perlu diketahui keadaan *stress* lokal dan aktifitas kegempaan berdasarkan nilai parameter seismotektonik *a-value* dan *b-value* di Sumatera bagian Utara dan kemungkinan periode ulang gempabumi di wilayah sumatera bagian utara.

Data yang didapat pada katalog *National Earthquakes Information Center U.S Geology survey (NEIC/USGS)*, periode 1945 sampai 2020. Wilayah penelitian dibagi menjadi dua daerah. Daerah 1 berada pada koordinat  $0,4^{\circ}$ - $2,8^{\circ}$  LU dan  $95^{\circ}$ - $100^{\circ}$  BT dan daerah 2 berada pada koordinat  $2,9^{\circ}$ - $6^{\circ}$  LU dan  $95^{\circ}$ - $98^{\circ}$  BT. Metode yang digunakan yaitu metode maksimum likelihood untuk menentukan *a-value* dan *b-value*

Berdasarkan data gempabumi didapatkan di wilayah Sumatera Bagian Utara memiliki Parameter seismotektonik pada daerah 1 didapatkan hasil *a-value* sebesar 6,97 dan *b-value* sebesar 0,92. Sedangkan untuk daerah 2 didapatkan hasil *a-value* sebesar 8,9 dan *b-value* sebesar 1,22. Hal ini menunjukkan bahwa daerah 1 lebih rentan terjadi gempabumi dibandingkan daerah 2. Indeks seismisitas gempabumi di daerah sumatera bagian utara menunjukkan bahwa pada daerah 1 dengan magnitudo 4,6-5 memiliki indeks seismisitas paling tinggi dibandingkan dengan magnitudo 9,1. Sedangkan pada daerah 2 dengan magnitudo 4,5-5 memiliki indeks seismisitas paling tinggi dibandingkan dengan magnitudo 8,6. dari nilai indeks seismisitas gempabumi yang tinggi mempengaruhi periode ulang gempabumi di daerah penelitian. Periode ulang gempabumi di daerah 1 dengan magnitudo 9,1 SR yaitu 1917,8454, sedangkan periode ulang gempabumi pada daerah 2 dengan magnitudo 8,6 SR yaitu 2970,3908.

Kata Kunci : Gempabumi, *a-value*, *b-value*, Indeks seismisitas, Periode Ulang gempabumi

# **ANALYSIS OF THE REPEAT PERIOD OF EARTHQUAKES IN NORTH SUMATERA**

**YOHANE**

## **ABSTRACT**

Indonesia is a country located between three major tectonic plates, namely the Indo-Australian plate, the Eurasian plate and the Pacific plate, where earthquakes often occur in areas where these plates meet. This condition causes the State of Indonesia to have a very high earthquake potential. One of the areas in the Sumatran archipelago that has a high level of seismicity is northern Sumatra. North Sumatra is located in the subduction zone between the Indo-Australian tectonic plate and the Eurasian plate. Based on this, it is necessary to know the state of local stress and seismic activity based on the seismotectonic parameter values of a and value of b in northern Sumatra and the possibility of earthquake return periods in northern Sumatra.

Data obtained from the catalog of the National Earthquakes Information Center U.S Geology survey (NEIC/USGS), for the period 1945 to 2020. The research area is divided into two regions. Region 1 is located at  $0.4^{\circ}$ - $2.8^{\circ}$  N and  $95^{\circ}$ - $100^{\circ}$  East Longitude, while area 2 is located at  $2.9^{\circ}$ - $6^{\circ}$  N and  $95^{\circ}$ - $98^{\circ}$  East Longitude. The method used is the maximum likelihood method to determine the a-value and b-value

Based on earthquake data obtained in the northern part of Sumatra, which has a seismotectonic parameter in area 1, had an a-value of 6.97 and a b-value of 0.92 in this study. In area 2, an a-value of 8.9 and b-value of 1.22 were obtained. This demonstrates that Area 1 is more vulnerable to earthquakes than Area 2. The seismicity index of earthquakes in northern Sumatra shows that area 1 with a magnitude of 4.6-5 has the highest seismicity index compared to magnitude 9.1. Meanwhile, area 2 has the highest seismicity index value, with a magnitude of 4.5-5, compared to a magnitude of 8.6. The high seismicity index value affects the return period of the earthquake in the study area. The earthquake return period in Area 1 indicates that seismic activity is more frequent than in Area 2.

Keyword : a-value, b-value, seismicity index, earthquake return period

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan kasih sayang-Nya. Tidak lupa pula shalawat dan salam senantiasa tercurahkan bagi Rasulullah Saw yang telah membawa manusia dari zaman kegelapan hingga menuju zaman yang terang benderang, sehingga penulis diberikan kesempatan, kemampuan dan kekuatan untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul **Analisis Periode Ulang Gempabumi Di Sumatera Bagian Utara Dan Sekitarnya**. Penulisan Skripsi ini adalah sebagai syarat dalam menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Dalam menyelesaikan skripsi ini peneliti banyak mendapatkan bantuan bimbingan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Prodi Fisika dan pembimbing tugas Akhir atas segala bantuannya yang tulus dan ikhlas memberikan motivasi, bimbingan, arahan dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
2. Ibu Dr Hj. Ratnawulan, M.Si sebagai Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang dan penasehat akademik.

3. Bapak Dr. Hamdi, M.Si., dan bapak Dr. Fatni Mufit S. Pd, M. Si., sebagai tim penguji yang telah memberikan kritikan dan saran kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi
4. Staf Pengajar dan Karyawan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat dan do'a.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini

Dalam penyusunan Tugas akhir ini, penulis telah berusaha menyelesaikan dengan sebaik mungkin, akan tetapi penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan ilmu pengetahuan dan informasi

Padang , Februari 2022

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.....	6
C. Batasan Masalah .....	6
D. Rumusan Masalah .....	7
E. Tujuan Penelitian .....	7
F. Manfaat Penelitian .....	7
BAB II KERANGKA TEORISTIS .....	9
A. Gempabumi .....	9
B. Distribusi Frekuensi MAgnitudo Gempabumi .....	18
C. Periode Ulang Gempabumi .....	19
D. Metode <i>Likelihood</i> .....	19
E. Indeks Seismisitas .....	20
F. Tektonik Sumatera Bagian Utara.....	21
G. Penelitian-Penelitian Relevan .....	23
H. Kerangka Berfikir Penelitian .....	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
A. Jenis Penelitian.....	27
B. Variabel Penelitian .....	27
C. Data Penelitian .....	27
D. Teknik Pengumpulan Data.....	28
E. Teknik Pengolahan Data .....	28
F. Teknik Interpretasi Data.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	30
A. Hasil.....	30
B. Pembahasan.....	35
BAB V PENUTUP .....	40
A. Kesimpulan .....	40
B. Saran .....	40
DAFTAR PUSTAKA .....	42
LAMPIRAN .....	44

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ilustrasi <i>Elastic Rebound Theory</i> .....	10
Gambar 2. Siklus Gempabumi .....	11
Gambar 3. Peta Jalur Patahan Aktif Sumatera .....	23
Gambar 4. Kerangka Berfikir Penelitian.....	25
Gambar 5. Peta Seismisitas Wilayah Sumatera Bagian Utara Dan Sekitarnya Periode 1945-2020 .....	30
Gambar 6. Grafik Hubungan Distribusi Frekuensi-Magnitudo Gempabumi Wilayah 1 .....	32
Gambar 7. Grafik Hubungan Distribusi Frekuensi-Magnitudo Gempabumi Wilayah 2 .....	33

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Indeks Seismisitas Dan Periode Ulang Gempabumi Di Daerah 1 .. 34

Tabel 2 Indeks Seismisitas Dan Periode Ulang Gempabumi Di Daerah 2.. 35

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Awal USGS .....	44
Lampiran 2. Data Input ZMAP .....	44
Lampiran 3. Pengolahan Periode Ulang Gempabumi .....	55



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak antara tiga lempeng besar tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik, dimana gempa bumi sering terjadi pada daerah yang terletak pada pertemuan antara lempeng-lempeng tersebut. Kondisi ini menyebabkan Negara Indonesia memiliki potensi gempa bumi yang sangat tinggi. Salah satu daerah yang memiliki potensi Gempa bumi yang terjadi di Indonesia teridentifikasi merupakan efek dari zona subduksi. Zona subduksi terjadi akibat pertemuan dua lempeng yang saling menekan, dimana lempeng tersebut ada yang bergerak saling mendekati, dan ada yang saling bergeser. Pertemuan kedua lempeng mengakibatkan adanya pembelokan pada lempeng samudera yang memiliki densitas lebih besar dan menyusup ke bawah lempeng benua (Akmal, 2006). Gerakan lempeng tersebut akan mengalami perlambatan akibat gesekan dari selubung bumi. Perlambatan gerak ini menyebabkan penumpukan energi di zona subduksi dan zona patahan, akibatnya terjadi tekanan, tarikan dan geseran. Secara teoritis, lempeng-lempeng tektonik memiliki sifat elastis dengan batas elastisitas tertentu. Pada saat batas elastisitas lempengnya terlampaui, maka terjadilah patahan batuan yang diikuti oleh lepasnya energi secara tiba-tiba, peristiwa ini lah yang disebut dengan gempa bumi.

Gempa bumi terjadi akibat pelepasan energi gelombang seismik di kerak bumi yang menyebabkan adanya getaran atau guncangan di permukaan bumi. Energi yang dilepaskan merupakan pelepasan energi deformasi yang telah mengalami masa atau siklus akumulasi. Energi gempa bumi dapat dikelompokkan

menjadi tiga tahap atau siklus berdasarkan sifat perulangannya. Menurut Thatcher (1984) berdasarkan sifatnya yang berulang, tahap pertama gempabumi yaitu interseismic yaitu energi yang telah terakumulasi, tahap kedua coseismic yaitu energi yang telah terakumulasi dilepaskan dalam bentuk gempabumi, dan tahap terakhir yaitu postseismic dimana pada tahap ini sisa energi gempabumi terlepas secara perlahan dalam kurun waktu yang tertentu sampai kembali ketahap keseimbangan awal. Gempabumi yang melanda Indonesia merupakan gempabumi yang merusak, merugikan dan menimbulkan korban jiwa. Selain itu tak sedikit juga diikuti oleh gelombang tsunami yang dahsyat. Salah satu pulau di Indonesia yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi yaitu wilayah Sumatera bagian Utara.

Sumatera Bagian utara merupakan daerah yang sering terjadi gempabumi. Sumatera Bagian Utara berada pada zona subduksi antara lempeng tektonik Indo-Australia dengan lempeng Eurasia. Penunjaman miring antara kedua lempengan tersebut memberikan pengaruh besar terhadap kondisi tektonik dan vulkanik di Sumatera bagian utara. Wilayah yang meliputi Sumatera bagian Utara yaitu Nanggroe Aceh Darussalam, Nias dan Sumatera Utara. BMKG mencatat hingga saat ini Sumatera bagian Utara telah banyak terjadi gempabumi dengan signifikansi merusak, merugikan dan menimbulkan korban jiwa.

Beberapa faktor yang menjadi penyebab timbulnya banyak korban jiwa akibat bencana gempabumi adalah karena kurangnya pengetahuan masyarakat tentang bencana dan kurangnya kesiapsiagaan masyarakat dalam mengantisipasi bencana tersebut. Secara teoritis gempabumi memang dapat diprediksi, namun para peneliti mengalami kesulitan karena beberapa hal, diantaranya yaitu

terbatasnya kondisi pengamatan terutama peralatannya, tidak periodiknya aktivitas gempabumi, ketidaktentuannya proses gempabumi, dan luasnya daerah jangkauan (Hartini, 2009).

Untuk dapat mengantisipasi bencana gempabumi di suatu daerah, maka harus mengetahui periode ulang kejadian gempabumi tersebut. Periode ulang gempabumi dapat diperoleh dengan mengetahui nilai parameter keaktifan gempabumi yaitu  $a$  menyatakan keadaan seismisitas dan  $b$  menyatakan keadaan tektonik. Metode yang dapat digunakan untuk menghitung parameter keaktifan gempabumi salah satunya adalah metode *Likelihood* (Budiman dkk, 2011).

Berdasarkan Katalog Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), gempabumi dengan signifikansi merusak, merugikan dan menimbulkan korban jiwa yaitu gempabumi dengan magnitudo 7,2 SR yang terjadi di Pangkalan Brandan pada tahun 1936, gempabumi dengan magnitudo 8,6 SR di Gunung Sitoli pada tahun 2005 dan berpotensi tsunami, gempabumi dengan magnitudo 7,4 SR di Sumatera Utara di laut lepas dekat pulau Nias pada tahun 1984 dan berpotensi tsunami, gempabumi dengan magnitudo 7,4 SR di Meulaboh pada tahun 2010, gempabumi dengan kekuatan 7,3 SR di Aceh pada tahun 1936, gempa dengan magnitudo 9,2 SR di Aceh pada tahun 2004 menyebabkan tsunami. Gempa yang berpotensi tsunami juga terjadi pada 1843 di Gunung Sitoli dan 1861 di Tapanuli Sibolga dan terulang kembali pada tahun 2005 (BMKG, 2010).

Berdasarkan data katalog gempa di atas menunjukkan bahwa wilayah Sumatera bagian Utara memiliki tingkat seismisitas yang tinggi. Tingkat seismisitas suatu wilayah dapat dianalisis dengan menggunakan distribusi frekuensi-magnitudo yang dikemukakan oleh Gutenberg dan Richter pada tahun

1944. Dimana menurut para ahli seismotologi *a-value* merupakan salah satu statistik yang mencerminkan tingkat keaktifan kegempaan disuatu daerah, sedangkan *b-value* adalah salah nilai statistik yang mencerminkan kondisi *stress* lokal batuan di suatu daerah (Rohadi, 2009). Menurut Sunarjo (2012) karakteristik batuan dan besarnya *stress* yang terkandung oleh suatu batuan dapat mempengaruhi besar atau kecilnya energi gempabumi yang dilepaskan pada suatu siklus perulangan gempabumi. Batuan yang memiliki tingkat kerapuhan yang tinggi menyebabkan energi yang dikumpulkan tidak terlalu besar karena energi langsung dilepaskan dalam bentuk gelombang seismik, begitu pula sebaliknya.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, sudah banyak penelitian yang membahas mengenai gempabumi. Fidia (2018) melakukan penelitian mengenai periode ulang gempabumi di kepulauan Mentawai dengan menggunakan metode Likelihood dengan rumusan Guttenberg-Richter, didapatkan nilai *a-value* sebesar 6,8094 dan *b-value* sebesar 0,8372 serta nilai indeks seismisitas untuk magnitudo 5-8 SR berkisar antara 0,4633 – 150,05033 tahun. Dalam penelitian fidia didapatkan nilai periode ulang gempabumi untuk gempa 5 SR relatif singkat, hal ini mengidentifikasikan bahwa gempa dengan 5 SR memiliki intensitas kejadian yang tinggi, dengan kata lain gempa dengan magnitudo 5 SR lebih sering terjadi di Mentawai.

Rahmad Tauladani (2015) melakukan penelitian tentang seismisitas di Wilayah Aceh. Rahmad menunjukkan bahwa aktifitas seismik di wilayah Aceh sangat tinggi terlebih setelah terjadinya gempabumi yang disertai tsunami pada tahun 2004. Nilai-b wilayah Aceh dari katalog USGS antara 0,5 hingga 3,0 dan nilai-a antara 5 hingga 10. Berdasarkan katalog ISC nilai-b antara 0,6 hingga 1,7

dan nilai-a 4,8 hingga 10. Nilai-b terkecil berada di daerah sekitar Pulau Simeulue daerah Barat Laut dan Utara Aceh (Andaman) yang menandakan di wilayah ini tingkat aktifitas seismiknya sangat tinggi. Periode ulang gempabumi untuk magnitudo 5 Mw berkisar antara 1 hingga 4 bulan dan 2 sampai 5 tahun untuk magnitudo 6 Mw. Hal ini menunjukkan bahwa daerah aceh merupakan daerah yang memiliki intensitas kegempaan yang tinggi.

Tingginya tingkat seismisitas suatu wilayah dapat dilihat dari banyaknya gempa yang terjadi. Gempabumi yang terjadi tergantung pada karakteristik batuan yang ada dan besarnya stress yang didukung oleh struktur geologi batuan suatu daerah. Apabila stress yang diberikan pada batuan akan melebihi kapasitas batuan daerah tersebut maka batuan akan mengalami deformasi dan terjadi gempa. Apabila suatu wilayah jarang terjadi gempa, maka wilayah tersebut akan mengalami akumulasi energi. Dimana sewaktu waktu energi tersebut akan dikeluarkan dalam bentuk gempabumi dan akan menimbulkan kerusakan pada wilayah tertentu. Upaya yang digunakan untuk mengurangi risiko atau dampak gempabumi yaitu dengan menganalisis tingkat seismisitas dan periode ulang gempabumi pada suatu daerah. Dengan menganalisis tingkat seismisitas dan periode ulang gempabumi pada suatu daerah kita dapat memprediksi kapan akan terjadinya gempa yang berpotensi menimbulkan kerusakan, kerugian dan korban jiwa, sehingga dapat memperkecil dampak negatif dari gempabumi tersebut.

Berdasarkan uraian yang dijelaskan sebelumnya, penulis tertarik untuk melakukan analisa mengenai periode ulang gempabumi pada suatu daerah. Berdasarkan periode ulang gempabumi pada suatu daerah maka dapat diperkirakan kapan terjadinya gempabumi yang signifikan serta daerah-daerah

yang berpotensi mengalami gempa bumi yang signifikan pada masa yang akan datang. Hal ini dapat digunakan untuk meminimalisir dampak yang diakibatkan oleh gempa bumi. Oleh karena itu, penulis mengajukan proposal yang berjudul “Analisis periode ulang gempa bumi di Sumatera bagian Utara dan sekitarnya”

## **B. Identifikasi Masalah**

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

1. Sumatera bagian utara merupakan salah satu kawasan yang rawan terhadap bencana gempa bumi karena, tingkat seismisitas provinsi Sumatera bagian Utara dipengaruhi oleh tiga patahan, yaitu zona subduksi, Segmen Sesar Mentawai dan Sesar Sumatera.
2. Sumatera bagian Utara memiliki cukup banyak catatan sejarah bencana gempa bumi yang signifikan dan merusak. Sehingga tidak menutup kemungkinan terjadinya perulangan gempa bumi.
3. Perlunya penelitian tentang stress lokal dan aktifitas kegempaan berdasarkan nilai parameter seismotektonik dan periode ulang gempa bumi di Sumatera Bagian Utara.

## **C. Batasan Masalah**

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

1. Wilayah penelitian dilakukan di wilayah Sumatera bagian Utara dan sekitarnya dengan koordinat  $0,4^{\circ}$ - $6^{\circ}$  LU dan  $95^{\circ}$ - $100^{\circ}$  BT.

2. Data yang digunakan adalah data katalog gempa bumi yang tersedia di situs *national earthquake information center U.S geology survey (NEIC/USGS)* dan *International Seismological Center (ISC)* periode 1945-2020 dengan parameter magnitudo yang digunakan adalah  $M \geq 4.5$  SR dan kedalaman  $\leq 70$  km.
3. Perhitungan parameter seismotektonik dan periode ulang gempa bumi dilakukan dengan menggunakan metode likelihood

#### **D. Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana keadaan *stress* lokal dan aktifitas kegempaan berdasarkan nilai parameter seismotektonik *a-value* dan *b-value* di Sumatera bagian Utara dan sekitarnya?
2. Kapan terjadinya perulangan gempa bumi di Sumatera bagian Utara?

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

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui keadaan *stress* lokal dan aktifitas kegempaan berdasarkan nilai parameter seismotektonik *a-value* dan *b-value* di Sumatera bagian Utara dan sekitarnya
2. Mengetahui periode ulang gempa bumi di Sumatera bagian Utara

#### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yaitu sebagai berikut :

1. Memberi informasi mengenai periode ulang gempa bumi, *a-value* dan *b-value* di wilayah Sumatera bagian Utara dan sekitarnya.
2. Menambah wawasan dan pengetahuan mengenai kegempaan bagi masyarakat.
3. Sebagai syarat yang harus di penuhi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

## **BAB II KERANGKA TEORISTIS**

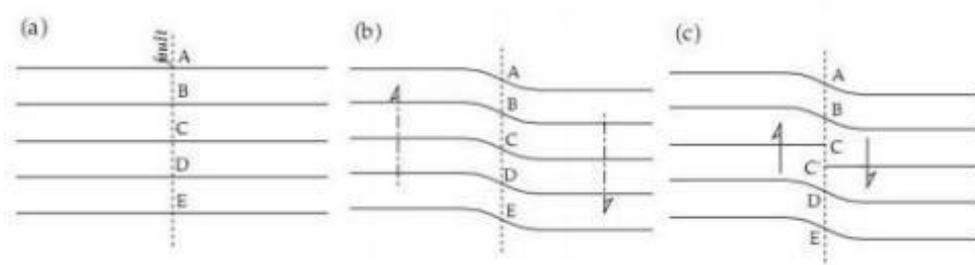
### **A. Gempabumi**

Gempabumi merupakan peristiwa pelepasan energi yang disebabkan oleh adanya deformasi batuan yang terjadi pada bagian litosfer. Menurut Syafriani (2018) Gempabumi merupakan peristiwa bergetarnya permukaan bumi yang disebabkan oleh lapisan batuan yang patah karena ketidakmampuan batuan tersebut menahan dari pergerakan lempeng tektonik. Pergerakan lempeng tektonik tersebut membuat terjadinya gempabumi dan pelepasan energi. Pelepasan energi inilah yang menyebabkan terjadinya pergeseran atau pergerakan pada bagian dalam bumi secara tiba-tiba. Pergerakan tiba-tiba dari lapisan batuan di dalam bumi menghasilkan energi yang dipancarkan ke segala arah berupa gelombang gempabumi atau gelombang seismik. Dimana ketika gelombang seismik mencapai permukaan bumi, getarannya dapat merusak segala sesuatu yang ada di permukaan bumi seperti bangunan dan infrastruktur lainnya sehingga dapat menimbulkan korban jiwa dan kerusakan (Sunarjo, 2012).

Seorang Seismolog Amerika, Reid (K.E Bullen, 1965;B dan Bolt, 1976) menyatakan suatu teori yang menjelaskan bagaimana proses gempa bisa terjadi. Teori ini dikenal dengan nama "*Elastic Rebound Theory*". Menurut teori ini, gempabumi terjadi pada daerah yang mengalami deformasi. Dimana deformasi terjadi akibat adanya tegangan (*stress*) dan tarikan (*strain*) pada lapisan bumi (Linda, 2019).

Deformasi batuan merupakan perubahan bentuk batuan yang disebabkan oleh gaya luar yang berkerja pada batuan. *Stress* yang diberikan

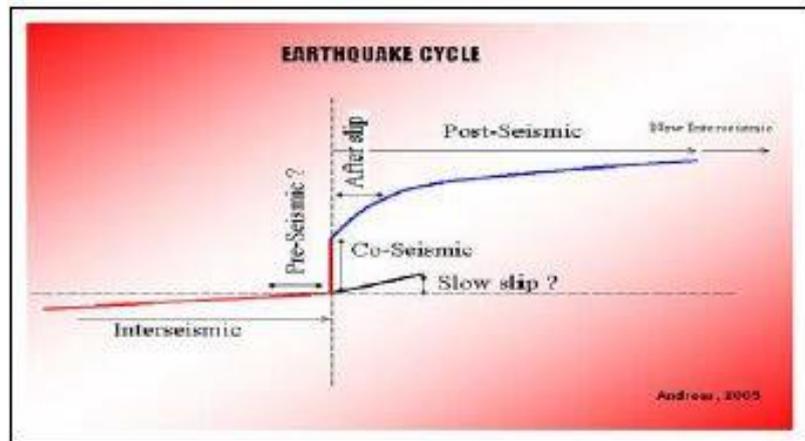
berupa gaya yang dapat menyebabkan perubahan pada batuan. Akibat dari gaya tersebut batuan mengalami perubahan atau *strain*, perubahan yang terjadi adalah perubahan ukuran, bentuk dan volume selama proses deformasi. Gambar 1 menggambarkan proses yang terjadi pada defromasi batuan.



**Gambar 1.** Ilustrasi *Elastic Rebound Theory* (Lowrie, 2007)

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa gempa bumi dapat terjadi apabila dua buah gaya yang berkerja dengan arah yang berlawanan pada batuan kulit bumi mengalami perubahan bentuk maka batuan tersebut akan terdeformasi. Dikarenakan batuan memiliki sifat elastis, apabila gaya pada batuan bekerja dalam waktu yang lama dan terus menerus atau terdapat *stress* yang diberikan pada batuan tersebut, maka lama kelamaan daya dukung pada batuan akan mencapai batas maksimum dan akan mulai terjadi pergeseran (Lowrie, 2007).

Gempabumi memiliki sifat perulangan gempa bumi yang terjadi akibat adanya deformasi batuan. suatu gempa bumi yang terjadi di waktu tertentu akan terulang lagi di masa yang akan datang dalam periode kurun waktu tertentu. Istilah perulangan gempa bumi ini dinamakan siklus gempa bumi (*earthquake cycle*)(Andreas,2005). Dalam satu siklus gempa bumi terdapat beberapa fase terjadinya gempa bumi, yaitu fase *interseismic*, *pre-seismic*, *co-seismic*, dan *post-seismic*. Siklus gempa bumi dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Siklus Gempabumi (a) *Interseismic* (b) *Coseismic* (c) *Postseismic* (Andreas, 2005).

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat siklus gempabumi. Fase *interseismic* merupakan fase awal dari siklus gempabumi. Energi pada fase ini akan terakumulasi yang disebabkan oleh pertemuan dua buah lempeng (tempat biasa terjadinya gempabumi seperti batas antar lempeng atau sesar). Pada fase ini zona subduksi mengalami peristiwa *locking* sehingga energi terkumpul di zona tersebut dan material lempeng yang tersubduksi mengalami *shortening* (pemendekan). Fase *pre-seismic* adalah fase sesaat sebelum terjadinya gempabumi. Fase *co-seismic* yaitu fase saat energi yang telah terkumpul dilepaskan dalam bentuk gempabumi. fase ini merupakan fase terjadinya gempa utama (*mainshock*). ketika fase *co-seismic* terjadi sebagian kerak bumi dapat tergeser atau terdeformasi secara permanen mencapai orde meter. Tahap terakhir dari siklus gempabumi adalah *post-seismic*. Pada fase ini sisa-sisa energi gempabumi terlepas secara perlahan dalam kurun waktu yang lama (biasanya bersifat aseismik) sampai kondisi ke tahap keseimbangan awal (*interseismic*) yang baru.

## 1. Klasifikasi Gempabumi

### a. Berdasarkan Sumber Terjadinya

Berdasarkan sumber terjadinya gempabumi dapat dikelompokkan menjadi empat jenis, yaitu gempa tektonik, gempa vulkanik, gempa runtuh dan gempa buatan. Gempa tektonik disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng-lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat bervariasi. Gempabumi ini banyak menimbulkan kerusakan atau bencana alam di permukaan bumi disebabkan oleh pelepasan (energi) yang terjadi karena getaran gempa yang dihasilkan kuat menjalar keseluruh bagian bumi. Pada gempa vulkanik disebabkan oleh adanya aktivitas gunung berapi (vulkanik) yang biasa terjadi sebelum gunung api meletus. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan ledakan yang juga akan menimbulkan kerusakan yang semakin tinggi pula. Gempabumi ini memiliki kekuatan dari 4 SR dan termasuk gempabumi sedang. Gempa runtuh disebabkan oleh runtuh batuan, misalnya pada atas gua disebabkan oleh longsor tanah. Gempa runtuh mempunyai intensitas lemah dan terjadi secara lokal. Gempabumi ini memiliki kekuatan yang sangat kecil sehingga getarannya tidak bisa terasa dan hanya bisa terdeteksi oleh seismograf. Sedangkan gempa buatan disebabkan oleh aktifitas dari manusia, seperti gempa akibat ledakan percobaan bom nuklir di bawah tanah dan ledakan dinamit di dalam tanah.

### b. Berdasarkan sumber kedalamannya

Menurut (Sunarjo, 2012) berdasarkan sumber kedalamannya (h), gempabumi digolongkan menjadi tiga jenis yaitu sebagai berikut:

- 1) Gempabumi dangkal (*shallow*) dengan kedalaman kurang dari 70 km

- 2) Gempabumi sedang memiliki kedalaman antara 70 km sampai 300 km.
  - 3) Gempabumi dalam mempunyai kedalaman hiposenter lebih dari 300 km.
- c. Berdasarkan kekuatan atau magnitudonya

Berdasarkan kekuatan atau magnitudonya gempabumi dibedakan menjadi :

- 1) Gempabumi sangat besar dengan magnitudo besar lebih dari 8 SR.
- 2) Gempabumi besar dengan magnitudo antara 7 hingga 8 SR.
- 3) Gempabumi merusak dengan magnitudo antara 5 hingga 6 SR.
- 4) Gempabumi sedang dengan magnitudo antar 4 hingga 5 SR.
- 5) Gempabumi kecil dengan magnitudo 3 hingga 4 SR.
- 6) Gempabumi mikro dengan magnitudo 1 hingga 3 SR.
- 7) Gempabumi ultra mikro dengan magnitudo lebih kecil dari 1 SR

## 2. Parameter gempabumi

Menurut Sunarjo (2012) parameter gempabumi yaitu sebagai berikut:

- a. Waktu terjadinya gempa (*origin time*) adalah waktu suatu gempabumi terjadi di sumbernya pada kedalaman tertentu dilapisan bumi. Pada wakatu tersebut akumulasi tegangan (*stress*) terlepas dalam bentuk penjalaran gelombang gempabumi. *Origin time* dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinated*).
- b. Hiposenter merupakan pusat gempabumi yang berada di dalam permukaan bumi. Hiposenter adalah titik awal terjadinya gempabumi dimana *focus* (bagian dalam bumi). Kedalaman sumber gempabumi adalah jarak hiposenter dihitung tegak lurus dari permukaan bumi.
- c. Episenter merupakan titik di permukaan bumi yang berada tepat di atas kejadian lokasi yang mempengaruhi permukaan bumi. Lokasi episenter dibuat

dalam sistem koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur.

d. Magnitudo gempabumi adalah ukuran kekuatan gempabumi yang menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempabumi terjadi dan hasil pengamatan seismograph. Richter memperkenalkan konsep magnitudo (kekuatan gempabumi di sumbernya) secara umum dengan satuan skala Richter dan dilambangkan dengan  $M$  (Sunarjo, 2012). nilai magnitudo didapatkan sebagai hasil analisis tipe gelombang seismik tertentu dengan memperhitungkan korelasi jarak stasiun pencata ke episenter. Bentuk umum magnitudo gempabumi diperlihatkan pada Persamaan 1 (Lay dan Wallace, 1995).

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

Dimana:

$M$  = magnitudo gempabumi

$A$  = amplitudo gerakan tanah

$T$  = periode (s)

$C_r$  = koreksi wilayah sumber

$C_s$  = koreksi untuk penepatan stasiun

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

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

1) Magnitudo Lokal (ML).

Magnitudo ini pertama kali diperkenalkan oleh Richter diawal tahun 1930-an dengan menggunakan data kejadian gempabumi di daerah California yang direkam oleh seismograf Woods-Anderson. Menurut Richter dengan mengetahui

jarak episenter ke seismograf dan mengukur amplitudo maksimum dari sinyal yang tercatat di seismograf maka dapat dilakukan pendekatan untuk mengetahui besarnya magnitudo gempa bumi yang terjadi. Persamaan empiris dari magnitudo lokal yaitu sebagai berikut:

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

Dimana:

$M_L$  = magnitudo lokal (SR)

$A$  = amplitudo gerakan tanah (mikrometer)

$\Delta$  = jarak episenter (km)

## 2) *Magnitudo Body* ( $M_b$ )

Magnitudo ini merupakan salah satu magnitudo yang bisa digunakan secara luas dibandingkan dengan magnitudo lokal yang hanya bisa digunakan untuk jarak tertentu saja. Magnitudo ini didefinisikan berdasarkan catatan amplitudo dari gelombang P yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Magnitude Body ( $M_b$ ) secara umum dirumuskan dengan persamaan berikut:

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

Dimana:

$M_b$  = magnitudo badan (SR)

$A$  = amplitudo gerakan tanah (mikrometer)

$T$  = periode

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

## 3) *Magnitude Surface* ( $M_s$ )

Magnitudo yang diukur berdasarkan amplitudo gelombang permukaan. Dalam prakteknya (USA), amplitudo gerakan tanah yang dipakai adalah

amplitudo maksimum gelombang permukaan, yaitu gelombang Reyleigh dalam satuan mikron dan seismogram periode panjang (*long period*) komponen vertikal dengan periode  $20 \pm 3$  sekon dan periodenya diukur pada gelombang dengan amplitudo maksimum tersebut. Magnitudo permukaan secara umum dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$M_S = \log A_{20} + 1,66 \log \Delta + 2,0 \quad (4)$$

Dimana:

$M_S$  = Magnitudo permukaan (SR)

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

$\Delta$  = jarak episenter (Km)

#### 4) *Magnitude Moment* ( $M_W$ )

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

$$M_W = (\log M_0 / 1,5) - 10,73 \quad (5)$$

Dimana :

$M_W$  = Magnitudo momen (SR)

$M_0$  = momen seismik (N.m)

Momen seismik dapat diestimasi dari dimensi pergeseran bidang sesar atau dari analisis karakteristik gelombang gempabumi yang terekam stasiun pencatat khususnya dengan seismograf periode bebas. Persamaan untuk momen seismik yaitu sebagai berikut:

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

Dimana:

$M_0$  = momen seismik (dyne.cm)

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

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

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

5) *Magnitude of completeness* ( $M_c$ )

Magnitudo ini didefenisikan sebagai magnitudo terendah atau batas bawah magnitudo dimana 100% gempabumi yang terjadi pada suatu daerah dan periode tertentu telah terdeteksi atau terekam oleh stasiun gempabumi. Nilai dari  $M_c$  dapat ditentukan menggunakan teknik berbasis katalog yaitu *fitting* model G-R terhadap *frequency-magnitude distribution* (FMD). Selain itu  $M_c$  juga berpengaruh pada nilai *a-value* yang digunakan untuk menghitung indeks seismisitas gempabumi pada suatu daerah.

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

$$M_w = 1,0107m_b + 0,0801, \text{magnitudo } 3.7 \leq m_b \leq 8,2 \quad (7)$$

$$M_w = 0,6016m_s + 2,4761, \text{magnitudo } 2.8 \leq m_s \leq 6,1 \quad (8)$$

$$M_w = 0,9239m_s + 0,5671, \text{magnitudo } 6,2 \leq m_s \leq 8,7 \quad (9)$$

$$M_w = 0,7473m_L + 1,0651, \text{magnitudo } 3 \leq m_b \leq 7,8 \quad (10)$$

## B. Distribusi Frekuensi-Magnitudo Gempabumi

Hubungan frekuensi-magnitudo gempabumi merupakan sebaran tingkat aktivitas kegempaan disuatu wilayah dan menjadi hubungan dasar statistik seismologi. Hubungan distribusi frekuensi dan magnitudo gempabumi pertama kali dikemukakan oleh Ishimoto-Lida pada tahun 1939 dan Gutenberg-Richter pada tahun 1944. Hubungan tersebut dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\log N(M) = a - bM \quad (11)$$

Dimana :

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

a dan b = konstanta

M = magnitudo gempabumi

Nilai konstanta a merupakan parameter seismik yang besarnya bergantung pada ketetapan yang besarnya bergantung pada periode, luas daerah, dan aktifitas gempabumi di daerah pengamatan. Semakin besar nilai konstanta a berarti daerah tersebut memiliki tingkat aktifitas kegempaan yang tinggi, begitu pula sebaliknya. Nilai konstanta b merupakan parameter tektonik suatu daerah yang bergantung dari sifat batuan di wilayah tersebut. Secara global nilai konstanta b mendekati satu (William, 2003). Menurut Utsu (1965) penentuan konstanta b dan konstanta a bisa ditentukan dengan metoda maksimum likelihood.

### C. Periode Ulang Gempabumi

Prediksi periode ulang gempabumi diklasifikasikan ke dalam tiga kategori, yaitu jangka panjang (skala waktu 10 hingga 100 tahun), jangka menengah (skala waktu 1 hingga 10 tahun), dan jangka pendek (Hayakawa & Horaba, 2010)

Beberapa metode yang dapat menentukan kemungkinan bahwa gempabumi yang akan terjadi dalam waktu yang ditentukan, kemungkinan ini didasarkan pada informasi tentang kejadian gempa di masa lalu di wilayah tertentu dan asumsi dasar bahwa aktivitas seismik di masa depan akan mengikuti pola aktivitas di masa lalu (Jafari,2010).

### D. Metode *likelihood*

Metode *likelihood* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghitung parameter keaktifan gempabumi. Metode ini memiliki keunggulan, dimana dalam menghitung secara statistik nilai parameter keaktifan gempabumi, kelas interval magnitudo dapat diatur sedemikian rupa untuk menghindari kekosongan magnitudo pada kelas interval tertentu.

Dalam metode *likelihood*, *a-value* dan *b-value* dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$b = \frac{\log e}{\bar{m} - m_0} \quad (12)$$

$$a = \log N (m \geq m_0) + \log(blog 10) + m_0 b \quad (13)$$

Dimana :

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

$m_0$  = magnitudo minimum dari data gempa

$\log e = 0,4343$

## E. Indeks Seismisitas

Indeks seismisitas merupakan total kejadian gempa rata-rata per tahun dengan setiap magnitudo untuk setiap daerah (seismotektonik) tertentu. Harga  $a$  untuk indeks seismisitas untuk distribusi kumulatif  $N(M)$  (likelihood) pertahun dapat dihitung dengan cara membagi nilai tersebut dengan periode  $T$  (tahun) yang dimiliki dalam data (Abdillah, 2010). sehingga diperoleh Persamaan 14.

$$a' = a - \log(b \ln 10) \quad (14)$$

$$a'_1 = a - \log T \quad (15)$$

Dimana :

$T$  = waktu (tahun pengamatan)

$a$  = parameter-parameter yang dihitung untuk mendapatkan harga indeks seismisitas

Berdasarkan hasil dari Persamaan 14 dan Persamaan 15, dapat dihitung total kejadian gempa rata-rata pertahunan (indeks seismisitas) seperti yang di perlihatkan pada Persamaan 16.

$$N_1(M) = 10^{a'_1 - Mb} \quad (16)$$

Dengan  $N(M)$  merupakan frekuensi gempa dari distribusi kumulatif (secara likelihood).

Dengan diperoleh  $N_1(M)$  maka dapat dihitung nilai rata-rata periode ulang dari gempabumi merusak (Olivia, 2015), ditunjukkan pada Persamaan (17)

$$\theta = \frac{1}{N_1(M)} \quad (17)$$

Dimana :

$N_1(M)$  = Jumlah gempa kumulatif dengan magnitudo terbesar

$\theta$  = rata-rata periode ulang gempa

## **F. Tektonik Sumatera Bagian Utara**

Sumatera bagian Utara merupakan salah satu daerah yang ada di pulau Sumatera. Pulau Sumatera bagian Utara juga merupakan salah satu daerah yang berada di Indonesia yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi. Hal ini diakibatkan karena Sumatera bagian Utara terletak pada zona subduksi antara lempeng tektonik India-Australia dengan lempeng Eurasia, *Mentawai Fault System (MFS)* dan *Sumatra Fault System (SFS)* atau sesar Sumatera.

Secara umum, tatanan tektonik di Sumatera bagian Utara dicirikan oleh Zona Subduksi antara Lempeng tektonik Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia dan *Sumatra Fault System (SFS)* atau sesar Sumatera.

### **1. Zona Subduksi**

Jalur subduksi lempeng tektonik India-Australia dan Eurasia di Indonesia memanjang dari pantai barat Sumatera sampai ke selatan Nusa Tenggara. Pada sistem subduksi Sumatera dicirikan dengan menghasilkan rangkaian busur pulau depan (*Forearch Islands*) yang non vulkanik (Pulau Simeulue, Nias, Batu, Siberut hingga Pulau Enggano). Lempeng India-Australia menunjam kebawah lempeng benua Eurasia dengan kecepatan  $\pm 50-60$  mm/tahun. Batas antar 2 (dua) lempeng ini terdapat zona subduksi dangkal atau yang disebut dengan sebagai "*Megathrust Subduction Sumatera*" inilah yang saat ini menjadi perhatian masyarakat karena di prediksi masih menyimpan potensi gempa bumi dengan magnitudo 8,9 SR di zona ini yang populer dengan istilah *Mentawai Megathrust* (Triyono, R. BMKG).

## 2. *Mentawai Fault System (MFS)*

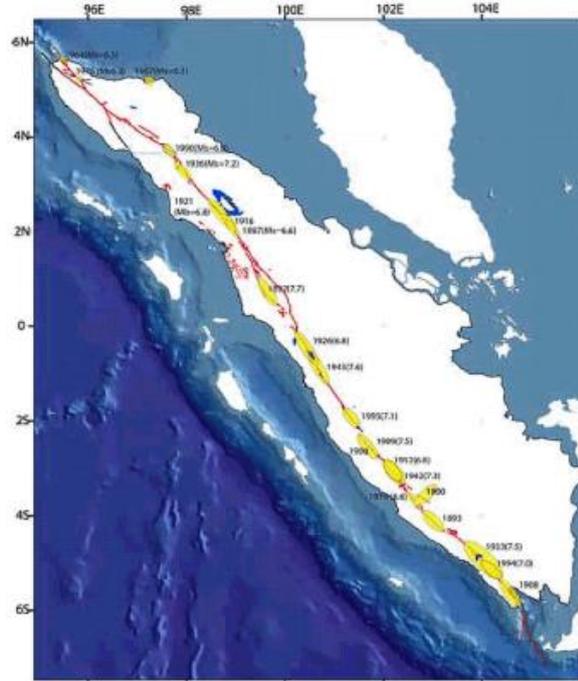
Selain jalur tumbukan dua lempeng tektonik, di sebelah barat pantai Sumatera Barat terdapat juga Mentawai Fault Sistem. Mentawai Fault Sistem adalah sesar mendatar yang disebabkan adanya proses penunjaman miring di sekitar Pulau Sumatera. Sesar Mentawai berada di laut memanjang disekitar pulau-pulau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

## 3. *Sumatera Fault System (SFS)*

Sumatera Fault System atau Sesar Sumatera terjadi akibat adanya Lempeng India-Australia yang menabrak bagian barat pulau Sumatera secara miring, sehingga menghasilkan tekanan dari pergerakan ini. Karena adanya tekanan ini, maka terbentuklah sesar Sumatera atau disebut juga "The Great Sumatera Fault" yang membelah pulau Sumatera membentang mulai dari Lampung sampai Banda Aceh, sesar ini menerus sampai ke Laut Andaman hingga Burma. Sesar ini merupakan daerah rawan gempa bumi dan tanah longsor. Sesar Sumatera merupakan sesar strike slip berarah dekstral yang terdiri dari 19 segmen utama sepanjang tulang punggung Sumatera (Sieh and Natawidjaja.2002).

Sesar Sumatera yang membentang di sepanjang pulau Sumatera dikelompokkan menjadi 3 wilayah yaitu wilayah utara, tengah dan selatan. Sesar Sumatera dikelompokkan menjadi 19 segmen yaitu segmen Seulimeum, segmen Aceh, segmen Tripa, segmen Renum, segmen Toru. Segmen Angkola, segmen Barumon, segmen Sumpur, segmen Sianok, segmen Sumani, segmen Suliti, segmen Siulak, segmen Dikit, segmen Musi, segmen Manna, segmen Kumering,

segmen Semangko, dan segmen Sunda seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 3 berikut:



**Gambar 3.** Peta jalur patahan aktif Sumatera (Geofisika, 2015).

Jalur patahan Sumatera bisa dikenal dari kenampakan bentang alam di sepanjang jalur. Jalur patahan di Sumatera ditandai oleh kenampakan bukit-bukit kecil di sepanjang patahan pergeseran alur-alur sungai, dan danau-danau yang terjadi karena pergeseran bumi. Jalur patahan sepanjang  $\pm 1900$  Km ini melintasi punggung pulau Sumatera sepanjang Bukit Barisan. Patahan-patahan (fault) yang terdapat di daerah pantai barat Sumatera Utara adalah patahan Renun, Angkola, Toru, dan Barumon.

### **G. Penelitian-penelitian Relevan**

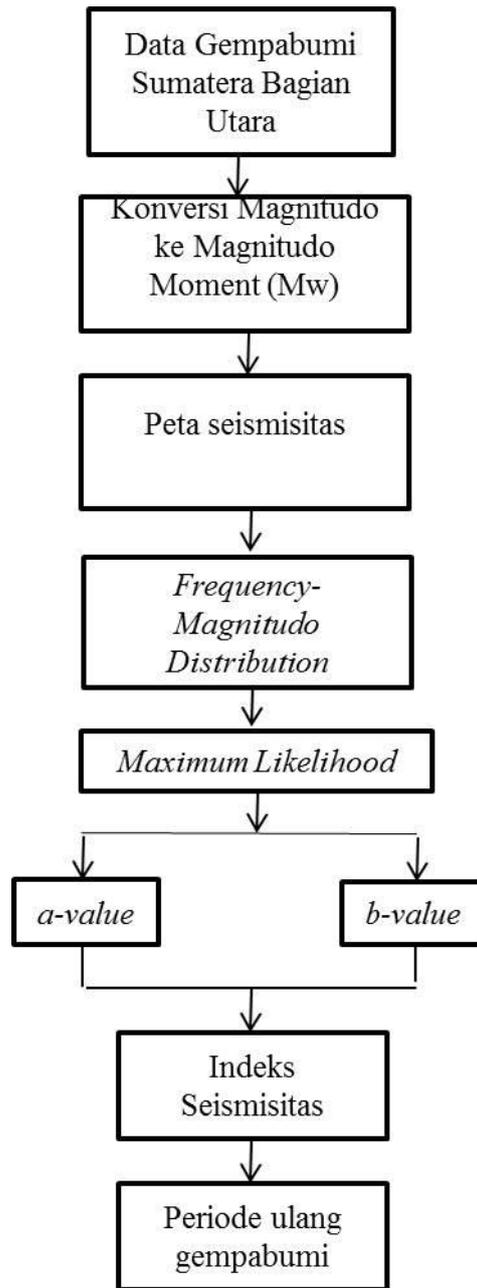
Penelitian mengenai distribusi spasial seismotektonik telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya diberbagai daerah. Penelitian juga dilakukan dengan kurun waktu dan metode yang digunakan berbeda beda. Elza (2017) melakukan

penelitian mengenai analisis percepatan tanah maksimum, intensitas maksimum dan periode ulang untuk menentukan tingkat kerentanan seismik di Jawa Barat. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa semakin besar nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas maksimum pada suatu daerah maka akan semakin besar pula tingkat kerentanan seismik yang terdapat pada daerah tersebut. Dan pada penelitian indeks kerentanan seismik yang di dapat berkisar antara 0.21-0.85 yaitu 33 - 125 tahun.

Chasanah, dkk, (2013) melakukan penelitian untuk menganalisis seismisitas dan periode ulang gempa bumi di Sumatera Barat pada periode 1961-2010. Metode yang digunakan dalam penelitiannya adalah metode Gutenberg-Richter. Dari hasil analisis didapatkan nilai a sebesar 6,218 dan nilai b sebesar 0,666, serta indeks seismisitas untuk magnitudo 5-9 SR yaitu antara 10,142-0,022. Periode ulang gempa bumi untuk rentang magnitudo 5-9 SR adalah berkisar antara 0,099-45,302 tahun atau setara dengan 36-16,535 hari.

#### **H. Kerangka Berfikir Penelitian**

Kerangka berfikir pada penelitian ini diawali dengan menetapkan masalah yang akan dikaji terlebih dahulu. Kemudian berdasarkan masalah tersebut maka dapat ditentukan tujuan dilaksanakannya penelitian. Wilayah yang dijadikan wilayah penelitian yaitu wilayah Sumatera bagian Utara dengan koordinat  $0,4^{\circ}$ - $6^{\circ}$  LU dan  $95^{\circ}$ - $100^{\circ}$  BT. Hal ini dikarenakan wilayah Sumatera bagian Utara merupakan salah satu wilayah yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi. Kerangka berpikir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



**Gambar 4.** Kerangka Berfikir Penelitian

Berdasarkan Gambar 4 data gempabumi yang diperoleh dari katalog USGS berupa parameter gempabumi dengan magnitudo yang bervariasi. magnitudo yang didapat dikonversi menjadi magnitudo momen. Setelah dikonversi data gempa diolah ke dalam program lalu didapatkan peta seismisitas Sumatera bagian Utara. Dari peta seismisitas akan diplot distribusi frekuensi-magnitudo dengan

menggunakan persamaan maksimum likelihood yang menghasilkan nilai *a-value* dan *b-value*. Setelah didapatkan nilai *a-value* dan *b-value* maka dapat diketahui nilai indeks seismisitas gempabumi di daerah Sumatera bagian Utara. nilai indeks seismisitas digunakan untuk melihat tingkat kegempaan yang terjadi di daerah Sumatera bagian Utara. nilai indeks seismisitas juga dapat digunakan untuk mengetahui periode ulang gempabumi.

## **BAB V PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Parameter seismotektonik pada daerah 1 didapatkan hasil *a-value* sebesar 6,97 dan *b-value* sebesar 0,92. sedangkan untuk daerah 2 didapatkan hasil *a-value* sebesar 8,9 dan *b-value* sebesar 1,2. Hal ini menunjukkan bahwa daerah 2 lebih rentan terjadi gempa bumi dibandingkan daerah 1.
2. Indeks seismisitas gempa bumi di daerah Sumatera bagian utara menunjukkan bahwa pada daerah 1 dengan magnitudo 4,6-5 memiliki indeks seismisitas paling tinggi dibandingkan dengan magnitudo 9,1. Sedangkan pada daerah 2 dengan magnitudo 4,5-5 memiliki indeks seismisitas paling tinggi dibandingkan dengan magnitudo 8,6. Periode ulang gempa bumi untuk daerah 1 dengan magnitudo 9,1 SR yaitu 1917,8454 tahun. Periode ulang gempa bumi di daerah 2 dengan magnitudo 8,6 SR yaitu 2970,3908 tahun

### **B. Saran**

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat kekurangan dari proses penelitian. Sebagai saran dari penulis untuk memperluas daerah penelitian dengan cara membagi zona penelitian yang lebih sempit agar hasil penelitian yang didapat lebih teliti.
2. Melakukan penelitian yang lebih lanjut dan terperinci diperlukan data gempa bumi dengan periode tahun yang lebih panjang dengan menambahkan

metode lain, sehingga hasil periode ulang gempa bumi yang diperoleh nantinya akan semakin akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akmam, Letmi .D., dan Badrul M. K. 2006. Studi Karakteristik Fisis Sumber Gempabumi di Wilayah Sumatera Barat. *Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Padang.*
- Andreas H., D. S. 2006. Implikasi *Co-Seismic* dan *Post-Seismic* Horizontal *Displacement* Gempa Aceh 2004 Terhadap Status Geometrik Data Spasial Wilayah Aceh dan Sekitarnya. *Departemen Teknik Geodesi Institut Teknologi Bandung.*
- BMKG. 2010. *Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821-2009.* Jakarta: Sub Bidang Mitigasi Gempabumi dan Tsunami.
- Budiman, A., Nandia, R., & Gunawan, M. T. (2011). Analisis Periode Ulang dan Aktivitas Kegempaan Pada Daerah Sumatera Barat dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmu Fisika*, 3(2), 55-61.
- Chasanah, U. 2013. Analisis Tingkat Seismisitas Dan Periode Ulang Gempabumi di Sumatera Barat Pada Periode 1961-2010. *Jurnal Fisika Volume 02, Nomor 02,0-5.*
- Geofisika, B. M. 2015. Buletin Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Edisi Mei 2015. Padang Panjang: BMKG.
- Gutenberg, B. 1955. *The Energy Of Earthquakes. The Quarterly Journal Of Geological Society Of London.* Vol CXII
- Hartini, E. R. (2009). *Buku Pintar Gempa.* Yogyakarta: Diva Press.
- Linda, N. I. 2019. Analisis Distribusi Spasial dan Temporal Seismotektonik Berdasarkan Nilai B-Value Dengan Menggunakan Metode Likelihood Di Pulau Jawa. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika Jilid 15, Nomor 1*, 16-31.
- Lowrie, W. 2007. *Fundamental Geophysics.* NewYork : Cambridge: University Press.
- Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman.
- Rahma Fidia, D. P. 2018. Korelasi Tingkat Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi di Kepulauan Mentawai dengan Menggunakan Metode Guttenberg-Richter. *Jurnal Fisika Unand Vol. 7.*

- Rahmad Tauladani, N. I. 2015. Kajian Seismisitas dan Priode Ulang Gempabumi di Aceh. *Jurnal Ilmu Kebencanaan (JIKA) Pascasarjana Universitas Syiah Kuala*.
- Rohadi, S. 2008. Studi Seismotektonik sebagai Indikator Potensi Gempabumi di Wilayah Indonesia. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika Volume 10*.
- Scholz, C. H. 1968. "The frequency-magnitude relation of micro-fracturing in rock and its relation to earthquakes," *Bull. Seismol. Soc. Am.* 58. P. 399-415.
- Sieh, K., and Natawidjaja, D.H. 2000. Neotectonics of the Sumatera fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research.* 105( B12) : 28, 295- 28, 326.
- Sunarjo, M. T. 2012. *Gempabumi Edisi Populer*. Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Suwandi, Elza. A. (2017). Analisis Percepatan Tanah Maksimum, Intensitas Maksimum Dan Periode Ulang Gempa Untuk Menentukan Tingkat Kerentanan Seismik Di Jawa Barat (Periode Data Gempa Tahun 1974-2016).(*Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia*).
- Thatcher, W. 1984. "The Earthquake Deformation Cycle, Recurrence, and the Time-Predictable Model," *Journal Of Geophysical Research.* 89(B7) : 5674-5680.
- Utsu, T. 1965. "A Method for Determining The Value Of b in A Formula  $\log N = A - Bm$  Showing The Magnitude Frequency For Earthquake," *Geophys. Bull Hokkaido University*, 13, 99- 103.
- Wiemer, S. 2001. *A Software Package to Analyze Seismicity: ZMAP. Seismological Research Letters, Vol. 72, 373-382.*
- William, K.H Lee, Hiroo Kanamori, Paul C. Jennings, and Carl Kisslinger. 2003. *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology*. London : Academic Press