

**ANALISIS SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPABUMI
DI KEPULAUAN MENTAWAI MENGGUNAKAN METODE
*GUTENBERG-RICHTER***



DENDY OKTAMA

NIM.17034097/2017

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

**ANALISIS SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPABUMI
DI KEPULAUAN MENTAWAI MENGGUNAKAN METODE
*GUTENBERG-RICHTER***

SKRIPSI

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



OLEH

DENDY OKTAMA

NIM.17034097/2017

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

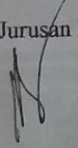
PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPABUMI DI KEPULAUAN MENTAWAI MENGGUNAKAN METODE *GUTENBERG-RICHTER*

Nama : Dendy Oktama
NIM : 17034097
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2022

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 : Dendy Oktama
NIM : 17034097
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

ANALISIS SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPABUMI DI KEPULAUAN MENTAWAI MENGGUNAKAN METODE *GUTENBERG-RICHTER*

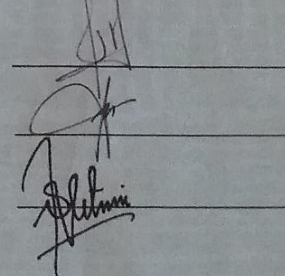
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

Padang, Februari 2022

Tim Penguji

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

Tanda Tangan



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dendy Oktama
NIM/TM : 17034097/2017
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul "Analisis Seismisitas dan Periode Ulang Gempa Bumi di Kepulauan Mentawai Menggunakan Metode *Gutenberg-Richter*" adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di Institusi UNP maupun dimasyarakat dan hukum Negara.

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

Saya yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink, reading "Dendy Oktama", is written over a yellow and red 10,000 Rupiah Indonesian postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the serial number 889C5AJX030367295.

Dendy Oktama
NIM.17034097

HALAMAN PERSEMBAHAN

Paling utama sekali, puji syukur kepada Allah SWT. atas rahmat dan karunia yang telah Engkau berikan sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini. Dan Engkau yang telah memberikan kesehatan, kekuatan serta keberanian dalam diri ini untuk melalui semua halangan dan rintangan dalam proses pembuatan skripsi sampai akhirnya terselesaikan dengan baik. Tidak lupa pula sholawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Terimakasih kepada kedua orangtua; papa, mama dan adik-adik serta keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta mendoakan agar selesainya skripsi ini. Dan terimakasih telah memberikan jalan dan arah yang terbaik untuk apapun yang saya lakukan.

Terimakasih kepada sahabat dan teman-teman penelitian Seismik yang selalu mendukung dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Terimakasih kepada tim Seismik; Adya Mustika Sari, Miftahul Rizqa, Risa Syaputri, Vicky Vickrotu Zakiyah, Matias Adam Canny dan Shinta Maharani Putri. Semoga kita sama-sama sukses untuk kedepannya.

Terimakasih kepada sahabat dan teman-teman seperjuangan; Jeremi Novriando, Ismathul Dinny, Ririn Febrianti, Suchi Ramadhani Putri, Nazein dan lainnya yang selalu mendukung dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga kita sama-sama sukses untuk kedepannya.

ANALYSIS OF SEISMICITY AND EARTHQUAKE RETURN PERIOD IN THE MENTAWAI ISLANDS USING THE *GUTENBERG-RICHTER* METHOD

Dendy Oktama

ABSTRACT

Sumatra Island is an island that has high tectonic activity. One of the areas, namely the Mentawai Islands, is very prone to earthquakes. The Mentawai Islands are an area that is prone to earthquakes and is an area that has very high seismic activity.. Based on the earthquake that occurred, it can be estimated the possibility of a return period of the earthquake causing damage, to minimize the negative impact of the earthquake obtained by knowing the local tectonic stress conditions and the parameter values of earthquake activity. The aim is to determine the seismotectonic parameters of the b-value and a-value, and to determine the return period of the earthquake in the Mentawai Islands.

In determining seismotectonic parameters and earthquake return periods in the Mentawai Islands, the data used was obtained from the USGS (United State Geological Service) seismological data portal. The magnitude used is $M \geq 5$ SR with a depth of $10 \leq h \leq 100$ km for the period 1934-2020. The level of earthquake activity was calculated using the Likelihood method, while the value of the earthquake return period was calculated using the Gutenberg-Richter method.

Analysis of seismicity and earthquake return periods were carried out in the Mentawai Islands area. Based on the calculation results, the b-value is 0.85526 and a-value is 6.98573 and the seismicity index value for magnitude 5-8 ranges from 3.02413-0.00822. This indicates that the research area has a high level of seismic activity. For magnitude 5-8, the return period value is between 0.33067-121.6545 years. Earthquake frequency relationship based on magnitude means that the occurrence of large-scale earthquakes will be less frequent so that the return period that will occur will be longer, and vice versa if the occurrence of earthquakes is on a small scale, the frequency of occurrence will be more so that the return period that will occur will be shorter. It can be concluded that the Mentawai Islands have a high level of seismicity and are prone to earthquakes. This is evidenced by the high level of earthquake activity and the value of a short return period.

Keywords: Earthquake, Mentawai Islands, Seismicity, The Gutenberg-Richter method

ANALISIS SEISMISITAS DAN PERIODE ULANG GEMPABUMI DI KEPULAUAN MENTAWAI MENGGUNAKAN METODE GUTENBERG-RICHTER

Dendy Oktama

ABSTRAK

Pulau Sumatera merupakan pulau yang mempunyai aktivitas tektonik yang tinggi. Salah satu wilayahnya yaitu, Kepulauan Mentawai yang rawan sekali terjadinya gempabumi. Kepulauan Mentawai merupakan wilayah yang rawan terhadap bencana gempabumi dan merupakan wilayah yang memiliki aktivitas kegempaan yang sangat tinggi. Berdasarkan hal tersebut dapat dilakukan estimasi kemungkinan periode ulang gempabumi yang menimbulkan kerusakan, sehingga dapat memperkecil dampak negatif dari gempabumi yang diperoleh dengan mengetahui kondisi stress lokal tektonik dan nilai parameter keaktifan gempabumi. Tujuannya untuk menentukan parameter seismotektonik nilai b dan nilai a , serta mengetahui periode ulang gempabumi di Kepulauan Mentawai tersebut.

Dalam menentukan parameter seismotektonik dan periode ulang gempabumi di Kepulauan Mentawai, data yang digunakan diperoleh dari portal data seismologi USGS (*United State Geological Service*). Magnitudo yang dipakai $M \geq 5$ SR dengan kedalaman $10 \leq h \leq 100$ km untuk periode 1934-2020. Tingkat keaktifan gempabumi dihitung dengan menggunakan metode Likelihood, sedangkan nilai periode ulang gempa dihitung dengan menggunakan metode Gutenberg-Richter.

Analisis seismisitas dan periode ulang gempabumi dilakukan pada daerah Kepulauan Mentawai. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai b sebesar 0,85526 dan nilai a sebesar 6,98573 serta nilai indeks seismisitas untuk magnitudo 5-8 berkisar antara 3,02413-0,00822. Hal ini menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki tingkat keaktifan kegempaan yang tinggi. Magnitudo 5-8 diperoleh nilai periode ulang antara 0,33067-121,6545 tahun. Hubungan frekuensi gempabumi berdasarkan magnitude bahwa kejadian gempabumi dengan skala besar akan semakin sedikit frekuensinya sehingga periode ulang yang akan terjadi akan semakin lama, begitu sebaliknya jika kejadian gempabumi dalam skala kecil maka frekuensi kejadian nya akan semakin banyak sehingga periode ulang yang akan terjadi akan semakin pendek. Dapat disimpulkan bahwa Kepulauan Mentawai memiliki tingkat seismisitas tinggi dan rawan bencana gempabumi. Hal ini dibuktikan dengan tingginya tingkat keaktifan gempa dan nilai periode ulang yang singkat.

Kata Kunci: Gempabumi, Kepulauan Mentawai, Seismisitas, Metode Gutenberg-Richter

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 Seismisitas dan Periode Ulang Gempabumi di Kepulauan Mentawai Menggunakan Metode *Gutenberg-Richter* ”.

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. Ibu Syafriani, S.Si., M. Si, Ph. D., selaku Pembimbing 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.
2. Bapak Dr. Ahmad Fauzi, M.Si. dan Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si., selaku Penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan saran kepada penulis.
3. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan M. Si selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
4. Staf Pengajar dan Karyawan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.

5. 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, Februari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRACT	i
ABSTRAK	ii
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	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KERANGKA TEORITIS	7
A. Tektonik Sumatera	7
B. Tatahan Tektonik Kepulauan Mentawai	10
C. Gempabumi	14
D. Gelombang Seismik	21
E. Persamaan Hubungan <i>Gutenberg-Richter</i>	23
F. Indeks Seismisitas	26
G. Penelitian – Penelitian yang Relevan	28
H. Kerangka Berpikir	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	30
A. Jenis Penelitian	30
B. Variabel Penelitian	30
C. Instrumen Penelitian.....	30
D. Data Penelitian	30
E. Teknik Pengumpulan Data	31
F. Teknik Pengolahan Data	31
G. Teknik Interpretasi Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Hasil.....	34
B. Pembahasan	41
BAB V PENUTUP.....	47
A. Kesimpulan.....	47
B. Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lempeng tektonik indonesia	7
(sumber : www.bmkg.go.id)	7
Gambar 2. Bentuk patahan lempeng zona subduksi pulau sumatera	8
Gambar 3. Sumber gempabumi di zona subduksi pulau sumatera	10
Gambar 4. Tipe pergerakan sesar gempabumi	12
Gambar 5. (a) Gambaran gelombang rayleigh dan (b) Love	22
Gambar 6. Peta seismisitas daerah sekitar Kepulauan Mentawai (Data periode 1934 - 2020).	35
Gambar 7. Penampang kedalaman gempa di bagian utara dan selatan.....	36
Gambar 8. Grafik Hubungan Frekuensi Gempabumi Terhadap Magnitudo.....	40

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Frekuensi Gempabumi Berdasarkan Interval Magnitudo	32
Tabel 2. Hasil Pengolahan Data Frekuensi Gempabumi Berdasarkan Magnitudo Dengan Metode Gutenberg-Richter	37
Tabel 3. Hasil Indeks Seismisitas Gempabumi.....	38
Tabel 4 Hasil Periode Ulang Gempabumi	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data gempabumi yang diunduh dari situs USGS	53
Lampiran 2. Data gempabumi Kepulauan Mentawai periode 1934-2020 yang telah difilter	53
Lampiran 3. Pengolahan nilai b dan nilai a dengan metode Gutenberg-Richter	69
Lampiran 4. Pengolahan Indeks Seismisitas	72
Lampiran 5. Pengolahan periode ulang gempabumi	73

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan daerah tektonik aktif yang disebabkan oleh pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Eurasia yang bergerak ke arah tenggara, lempeng Indo-Australia ke arah utara dan lempeng Pasifik ke arah barat (Rohadi et al., 2012). Oleh karena itu wilayah Kepulauan Indonesia menjadi wilayah yang rawan terhadap gempa bumi tektonik.

Wilayah di Kepulauan Indonesia yang memiliki tingkat aktivitas gempa yang tinggi, yaitu wilayah Sumatera Barat. Wilayah Sumatera berada pada pertemuan dua lempeng, yaitu lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia yang menyebabkan wilayah Sumatera Barat sangat rawan terhadap bencana gempa bumi. Akibat dari pertemuan lempeng ini terbentuk tiga zona yang menjadi sumber gempa bumi yaitu zona Sesar Sumatera, zona Sesar Mentawai dan zona subduksi (Sunarjo, dkk., 2010).

Wilayah Sumatera Barat yang memiliki aktivitas gempa yang tinggi adalah Kepulauan Mentawai. Kepulauan Mentawai merupakan wilayah yang rawan terhadap bencana gempa bumi dan merupakan wilayah yang memiliki aktivitas kegempaan yang sangat tinggi. Kepulauan Mentawai terdapat tiga segmen yaitu segmen Siberut, segmen Pagai dan segmen Sipora. Berdasarkan data BMKG tanggal 25 Oktober 2010 telah terjadi gempa bumi di segmen Mentawai dengan kekuatan 7.2 SR kedalaman 10

km tepatnya pada posisi kurang lebih 78 km Barat Daya Pagai Selatan, Mentawai-Sumatera Barat. Gempabumi ini membangkitkan tsunami dan menimbulkan kerusakan berat di beberapa wilayah. Serta di selatan khatulistiwa gempabumi besar pernah terjadi tahun 1833 (Mw 8.9) dan pada tahun 1797 (Mw 8.3-8.7). Kedua gempabumi ini membangkitkan tsunami besar di Mentawai, menyebabkan lebih dari 448 korban jiwa dan lebih dari 56 orang hilang (BPBD Sumbar dalam Setyonegoro, dkk, 2012).

Proses yang menyebabkan terjadinya gempabumi besar dan merusak di suatu wilayah perlu dipahami. Berdasarkan hal tersebut kita dapat mengestimasi kemungkinan periode ulang gempabumi yang menimbulkan kerusakan, sehingga dapat memperkecil dampak negatif dari gempabumi yang diperoleh dengan mengetahui kondisi stress lokal tektonik dan nilai parameter keaktifan gempabumi. Metode untuk menghitung periode ulang gempabumi ada beberapa seperti Metode *Least Square*, Metode *Likelihood*, Metode *Gutenberg-Richter* dan sebagainya. Masing-masing metode tersebut sama-sama menggunakan prinsip hubungan frekuensi dan magnitudo. Metode *Gutenberg-Richter* dapat diketahui secara kuantitatif tingkat keaktifan gempabumi yang terdiri dari nilai a dan nilai b , indeks seismisitas, tingkat resiko gempa atau probabilitas dan periode ulang untuk magnitudo tertentu di suatu daerah.

Nilai a dapat menggambarkan tingkat aktivitas kegempaan/seismisitas di suatu wilayah, sedangkan nilai b menyatakan kondisi tektonik yang berkaitan dengan stress

batuan di suatu wilayah. Secara spasial parameter seismotektonik (nilai a) rendah berarti memiliki aktivitas kegempaan yang rendah dan mengindikasikan adanya akumulasi energi (*asperity*), sebaliknya untuk nilai a yang tinggi. Sedangkan spasial nilai b tinggi berasosiasi dengan kondisi stress batuan yang rendah. Nilai b tinggi memiliki kondisi medium heterogenitas tinggi, akan tetapi nilai b rendah berkorelasi dengan kondisi stress batuan yang tinggi dan memiliki medium heterogenitas rendah. Suatu wilayah dengan kondisi stress batuan tinggi memiliki nilai b sebesar 0,4-0,9, sementara pada kondisi stress batuan yang rendah nilai b sekitar $> 1,2$.

Chasanah (2013) melakukan penelitian untuk menganalisis seismisitas dan periode ulang gempabumi di Sumatera Barat pada periode 1961-2010. Metode yang digunakan dalam penelitiannya adalah metode Gutenberg-Richter. 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 gempabumi untuk rentang magnitudo 5-9 SR adalah berkisar antara 0,099-45,302 tahun atau setara dengan 36-16,535 hari. Budiman, dkk., (2011) melakukan penelitian tentang analisis periode ulang dan aktivitas kegempaan pada daerah Sumatera Barat dan sekitarnya dengan menggunakan metode Likelihood. Hasil penelitian dihasilkan nilai b antara 0,94-1,0 dan nilai a sekitar 6,7-7,13, sedangkan dari perhitungan periode ulang untuk magnitudo 5,0-6,5 SR memadai dijadikan acuan dalam memperkirakan perulangan gempa, tapi untuk magnitudo lebih besar dari 6,5 SR diperkirakan tidak akan terjadi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya Chasanah (2013) melakukan penelitian di Sumatera Barat yang menghitung nilai a nilai b , indeks seismisitas serta periode ulang gempa. Budiman, dkk., (2011) melakukan penelitian di Sumatera Barat dan sekitarnya dengan menggunakan metode likelihood dengan membagi daerah menjadi 4 bagian. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung nilai a , nilai b , indeks seismisitas serta periode ulang gempa pada masing-masing daerah. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis tingkat seismisitas dan periode ulang gempabumi di Kepulauan Mentawai dengan menggunakan metode *Gutenberg-Richter*.

B. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini mencakup, sebagai berikut :

1. Sumatera Barat khususnya Kepulauan Mentawai merupakan daerah yang rawan terhadap bencana gempabumi, karena berada pada pertemuan dua lempeng, yaitu lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia
2. Adanya estimasi periode ulang gempabumi yang menimbulkan kerusakan, dengan mengetahui kondisi stress lokal tektonik dan nilai parameter keaktifan gempabumi
3. Perlunya dilakukan analisis seismisitas dan periode ulang gempabumi di Kepulauan Mentawai 1934-2020 dengan menggunakan metode *Gutenberg-Richter*.

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini penulis membatasi masalah yang akan dibahas, sebagai berikut :

1. Perhitungan nilai b , nilai a dan prediksi periode ulang gempabumi tektonik dilakukan dengan menggunakan metode Gutenberg-Richter.
2. Data yang digunakan adalah data gempabumi di Kepulauan Mentawai pada koordinat 1.8° LU- 3.5° LS dan 97.5° BT - 104° BT.
3. Data yang digunakan diperoleh dari portal data seismologi USGS (*United State Geological Service*) dan *International Seismological Center* (ISC) selama kurun waktu 1934-2020 dengan kekuatan gempabumi $M \geq 5$ SR dengan kedalaman $10 \leq h \leq 100$ km.

D. Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang mendasari penelitian ini berdasarkan latar belakang tersebut, yaitu :

1. Bagaimana parameter seismotektonik nilai b dan nilai a menggunakan metode *Gutenberg-Richter* ?
2. Bagaimana periode ulang gempabumi di Kepulauan Mentawai periode 1934-2020 ?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan parameter seismotektonik nilai b dan nilai a menggunakan metode *Gutenberg-Richter*.
2. Menganalisis periode ulang gempabumi di Kepulauan Mentawai periode 1934-2020 melalui hubungan frekuensi kejadian gempabumi dan magnitudo.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu sebagai berikut :

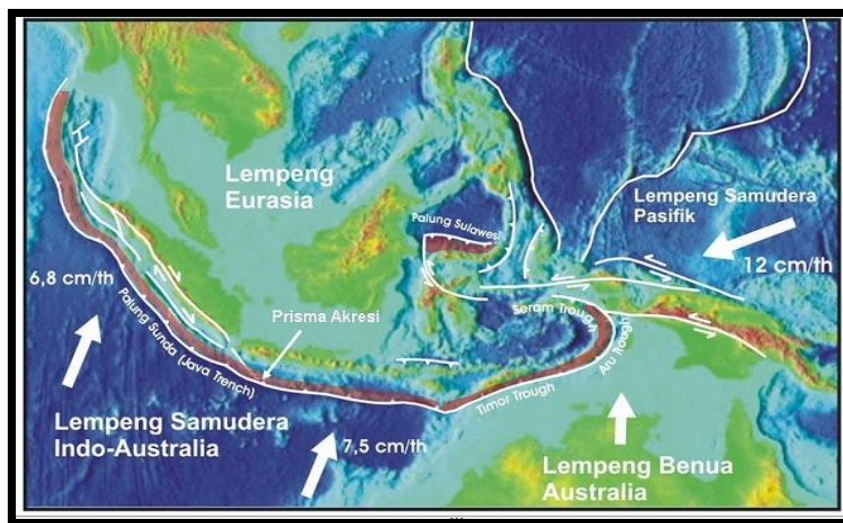
1. Memberikan gambaran tingkat aktivitas gempa tektonik secara kuantitatif di wilayah Kepulauan Mentawai
2. Sebagai informasi awal kepada pemerintah maupun masyarakat sebagai studi awal dalam mitigasi bencana gempabumi di daerah Kepulauan Mentawai, sehingga dapat meminimalisir tingkat kerusakan akibat gempabumi
3. Sebagai syarat untuk memenuhi mata kuliah Skripsi

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Tektonik Sumatera

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang berada pada zona tektonik yang sangat aktif, karena berada pada jalur pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik (Sunarjo, dkk., 2010).



Gambar 1. Lempeng tektonik indonesia

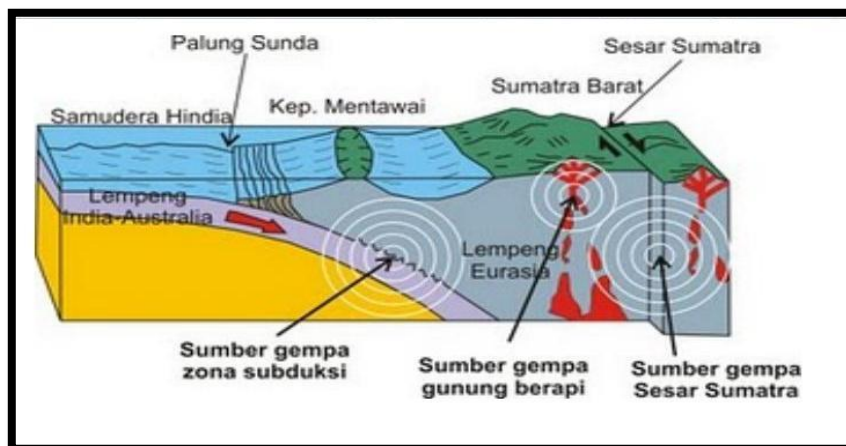
(sumber : www.bmkg.go.id)

Salah satu pulau di wilayah Indonesia dengan aktivitas tektonik aktif adalah pulau Sumatera. Letak astronomis pulau Sumatera pada -6° LU sampai 6° LU dan 95° BT sampai 108° BT. Pulau Sumatera merupakan salah satu pulau yang mempunyai aktivitas tektonik yang tinggi (Handayani et al., 2012). Pulau sumatera berada pada

jalur tumbukan Lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah Lempeng Eurasia dengan kecepatan 7 cm/tahun. Hal ini menyebabkan pulau sumatera rawan terjadi gempa bumi tektonik, yang disebabkan oleh pergerakan lempeng tersebut (Delfebriyadi, 2010). Ada tiga zona yang menjadi sumber gempa bumi di wilayah Sumatera, yaitu:

a. Zona subduksi

Zona subduksi merupakan wilayah yang berada pada batas lempeng yang bergerak secara konvergen. Zona ini memanjang mulai dari sebelah barat Sumatera, selatan Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Utara Maluku dan Utara Papua (Sunarjo, dkk., 2010).



Gambar 2. Bentuk patahan lempeng zona subduksi pulau sumatera

(sumber : natawidjaja, 2007)

b. Zona Sesar Sumatera

Zona sesar Sumatera atau *Sumatra Fault Zone (SFZ)* merupakan patahan aktif di daratan Sumatera, yang membujur di sepanjang pulau Sumatera mulai dari Aceh

bagian utara hingga ke teluk semangko. Zona ini berada di sepanjang busur gunung api dengan panjang sekitar 1650 km.

c. Zona Sesar Mentawai

Zona sesar Mentawai atau *Mentawai Fault Zone (MFZ)* merupakan zona sesar aktif di lepas pantai Sumatera Barat yang membujur di antara zona sesar Sumatera dan zona subduksi. Zona sesar ini membagi Kepulauan Mentawai menjadi tiga segmen yaitu Segmen Siberut, Segmen Sipora dan Segmen Pagai.

Bagian dari pulau Sumatera yang sering mengalami gempabumi tektonik adalah wilayah Sumatera Barat. Wilayah ini berada dekat dengan batas pertemuan lempeng tektonik dan jalur sesar Mentawai. Batas dari pertemuan lempeng ini berupa jalur palung laut dalam di sebelah barat Sumatera sampai Kepulauan Andaman. Dorongan yang terus diberikan oleh Lempeng Indo-Australia menyebabkan terdapatnya akumulasi energi potensial regangan pada bidang kontak, yaitu berupa pengerutan. Bidang kontak zona subduksi dangkal ini disebut sebagai “*megathrust*” (patahan naik yang berkemiringan landai).



Gambar 3. Sumber gempabumi di zona subduksi pulau sumatera

(sumber : Natawidjaja, 2007)

Berdasarkan Gambar 3 merupakan sumber gempabumi di zona subduksi pulau Sumatera. Inilah yang menjadi sumber gempabumi di lepas pantai barat Sumatera. Pulau-pulau di wilayah Sumatera yang berada pada zona *megathrust* (sumber gempa zona subduksi) adalah Pulau Simeulue, Nias, Siberut, Sipora dan Pagai (Natawidjaja, 2007).

B. Tataan Tektonik Kepulauan Mentawai

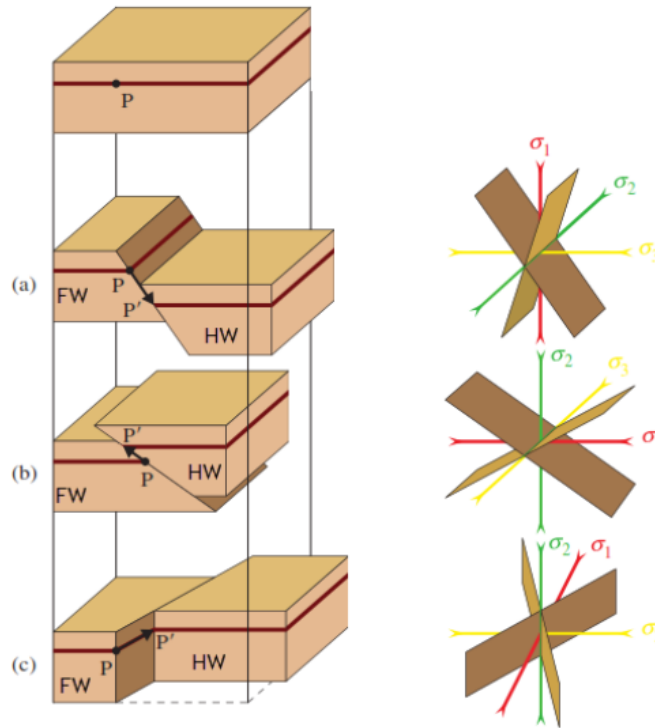
Kepulauan Mentawai dengan posisi geografis yang terletak diantara $0^{\circ}55'00''$ - $3^{\circ}21'00''$ LS dan $98^{\circ}35'00''$ - $100^{\circ}32'00''$ BT merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Sumatera Barat. Kepulauan Mentawai memiliki luas wilayah sebesar $6.011,35 \text{ km}^2$ dan garis pantai sepanjang 1.402,66 km. Daratan Kepulauan Mentawai ini terpisahkan oleh laut dari wilayah Sumatera Barat lainnya dengan posisi sebelah utara berbatasan dengan Selat Siberut, sebelah selatan dan barat berbatasan dengan Samudera Hindia dan sebelah timur berbatasan dengan Selat Mentawai. Salah satu

pulau terbesar di Kepulauan Mentawai adalah Pulau Sipora. Pulau Sipora merupakan satu diantara pulau terluar Indonesia yang terletak di bagian barat pulau Sumatera dan berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Pulau ini memiliki luas 845 ha dan berada pada titik koordinat 02°11'14" LS dan 99°38'46" BT (Bappeda Kepulauan Mentawai, 2001).

Tatanan tektonik Kepulauan Mentawai merupakan bagian dalam tatanan tektonik Pulau Sumatera. Sepanjang Sumatra-Andaman terdapat zona subduksi yang disebabkan lempeng tektonik Indo-Australia yang menunjam ke Pulau Sumatera yang berada pada lempeng Eurasia. Tingkat konvergensi dari lempeng tektonik ke arah zona subduksi berkisar 45 mm/tahun (Clie et al, 2008). Pada Kepulauan Mentawai, terdapat Sesar Mentawai (Mentawai Fault Zone) dilepas pantai Sumatera Barat yang tepat berada pada batas zona subduksi Sumatera dengan Sesar Sumatera (Sumatran Fault Zone) (Mukti et al, 2012). Sesar Mentawai adalah sesar mendatar yang disebabkan oleh adanya proses penunjaman miring di sekitar pulau Sumatera. Sesar Mentawai berada di laut memanjang di sekitar pulau-pulau Mentawai dari selatan hingga ke utara terus menerus hingga ke utara Nias (Triyono, R.BMKG).

Sesar atau patahan terjadi ketika suatu batuan mengalami retakan terlebih dahulu yang kejadian ini berkaitan erat dengan tekanan dan kekuatan batuan yang mendapatkan gaya sehingga timbul adanya retakan (fracture). Tekanan yang diberikan mampu memberikan perubahan pada batuan dengan waktu yang sangat lama dan hingga memberikan gerakan sebesar seperseratus sentimeter dan bahkan sampai beberapa meter. Ketika ini terjadi, maka akan timbul sebuah gaya yang sangat

besar yang berdampak getaran bagi sekitarnya saat suatu batuan mengalami patahan atau yang sering kita sebut dengan gempa bumi. Arah pergerakan pada suatu sesar tergantung pada kekuatan batuan.



Gambar 4. Tipe pergerakan sesar gempa bumi

(Sumber: Parriaux, 2018)

Bila batuan yang menumpu merosot ke bawah akibat batuan penumpu di kedua sisinya bergerak saling menjauh, sesarnya dinamakan sesar normal (normal). Bila batuan yang menumpu terangkat ke atas akibat batuan penumpu di kedua sisinya bergerak saling mendorong, sesarnya dinamakan sesar naik (reverse/thrust). Bila kedua batuan pada sesar bergerak saling menggelangsar, sesarnya dinamakan sesar geseran- jurus (strike-slip). Sesar normal dan sesar naik, keduanya menghasilkan

perpindahan vertikal (vertical displacement), sedangkan sesar geseran-jurus. Selain itu, terdapat pula kombinasi antara sesar vertikal dengan sesar horizontal yang dinamakan sesar oblique. (Sunarjo et al, 2010).

Kepulauan Mentawai berada pada muka busur zona deformasi dengan lebar 300 km yang membentang dari zona subduksi hingga sesar Sumatera. Wilayah Mentawai terdapat sesar anjak aktif (backthrust) yang sangat aktif. Gempabumi lokal pada kawasan ini secara terus menerus akan menimbulkan longsoran bawah laut dan akan membangkitkan gelombang seismik yang nantinya menimbulkan tsunami (Singh et al., 2010).

Zona subduksi Sumatera merupakan wilayah yang paling sering melepaskan energi gempabumi. Dalam sejarah kegempabumian tercatat banyak gempabumi yang terjadi dengan magnitudo di atas 8 SR. Sebelah selatan khatulistiwa, gempabumi besar pernah terjadi tahun 1833 (8.9 SR) dan pada tahun 1797 (8.3-8.7 SR). Kedua gempabumi ini membangkitkan tsunami besar yang menyapu perairan Sumatera barat dan Bengkulu. Wilayah zona subduksi di selatan ini biasa dikenal dengan segmen Mentawai.

Pada bulan September 2007 segmen ini kembali melepaskan energinya sebesar 8.4 SR. Pada tanggal 25 Oktober 2010 kembali terjadi gempabumi di segmen Mentawai dengan magnitudo 7.2 SR kedalaman 10 km tepatnya pada posisi kurang lebih 78 km Barat Daya Pagai Selatan, Mentawai-Sumatera Barat (BMKG). Gempabumi ini dirasakan di Bukittinggi, Padang, Bengkulu dan Singapura serta

membangkitkan tsunami yang menimbulkan kerusakan berat di beberapa wilayah di Mentawai. Menyebabkan lebih dari 448 korban jiwa dan lebih dari 56 orang hilang (BPBD Sumbar dalam Setyonegoro, dkk, 2012).

Gempabumi tersebut terjadi sebagai akibat aktivitas gempa dengan mekanisme sesar naik (*thrust faulting*) pada patahan di zona subduksi (*subduction zone*) antara lempeng Indo – Australia dan lempeng Eurasia (Setyonegoro, dkk, 2012).

C. Gempabumi

Gempabumi (*earthquake*) adalah peristiwa bergetar atau berguncangnya bumi karena pergerakan/ pergeseran lapisan batuan padat kulit bumi secara tiba-tiba akibat pergerakan lempeng-lempeng tektonik (Sunarjo, dkk., 2010). Ketika pergeseran itu terjadi, timbul getaran yang disebut gelombang seismik yang mengarah ke segala arah di dalam bumi dan menjalar menjauhi fokusnya. Ketika gelombang ini mencapai permukaan bumi, getarannya dapat bersifat merusak atau tidak tergantung pada kekuatan sumber gempabumi (magnitudo), posisi dan kedalaman sumber gempa, kondisi geologis setempat serta kualitas bangunan yang ada di daerah tersebut (Sunarjo, dkk., 2010).

1. Penyebab Gempabumi

Mekanisme terjadinya suatu gempabumi di dalam perut bumi sering dikaitkan dengan kombinasi gaya atau *stress* yang bekerja pada suatu batuan.

Kombinasi *stress*, *kompresi* (tekanan kedalam) dan *dilatasi* (tarikan keluar), yang menyebabkan terjadinya suatu gempa bumi.

Model dari mekanisme terjadinya suatu gempa bumi dalam seismologi disebut dengan mekanisme fokus (*focal mechanism*). Melalui data seismogram bisa didapatkan banyak informasi gempa bumi sehingga diketahui parameter gempa bumi seperti: magnitudo, kedalaman, lokasi, waktu asal gempa bumi, termasuk juga mekanisme fokus. Jika terdapat dua buah gaya yang bekerja dengan arah berlawanan pada batuan kulit bumi, batuan tersebut akan terdeformasi, karena batuan mempunyai sifat elastis. Bila gaya yang bekerja pada batuan terlalu lama dan terus menerus, maka daya dukung batuan akan mencapai batas maksimum dan akan mulai terjadi pergeseran.

Akibatnya batuan akan mengalami patahan secara tiba-tiba sepanjang bidang *fault*. Kemudian batuan akan stabil, tetapi sudah mengalami perubahan bentuk atau posisi. Pada saat batuan mengalami gerakan yang tiba-tiba energi *stress* yang tersimpan akan dilepaskan dalam bentuk getaran yang dikenal sebagai gempa bumi.

2. Jenis-jenis Gempabumi

Gempabumi dapat digolongkan menjadi beberapa kategori, yaitu berdasarkan proses terjadinya, bentuk episentrumnya, kedalaman hiposentrumnya dan lokasinya.

a. Gempabumi Berdasarkan Proses Terjadinya

Menurut proses terjadinya, gempabumi dapat diklasifikasikan menjadi lima.

Berikut merupakan klasifikasi gempa tersebut:

- 1) Gempa tektonik adalah gempabumi yang disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran antara lempeng-lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga yang besar.
- 2) Gempa vulkanik adalah gempa yang terjadi akibat aktivitas gunung berapi. Oleh karena itu, gempa ini hanya dapat dirasakan di sekitar gunung berapi saat akan meletus, saat meletus dan setelah terjadi letusan.
- 3) Gempabumi runtuh adalah gempabumi yang terjadi karena adanya runtuh tanah atau batuan pada daerah longsor.
- 4) Gempabumi jatuhnya adalah gempa yang terjadi akibat adanya benda langit yang jatuh ke bumi, misalnya meteor, yang mengakibatkan terjadinya getaran bumi.
- 5) Gempabumi buatan adalah gempabumi yang memang sengaja dibuat oleh manusia.

b. Gempabumi Berdasarkan Bentuk Episentrum

Menurut bentuk episentrumnya, gempabumi dapat dikelompokkan menjadi dua jenis. Berikut ini merupakan kedua jenis gempabumi tersebut:

- 1) Gempabumi sentral, yaitu gempa yang episentrumnya berbentuk titik.
- 2) Gempabumi linear, yaitu gempa yang episentrumnya berbentuk garis.

c. Gempabumi Berdasarkan Kedalaman Hiposentrum

Kedalaman sumber gempabumi adalah jarak dari titik fokus gempabumi (*hiposenter*) dengan permukaan di atas fokus (*episenter*). Berdasarkan kedalaman hiposentrumnya gempabumi dapat dikelompokkan menjadi tiga.

- 1) Gempabumi dangkal (kedalaman antara 0-60 km), gempabumi dangkal menimbulkan efek guncangan yang lebih besar dibandingkan dengan gempabumi dalam, karena letak fokus lebih dekat dengan permukaan.
- 2) Gempabumi menengah (kedalaman antara 61-300 km), gempabumi menengah terletak pada kedalaman di bawah kerak bumi, sehingga digolongkan sebagai gempabumi yang tidak berasosiasi dengan penampakan retakan atau patahan di permukaan, namun gempabumi ini masih dapat diperkirakan mekanisme terjadinya.
- 3) Gempabumi dalam (kedalaman >300 km), gempabumi ini relatif sering terjadi karena berada pada kedalaman lebih dari 300 km getarannya dapat dirasakan oleh manusia.

d. Gempabumi Berdasarkan Lokasi Episentrum

Menurut letak episentrumnya, gempabumi dapat dikelompokkan menjadi dua. Kedua kelompok gempa tersebut adalah sebagai berikut.

- 1) Gempabumi daratan, yaitu gempabumi yang letak episentrumnya berada di daratan.
- 2) Gempabumi lautan, yaitu gempabumi yang letak episentrumnya berada di dasar laut. Gempabumi jenis inilah yang dapat berpotensi menimbulkan tsunami.

3. Parameter – Parameter Gempabumi

Menurut Sunarjo, dkk., (2010), parameter-parameter gempabumi yang sering dianalisis adalah *original time* (waktu asal gempabumi), episenter, kedalaman sumber gempabumi, kekuatan gempabumi atau magnitudo dan skala intensitas gempabumi.

a. Waktu Kejadian gempabumi

Waktu Kejadian atau *original time* adalah waktu suatu gempabumi terjadi di sumbernya pada kedalaman tertentu di lapisan bumi dimana pada waktu tersebut akumulasi tegangan (*stress*) terlepas dalam bentuk penjalaran gelombang bumi dan dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinated*).

b. Episenter

Episentrum adalah titik di permukaan bumi yang merupakan refleksi tegak lurus dari hiposenter atau fokus gempabumi. Lokasi episenter dibuat dalam sistem koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis yang dinyatakan dalam lintang dan bujur (Ibrahim dan Subardjo, 2004).

c. Hiposenter atau Kedalaman Gempabumi

Hiposenter gempabumi merupakan titik di dalam bumi yang menjadi sumber gempabumi atau disebut juga titik fokus gempa (Ibrahim, G Dan Subardjo, 2004).

d. Kekuatan gempabumi

Kekuatan gempabumi atau magnitudo adalah ukuran kekuatan gempabumi, menggambarkan besarnya energi yang terlepas pada saat gempabumi terjadi dan merupakan hasil pengamatan seismograf. Menurut delfebriyadi (2011), skala magnitudo yang umum digunakan dapat dibedakan menjadi 4 kelompok, yaitu :

1) Magnitudo Lokal (M_L)

Magnitudo lokal pertama kali diperkenalkan oleh Charles Richter pada tahun 1935, berdasarkan pengamatan gempabumi di California Selatan yang direkam menggunakan seismograf Wood–Anderson (Edwiza, 2009). Magnitudo ini berlaku untuk gempa dangkal dengan jarak episenter kurang dari 60 km. Secara umum, magnitudo lokal dirumuskan seperti Persamaan (1).

$$M_L = \log A + 3 \log \Delta - 2,92 \quad (1)$$

Dengan A merupakan amplitudo maksimum gerakan tanah (μm), Δ adalah jarak stasiun pencatat ke sumber gempa (km).

2) Magnitudo Gelombang Badan (M_b)

Magnitudo body diperkenalkan oleh Gutenberg pada tahun 1935 yang diperoleh berdasarkan amplitudo gelombang primer yang menjalar melalui bagian dalam bumi. Magnitudo ini digunakan untuk menghitung kekuatan dari gempa dalam. Secara umum, magnitudo body dirumuskan seperti pada Persamaan (2).

$$M_b = \log A - \log T + 0,01\Delta + 5,9 \quad (2)$$

dimana A adalah amplitudo gelombang primer (μm), T merupakan periode getaran (detik) dan Δ merupakan jarak episenter (km).

3) Magnitudo Gelombang Permukaan (M_S)

Magnitudo permukaan diperkenalkan oleh *Gutenberg* dan *Richter* (1936). Magnitudo ini ditentukan berdasarkan pengukuran amplitudo gelombang *Rayleigh* dengan periode gelombang ± 20 detik. Magnitudo ini biasanya digunakan untuk menghitung kekuatan gempa bumi dangkal, dengan jarak episenter lebih dari 100 km. secara umum, magnitudo gelombang permukaan dirumuskan seperti Persamaan (3).

$$M_S = \log A + 1,66 \log \Delta + 2,0 \quad (3)$$

Dengan A adalah amplitudo maksimum (μm), dan Δ adalah jarak episenter (km).

4) Magnitudo Momen (M_w)

Magnitudo momen merupakan magnitudo berdasarkan harga momen seismik. Momen seismik adalah dimensi pergeseran bidang sesar atau analisa gelombang pada *broadband* seismograf. Magnitudo ini berhubungan langsung dengan energi gempa bumi yang terlepas.

e. Intensitas gempa bumi

Tingkat kerusakan akibat gempa dinyatakan dalam intensitas. Intensitas dihitung berdasarkan pengamatan visual langsung terhadap kerusakan akibat gempa bumi. Intensitas dapat memberikan gambaran nilai kekuatan gempa bumi pada pusat gempanya. Intensitas biasanya dinyatakan dalam skala *Modified Mercalli Intensity* (MMI).

D. Gelombang Seismik

Gelombang seismik adalah gelombang yang menjalar ke seluruh bagian dalam bumi dan melalui permukaan bumi, akibat adanya lapisan batuan yang patah secara tiba-tiba atau adanya suatu ledakan. Gelombang utama gempabumi terdiri atas dua tipe gelombang primer (P) dan gelombang sekunder (S) (Sunarjo, dkk, 2010).

1. Gelombang Badan (*Body Wave*)

Gelombang primer (P-wave) adalah gelombang body atau gelombang yang menjalar ke seluruh bagian dalam bumi yang mempunyai kecepatan yang paling tinggi. Gelombang ini sering juga disebut sebagai gelombang longitudinal karena arah partikelnya searah dengan arah rambatannya.

Gelombang sekunder (S-wave) merupakan gelombang transversal. Gerakan partikelnya terletak pada suatu bidang yang tegak lurus dengan arah penjarannya. Kecepatan gelombang seismik dapat bertambah terhadap kedalaman, maka lintasan gelombang seismik akan berbentuk lengkungan cekung ke permukaan bumi. Kecepatan gelombang P (V_p) tergantung dari konstanta Lamé (λ), rigiditas (μ), dan densitas (ρ) medium yang dilalui. Persamaan gelombang dirumuskan dengan Persamaan (4) dan (5).

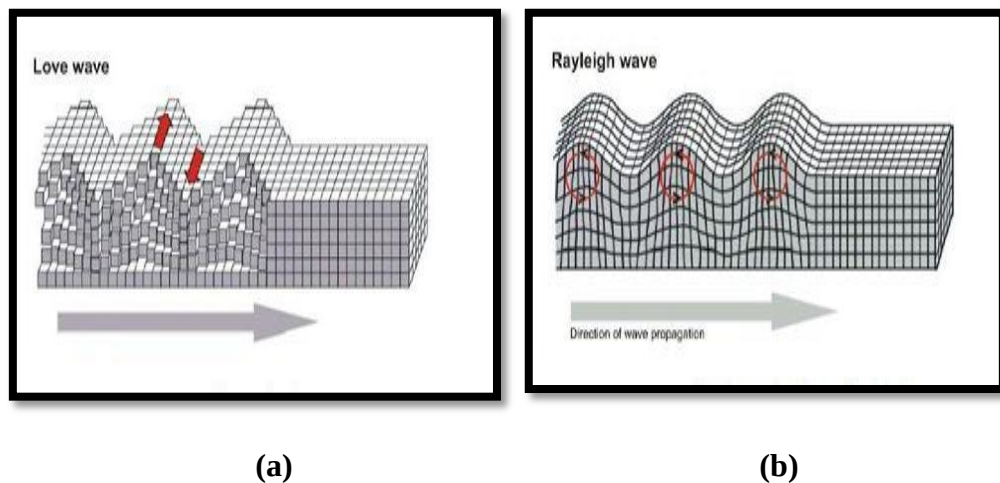
$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad (4)$$

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (5)$$

1. Gelombang Permukaan (*Surface Wave*)

Gelombang permukaan merupakan gelombang elastik yang menjalar sepanjang permukaan bumi. Ada dua macam gelombang permukaan yaitu, gelombang *Rayleigh* dan gelombang *Love*. Kedua nama gelombang ini diambil dari nama fisikawan Inggris, Lord Rayleigh dan nama geofisikawan Inggris, A.E.H Love.

Gelombang *Rayleigh* menimbulkan efek gerakan tanah yang sirkular. Hal ini akan mengakibatkan tanah bergerak naik turun seperti ombak di laut. Sedangkan gelombang *Love* dapat menimbulkan efek gerakan tanah yang horizontal dan tidak menghasilkan perpindahan vertikal.



Gambar 5. (a) Gambaran gelombang rayleigh dan (b) Love

(Sumber : Sunarjo, dkk, 2010)

E. Persamaan Hubungan *Gutenberg-Richter*

Salah satu upaya mitigasi bencana gempabumi adalah dengan mengetahui tingkat *stress* serta memprediksi gempabumi yang akan datang. Pendekatan secara statistik menggunakan b dengan formula dari *Gutenberg-Richter* (1942) dapat diterapkan dalam menganalisa dan memprediksi gempabumi yang akan datang sehingga b dapat digunakan sebagai *prekursor* gempabumi (Madlazim, 2013). Secara matematis metode *Gutenberg-Richter* dapat dituliskan seperti Persamaan (6).

$$\log N(M) = a - bM \quad (6)$$

Apabila kedua persamaan tersebut di invers log maka didapat :

$$N = 10^{a-bM}$$

Dimana $N(M)$ adalah jumlah gempabumi dengan magnitudo M , a dan b adalah konstanta, dimana nilai a merupakan parameter seismik atau indeks seismisitas yang besarnya bergantung pada banyaknya gempa dan untuk wilayah tertentu (Chasanah, dkk., 2013). Suatu wilayah dapat dikatakan memiliki tingkat aktivitas kegempaan yang tinggi dengan nilai $a \geq 7,0$. Nilai b merupakan parameter tektonik yang menunjukkan karakteristik seismotektonik wilayah tersebut. Suatu wilayah dengan kondisi stress batuan tinggi memiliki nilai b sebesar 0,4-0,9, sementara pada kondisi stress batuan yang rendah nilai b sekitar $> 1,2$. Semakin besar harga b maka daerah tersebut semakin mudah terjadi gempabumi, karena dengan hanya sedikit gaya saja yang diberikan pada daerah tersebut maka dapat langsung terjadi gempabumi. Semakin kecil harga b , maka daerah tersebut memiliki kekuatan

menahan gaya yang besar sehingga dibutuhkan energi yang sangat besar untuk dapat menghasilkan gempabumi (Budiman, dkk., 2011). Berdasarkan Persamaan (6) maka diperoleh rumus estimasi *likelihood* untuk nilai b .

Fungsi *likelihood* merupakan suatu metoda statistik yang sangat sesuai untuk memecahkan beberapa masalah tentang seismologi. Bila suatu fungsi distribusi probabilitas $f(x, \Theta)$ bergantung pada parameter Θ , bersesuaian dengan fungsi *likelihood*, didefinisikan sebagai berikut:

$$P(x, \theta) = f(x_1, \theta) \cdot f(x_2, \theta) \dots \dots \dots f(x_n, \theta) \quad (7)$$

Bahwa estimasi maksimum *likelihood* dari Θ adalah nilai fungsi maksimum $P(x_1, \Theta)$, untuk perhitungan yang bersesuaian. Penurunan dari $\log P(x_1, \Theta)$ yang umumnya untuk mendapatkan nilai maksimum dari Θ , yaitu:

$$\frac{\partial P}{\partial \theta} = 0 \quad (8)$$

Menurut Aki (1965) bahwa metoda ini dipergunakan untuk masalah hubungan antara frekuensi gempabumi dan magnitudo. Suatu fungsi distribusi probabilitas M dapat ditulis kedalam bentuk:

$$f(M, b') = b' e^{-b'(M-M_0)}; M \geq M_0 \quad (9)$$

dimana: $b' = b * \ln 10$

bersesuaian dengan fungsi *likelihood* yang ditunjukkan sebagai berikut :

$$P = (b')^N \cdot e^{\{-b'(\sum M1 - NM_0)\}} \quad (10)$$

Dari hubungan ini diperoleh bahwa estimasi likelihood maksimum dari b yang ditunjukkan sebagai:

$$b = \frac{\log e}{\bar{M} - M_{min}} \quad \text{dan} \quad \bar{M} = \frac{\sum X * N}{\sum N} \quad (11)$$

Dimana : $\bar{M}$ = magnitudo rata-rata dari data gempa

M_{min} = nilai minimum magnitudo dari data gempa

$\log e$ = 0,4343

N = frekuensi kumulatif gempa dari data gempa

X = nilai tengah dari range magnitudo dari data gempa

Setelah nilai b dihitung, maka diperoleh nilai a yang diperhitungkan dari hubungan frekuensi kumulatif untuk $M \geq M_0$ adalah dengan Persamaan (12)

$$a = \log \sum N + \log(b * \ln 10) + M_0 * b \quad (12)$$

Tingkat keakuratan nilai- b , dihitung menggunakan Persamaan shi dan Boltc (Rohadi, 2008), yaitu:

$$\delta b = 2.3 * b^2 \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(M_i - \bar{M})^2}{(n(n-1))}} \quad (13)$$

F. Indeks Seismisitas

Secara teoritis dapat dihitung total kejadian gempa rata-rata pertahun dengan setiap magnitudo untuk setiap daerah (seismotektonik) tertentu. Hal ini disebut dengan indeks seismisitas. Harga a dan a' untuk indeks seismisitas untuk distribusi kumulatif $N(M)$ per tahun dapat dihitung dengan cara membagi nilai tersebut dengan periode T (tahun) yang dimiliki dalam data (Adzkia, 2010). Maka diperoleh Persamaan (14).

$$a1' = a' - \log T \text{ dan } a' = a - \log(b * \ln 10) \quad (14)$$

dimana : T = waktu (tahun pengamatan)

$a, a', a1', b$ = parameter-parameter yang dihitung untuk
mendapatkan harga indeks seismisitas

$N(M)$ = frekuensi gempa dari distribusi kumulatif (secara
Likelihood)

Berdasarkan persamaan (14) dapat dihitung periode kejadian ulang gempabumi. Dimana periode ulang gempabumi adalah kemungkinan terjadinya gempa merusak di suatu daerah pada kurun waktu tertentu. Harga resiko gempa sangat berguna untuk perencanaan bangunan tahan gempa. Bila kita anggap distribusi interval waktu mengikuti bentuk eksponensial e^{-hT} maka kemungkinan terjadinya gempabumi dengan magnitude lebih besar daripada M selama periode T , adalah:

$$P(M, T) = 1 - e^{-N(M)T} \quad (15)$$

dimana $N(M)$ didapat dari hubungan magnitude–frekuensi untuk tiap daerah cluster/segmen, dimana parameter distribusi telah didapat dengan kecocokan hubungan Gutenberg-Richter terhadap data yang diamati untuk , $N(M \geq 5.0)$, $N(M \geq 5.5)$, $N(M \geq 6.0)$, $N(M \geq 6.5)$, $N(M \geq 7.0)$, $N(M \geq 7.5)$, $N(M \geq 8.0)$, $N(M \geq 8.5)$, $N(M \geq 9.0)$. Pada tiap-tiap magnitude, *rata-rata jumlah kumulatif gempabumi tahunan* adalah;

$$N_1(M) = 10^{\alpha_1' - M * b} \quad (16)$$

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 :

$P(M,T)$ = Probabilitas gempa dengan magnitudo M dan periode T

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

θ = rata-rata periode ulang gempa

G. Penelitian – Penelitian yang Relevan

Chasanah (2013) melakukan penelitian untuk menganalisis seismisitas dan periode ulang gempabumi 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 gempabumi untuk rentang magnitudo 5-9 SR adalah berkisar antara 0,099-45,302 tahun atau setara dengan 36-16,535 hari.

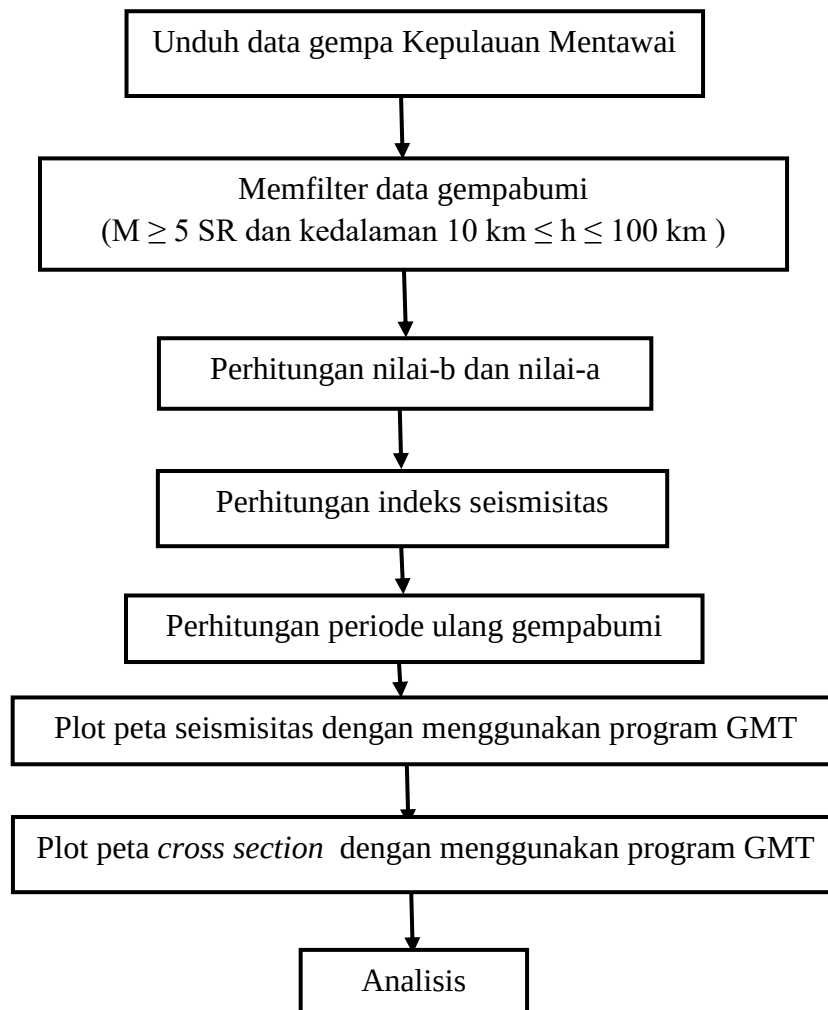
Budiman, dkk., (2011) melakukan penelitian tentang analisis periode ulang dan aktivitas kegempaan pada daerah Sumatera Barat dan sekitarnya dengan menggunakan metode Likelihood. Dari penelitian dihasilkan nilai b antara 0,94-1,0 dan nilai a sekitar 6,7-7,13, sedangkan dari perhitungan periode ulang untuk magnitudo 5,0-6,5 SR memadai dijadikan acuan dalam memperkirakan perulangan gempa, tapi untuk magnitudo lebih besar dari 6,5 SR diperkirakan tidak akan terjadi.

Sianturi, dkk, (2013) melakukan penelitian untuk menganalisis secara statistik dan mengetahui keadaan seismisitas di Provinsi Sumatera Barat yang meliputi tingkat keaktifan gempa, pola sebaran gempa, indeks seismisitas, periode ulang gempabumi dan tingkat resiko gempabumi di wilayah Provinsi Sumatera Barat periode 1973-2011. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hubungan frekuensi kejadian gempabumi dengan magnitudo berskala 5 SR sangat sering terjadi di provinsi Sumatera Barat, sedangkan gempa yang berskala 6 ke atas jarang terjadi. Nilai indeks seismisitas yang terjadi di Provinsi Sumatera Barat, untuk gempa dangkal berkisar antara 0,02-0,67

dan gempa menengah berkisar antara 0,02-0,13. Setelah dilakukan perhitungan periode ulang kejadian gempabumi pada masing-masing region diperoleh periode ulang gempa yang berbeda-beda.

H. Kerangka Berpikir

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



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data gempa dari periode tahun 1934-2020 dengan menggunakan metode *Gutenberg-Richter* untuk daerah Kepulauan Mentawai dan sekitarnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai parameter aktivitas gempabumi untuk daerah penelitian diperoleh nilai b sebesar 0,85526 dan nilai a sebesar 6,98573 serta nilai indeks seismisitas untuk magnitudo 5-8 berkisar antara 3,02413-0,00822, Kondisi ini menunjukkan bahwa daerah Kepulauan Mentawai dan sekitarnya diprediksi memiliki tingkat keaktifan gempabumi yang tinggi dan memiliki energi besar yang masih tersimpan sehingga berpeluang terjadi gempabumi besar di wilayah tersebut.
2. Hasil perhitungan periode ulang gempabumi berbeda-beda untuk magnitudo 5-8 berkisar antara 0,33067 tahun – 121,6545 tahun.

B. Saran

Dari penelitian ini disarankan untuk :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan yaitu dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain selain tingkat seismisitas suatu daerah, seperti kondisi geologis daerah tersebut, kualitas infrastruktur, kepadatan penduduk dan sebagainya untuk mitigasi berikutnya.

2. Menggunakan data yang lebih banyak dengan rentang periode yang lebih lama, sehingga hasil periode ulang gempabumi yang diperoleh nantinya akan semakin akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, S., 2014, Energi Potensial Gempabumi di Kawasan Segmen Mentawai Sumatera Barat ($0.5^{\circ}\text{LS} - 4.0^{\circ}\text{LS}$ dan $100^{\circ}\text{BT} - 104^{\circ}\text{BT}$), *Jurnal PSJ*, Vol.2, No.1, BMKG Bengkulu.
- Abdillah, 2010, Analisis Keaktifan dan Resiko Gempabumi pada Zona Subduksi Daerah Pulau Sumatera dan Sekitarnya Dengan Metode Least Square, *Skripsi*, Program Studi Fisika, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Adzkia, M., 2010, Perhitungan B Value Menggunakan Metode Likelihood untuk Daerah Sumatera Barat dan Sekitarnya (3 Juni 1909 – 23 Desember 2009), *Skripsi*, Program Studi Fisika, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- BMKG, 2010, Lempeng Tektonik Indonesia , <http://www.bmkg.go.id>, diakses 1 Juli 2021.
- Budiman, A., Riva, N., dan Moh. Taufik, G., 2011, Analisis Periode Ulang dan Aktivitas Kegempaan Pada Daerah Sumatra Barat dan Sekitarnya, *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, Vol.3, No.2, Jurusan Fisika Unand.
- Chasanah, U., Madlazim., Tjipto, p., 2013, Analisis Tingkat Seismisitas dan Periode Ulang Gempabumi di Sumatera Barat pada Periode 1961-2010, *Jurnal Fisika* , vol.2, No.2, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Chlieh, M., J. P. Avouac, K. Sieh, D. H. Natawidjaja, & J. Galetzka. 2008. Heterogeneous Coupling of the Sumatran Megathrust Constrained by Geodetic and Paleogeodetic Measurements. *Journal of Geophysical Research*, 113: 1-31.
- Delfebriyadi, 2010, Rekayasa Gempa Teknik Sipil, CV. Ferila, Padang.
- Delfebriyadi, 2011, Pembuatan Peta Spectral Percepatan Gempa Dengan Metoda Probabilitas, CV. Ferila, Padang.

- Edwiza, Daz. 2008. Kajian Terhadap Indek Bahaya Seismik Regional Rata-Rata Sumatera Barat. Vol. 1, No. 29, Thn. XV.
- Guttenberg, B. Richter. C.F. 1994. Frequency of Earthquake in California, *Bull.Seis.Soc.Am*, 34, 185-188. America.
- Hartuti, E. R., 2009, Buku Pintar Gempa, DIVA Press, Yogyakarta.
- Handayani, dkk. 2012. Segmentasi Tektonik Aktif Pada Lempeng Mikro Sumatra Bagian Utara (Aceh) Ditinjau Dari Sebaran Episenter Gempabumi. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol 3, No. 2.
- Ibrahim, G., dan Subarjo, 2004, *Buku Seismologi*, BMKG, Jakarta.
- Madlazim. 2013. Kajian Awal Tentang *b-value* gempabumi di sumatera tahun 1964-2013. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, Vol. 3, No. 1.
- Mukti, M. M., Singh, S. C., Deighton, I., Hananto, N. D., Moeremans, R. & Permana, H. 2012. Structural Evolution of Backthrusting in the Mentawai Fault Zone, offshore Sumatran Forearc. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 13 (12), 1-21.
- Nandia, Riva., 2011, Analisis Periode Ulang dan Aktivitas Kegempaan Pada Daerah Sumatera Barat dan Sekitarnya, *Skripsi*, Jurusan Fisika, Universitas Andalas.
- Natawidjaja, D.H., 2003, *Neotectonics Of The Sumatran Fault And Paleogeodesy Of The Sumatran Subduction Zone*, California Institute Of Technology, Pasadena.
- Natawidjaja, D. H., Sieh, K., Chlieh, M., Getzka, J., Suwargadi, B. W., Cheng, H., Edwards, R. L., Avouac, J. P., Ward, S. N., 2006, Source Parameters Of The Great Sumatran Megathrust Earthquakes of 1797 and 1833 Inferred From Coral Microatolls, *Journal of Geophysical Research*, Volume 111, American geophysical union.

- Natawidjaja, D.H., 2007, Gempabumi dan Tsunami Di Sumatera dan Upaya Untuk Membangkitkan Lingkungan Hidup yang Aman dari Bencana Alam, Laporan HKL, LIPI, Jakarta.
- Olivia., 2015, Analisis Periode Ulang Gempabumi Tektonik Wilayah Kepulauan Mentawai Berdasarkan B-Value dengan Menggunakan Metode Likelihood, *Skripsi*, Jurusan Fisika, Universitas Sriwijaya.
- Parriaux, A., 2018. *Geology: Basics for Engineers*, Second Edition, CRC Press, London.
- Pertiwi, Indah, I., Muhammad, A., dan Parlabeti, P., 2012, Analisis Distribusi Spasial dan Temporal Seismotektonik Wilayah Sulawesi Bagian Selatan dan Barat Berdasarkan Nilai-b dengan Metode Maksimum Likelihood, *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, Jilid.8, No.3, Jurusan Fisika Universitas Negeri Makasar.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Pergerakan Lempeng Tektonik, <http://merapi.vsi.esdm.go.id>, diakses 1 Juli 2021
- Rachmawati, H.N., 2014, Hubungan B Value dengan Frekuensi Kejadian dan Magnitudo Gempabumi Menggunakan Metode *Gutenberg-Richter* di Sulawesi Tengah Periode 2008-2014, *Jurnal Fisika*, Vol.3, No.2 Tahun 2014, hal 84 – 88, Jur. Fisika Universitas Negeri Surabaya.
- Rohadi, et.al. 2012. Kajian seismisitas wilayah Selat Sunda dan Jawa bagian Barat menggunakan data hasil relokasi simultan terhadap struktur kecepatan tiga dimensi gelombang P. *Jurnal Teknologi Mineral*, 19 (2) vol: 1.
- Rohadi, S., Hendra, G., dan Mezak, A.R., 2007, Studi Variasi Spatial Seismisitas Zona Subduksi Jawa, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, vol.8, No.1,

- Rohadi, S., Hendra, G., dan Mezak, A.R., 2008, Studi Potensi Seismotektonik Sebagai *Precursor* Tingkat Kegempaan di Wilayah Sumatera, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Vol.9, No.2 November 2008 :101 – 108.
- Setyonegoro, dkk. 2012. *Analisis Sumber Gempabumi pada Segmen Mentawai (Studi Kasus: Gempabumi 25 Oktober 2010)*, Jurnal Meteorologi dan Geofisika 13 (2).
- Sianturi, dkk. 2013. Analisis Tingkat Keaktifan Gempabumi Dan Pola Sebarannya Serta Tingkat Resiko Gempabumi Di Propinsi Sumatera Barat Berdasarkan Data Gempabumi Tahun 1973-2011. Bengkulu: UNIB.
- Sieh, K., Bock, L. E., Taylor, F., Gans P., 1994, Active Tectonics of Sumatra, American Geophysical Union.
- Singh, S. C., N. D. Hananto, A. P. S. Chauhan, H. Permana, M. Denolle, A. Hendriyana, & D. Natawidjaja. 2010. Evidence of Active Backthrusting at the NE Margin of Mentawai Islands, SW Sumatra. *Geophysical Journal International*, 180: 703-714.
- Sunarjo, Gunawan, M. T., Pribadi, S., 2010, *Gempabumi edisi Populer*, BMKG, Jakarta.
- Wiemer, S. and M. Wyss, 1994, Seismic quiescence before the 1993 M=7.5 Landers and M=6.5 Big Bear (California) earthquakes, *Bull. Seis. Soc. Amer.*, 84, 900- 916.
- Zera, Tati., 2014, Menentukan Peluang dan Periode Ulang Gempabumi dengan Magnitude Tertentu Berdasarkan Model *Gutenberg-Richter*, *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol.15, No.1, Prodi Fisika, FST UIN Syarif Hidayatullah.