

**ANALISIS NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN
INTENSITAS GEMPABUMI WILAYAH SUMATERA BAGIAN
TENGAH MENGGUNAKAN RUMUSAN EMPIRIS
*SI AND MIDORIKAWA***



**Oleh:
MILA HERMAN
NIM. 16034035/2016**

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

**ANALISIS NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN
INTENSITAS GEMPABUMI WILAYAH SUMATERA BAGIAN
TENGAH MENGGUNAKAN RUMUSAN EMPIRIS
SI AND MIDORIKAWA**

SKRIPSI

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



**Oleh:
MILA HERMAN
NIM. 16034035/2016**

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

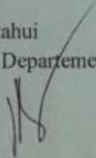
PERSETUJUAN SKRIPSI

**ANALISIS NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN
INTENSITAS GEMPABUMI BERDASARKAN RUMUSAN
EMPIRIS *SI AND MIDORIKAWA***

Nama : Mila Herman
NIM : 16034035
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 08 Juni 2022

Mengetahui
Kepala Departemen Fisika


Dr. Ratnawulan, M.Si
NIP. 196901201993032002

Disetujui Oleh:
Pembimbing


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

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Mila Herman
NIM : 16034035
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

ANALISIS NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN INTENSITAS GEMPABUMI BERDASARKAN RUMUSAN EMPIRIS *SI AND MIDORIKAWA*

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

Padang, 08 Juni 2022

Tim Penguji

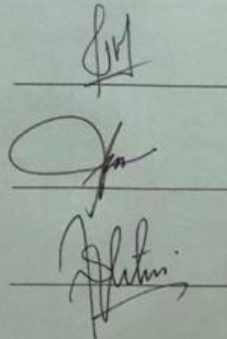
Nama

Tanda Tangan

Ketua : Syafriani, S.S i, M. Si, Ph.D

Anggota : Dr. Ahmad Fauzi, M. Si

Anggota : Drs. Letmi Dwiridal, M. Si



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulisan saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul "Analisis Nilai Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempabumi Wilayah Sumatera Bagian Tengah Berdasarkan Rumusan Empiris *Si and Midorikawa*" adalah asli dari karya saya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, 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 perpustakaan;
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 08 Juni 2022
yang membuat pernyataan



Mila Herman

Nim. 16034035

Sesungguhnya setelah kesulitan pasti ada kemudahan

Maka apabila telah selesai dalam suatu urusan

Kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan lainnya

Dan hanya kepada Allah lah kamu berharap

(Al-Nasyrah : 6-7)

Terima kasih untuk Papa (Herman Zaimur), Mama di Surganya Allah (Tri Erti), Abang-abang (Doni Herman dan Budi Herman), Ante (Dra. Marniati), Angah (Hasnawisti) serta keluarga yang selalu mendo'akan dan mendukung untuk setiap perjalanan hidupku. Kepada sahabatku Marisa Armel, Irma Atil Hayati, Fika Faradhila, Salsa Salsabila, Yohane, Wilda Tri Putri Yusri, Dwina Melisa, Vriska Dwinanda Fitri, Hanifa Yoanda yang selalu ada menemani disaat tawa dan tangis tanpa syarat, selalu mendengarkan kekonyolan yang ku perbuat, selalu melarang untuk melakukan hal yang akan membuat air mata jatuh. Terima kasih karena telah menemani ku hingga akhir keberadaan kalian merupakan rezeki dalam bentuk lain yang Allah berikan untukku. Terima kasih hanya yang dapat ku katakan untuk kalian. Aku sayang kalian.

Terima kasih untuk Abang Rian yang telah membantu dalam proses skripsi. Tim Seismik yang sepejuangan dengan ku. Fisika 2016 yang telah mengisi kenangan kuliah selama ini serta teman-teman lain yang tidak dapat ku sebutkan namanya satu persatu. Terima kasih atas bantuan dan dukungan semoga selalu dalam lindungan Allah SWT.

Mila Herman

**Analisis Nilai Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempabumi
Wilayah Sumatera Bagian Tengah Menggunakan Rumusan Empiris
*Si and Midorikawa***

Mila Herman

ABSTRAK

Pulau Sumatera merupakan wilayah yang rawan terhadap gempabumi, dikarenakan berada pada zona subduksi aktif dan dilalui oleh sesar Sumatera. Sesar Sumatera ini ditandai dengan terbentuknya deretan gunung berapi dan bukit barisan yang membentang sepanjang pulau Sumatera. Sesar Sumatera ini menjadi sumber gempabumi di daratan. Salah satu wilayah yang memiliki tingkat seismisitas yang aktif adalah wilayah Sumatera Bagian Tengah. Dimana dengan kondisi tersebut dapat dilakukan perhitungan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas gempabumi untuk mengetahui dampak dan kerawanan daerah tersebut.

Jenis penelitian ini deskriptif, yaitu dengan mengumpulkan data katalog gempabumi yang bersumber dari USGS (United States Geological Survey) pada periode 2009-2019 dengan koordinat $-3.88^{\circ}\text{LS} - 1.86^{\circ}\text{LU}$ dan $98.45^{\circ}\text{BT} - 105.42^{\circ}\text{BT}$. Magnitudo yang digunakan yaitu $M \geq 4.5$ SR dan kedalaman ≥ 300 KM. Pengolahan data percepatan tanah maksimum ini menggunakan rumus atenuasi *Si and Midorikawa*.

Hasil yang diperoleh dari perhitungan percepatan tanah maksimum terbesar berada pada Kepulauan Mentawai yaitu berkisar antara 615,49 – 691,33 gal, dan intensitas maksimumnya yaitu X MMI. Sedangkan nilai percepatan tanah maksimum terendah berada pada Sumatera Selatan dan Bengkulu dengan kisaran 8,76 – 84,60 gal, dengan intensitas maksimumnya yaitu VII MMI.

Kata Kunci: Gempabumi, percepatan tanah maksimum dan intensitas

***Analysis of Maximum Land Acceleration Value and Earthquake Intensity in
Central Sumatra Region Using Empirical Formulation
Si and Midorikawa***

Mila Herman

ABSTRACT

Sumatra Island is an area that is prone to earthquakes, because it is in an active subduction zone and is traversed by the Sumatran fault. The Sumatran fault is characterized by the formation of a row of volcanoes and hills that stretch along the island of Sumatra. The Sumatran fault is a source of earthquakes on the mainland. One area that has an active seismicity level is the Central Sumatra region. Where with these conditions, the maximum ground acceleration value and earthquake intensity can be calculated to determine the impact and vulnerability of the area.

This is a descriptive study that gathered earthquake catalog data from the USGS (United States Geological Survey) from 2009 to 2019 with coordinates - 3.88°LS – 1.86°N and 98.45°E – 105.42°E. The magnitude is M 4.5 SR, and the depth is 300 KM. The Si and Midorikawa attenuation formula is used to process maximum ground acceleration data.

The results of the largest maximum ground acceleration calculation are in the Mentawai Islands, which range from 615.49 to 691.33 gal, and the maximum intensity is X MMI with a very high risk of two. Meanwhile, the lowest maximum ground acceleration value ranges from 8.76 to 84.60 gal in South Sumatra and Bengkulu, with the maximum intensity being VII MMI.

Keywords: Earthquake, maximum ground acceleration and intensity

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 Nilai Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempabumi Wilayah Sumatera Bagian Tengah Menggunakan Rumusan Empiris *Si and Midorikawa*”**. Penulisan skripsi ini adalah sebagai syarat dalam menyelesaikan Program Strata Satu (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

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

1. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan M. Si selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
2. Ibu Syafriani, M. Si, Ph. D selaku Ketua Prodi Fisika, penasehat akademik dan pembimbing tugas akhir, yang telah meluangkan waktu, pikiran, saran dan tenaga serta kesabarannya untuk membimbing penulis dalam kegiatan penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ahmad Fauzi, M. Si., dan Bapak Drs. Letmi Dwiridal, M.Si selaku Penguji yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan saran kepada penulis.

4. Ibu Dr. Fatni Mufit, S.Pd., M. Si sebagai sekretaris Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
5. Staf Pengajar dan Karyawan Departemen Fisika Fakultas Matematika dan IPA Universitas Negeri Padang.
6. Seluruh Tim Seismik, Yohane, Dian Eltriana Putri, Rahmat Iqbal, Yulia Maulina, Muthia, Fadhil Ramadhani, Mella Yusrahman, Mudzullah Rajif dan Riski Kurniawan, yang telah melakukan penelitian bersama penulis dan banyak membantu serta memberikan semangat kepada penulis.
7. 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, Maret 2022

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II KERANGKA TEORITIS	7
A. Gempabumi	7
B. Percepatan Tanah Maksimum (<i>Peak Ground Acceleration</i>)	13
C. Intensitas Gempabumi	15
D. Penelitian-penelitian Relevan	16
E. Deskripsi Geologi Daerah Penelitian	17
F. Kerangka Berpikir	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
A. Jenis Penelitian	21

B. Variabel Penelitian	21
C. Teknik Pengambilan Data	21
D. Teknik Pengolahan Data	22
E. Teknik Analisis Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. Hasil	25
B. Pembahasan	30
BAB V PENUTUP	33
A. Kesimpulan	33
B. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Sumatera Bagian Tengah.....	18
Gambar 2. Kerangka Berfikir.....	19
Gambar 3. Peta Distribusi Pusat Gempabumi.....	25
Gambar 4. Peta Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Bagain Tengah.....	28
Gambar 5. Peta Intensitas Gempa di Wilayah Sumatera Bagain Tengah ...	29

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Skala Intensitas Gempabumi.....	15
Tabel 2. Data Percepatan Tanah Maksimum	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Gempa dari USGS	41
Lampiran 2. Data Intensitas Gempabumi.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia terletak antara tiga lempeng besar tektonik aktif yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Lempeng Indo-Australia bergerak dari Timur ke arah Barat. Pertemuan lempeng Indo-Australia dengan lempeng Eurasia berada di sepanjang Barat Sumatera, Selatan Jawa, Selatan Nusa Tenggara dan berakhir di Laut Banda. Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik bertemu di sepanjang Laut Maluku dan berakhir di Laut Banda, sedangkan Lempeng Pasifik bergerak ke arah Barat Daya sampai ke daerah tepian Timur Sulawesi (Pasau, 2011). Dampak kondisi tektonik yang sedemikian inilah yang menjadikan Indonesia sangat rawan terhadap bencana gempa bumi, karena itulah dengan sendirinya Kepulauan Indonesia juga rawan bencana tsunami (Bock, dkk., 2003). Salah satu daerah yang memiliki tingkat kegempaan yang tinggi berada di daerah Sumatera.

Menurut Sunarjo (2000) gempa bumi yang terjadi di Wilayah Sumatera, diakibatkan oleh pergeseran lempeng Eurasia ke arah Selatan dan lempeng Indo Australia ke arah Utara serta adanya sistem sesar Sumatera yang memanjang dari Aceh sampai teluk Semangko di Lampung. Kedua lempeng tersebut merupakan daerah seismik aktif, sehingga menyebabkan daerah Sumatera sumber rawan gempa bumi karena beberapa kali tercatat mengalami gempa bumi, khususnya Sumatera Bagian Tengah. Selain berada pada zona

subduksi aktif, Wilayah Sumatera juga dilalui oleh sesar Sumatera. Sesar ini membentang mulai dari Lampung sampai Banda Aceh serta menerus sampai ke laut Andaman hingga Burma (Natawidjaja, 2007). Sesar Sumatera ini ditandai dengan terbentuknya deretan gunung berapi dan bukit barisan yang membentang sepanjang pulau Sumatera. Sesar Sumatera ini menjadi sumber gempabumi di daratan.

Gempabumi merupakan getaran yang disebabkan oleh penjalaran gelombang seismik dari suatu sumber gelombang kejut. Penyebabnya yakni pelepasan akumulasi tekanan secara tiba-tiba yang berada dibawah permukaan bumi (Purlisstyowati, dkk. 2013). Gempa dapat menimbulkan dampak besar yang dirasakan oleh masyarakat sekitar dan menyebabkan kerusakan seperti kerusakan bangunan, fasilitas umum serta sarana dan prasarana di wilayah yang dilanda gempabumi. Hal ini dapat diantisipasi dengan memperhitungkan suatu tingkat beban gempa rencana di wilayah tersebut.

Secara garis besar intensitas atau tingkat kerusakan yang terjadi akibat gempa bergantung dari kekuatan dan kualitas bangunan. Nakamura (2000) mengatakan bahwa dampak yang terjadi akibat gempa bumi disebabkan karena intensitas gempa bumi, jarak dari sumber gempa, skala gempa, ukuran zona patahan, energi yang dilepaskan batuan, jenis geologi antara sumber gempa dan lokasi terdampak gempa, serta kondisi geologi lokal. Menurut Nguyen (2004) bahwa tingkat kerusakan akibat gempa bumi tidak hanya tergantung kepada besarnya magnitudo dan jaraknya dari pusat gempa bumi

saja, tetapi kondisi geologi lokal juga sangat mempengaruhi kerusakan yang diakibatkan gempa bumi tersebut yang kemudian dikenal dengan local site effect. Kondisi geologi lokal menyebabkan nilai percepatan perambatan gelombang seismik yang disebabkan oleh gempa berbeda-beda. Semakin tinggi nilai percepatannya maka semakin tinggi resiko gempanya karena dipengaruhi oleh pergerakan tanah.

Berkaitan dengan kondisi tersebut, Sumatera Bagian Tengah berada pada sesar sumatera yang menyebabkan wilayah ini sering terjadi gempabumi. Gempabumi yang sering terjadi di wilayah ini memiliki nilai percepatan getaran yang bervariasi dan dapat menyebabkan kerawanan pada wilayah ini. Penggambaran fenomena yang diakibatkan gempa bumi yang memiliki potensi untuk menyebabkan kerusakan disebut bahaya seismik (Wang, 2006). Upaya mitigasi dapat dilakukan dengan pembuatan peta yang menggambarkan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas suatu wilayah terhadap bencana gempabumi. Peta tersebut disusun berdasarkan data gempabumi atau data seismisitas selama beberapa puluh tahun. Data tersebut diolah melalui beberapa tahap sehingga diperoleh nilai percepatan getaran tanah maksimum. Percepatan tanah (PGA) akibat gempa merupakan parameter yang perlu dikaji untuk setiap kejadian gempabumi.

Percepatan getaran tanah maksimum (PGA) adalah suatu nilai percepatan getaran tanah terbesar yang diakibatkan oleh getaran gempabumi dalam periode waktu tertentu. Nilai percepatan tanah maksimum dihitung berdasarkan magnitude dan jarak sumber gempa yang pernah terjadi terhadap

titik perhitungan, serta nilai periode dominan tanah daerah tersebut. Menurut Kurniawan, M. A (2017) setiap kejadian gempabumi menghasilkan guncangan tanah yang dapat ditentukan melalui nilai percepatan getaran tanah pada suatu tempat. Apabila semakin besar nilai percepatan getaran tanah yang terjadi disuatu tempat, maka semakin besar pula bahaya gempabumi yang mungkin terjadi. Besar kecilnya nilai percepatan getaran tanah tersebut menjadi salah satu faktor yang dapat menunjukkan tingkat risiko gempabumi. Percepatan tanah maksimum telah dilakukan dengan berbagai metode diantaranya memakai metode Gutenberg-Richter, Murphy – O'Brien, *Si and Midorikawa* dan Mc. Guirre. Dimana ketiga dari metode tersebut hanya berdasarkan data-data dari parameter gempabumi. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode *Si and Midorikawa* dikarenakan nilai PGA yang didapatkan menggunakan rumusan empiris *Si and Midorikawa* mendekati nilai PGA yang tercatat oleh alat *ETNA Accelerograph* pada jarak dan magnitudo tertentu. Dikarenakan rumusan *Si and Midorikawa* pernah dilakukan di Kepulauan Jepang dengan menggunakan nilai percepatan tanah maksimum dari 21 gempabumi yang pernah terjadi, kondisi patahan di Kepulauan Jepang hampir sama dengan patahan lempeng yang ada di Kepulauan Mentawai.

Berdasarkan uraian yang telah di jelaskan diatas, maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul “Analisis Nilai Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempabumi Wilayah Sumatera Bagian Tengah Menggunakan Rumusan Empiris *Si and Midorikawa*”. Hasil dari penelitian

ini diharapkan dapat mengetahui nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas gempabumi berdasarkan data gempa, sehingga dengan adanya pemetaan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas gempabumi ini dapat memberikan mitigasi bencana dan mengurangi dampak kerusakan yang terjadi.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Sumatera Bagian Tengah merupakan daerah yang sering terjadi gempabumi dikarenakan terdapat tiga patahan yang di lintasinya, yaitu Patahan Sumatera, Patahan Mentawai, dan Zona Subduksi
2. Pentingnya mengetahui percepatan tanah maksimum dan intensitas yang terjadi di Sumatera Bagian Tengah.

C. Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan di wilayah Sumatera Bagian Tengah dengan koordinat ($-3.88^{\circ}\text{LS} - 1.86^{\circ}\text{LU}$ dan $98.45^{\circ}\text{BT} - 105.42^{\circ}\text{BT}$).
2. Data yang digunakan adalah data gempa dari tahun 2009-2019.
3. Magnitudo yang digunakan dalam penelitian ini yaitu >4.5 SR dengan kedalaman 0-307 km.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka didapatkan rumusan masalah dalam penulisan ini yaitu:

1. Bagaimana mendapatkan nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan rumusan empiris *Si and Midorikawa*?
2. Bagaimana mendapatkan nilai intensitas gempabumi berdasarkan rumusan empiris *Si and Midorikawa*?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas dapat diketahui tujuan dari penulisan yaitu:

1. Menentukan nilai percepatan tanah maksimum di wilayah Sumatera Bagian Tengah menggunakan rumusan empiris *Si and Midorikawa*.
2. Menentukan intensitas gempabumi di wilayah Sumatera Bagian Tengah berdasarkan data gempa dari tahun 2009-2019.

F. Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang persebaran nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas di Sumatera Bagian Tengah.
2. Melakukan mitigasi bencana di wilayah Sumatera Bagian Tengah.

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Gempabumi

Gempabumi merupakan getaran atau sentakan dari kulit bumi yang hanya terjadi sementara dan secara tiba-tiba akibat pelepasan energi pada permukaan bumi. Pelepasan energi tersebut mengakibatkan gelombang seismik yang bisa bersifat destruktif terhadap sesuatu yang berdiri diatas permukaan bumi. Menurut Mandasari (2018) gempabumi merupakan bergetarnya permukaan bumi yang disebabkan oleh lapisan batuan yang patah karena ketidakmampuan batuan tersebut menahan dari pergerakan lempeng tektonik. Getaran kulit bumi yang menjalar ke segala arah menjauhi fokus pusat terjadinya gempa. Kulit bumi bergetar secara kontinyu dan getarannya relatif sangat kecil. Menurut Wu (2003) Secara umum, gempa bumi yang lebih kecil dapat menghasilkan PGA yang tinggi di daerah dekat sumber, gempa yang lebih kecil di daerah dekat sumber dengan PGA tinggi disebabkan oleh sinyal frekuensi yang lebih tinggi daripada gempa yang lebih besar.

Akibat utama yang dirasakan dari gempabumi ini yaitu runtuhnya bangunan-bangunan, adanya korban jiwa, serta terjadinya longsor. Energi yang dikeluarkan dari pusat gempa biasanya dinyatakan dalam ukuran Skala Richter. Kekuatan getaran gempa diukur oleh seismograf atau seismometer. Kekuatan gempa dibawah 3 atau sekitar 3 SR biasanya tidak dapat dirasakan, namun jika besarnya sudah mencapai 7 SR dipastikan gempa tersebut

berpotensi menimbulkan kerusakan yang serius. Sebagian besar gempabumi yang pernah terjadi merupakan gempabumi yang diakibatkan oleh aktivitas tektonik, sementara lainnya merupakan gempabumi yang berasal dari aktivitas vulkanik, getaran seperti runtuh lubang-lubang interior bumi seperti goa, dan akibat ulah tangan manusia.

Berdasarkan cara terjadi dan letak sumbernya, gempabumi dapat dibagi menjadi 3 (tiga) jenis yaitu:

a. Gempa vulkanik

Gempa vulkanik ini terjadi diakibatkan oleh letusan gunung api. Getaran tanah ini hanya terasa di lereng gunung atau di daerah sekitar kaki gunung.

b. Gempa tektonik.

Gempabumi ini terjadi akibat peristiwa patahnya lapisan batuan pada lempeng tektonik. Akibat pergerakan lempeng tektonik, di dalam bumi terjadi proses geologi yang mengakibatkan tegangan dan regangan. Jika tegangan dan regangan ini meningkat dan melampaui batas kekuatannya, maka menyebabkan lapisan bumi tersebut patah. Akibat dari patahan tersebut, tenaga yang tersimpan akhirnya lepas sebagian atau seluruhnya dalam bentuk getaran ke seluruh permukaan bumi. Getaran ini disebut dengan gempa bumi tektonik.

c. Gempa runtuh atau terban.

Gempabumi ini disebabkan oleh tanah longsor, goa di daerah pertambangan atau daerah batuan kapur runtuh dan terjadilah getaran-getaran yang dirasakan di tempat tersebut.

Berdasarkan kedalaman sumber gempabumi, (Subardjo dan Ibrahim, 2004) membagi menjadi 3 (tiga) jenis yaitu:

a. Gempabumi Dalam

Gempabumi dalam yaitu gempabumi yang kedalamannya berada lebih dari 300 km dibawah permukaan bumi. Gempa ini pada umumnya tidak terlalu berbahaya dan pada umumnya berada di bawah Laut Jawa, Laut Flores, Laut Banda dan Laut Sulawesi.

b. Gempabumi Menengah

Gempabumi menengah yaitu gempabumi yang kedalamannya antara 60 km sampai 300 km di bawah permukaan bumi. Gempabumi ini getarannya lebih terasa dan menimbulkan kerusakan ringan serta berada sepanjang Sumatera sebelah Barat, Jawa sebelah Selatan Nusa Tenggara antara Sumbawa dan Maluku.

c. Gempabumi Dangkal

Gempabumi dangkal yaitu gempabumi yang kedalamannya berada kurang dari 60 km dari permukaan bumi. Gempabumi ini biasanya menimbulkan kerusakan yang besar dan letaknya terpecah.

Menurut Sunarjo (2012) terdapat beberapa parameter utama gempabumi yaitu:

a. Waktu Terjadi (Origin Time)

Waktu terjadinya gempabumi merupakan waktu suatu gempabumi terjadi di sumbernya pada kedalaman tertentu di lapisan bumi. Pada waktu tersebut akumulasi tegangan (*stress*) terlepas dalam bentuk penjalaran gelombang

gempabumi. Waktu asal dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (Universal Time Coordinated).

b. Arah dan Kedalaman

Arah gempabumi menunjukkan arah sumber gempa sesuai dengan arah mata angin, sedangkan kedalaman gempa atau disebut juga dengan hiposenter merupakan ukuran jarak dari pusat gempa yang diukur tegak lurus terhadap permukaan.

c. Hiposenter

Hiposenter adalah pusat gempabumi yang berada di dalam permukaan bumi. Gempabumi dengan kedalaman dangkal terjadi pada kedalaman kurang dari 60 km dibawah permukaan laut. Gempa bumi menengah terjadi pada kedalaman 60 sampai dengan 100 km dibawah permukaan laut. Gempa bumi dalam terjadi pada kedalaman lebih dari 100 km dibawah permukaan laut.

d. Episenter

Episenter merupakan pusat gempabumi yang berada di permukaan bumi sebagai proyeksi dari fokus gempabumi didalam bumi yang tegak lurus terhadap hiposenter.

e. Magnitudo

Magnitudo merupakan skala kekuatan gempabumi yang menunjukkan besarnya energi yang dilepaskan pada saat terjadi gempabumi. Besarnya magnitudo didasarkan pada hasil pengamatan seismogram dan dinyatakan dalam Skala Richter (SR). Sejalan dengan berkembangnya ilmu pengetahuan

tentang gempabumi maka berkembang pula skala-skala magnitudo dengan menggambarkan kekuatan besaran dari gempabumi tersebut.

1. Magnitudo Lokal (ML)

Skala magnitudo ini didefinisikan oleh Richter berdasarkan gempabumi di California Selatan yang direkam menggunakan seismograf Wood-Anderson dan dikenal sebagai magnitudo lokal dan merupakan skala magnitudo yang pertama. Magnitudo lokal suatu gempa ditentukan berdasarkan data amplitudo maksimum dari gelombang gempa yang terekam oleh seismograf.

$$Ml = \log A - \log A_0 \quad (1)$$

dimana:

A = gerakan tanah (*ground displacement*) (μm)

A_0 = kejadian referensi pada jarak tertentu (μm)

2. Magnitude bodi (Mb)

Gempa dengan kedalaman sumber gempa yang dalam, gelombang permukaan memberikan hasil yang lebih kecil dari yang diisyaratkan untuk melakukan pengukuran dengan menggunakan magnitudo gelombang permukaan. Magnitudo gelombang badan (Mb) merupakan skala magnitudo yang didasarkan pada amplitudo beberapa cycles pertama dari gelombang P (P-wave), dimana tidak terlalu dipengaruhi oleh kedalaman terjadinya gempabumi. Magnitudo gelombang badan didapat dari rumusan empiris berikut:

$$M_b = \log \left(\frac{A}{T} \right) + Q(\Delta, h) \quad (2)$$

dimana:

A = amplitudo maksimum

T = periode

Q (h,Δ) = koreksi kedalaman dan jarak

3. Magnitude permukaan (Ms)

Magnitudo gelombang permukaan (Ms) merupakan skala magnitudo berdasarkan amplitudo gelombang Rayleigh dengan periode sekitar 20 detik, periode 20 detik ini dikarenakan pada seismograf umumnya memiliki pencatat amplitudo maksimum pada periode 20 detik. Magnitudo ini digunakan untuk menghitung kekuatan gempa dengan jarak lebih dari 600 Km dan gempa dangkal ($h < 60$ Km). Persamaan magnitude gelombang permukaan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$M_s = \log A_{20} + 1.66 \log \Delta + 2.0 \quad (3)$$

dimana:

M_s = magnitudo permukaan (SR)

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

Δ = jarak episenter (Km)

4. Magnitudo momen (Mw)

Magnitudo momen adalah suatu skala magnitude yang tidak hanya bergantung pada tingkat guncangan tanah. Skala magnitudo tersebut adalah magnitudo momen (MW) yang didasarkan pada momen gempa (*seismic moment*), dimana merupakan pengukuran langsung dari bidang patahan yang pecah (*repture zone*) pada zona patahan aktif.

$$M_w = \left(\frac{\log M_0}{1.5} \right) - 10.7 \quad (4)$$

dimana M_0 = Momen Seismik (dyne-cm).

B. Percepatan Tanah Maksimum (*Peak Ground Acceleration*)

Percepatan getaran tanah maksimum atau Peak Ground Acceleration (PGA) adalah nilai percepatana getaran tanah terbesar yang pernah terjadi disuatu tempat yang diakibatkan oleh gelombang gempa bumi (Kanai & Tanaka, 1961). Nilai percepatan getaran tanah maksimum dihitung berdasarkan magnitude dan jarak sumber gempa yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan, serta nilai periode dominan tanah daerah tersebut. Menurut Kanai (1966) Percepatan tanah permukaan di suatu tempat yang disebabkan oleh getaran seismik bergantung pada perambatan gelombang seismik dan karakteristik lapisan tanah (alluvial deposit) di tempat tersebut. Setiap adanya gempabumi yang terjadi pada tempat tertentu, maka akan memiliki satu nilai percepatan getaran tanah. Besarnya nilai tingkat kerawanan (intensitas gempa) dapat diperoleh dari nilai percepatan getaran tanah maksimum yang dialami tempat tersebut.

Edwiza dan Sri (2008) menyatakan bahwa tingkat kerawanan yang terjadi akibat gempabumi bergantung dari kekuatan dan kualitas bangunan, kondisi geologi, serta percepatan tanah maksimum daerah lokasi terjadi gempabumi. Menurut Sari (2016) Semakin besar nilai percepatan tanah yang terjadi pada suatu wilayah maka akan semakin besar bahaya dan resiko gempabumi yang terjadi. Percepatan tanah maksimum merupakan dampak gelombang gempa di lokasi pengukuran, sehingga bisa menjadi ukuran intensitas gempa yang dialami.

Terdapat beberapa rumusan empiris yang bisa digunakan, tetapi rumusan *Si and Midorikawa* adalah rumusan yang sesuai untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum di Sumatera Bagian Tengah. Berikut persamaan *Si and Midorikawa*:

$$\log A = 0.5 M_w + 0.0036 D + \sum d_i s_i \log X_{eq} - 0.003 X_{eq} + e + \varepsilon \quad (5)$$

Dimana:

A = Percepatan tanah maksimum (gal)

M_w = momen magnitudo gempabumi (SR)

D = kedalaman gempabumi,

X_{eq} = jarak hiposenter (km),

d = jarak pusat gempabumi ke lokasi,

S = variabel dummy (1),

e = koefisien regresi (0.6),

ε = standar deviasi (0.24)

Rumusan empiris *Si and Midorikawa* adalah rumusan yang sesuai untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum di Sumatera Bagian Tengah. Hal ini dikarenakan rumusan *Si and Midorikawa* pernah dilakukan di Kepulauan Jepang dengan menggunakan nilai percepatan tanah maksimum dari 21 gempabumi yang pernah terjadi. Ditinjau dari kondisi tektonik, bentuk patahan lempeng di Kepulauan Jepang hampir mirip dengan bentuk patahan lempeng di Kepulauan Mentawai (Syafriana, 2015).

C. Intensitas Gempabumi

Intensitas merupakan besaran yang menunjukkan kekuatan gempabumi berdasarkan kerusakan yang diakibatkannya. Skala ini lebih subjektif karena nilainya tergantung pada orang yang mengamati. Namun saat ini sudah dikembangkan alat untuk menentukan besarnya skala intensitas yaitu berdasarkan nilai percepatan tanah di suatu wilayah, sehingga skala yang di dapat lebih objektif. Skala ini dikembangkan seorang ahli seismologi dari Italia yang bernama Mercally. Skala ini dikenal dengan skala MMI (*Modified Mercally Intensity*) yang dimodifikasi guna untuk menggambarkan intensitas gempabumi yang berpengaruh terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh gempabumi (Fulki, 2011). Hubungan skala MMI dengan risiko bencana adalah semakin luas zona yang berada pada skala MMI tinggi, maka risiko yang akan dihadapi akan semakin tinggi. Berikut tabel skala intensitas gempabumi:

Tabel 1. Skala Intensitas Gempabumi

Skala SIG	Deskripsi sederhana	Deskripsi Rinci	Level MMI	PGA (%g)	PGA (gal)
I	Tidak dirasakan (Not Felt)	Tidak dirasakan oleh semua orang tetapi terekam oleh alat	I-II	<0.3	<2.9
II	Dirasakan (Felt)	Dirasakan oleh kebanyakan orang tetapi tidak merusak. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan rak piring bergetar.	III-V	0.3- 0.9	2.9-88

III	Kerusakan Ringan (Slight Damage)	Bagian nonstruktur bangunan mengalami kerusakan ringan seperti retak rambut pada dinding, genteng bergeser kebawah dan sebagian berjatuhan.	VI	9.1-17	89-167
IV	Kerusakan Sedang (Moderate Damage)	Banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah, sebagian plaster dinding lepas. Hampir sebagian besar genteng melorot atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	17.1- 57.5	168-564
V	Kerusakan Berat (Heavy Damage)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	>57.5	>564

(Sumber: PGR VI Padang Panjang)

Pada tabel 1 diatas merupakan tabel dari SIG (Skala Intensitas Gempabumi) dengan level MMI dari I sampai XII serta batasan untuk nilai dari PGA nya yaitu mulai dari <2.9 sampai >564 gal yang dikeluarkan oleh BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika)

D. Penelitian- Penelitian Relevan

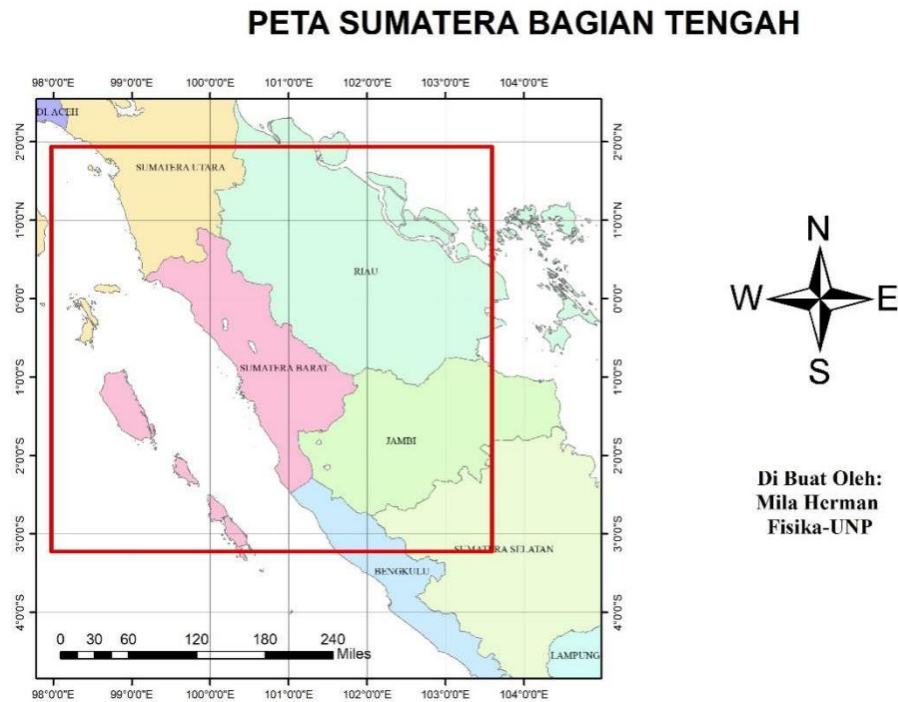
Penelitian yang berkaitan dengan Analisis Nilai Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Bagian Tengah Menggunakan Rumusan Empiris *Si and Midorikawa* ini telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa

peneliti. Romadiana, dkk (2018) telah melakukan penelitian sebelumnya mengenai analisis nilai percepatan tanah maksimum menggunakan rumusan empiris Mc. Guire, *Si and Midorikawa* dan Donovan di Wilayah Sumatera Barat. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu Mc. Guire, *Si and Midorikawa* dan Donovan. Dari hasil perhitungan didapat nilai percepatan tanah maksimum di wilayah Sumatera Barat magnitudo 5.5 SR terdapat pada koordinat 0.24 LS–99.70 BT melalui perhitungan dengan menggunakan rumusan empiris Mc Guire, *Si and Midorikawa* dan Donovan secara berurutan yaitu 59.71 gal, 90.80 gal dan 58.22 gal. Nilai PGA terbesar ini terdapat di Kabupaten Agam. Nilai PGA terkecil terdapat di Kabupaten Solok Selatan.

Massinai, dkk (2016) melakukan penelitian tentang analisis percepatan tanah maksimum, kecepatan tanah maksimum dan MMI di Wilayah Sulawesi Utara. Menurut Massinai sebagian besar daerah Sulawesi Utara memiliki percepatan tanah yang tergolong besar. Nilai Percepatan Tanah Maksimum (PGA) yang terbesar yaitu berkisar antara 19,0 - 46,3 gal, daerah yang tergolong dalam kisaran tersebut adalah kabupaten Minahasa Utara, Bolaang Mongondow Utara dan Bolaang Mongondow Selatan. Nilai PGA yang terkecil yaitu berkisar antara 7,7-13,1 gal.

E. Deskripsi Geologi Daerah Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Wilayah Sumatera Bagian Tengah seperti yang terlihat pada gambar 1. Secara geografis Sumatera Bagian Tengah memilih koordinat ($-3.88^{\circ}\text{LS} - 1.86^{\circ}\text{LU}$ dan $98.45^{\circ}\text{BT} - 105.42^{\circ}\text{BT}$).

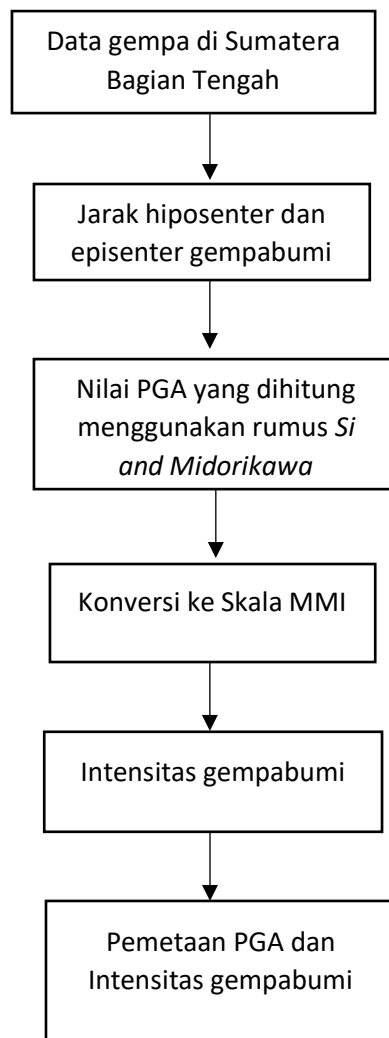


Gambar 1. Peta Sumatera Bagian Tengah

Gambar 1 dapat dilihat wilayah penelitian ditandai dengan adanya garis yang membentuk persegi. Wilayah penelitian ini mencakup wilayah Sumatera Utara Bagian Selatan, Riau, Sumatera Barat, Jambi, Bengkulu Bagian Utara dan Sumatera Selatan Bagian Utara. Wilayah Sumatera sering terjadi gempa bumi diakibatkan oleh pergeseran lempeng Eurasia ke arah Selatan dan lempeng Indo Australia ke arah Utara serta adanya sistem sesar Sumatera yang memanjang dari Aceh sampai teluk Semangko di Lampung. Kedua lempeng tersebut merupakan daerah seismik aktif, sehingga dikenal sebagai daerah rawan gempa bumi karena beberapa kali tercatat mengalami gempa bumi, khususnya daerah penelitian ini yaitu Sumatera Bagian Tengah dan berada pada zona subduksi aktif.

H. Kerangka Berfikir

Penelitian ini berada pada daerah Sumatera Bagian Tengah dengan koordinat geografis yaitu koordinat ($-3.88^{\circ}\text{LS} - 1.86^{\circ}\text{LU}$ dan $98.45^{\circ}\text{BT} - 105.42^{\circ}\text{BT}$). Adapun alur dari kerangka berfikir penelitian ini dapat dijelaskan pada gambar.



Gambar 2. Kerangka Berpikir Penelitian

Berdasarkan Gambar 2, data gempa yang diperoleh dari USGS (*United States Geological Survey*) kemudian diolah agar mendapatkan jarak hiposenter, episenter dan nilai percepatan tanah maksimum Wilayah

Sumatera Bagian Tengah. Setelah didapatkan nilai PGA dari hasil perhitungan menggunakan rumusan empiris *Si and Midorikawa*. Nilai PGA hasil perhitungan tersebut dikonversikan ke skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*) untuk mengetahui intensitas gempa yang terjadi di wilayah Sumatera Bagian Tengah. Setelah didapatkan nilai PGA dan intensitas gempa untuk wilayah Sumatera Bagian Tengah, maka dilakukan pembuatan peta percepatan tanah maksimum dan intensitas gempa di Sumatera Bagian Tengah. Peta ini akan memberikan informasi mengenai wilayah yang rawan gempa di wilayah Sumatera Bagian Tengah.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Peta wilayah Sumatera Bagian Tengah yang memiliki nilai percepatan tanah maksimum tertinggi berada pada wilayah Kab. Kepulauan Mentawai dan Kab. Agam dengan nilai 615,49 – 691,33 gal, getaran yang ditimbulkan mengakibatkan kerusakan yang dirasakan berat yang dirasakan oleh masyarakat. Sedangkan nilai percepatan tanah maksimum yang terendah berada pada wilayah Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu yaitu 8,76–84,60 gal. Getarannya dirasakan oleh masyarakat tetapi tidak menimbulkan kerusakan, benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.
2. Peta wilayah Sumatera Bagian Tengah yang memiliki nilai intensitas tertinggi berada pada wilayah Kab. Kepulauan Mentawai dan Kab. Agam dengan skala X MMI, Sedangkan nilai intensitas yang terendah berada pada wilayah Jambi, Sumatera Selatan, Bengkulu dengan skala VII MMI.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas gempabumi di wilayah Indonesia terutama Sumatera Bagian Tengah.
2. Perlu dilakukan penelitian rumusan empiris yang sesuai dengan kondisi tektonik Indonesia khususnya Sumatera Bagian Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- BAKORNAS PB. 2007. Pengenalan Karakteristik Bancana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia, Edisi II, Pelaksana Harian Badan Koordinasi Nasional Penanganan Bencana, 3-14.
- Bock, L. Y & Prawirodirdjo, J. F. (2003). Journal Of Geophysical Research. 5, 2367-2369
- Darsono, R., Sukarasa, I. K., & Yohanes A.S. 2016. Analisa Tingkat Risiko Bencana Gempabumi di Wilayah Bali. Buletin Fisika. 17(1), 57-62.
- Edwiza, D., dan Sri, N. 2008. Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum Dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai. 2(16): 111-118.
- Fulki, Ahmad. (2011). Analisis Parameter Gempa Value dan PGA di Daerah Papua. Skripsi Fisika FMIPA UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Kanai, K. (1966). Improved Empirical Formula for the Characteristic of Strong Earthquake Motions. In Proc. Japan Earthq. Engng. Symp.
- Kanai K. & T. Tanaka. 1961. On Microtremors. VIII, Bull. Earth. Res. Inst., University of Tokyo, Japan.
- Kurniawan, M. A., Suarbawa, K. N., & Septiadhi, A. 2017. Analisis Risiko Bencana Gempabumi di Wilayah Nusa Tenggara Barat. Buletin Fisika, 18(1), 38-45.
- Leviana, Mia, Syafriani dan Andiyansyah Z. Sabarani. (2017). Estimasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Barat Berdasarkan Skenario Gempabumi M 8.8 Sr Menggunakan Rumusan Empiris Mc. Guire (1963) Dan Donovan (1973). Pillar of Physics, 55 – 62.
- Mandasari, M., Syafriani, S., Triyono, R., & Hendra, R. (2018). Analisis Tingkat Kerentanan Seismik di Sumatera Barat Berdasarkan Nilai

- Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Maksimum (Periode Data Gempa Tahun 2007-2017). *Pillar Of Physics*, 11(2).
- Massinai, M. A., Amaliah, K. R., Lantu, L., & Virman, V. (2016, October). Analisis Percepatan Tanah Maksimum, Kecepatan Tanah Maksimum dan MMI di Wilayah Sulawesi Utara. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)* (Vol. 5, pp. SNF2016-EPA).
- Nakamura, Y. 2000. Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Application. The 12nd Word Conference on Earthquake Engineering. Tokyo, Japan.
- Natawidjaja, Danny Hilman. 2007. The Sumatran Fault Sone – From Source to Hazard. *Journal of Eartquake and Tsunami*. 1(1): 21 – 47.
- Nguyen, F., H. Teerlynck, G. Van Rompaey, M. Van Camp, D. Jongmans, & T. Camelbeeck. 2004. Use of microtremor measurement for assessing site effects in Northern Belgium-interpretation of the observed intensity during the Ms5.0. June 11, 1938 Earthquake. *Journal of Seismology*, 8(1) 41-56, 20.
- Pasau, G., dan Tanauma, A. 2011. Pemodelan Sumber Gempa Di Wilayah Sulawesi Utara Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempabumi. *Jurnal Ilmiah Sains*. 11(2): 202-209.
- Purlisstyowati, L. W., Madlazim, M., & Prastowo, T. 2013. Analisis Tingkat Resiko Gempabumi Tektonik di Papua pada Periode 1960-2010. *Inovasi Fisika Indonesia*, 2(2).
- Sari, Meita Aulia. (2016). Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum Dan Intensitas Gempabumi Di Kawasan Jalur Sesar Sungai Oyo Yogyakarta. Skripsi Fisika FMIPA UNY. Yogyakarta
- Subardjo dan Ibrahim, G. 2004. Pengetahuan Seismologi. Badan Meteorologi dan Geofisika: Jakarta.

Sunarjo, Gunawan, M. T., & Pribadi, S. (2012). Gempabumi Edisi Populer. BMKG.

Syafriana, Denisa, Dwi Pujiastuti, Andiyansyah Z. Sabarani. (2015). Estimasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum di Sumatera Barat Berdasarkan Skenario Gempa Bumi di Wilayah Siberut dengan Menggunakan Rumusan Si and Midorikawa (1999). Jurnal Fisika Unand, 4(4).

Wang, Z. 2006. Understanding Seismic Hazard and Risk Assessments: An Example in the New Madrid Seismic Zone of the Central United States. Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering. San Francisco, California, USA.

Wu, Y. M., Teng, T. L., Shin, T. C., & Hsiao, N. C. (2003). Relationship between peak ground acceleration, peak ground velocity, and intensity in Taiwan. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93(1), 386-39