

**KOREKSI PERSAMAAN EMPIRIS PERCEPATAN TANAH
MAKSIMUM DAN INTENSITAS GEMPA KOTA PADANG
MENGUNAKAN DATA AKSELEROGRAF**



**ADYA MUSTIKA SARI
NIM. 17034001/2017**

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

**KOREKSI PERSAMAAN EMPIRIS PERCEPATAN TANAH
MAKSIMUM DAN INTENSITAS GEMPA KOTA PADANG
MENGUNAKAN DATA AKSELEROGRAF**

SKRIPSI

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



**Oleh:
ADYA MUSTIKA SARI
NIM. 17034001/2017**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

KOREKSI PERSAMAAN EMPIRIS PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN INTENSITAS GEMPA KOTA PADANG MENGGUNAKAN DATA AKSELEROGRAF

Nama : Adya Mustika Sari
NIM : 17034001
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, November 2021

Mengetahui :
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M. Si
NIP. 196901201993032002

Disetujui oleh :
Pembimbing



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

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

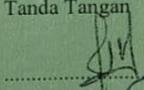
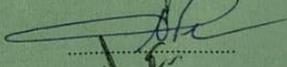
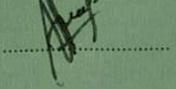
Nama : Adya Mustika Sari
NIM : 17034001
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

KOREKSI PERSAMAAN EMPIRIS PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DAN INTENSITAS GEMPA KOTA PADANG MENGGUNAKAN DATA AKSELEROGRAF

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

Padang, November 2021

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Syafriani, M.Si, Ph. D	
Penguji 1	: Drs. Akmam, M.Si	
Penguji 2	: Dr. Hamdi, M.Si	

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adya Mustika Sari
NIM/TM : 17034001/2017
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : FMIPA

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi saya dengan judul "*Koreksi Persamaan Empiris Percepatan Tanah Maksimum Dan Intensitas Gempa Kota Padang Menggunakan Data Akselerograf*" 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,



Adya Mustika Sari
NIM.17034001

Koreksi Persamaan Empiris Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempa Kota Padang Menggunakan Data Akselerograf

Adya Mustika Sari

ABSTRAK

Kota Padang merupakan daerah yang terdampak parah akibat gempabumi yang terjadi di Zona Subduksi. Gempabumi dengan magnitudo besar sangat berdampak pada kerusakan bangunan, salah satu faktor yang dapat menentukan besar dan kecilnya kerusakan tersebut adalah percepatan tanah maksimum. Nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas gempabumi di Kota Padang dapat dihitung menggunakan rumusan empiris.

Menghitung koreksi error untuk setiap nilai percepatan tanah maksimum dari setiap rumusan empiris dengan nilai percepatan tanah dari akselerograf. Rumusan empiris yang digunakan yaitu Mc. Guire, Si and Midorikawa, Fukushima-Tanaka, dan Donovan. Perhitungan koreksi error tersebut dilakukan guna untuk mengetahui rumusan empiris yang memiliki koreksi error rata-rata terkecil. Sehingga didapatkan rumusan empiris yang sesuai digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum di Kota Padang.

Perhitungan koreksi error menunjukkan bahwa rumusan Si and Midorikawa memiliki koreksi error rata-rata terkecil yaitu 0,003, sehingga rumusan tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum di Kota Padang. Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa nilai percepatan tanah maksimum terbesar berada di Kecamatan Bungus Teluk Kabung yaitu 50,3-51,1 gal, sedangkan nilai percepatan tanah maksimum terendah berada di Kecamatan Koto Tangah yaitu 48,5-49,5 gal. Intensitas gempa di Kota Padang berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum memiliki skala IV MMI.

Kata Kunci : Gempabumi, PGA, Si and Midorikawa, Akselerograf

Correction of The Empirical Equation of Peak Ground Acceleration and Earthquake Intensity of Padang City Using Accelerograph Data

Adya Mustika Sari

ABSTRACT

Padang City is an area that was severely affected by the earthquake that occurred in the Subduction Zone. Earthquakes with large magnitudes greatly affect the damage to buildings, one of the factors that can determine the size and extent of the damage was the peak ground acceleration. The value of peak ground acceleration and earthquake intensity in Padang City can be calculated using an empirical formula.

Calculates the error correction for each peak ground acceleration value from each empirical formula with the ground acceleration value from the accelerograph. The empirical formula used was Mc. Guire, Si and Midorikawa, Fukushima-Tanaka, and Donovan. The error correction calculation was carried out to determine the empirical formula that has the smallest average error correction. So that the appropriate empirical formula was used to calculate the maximum ground acceleration value in the city of Padang.

The error correction calculation shows that the Si and Midorikawa formula has the smallest average error correction, which is 0.003 so that the formula can be used to calculate the peak ground acceleration value in Padang City. The results of the calculation show that the highest peak ground acceleration value is in Bungus Teluk Kabung District, which is 50.3-51.1 gal, while the lowest peak ground acceleration value is in Koto Tangah District, which is 48.5-49.5 gal. The intensity of the earthquake in the city of Padang based on the peak ground acceleration value has a scale of IV MMI.

Keywords: Earthquake, PGA, Si and Midorikawa, Accelerograph

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 **Koreksi Persamaan Empiris Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Gempa Kota Padang Menggunakan Data Akselerograf**. Penulisan skripsi ini sebagai syarat dalam menyelesaikan Program Strata Satu (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

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

1. Ibu Syafriani, M. Si, Ph. D., selaku Ketua Prodi Fisika dan dosen pembimbing tugas akhir, yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam kegiatan penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Akmam, M. Si., selaku penasehat akademik dan dosen penguji, yang telah meluangkan waktu untuk memberi arahan serta saran kepada penulis.
3. Bapak Dr. Hamdi, M. Si., selaku dosen penguji, yang telah meluangkan waktu untuk memberi arahan serta saran kepada penulis.
4. Ibu Dr. Ratnawulan, M. Si., selaku Ketua Jurusan Sarjana Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Bapak dan Ibu staf pengajar serta karyawan Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.

6. Kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan do'a dan semangat.
7. Seluruh Tim Seismik, Miftahul Rizqa, Risa Syaputri, Dendy Oktama, Vicky Fikrotu Zakiyah, Matias Adam Canny, Shinta Maharani Putri, dan Muhammad Aulia Fauzi yang telah melakukan penelitian bersama penulis dan banyak membantu serta memberikan semangat kepada penulis.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

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

Padang, Oktober 2021

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	8
A. Kondisi Tektonik Sumatera Barat.....	8
B. Kondisi Geologi Kota Padang.....	10
C. Gempabumi.....	12
D. Intensitas Gempabumi.....	21
E. Percepatan Tanah Maksimum (<i>Peak Ground Acceleration</i>)	22
F. Akselerograf.....	26
G. Pemetaan	27
H. ArcGis	29
I. Penelitian Relevan.....	29
J. Kerangka Berpikir.....	31

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	34
A. Jenis Penelitian.....	34
B. Variabel Penelitian.....	34
C. Data Penelitian.....	34
D. Teknik Pengumpulan Data.....	35
E. Teknik Pengolahan Data.....	35
F. Teknik Interpretasi Data.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
A. Hasil.....	39
B. Pembahasan.....	47
BAB V PENUTUP.....	51
A. Kesimpulan.....	51
B. Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tektonik Sumatera Barat.....	8
Gambar 2. Patahan aktif di Sumatera Barat	9
Gambar 3. Peta Geologi Kota Padang.....	10
Gambar 4. Mekanisme terjadinya gempa bumi (Sumber: Lowrie, 2007).....	15
Gambar 5. Sifat penjalaran gelombang seismik (a) Gelombang P;(b) Gelombang S; (c) Gelombang Rayleigh; (d) Gelombang Love (Sumber:Ibrahim, 2004).....	21
Gambar 6. Jenis-jenis alat akselerograf (Sumber : Sativa, 2015)	26
Gambar 7. Akselerograf tipe TSA 100S Metrozet.....	27
Gambar 8. Kerangka berpikir penelitian	32
Gambar 9. Sebaran data Gempabumi.....	39
Gambar 10. Sebaran Data Gempabumi Yang Sesuai Dengan Rekaman Akselerograf	40
Gambar 11. Perbandingan Nilai Percepatan Tanah Maksimum dari Akselerograf dengan rumusan empiris (a) Mc. Guire, (b) Si and Midorikawa, (c) Fukushima-Tanaka, dan (d) Donovan	43
Gambar 12. Peta Grid Wilayah Kota Padang.....	45
Gambar 13. Peta Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Kota Padang	46
Gambar 14. Peta Zona Intensitas Gempa di Wilayah Kota Padang.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ukuran Skala MMI (<i>Modified Mercalli Intensity</i>).....	22
Tabel 2. Data Gempa yang Sesuai dengan Rekaman Akselerograf.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Gempa <i>USGS</i>	56
Lampiran 2. Data PGA Kota Padang	58
Lampiran 3. Data Intensitas Gempa Kota Padang	61

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kota Padang merupakan salah satu daerah yang memiliki dampak yang cukup parah akibat terjadinya gempa bumi yang bersumber di Zona Subduksi. Hal ini dikarenakan bahwa Kota Padang berada pada pertemuan lempeng Indo-Australia yang menunjam ke bawah lempeng Eurasia. Akibat dari penunjaman tersebut, terbentuk tiga tatanan tektonik di Sumatera yaitu Zona Subduksi, Sesar Mentawai, serta Sesar Sumatera. Ketiga tatanan tektonik ini mengakibatkan Sumatera Barat memiliki tingkat kegempaan yang tinggi. Secara regional Kota Padang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Sistem Sesar Besar Sumatera (*Sumatra Great Fault System*). Sesar Semangko yang berada pada bagian tengah Pulau Sumatera dan palung laut di sebelah barat Pulau Sumatera yang mengapit wilayah Kota Padang sekaligus menjadi pusat terjadinya kegiatan tektonik di wilayah ini (Isra, 2010). Kondisi ini menyebabkan wilayah Kota Padang menjadi wilayah yang rawan bencana dengan sumber gempa yang merusak.

Gempabumi terjadi akibat adanya pergerakan atau pergeseran lapisan batuan pada permukaan bumi akibat pelepasan energi di kerak bumi. Pelepasan energi inilah yang mengakibatkan terjadinya deformasi pada lempeng tektonik didalam kerak bumi (Netrisa, 2018). Gempabumi dengan magnitudo besar dapat menimbulkan berbagai macam dampak bagi wilayah yang dilanda gempabumi seperti kerusakan rumah penduduk, rumah sakit

serta sarana dan prasarana di wilayah tersebut. Selain itu dapat menimbulkan korban jiwa dan kerugian materi. Setiap kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi di wilayah tertentu ditentukan oleh parameter-parameter gempa bumi seperti kedalaman, magnitudo, dan episenter. Kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa bumi yang dapat terlihat secara jelas yaitu seperti kerusakan bangunan, jalan, dan lain sebagainya.

Gempa bumi dengan kekuatan yang cukup besar akan sangat berdampak pada kerusakan bangunan. Salah satu faktor yang dapat menentukan besar dan kecilnya kerusakan tersebut adalah percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) (Edwiza, 2008). Setiap kejadian gempa bumi memiliki nilai PGA yang bervariasi tergantung pada beberapa faktor antara lain panjang *fault*, kedalaman gempa bumi, jarak dari durasi pusat gempa bumi, serta geologi tanah (*subsurface*). Semakin besar nilai percepatan tanah yang terjadi akibat gempa bumi, maka semakin besar pula intensitas gempa bumi yang dirasakan oleh masyarakat. Pemetaan nilai percepatan tanah maksimum ini akan menjadi informasi yang sangat penting dalam menunjang pembangunan tata ruang dan wilayah di daerah yang rawan terjadinya gempa bumi (Kapojos, 2015).

Nilai percepatan tanah maksimum dapat diperoleh dari hasil pengukuran baik secara langsung menggunakan *Accelerograph* maupun melalui perhitungan menggunakan rumusan empiris dengan menggunakan data gempa bumi yang biasa dikenal dengan *Ground Motion Prediction Equation* (GMPE) (Linkimer, 2007). Akibat dari keterbatasan jaringan akselerograf baik dari segi ketersediaan alat, cakupan waktu, serta wilayah

maka diperlukan pendekatan secara empiris (Kapojos, 2015). Pendekatan secara empiris dapat memberikan informasi secara umum untuk percepatan tanah maksimum sesuai titik-titik yang dibutuhkan (Ibrahim, 2004).

Menghitung nilai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan rumusan empiris merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat bahaya gempabumi di suatu daerah. Mengingat sering terjadinya gempa di wilayah Kota Padang dan sekitarnya, maka dibutuhkan perhitungan nilai percepatan tanah maksimum untuk meminimalisir kerugian yang ditimbulkan oleh adanya gempabumi. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan beberapa rumusan empiris untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum dan juga untuk mengetahui rumusan yang bisa digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum sesuai dengan kondisi tektonik wilayah Kota Padang. Nilai percepatan tanah maksimum dihitung berdasarkan magnitudo serta jarak sumber gempabumi yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan.

Romadiana (2018) menganalisis nilai percepatan tanah maksimum di wilayah Sumatera Barat. Hasil analisis tersebut didapatkan bahwa wilayah yang memiliki nilai PGA terbesar di beberapa kejadian gempabumi ialah wilayah Kabupaten Kepulauan Mentawai, sedangkan perbandingan hasil dari perhitungan nilai percepatan tanah maksimum menggunakan rumusan empiris didapatkan bahwa hasil dari rumusan *Si and Midorikawa* mendekati nilai PGA yang tercatat oleh alat *ETNA Accelerograph* pada jarak dan magnitudo tertentu. Kapojos (2015) menganalisis percepatan tanah maksimum di semenanjung utara Pulau Sulawesi menggunakan rumusan

Esteva dan Donovan untuk menganalisis. Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan nilai percepatan tanah dari rumusan Esteva dan rumusan Donovan memiliki pola perubahan yang sama terhadap jarak. Hasil pemetaan sebaran percepatan tanah maksimum menunjukkan bahwa wilayah Kabupaten Minahasa Utara berada pada zona dengan resiko yang lebih tinggi dibandingkan wilayah yang lainnya. Edwiza (2008) melakukan pemetaan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas seismik di Kota Padang Panjang menggunakan metode Kanai. Hasil yang diperoleh adalah variasi percepatan tanah maksimum serta intensitas seismik Kota Padang Panjang dan sekitarnya berdasarkan data gempa ialah berkisar antara 163,81-390,65 gal dan 6,4-7,8 MMI. Sedangkan untuk gempa 6 Maret 2007 memberikan intensitas 6,5-7,9 MMI.

Penelitian ini menggunakan rumusan empiris Mc. Guire, Si and Midorikawa, Fukushima-Tanaka, serta rumusan empiris Donovan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum di Kota Padang menggunakan data gempa pada periode 2015-2020 dengan magnitudo ≥ 5 SR. Nilai percepatan tanah dari hasil perhitungan keempat rumusan empiris tersebut dilakukan perhitungan koreksi error dengan nilai percepatan tanah yang terukur oleh akselerograf. Koreksi error terkecil menunjukkan bahwa rumusan empiris tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum di wilayah Kota Padang.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Kota Padang merupakan salah satu daerah yang memiliki dampak yang cukup parah akibat terjadinya gempa bumi yang bersumber di segmen tektonik Sumatera.
2. Adanya keterbatasan jaringan akselerograf, maka diperlukan pendekatan secara empiris untuk mengetahui nilai percepatan tanah maksimum.
3. Daerah yang rawan terjadinya kerusakan akibat adanya gempa bumi perlu diketahui untuk meminimalisir kerusakan yang ditimbulkan.

C. Batasan Masalah

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

1. Data gempa bumi yang digunakan merupakan data gempa yang terjadi di Segmen Mentawai dan sekitarnya pada periode 2015-2020.
2. Rumusan empiris yang digunakan rumusan Mc. Guire, Si and Midorikawa, Fukushima-Tanaka, dan Donovan.
3. Pemetaan daerah rawan terjadi kerusakan akibat gempa dibuat menggunakan bantuan software *ArcGis* dan *Surfer*.

D. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana koreksi error antara nilai percepatan tanah maksimum menggunakan rumusan empiris dengan data akselerograf
2. Persamaan empiris manakah yang memiliki koreksi error terkecil?
3. Bagaimana sebaran nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas gempa?

E. Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui koreksi error dari persamaan empiris dengan data akselerograf.
2. Mengetahui persamaan empiris yang memiliki koreksi error terkecil untuk dapat digunakan dalam menghitung percepatan tanah maksimum Kota Padang.
3. Mengetahui sebaran nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas gempa di wilayah Kota Padang.

F. Manfaat Penelitian

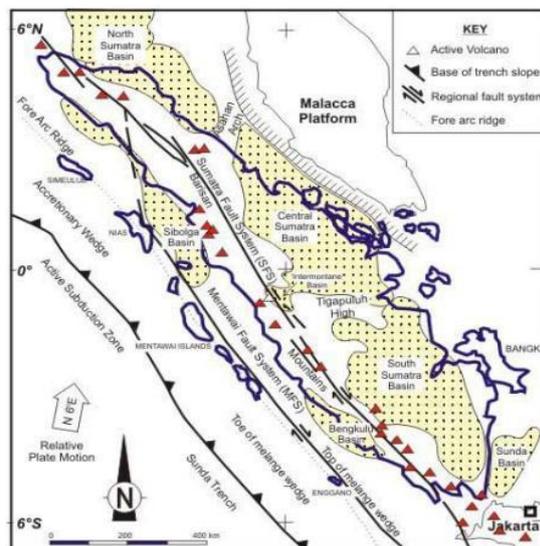
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Memperoleh informasi mengenai daerah yang rawan terjadinya kerusakan akibat gempa bumi.
2. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan percepatan tanah maksimum di wilayah Kota Padang.
3. Sebagai syarat dalam menyelesaikan tugas akhir mata kuliah skripsi.

BAB II KERANGKA TEORITIS

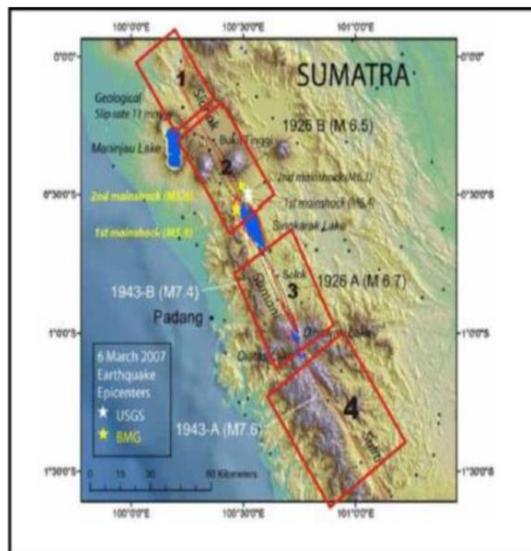
A. Kondisi Tektonik Sumatera Barat

Pulau Sumatera terletak di batas lempeng konvergen yaitu lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Lempeng Indo-Australia (Samudra Hindia) bergerak ke arah utara-timur laut dan mendorong lempeng Eurasia (bagian bawah Sumatera). Daerah perbatasan lempeng ini merupakan zona seismisitas yang aktif, sehingga banyak terjadi gempa bumi tektonik yang diakibatkan oleh tumbukan antar lempeng tersebut (Salim, 2014). Secara umum, tatanan tektonik di Sumatera dicirikan oleh tiga segmen tektonik yaitu *Subduction Zone*, *Mentawai Fault System (MFS)*, dan *Sumatera Fault System (SFS)* seperti yang dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tektonik Sumatera Barat
(Sumber : Herman 2000)

Gambar 1 memperlihatkan tatanan tektonik yang ada di Sumatera Barat. Zona Subduksi membentang di sebelah barat Pulau Sumatera dan sejajar dengan garis pantai yang memiliki jarak sekitar 250 km dari garis pantai pesisir barat Sumatera, sedangkan Sesar Sumatera yang terletak di daratan Pulau Sumatera membelah pulau menjadi dua bagian serta Sesar Mentawai terletak di antara keduanya dan memiliki jarak sekitar 120 km dari garis pantai Sumatera Barat (Triyono, 2015). Sesar Sumatera membentang di sepanjang provinsi Lampung hingga ke provinsi Aceh.



Gambar 2. Patahan aktif di Sumatera Barat
(Sumber : Natawidjaja 2007)

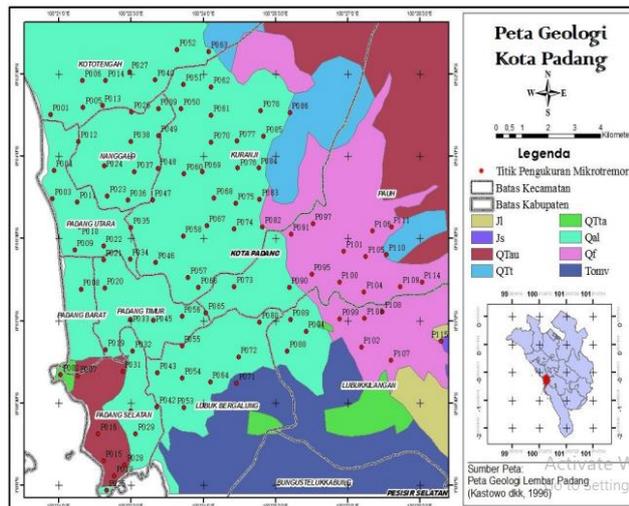
Sesar Sumatera membelah wilayah Sumatera Barat menjadi beberapa segmen sesar aktif yaitu Segmen Sianok, Segmen Sumpur, Segmen Sumani, Segmen Suliti, Segmen Barumun, Segmen Angkola, serta Segmen Siulak. Segmen Angkola, Barumun, dan Siulak merupakan segmen yang berada di batas wilayah sedangkan empat segmen lainnya berada didalam daerah Sumatera Barat. Keempat segmen tersebut membentang mulai dari daerah Solok Selatan hingga ke daerah Rao yang

terletak di Kabupaten Pasaman seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 2 (Sieh, 2000). Dengan kondisi geologi inilah yang menyebabkan sering terjadinya gempa bumi di wilayah Sumatera Barat.

B. Kondisi Geologi Kota Padang

Kota Padang merupakan salah satu daerah yang memiliki tingkat ancaman bencana gempa bumi dan tsunami yang cukup besar. Hal ini dikarenakan posisi daerah tersebut berada di Zona Subduksi antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Kota Padang terletak sekitar 250 km sebelah timur dari Zona Subduksi Sumatera. Beberapa gempa bumi besar tercatat pernah terjadi di Zona Subduksi Sumatera.

Menurut Kastowo (1996), Kota Padang tersusun atas batuan yang secara litologi terbagi dalam tiga masa pembentukan yaitu kuartar, tersier dan pratersier (mesozoikum). Informasi geologi daerah Kota Padang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Geologi Kota Padang (Sumber : Kastowo, 1996)

Gambar 3 menunjukkan jenis batuan yang tersebar di wilayah Kota Padang. Jenis batuan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Qal (Alluvium)

Endapan alluvium yang dijumpai di daerah penelitian pada umumnya terdiri atas kerakal sampai kerikil, pasir, lempung dan lumpur yang merupakan endapan sungai yang tersebar di sepanjang daerah aliran-aliran sungai dan endapan pantai yang tersebar di sepanjang pantai.

2. Qf (Kipas Aluvium)

Endapan ini terdiri dari sedimen hasil rombakan batuan andesit yang berasal dari gunungapi strato yang bercampur dengan lempung, lanau dan pasir.

3. QTt (Tuf Kristal yang telah mengeras)

Tuf yang dijumpai pada umumnya berwarna kuning keruh hingga cokelat muda dengan butiran pasir yang berukuran kasar hingga halus, pada daerah tersebut akan ditemui pecahan batuan yang berukuran kerakal yang penyebarannya tidak merata, berkomponen mineral teran, andesit, kaca, dan pasir gunungapi, sebagian bersifat kristal dan mengeras.

4. Qtau (Aliran yang tak teruraikan)

Terdiri dari breksi gunungapi, konglomerat, tuf, lava, anglomerat dan lahar serta endapan-endapan koluvium yang lain. Aliran ini memiliki variasi warna yaitu kelabu tua, hitam dan kehijauan.

5. QTta (Andesit dan Tuf)

Batuang gunungapi yang dijumpai berselingan dengan andesit sebagai inklusi di dalam tuf.

6. Tomv (Batuang gunungapi)

Batuang gunungapi terdiri dari lava andesit, breksi, breksi tuf, tuf hablur, ignimbrite, dan tuf sela, kebanyakan material penyusunnya berupa andesitan dan dasitan yang tersebar di bagian sebelah selatan.

7. Js (Batuang Sedimen Jura)

Batuang sedimen yang dijumpai terdiri dari batu lempung, lanau, kuarsit, serpih, dan batu sabak. Batuang ini terkena metamorphosis lemah.

8. Jl (Batugamping Jura)

Karakteristik batugamping ini adalah memiliki warna putih kotor sampai kelabu kebiruan, bersifat massif dan eras, pejal dan berongga.

C. Gempabumi

Gempabumi merupakan peristiwa bergetarnya bumi yang diakibatkan karena adanya pelepasan energi yang terjadi didalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Akumulasi energi yang menjadi penyebab terjadinya gempabumi dihasilkan dari pergerakan lempeng-lempeng tektonik. Energi yang dihasilkan dari pergerakan lempeng tektonik tersebut dipancarkan ke segala arah yang membentuk gelombang gempabumi sehingga efek dari pemancaran energi tersebut dapat dirasakan hingga ke permukaan bumi (BMKG).

Natawidjaja (2007) mengatakan bahwa pergerakan lempeng-lempeng berpapasan satu sama lain (*zona transform*), yang akan membentuk sesar geser serta membentuk patahan batuan lapisan kulit bumi. Pergerakan lempeng tektonik tersebut menyebabkan terjadinya gempa bumi dan pelepasan energi. Pelepasan energi inilah yang mengakibatkan terjadinya deformasi pada lempeng tektonik yang terdapat di kerak bumi (Netrisa, 2018).

Dalam sistem subduksi lempeng, terdapat dua tipe umum gempa bumi akibat adanya interaksi antara dua lempeng yaitu gempa bumi intra lempeng (*intraplate*) dan antar lempeng (*interplate*). Gempa bumi *intraplate* adalah gempa bumi yang terjadi didalam lempeng itu sendiri, sedangkan gempa bumi *interplate* terjadi di batas lempeng. Gempa bumi dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis berdasarkan penyebab terjadinya, diantaranya yaitu gempa bumi tektonik, gempa bumi vulkanik, gempa bumi runtuh, gempa bumi akibat jatuhnya meteor, serta gempa bumi akibat dari perbuatan manusia (Pawirodikromo, 2012).

1. Gempa bumi tektonik merupakan gempa bumi yang disebabkan karena terjadinya pelepasan energi elastik yang tersimpan didalam lempeng tektonik, namun apabila energi yang diterima tersebut melebihi batas elastik lempeng maka energi tersebut akan dilepaskan dalam bentuk deformasi plastis serta gelombang elastik. Daerah yang melepas energi elastik umumnya merupakan daerah yang lemah sehingga di daerah tersebut akan mengalami deformasi plastis, sedangkan untuk

daerah yang jauh dari sumber gempa akan mengalami deformasi elastik dalam bentuk gelombang seismik.

2. Gempabumi vulkanik merupakan gempabumi yang disebabkan oleh kegiatan gunung api. Magma yang berada dibawah gunung merapi mendapat tekanan dan melepas energinya secara tiba-tiba sehingga dapat menimbulkan getaran tanah.
3. Gempabumi runtuhuan merupakan gempabumi lokal yang terjadi akibat adanya runtuhuan tanah, hal ini sering terjadi di lokasi pertambangan.
4. Gempabumi jatuhan meteor terjadi akibat jatuhnya meteorit atau benda langit ke permukaan bumi.
5. Gempabumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia yaitu seperti peledakan dinamit, nuklir, serta adanya ledakan bom.

Berdasarkan kedalaman sumbernya, gempabumi dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu :

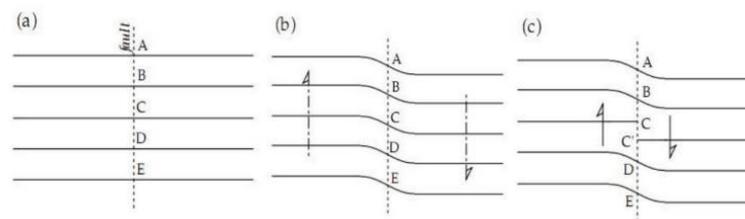
1. Gempabumi dangkal merupakan gempabumi yang terjadi dengan kedalaman yang relatif dangkal berkisar antara 0–60 km dibawah permukaan bumi. Gempa dengan tipe ini biasanya merupakan gempa yang dapat merusak jika magnitudonya besar dari 5 SR, selain itu jika episenter gempa berada di laut, maka tipe gempa dangkal ini kerap menjadi pemicu terjadinya tsunami (Sunarjo, 2010).
2. Gempabumi menengah merupakan gempabumi yang memiliki hiposenter mulai dari 61–300 km dibawah permukaan bumi. Gempa dengan kedalaman menengah ini biasanya tidak menimbulkan

kerusakan yang begitu besar dalam skala tertentu, namun tak jarang gempa tipe ini dengan magnitudo besar juga dapat menimbulkan kerusakan yang parah (Sunarjo, 2010).

3. Gempabumi dalam merupakan gempabumi yang memiliki hiposenter lebih dari 300 km. Gempa tipe ini cenderung lebih aman dibandingkan dengan dua tipe gempa sebelumnya. Akibat dari hiposenter yang sangat jauh dari permukaan getaran yang sampai ke permukaan bumi tidak akan terlalu kuat bahkan tidak akan terasa jika magnitudonya kecil (Sunarjo, 2010).

Gempabumi terjadi disebabkan oleh adanya pergerakan lempeng tektonik. Bagian dari litosfer padat yang terapung di atas astenosfer dan saling bergerak disebut juga dengan lempeng tektonik. Ada tiga jenis pergerakan lempeng tektonik terhadap lempeng lainnya yaitu kedua lempeng saling menjauh (*divergen*), saling mendekati (*konvergen*) dan saling geser (*transform*) (Pawirodikromo, 2012).

Menurut Teori *Elastic Rebound*, gempabumi merupakan gejala alam yang disebabkan oleh pelepasan energi regangan elastis batuan akibat adanya deformasi batuan. Apabila kekuatan batuan dalam menahan tekanan semakin tinggi, maka energi yang dilepaskan juga akan semakin besar (Lowrie, 2007).



Gambar 4. Mekanisme terjadinya gempabumi (Sumber: Lowrie, 2007)

Gambar 4a menunjukkan keadaan normal pada suatu lapisan batuan, namun jika adanya pergerakan lempeng secara terus-menerus maka dapat mengakibatkan *stress* pada batuan yang lama-kelamaan akan terakumulasi sehingga mampu mengubah bentuk geologi dari lapisan batuan. Gambar 4b menunjukkan dimana keadaan suatu lapisan batuan yang sudah mengalami deformasi atau perubahan bentuk geologi batuan. Saat batuan tidak mampu lagi menahan tekanan, maka akan terjadi suatu pergerakan atau perpindahan secara tiba-tiba. Peristiwa pergerakan secara tiba-tiba inilah yang sering kita sebut dengan gempa bumi, sedangkan Gambar 4c menunjukkan dimana lapisan batuan dari lempeng tektonik yang sudah patah akibat gempa bumi (Lowrie, 2007).

Gempa memiliki beberapa parameter utama yaitu titik pusat gempa didalam bumi (*hiposenter*), titik pusat gempa yang diproyeksikan ke atas permukaan bumi (*episenter*), waktu kejadian gempa (*origin time*), serta kekuatan gempa (*magnitudo*). Menurut Sunarjo (2010) beberapa parameter besaran fisis gempa bumi, yaitu sebagai berikut:

1. Waktu asal gempa bumi atau *origin time* merupakan waktu saat terjadi pelepasan energi pada suatu segmen. Waktu asal dinyatakan dalam bentuk hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik suatu gempa bumi terjadidalam satuan UTC (*Universal Time Coordinate*).
2. Arah dan kedalaman, dimana arah gempa bumi 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.

3. Episenter merupakan titik di permukaan bumi yang dijadikan sebagai titik pusat gempa. Episenter juga merupakan pencerminan tegak lurus dari hiposenter gempa.
4. Magnitudo adalah ukuran kekuatan gempabumi, menggambarkan besar energi yang terlepas pada saat gempa terjadi dan merupakan hasil dari pengamatan seismograf. Menurut Lay dan Wallace (1995) terdapat empat jenis magnitudo yaitu:
 - a. Magnitudo lokal (M_l) merupakan magnitudo yang pertama kali diperkenalkan oleh Richter. Magnitudo lokal biasanya digunakan untuk menyatakan besaran gempa yang terjadi. Magnitudo ini berlaku untuk gempabumi dangkal yaitu dengan kedalaman kurang dari 600 km. Magnitudo lokal dirumuskan dengan persamaan 1 berikut:

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

dengan A adalah amplitudo maksimum getaran tanah (μm), Δ adalah jarak episenter ke stasiun pengamat (km).

- b. Magnitudo permukaan (M_s) merupakan ukuran besarnya kekuatan gempa yang diukur berdasarkan amplitudo gempa yang terukur di permukaan. Biasanya digunakan untuk menyatakan kekuatan gempa di suatu wilayah dan satuan yang digunakan adalah magnitudo momen (M_w), sehingga magnitudo *surface* (M_s) harus dikonversi terlebih dahulu. Magnitudo permukaan dirumuskan dengan persamaan 2 berikut:

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

- c. Magnitudo badan (M_b) merupakan besaran gempa yang diukur berdasarkan besarnya gelombang primer yang menjalar didalam perut bumi. Sama halnya dengan magnitudo permukaan, magnitudo badan juga dapat dikonversi menjadi magnitudo momen. Secara umum, magnitudo ini dirumuskan dengan persamaan 3 berikut :

$$M_b = \log A - \log T + 0,01\Delta + 5,9 \quad (3)$$

dengan A adalah amplitudo gelombang primer (μm), T adalah periode gelombang primer, dan Δ adalah jarak episenter (km).

- d. Magnitudo momen (M_w) merupakan magnitudo yang berdasarkan kepada harga momen seismik. Momen seismik merupakan dimensi pergeseran bidang sesar atau analisis gelombang pada *broadband* seismograf. Magnitudo ini berhubungan langsung dengan energi gempabumi yang terlepas. Magnitudo momen dirumuskan oleh persamaan 4 dan 5.

$$M_w = \left(\frac{\log M_o}{1,5} \right) - 10,73 \quad (4)$$

$$\text{Dengan } M_o = \mu AD \quad (5)$$

Nilai M_o adalah nilai momen seismik, μ adalah kekuatan *rupture* material sepanjang patahan, A adalah luas *rupture*, dan D adalah jumlah rata-rata slip.

Gempabumi juga menghasilkan gelombang seismik berupa gelombang badan dan gelombang permukaan (Ibrahim, 2004).

1. Gelombang badan (*body*)

Gelombang badan adalah gelombang yang merambat di sela-sela bebatuan di bawah permukaan bumi. Efek kerusakan yang ditimbulkan dari gelombang ini cukup kecil. Gelombang badan dibagi menjadi dua jenis yaitu gelombang P (*compressional wave*) dan gelombang S (*shear wave*). Gelombang *pressure* (P) disebut juga dengan gelombang kompresi yang merupakan gelombang *longitudinal* dimana arah getar sejajar dengan arah rambat. Gelombang *shear* merupakan gelombang *transversal* dengan arah getar tegak lurus dengan arah rambat.

Gelombang P dapat menjalar pada semua medium baik padat, cair maupun gas hal ini sesuai dengan sifatnya yaitu longitudinal sehingga apabila dilewatkan pada medium fluida, gelombang ini akan tetap menjalar dengan baik. Hal ini dikarenakan medium fluida dapat bereaksi dengan kompresi. Gelombang S hanya dapat menjalar pada medium padat, hal ini dikarenakan medium cair dan gas tidak memiliki elastisitas untuk kembali ke bentuk asal.

Kecepatan gelombang seismik dapat bertambah terhadap kedalaman, maka lintasan gelombang seismik akan berbentuk lekung cekung ke permukaan bumi. Kecepatan gelombang P (V_p) bergantung pada konstanta Lamé (λ), rigiditas (μ), serta densitas medium yang

dilalui (ρ). Secara sistematis kecepatan ini dapat dirumuskan dengan persamaan 6 berikut :

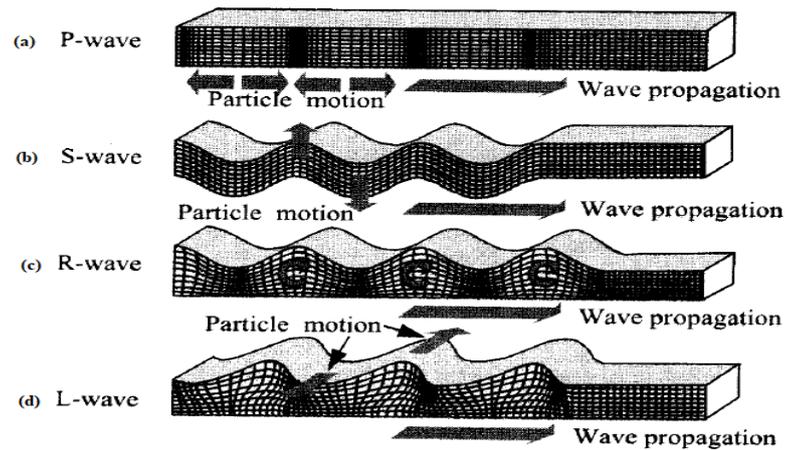
$$V_p = \frac{\sqrt{\lambda + 2\mu}}{\rho} \quad (6)$$

Kecepatan gelombang S (V_s) bergantung pada rigiditas medium (μ) serta densitas medium yang dilalui (ρ). Kecepatan gelombang S dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (7)$$

2. Gelombang permukaan (*surface*)

Gelombang permukaan memiliki waktu penjaralan yang lebih lambat daripada gelombang badan karena frekuensinya yang rendah, namun gelombang ini lebih berpotensi menimbulkan kerusakan pada bangunan. Gelombang permukaan terbagi dua yaitu gelombang Love dan gelombang Rayleigh. Gelombang Love adalah gelombang permukaan yang menyebabkan tanah mengalami pergeseran ke arah horizontal, sedangkan gelombang Rayleigh menyebabkan tanah mengalami pergeseran ke arah vertikal.



Gambar 5. Sifat penjaralan gelombang seismik (a) Gelombang P;(b) Gelombang S; (c) Gelombang Rayleigh; (d) Gelombang Love (Sumber:Ibrahim, 2004)

D. Intensitas Gempabumi

Intensitas gempabumi merupakan ukuran tingkat kerusakan suatu wilayah akibat adanya getaran yang berasal dari gempabumi. Ukuran intensitas gempa dapat dihitung berdasarkan pengamatan yang dilakukan secara langsung terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh gempabumi serta dapat menjadi gambaran nilai kekuatan gempabumi pada episenter (Lowrie, 2007). Daerah yang paling dekat dengan episenter biasanya memiliki intensitas yang paling besar. Skala yang digunakan untuk menunjukkan intensitas dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Ukuran Skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*)

No.	Skala MMI	PGA(gal)	Deskripsi
1.	I-II	< 2.9	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.
2.	III-V	2.9-88	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.
3.	VI	89-167	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan seperti retak rambut pada dinding, genteng bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.
4.	VII-VIII	168-564	Banyak retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, dan kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar genteng bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan hingga sedang.
5.	IX-XII	> 564	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.

(Sumber : BMKG, 2017).

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

Percepatan adalah parameter yang menyatakan perubahan kecepatan dari keadaan diam hingga pada kecepatan tertentu. Bangunan yang berdiri di atas tanah memerlukan kestabilan tanah agar bangunan tetap stabil. Nilai percepatan tanah terbagi atas dua macam, yaitu percepatan tanah maksimum dan percepatan tanah sesaat. Percepatan tanah maksimum merupakan percepatan tanah terbesar yang dirasakan di permukaan bumi akibat dari adanya penjalaran gelombang seismik, sedangkan percepatan tanah sesaat adalah percepatan tanah pada saat terjadinya gempa bumi (Hadi, 2012). Percepatan tanah yang diperhitungkan pada saat perencanaan bangunan adalah nilai percepatan tanah maksimum yang merupakan parameter penting dalam menggambarkan risiko gempa bumi di suatu wilayah (Sunarjo, 2010).

Percepatan tanah maksimum ini tidak dapat dihitung secara langsung menggunakan persamaan-persamaan kecepatan, sebab nilai percepatan tanah maksimum ini ditentukan oleh parameter gempabumi seperti magnitudo, posisi episenter dan hiposenter gempa, serta kedalaman hiposenter (Sunarjo, 2010). Ada dua cara yang digunakan dalam menentukan nilai percepatan getaran tanah maksimum, yaitu dengan sensor *accelerometer* dan perhitungan dengan menggunakan rumusan empiris berdasarkan pendekatan magnitudo dan jarak sumber gempabumi yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan serta nilai periode dominan tanah daerah tersebut (Widiyantoro, 2005).

Beberapa rumusan empiris yang bisa digunakan sebagai pendekatan untuk mengestimasi nilai percepatan tanah maksimum di suatu wilayah antara lain sebagai berikut :

1. Rumusan Mc. Guire

Rumusan ini ditetapkan di wilayah California Selatan, dimana untuk menentukan nilai percepatan tanah digunakan magnitudo geelombang permukaan dengan bentuk persamaan yaitu :

$$a = \frac{472 \cdot 10^{0.278Ms}}{(R + 25)^{1.301}} \quad (8)$$

dengan:

a = Nilai percepatan tanah maksimum (gal)

Ms = Magnitudo permukaan

R = Jarak hiposenter (km)

dimana $R = \sqrt{D^2 + H^2}$ (9)

dengan D adalah jarak episenter (km) dan H adalah kedalaman sumber gempa (km).

Rumusan ini pernah digunakan untuk menentukan nilai *Peak Ground Acceleration* yang terjadi akibat gempabumi di California Selatan tepatnya di patahan San Andreas yang memiliki karakteristik kondisi patahan sama dengan patahan Sumatera Barat yaitu patahan yang termasuk pada jenis sesar geser (Douglas, 2018).

2. Rumusan Si and Midorikawa

Rumusan Si and Midorikawa dalam menentukan nilai percepatan tanah menggunakan momen magnitudo sebagaimana dirumuskan berikut ini :

$$\log A = 0,5M_w + 0,0036D + \sum d_i s_i - \log X_{eq} - 0,003X_{eq} + e + \varepsilon \quad (10)$$

dengan :

A = Percepatan tanah (gal)

M_w = Momen magnitudo gempa (SR)

D = Kedalaman gempa (km)

X_{eq} = Jarak hiposenter (km)

d = Jarak dari pusat gempabumi ke lokasi

S = Variabel *dummy* untuk tipe patahan ($S=1$)

e = Koefisien regresi (0,6)

ε = Standar deviasi (0,24) (Si and Midorikawa, 1999)

Rumusan Si and Midorikawa digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum di Kepulauan Jepang dengan menggunakan nilai percepatan tanah maksimum dari 21 gempabumi yang pernah terjadi dengan. Si and Midorikawa mengklasifikasikan

gempa menjadi tiga kelompok yaitu *crustal*, *inter-plate*, dan *intra-plate* menurut jenis sesar, dimana gempa yang terjadi di *intra-plate* memiliki nilai percepatan dan kecepatan tanah yang lebih kuat daripada gempa yang terjadi di *inter-plate* dan kerak bumi (Si and Midorikawa, 1999).

3. Rumusan Fukushima-Tanaka

Rumusan menggunakan 1372 komponen percepatan tanah maksimum horizontal dari 28 gempa di Jepang yang berasal dari Zona Subduksi. Rumusan ini diterapkan di wilayah Jepang dengan persamaan sebagai berikut:

$$\log a = 0.41Ms - \log (R + 0.032 * 10^{0.41Ms}) - 0.0034R + 1.30 \quad (11)$$

dengan:

a = Nilai percepatan tanah maksimum (gal)

Ms = Magnitudo permukaan

R = Jarak hiposenter (km) (Fukushima dan Tanaka, 1990)

4. Rumusan Donovan

Rumusan empiris Donovan merupakan rumusan yang biasa digunakan untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum di suatu wilayah. Rumusan empiris ini dapat dihitung berdasarkan data rekaman gempabumi yang terjadi pada 09 Februari 1971 di San Fernando. Bentuk persamaan dari rumusan ini adalah:

$$a = \frac{1080 \exp^{0.5Mw}}{(R+25)^{1.32}} \quad (12)$$

dengan :

a = Nilai percepatan tanah maksimum (gal)

M_w = Magnitudo momen

R = Jarak hiposenter (km) (Douglas, 2018)

Rumusan empiris yang sesuai dengan kondisi tektonik di wilayah Kota Padang dapat diketahui dengan melakukan perbandingan nilai percepatan tanah yang dihitung menggunakan rumusan empiris dengan nilai percepatan tanah yang terukur pada alat akselerograf. Dari hasil perbandingan tersebut dapat koreksi error rata-rata dari masing-masing rumusan empiris yang digunakan, rumusan empiris dengan koreksi error terkecil menunjukkan bahwa rumusan empiris tersebut dapat digunakan untuk menghitung percepatan tanah maksimum di wilayah Kota Padang.

F. Akselerograf

Akselerograf merupakan instrumen yang digunakan untuk merekam guncangan permukaan tanah yang sangat akurat dalam mengukur percepatan getaran permukaan tanah. Rekaman dari akselerograf ini sangat bermanfaat, salah satunya yaitu untuk mendesain bangunan tahan gempa (Sunarjo, 2010).



Gambar 6. Jenis-jenis alat akselerograf (Sumber : Sativa, 2015)

Akselerograf hanya dapat mendeteksi getaran yang sangat kuat seperti getaran gempa bumi. Sistem pada peralatan akselerograf ini umumnya didukung oleh sensor akselerograf, *digitizer*, data *logger*, modem, sistem komunikasi, sistem daya/energi listrik, komputer tampilan akuisisi dan analisis.



Gambar 7. Akselerograf tipe TSA 100S Metrozet
(Sumber : Sativa, 2015)

Akselerograf yang terpasang pada Stasiun Maritim Teluk Bayur adalah akselerograf jenis TSA 100S Metrozet seperti pada Gambar 7. Alat ini memiliki *digitizer* yang lebih minimalis dan memiliki layar yang komunikatif dengan pembaca. *Digitizer* tersebut juga bersifat multifungsi dan memiliki soket *memory* yang dapat menyimpan data seismik yang terjadi di setiap waktu.

G. Pemetaan

Menurut ICA (*International Cartographic Association*), peta merupakan suatu gambaran atau representasi unsur-unsur ketampakan abstrak yang dipilih dari kenampakan bumi yang ada kaitannya dengan permukaan bumi atau benda-benda angkasa. Peta merupakan penggambaran dua dimensi pada bidang datar keseluruhan atau sebagian

dari permukaan bumi yang diproyeksikan dengan perbandingan atau skala tertentu.

Pemetaan adalah pengelompokkan suatu kumpulan wilayah yang berkaitan dengan beberapa letak geografis wilayah yang meliputi dataran tinggi, pegunungan, sumber daya dan potensi penduduk yang berpengaruh terhadap sosial kultural yang memiliki ciri khas khusus dalam penggunaan skala yang tepat (Munir, 2020). Dari definisi tersebut dan disesuaikan dengan penelitian ini maka pemetaan merupakan proses pengumpulan data untuk dijadikan sebagai langkah awal dalam pembuatan peta dengan menggambarkan penyebaran kondisi tingkat kerawanan terjadinya gempa bumi dan memindahkan keadaan sesungguhnya ke dalam peta dasar yang dinyatakan dengan penggunaan skala peta.

Dalam proses pembuatan peta harus mengikuti pedoman dan prosedur tertentu agar dapat dihasilkan peta yang baik, benar, serta memiliki unsur seni dan keindahan. Secara umum, proses pembuatan peta meliputi beberapa tahapan dari pencarian serta pengumpulan data hingga sebuah peta dapat digunakan. Proses pemetaan tersebut harus dilakukan dengan urut dan runtut, karena jika tidak dilakukan secara urut dan runtut, tidak akan diperoleh peta yang baik dan benar.

H. ArcGis

ArcGis adalah perangkat lunak yang dikeluarkan oleh *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) yang merupakan sebuah usaha yang telah lama berkecimpung didalam bidang geospasial. *ArcGis* merupakan sebuah platform yang terdiri dari beberapa software yaitu Desktop GIS, Server GIS, Online GIS, ESRI Data serta Mobile GIS.

ArcGis menyediakan kerangka kerja yang bersifat *scalable* (bisa diperluas sesuai kebutuhan) untuk mengimplementasikan suatu rancangan aplikasi SIG, baik bagi pengguna tunggal (*single user*) maupun bagi lebih dari satu pengguna yang berbasiskan *desktop*, menggunakan *server*, memanfaatkan layanan web, atau bahkan yang bersifat *mobile* untuk memenuhi kebutuhan pengukuran di lapangan. *ArcGis* adalah produk sistem kebutuhan *software* yang merupakan kumpulan dari produk-produk *software* lainnya dengan tujuan untuk membangun sistem SIG yang lengkap. Dalam kaitannya inilah pihak pengembang *ArcGis* merancanginya sedemikian rupa hingga terdiri dari beberapa *framework* yang siap berkembang terus dalam rangka mempermudah pembuatan aplikasi-aplikasi SIG yang sesuai dengan kebutuhan penggunanya.

I. Penelitian Relevan

Penelitian mengenai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan rumusan empiris telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu seperti Romadiana (2018) telah melakukan penelitian untuk menganalisis percepatan tanah maksimum di wilayah Sumatera Barat dengan menggunakan rumusan empiris Mc. Guire, Si and Midorikawa,

serta rumusan empiris Donovan. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah yang memiliki nilai PGA terbesar di beberapa kejadian gempa bumi ialah wilayah Kabupaten Kepulauan Mentawai, sedangkan perbandingan hasil dari perhitungan nilai percepatan tanah maksimum menggunakan rumusan empiris didapatkan bahwa hasil dari rumusan Si and Midorikawa mendekati nilai PGA yang tercatat oleh alat *ETNA Accelerograph* pada jarak dan magnitudo tertentu.

Kapojos (2015) juga telah melakukan penelitian dengan menggunakan rumusan Esteva dan Donovan untuk menganalisis percepatan tanah maksimum di semenanjung utara Pulau Sulawesi. Hasil analisis menunjukkan bahwa perubahan nilai percepatan tanah dari rumusan Esteva dan rumusan Donovan memiliki pola perubahan yang sama terhadap jarak. Nilai percepatan tanah menurut rumusan Donovan lebih tinggi dibandingkan dari rumusan Esteva. Perbandingan dengan data akselerograf mengindikasikan bahwa rumusan Esteva lebih cocok digunakan dalam mengestimasi percepatan tanah maksimum di semenanjung utara Pulau Sulawesi. Hasil pemetaan sebaran percepatan tanah maksimum menunjukkan bahwa wilayah Kabupaten Minahasa Utara berada pada zona dengan resiko yang lebih tinggi bandingkan wilayah yang lainnya.

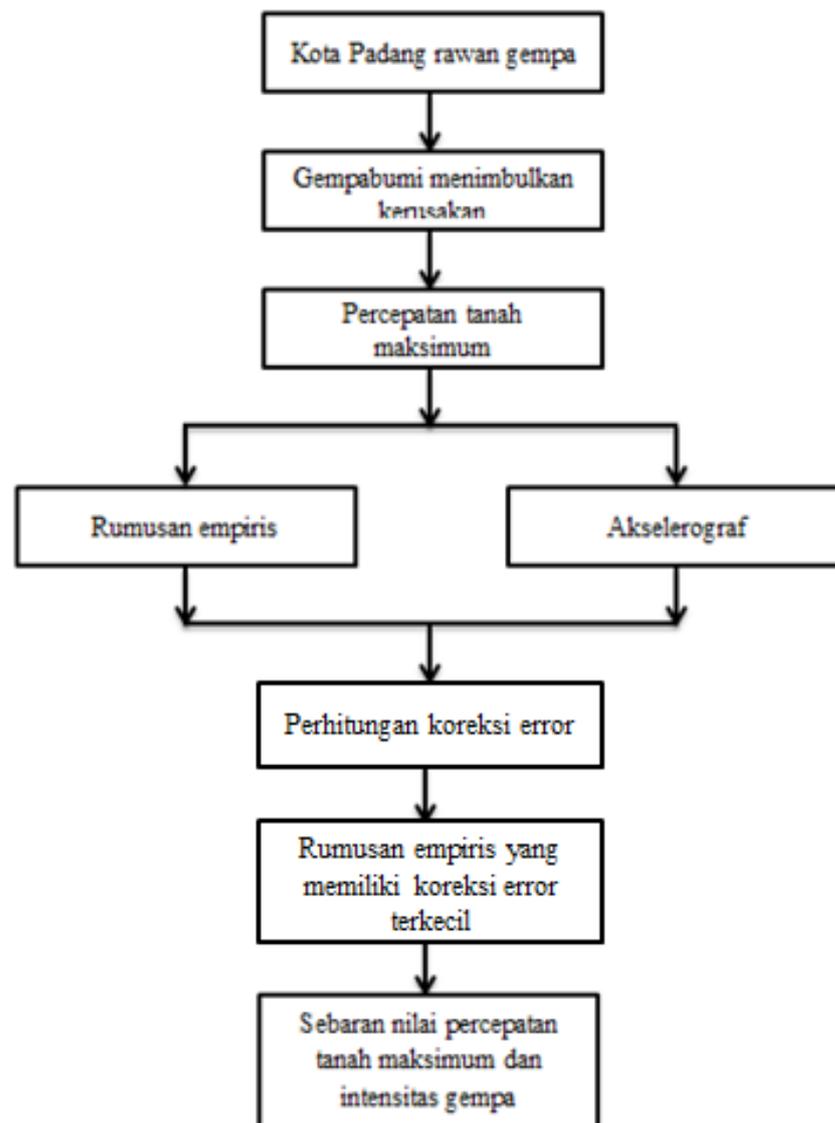
Edwiza (2008) melakukan penelitian mengenai pemetaan nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas seismik di Kota Padang Panjang menggunakan metode Kanai. Hasil yang diperoleh adalah variasi percepatan tanah maksimum serta intensitas seismik Kota Padang Panjang

dan sekitarnya berdasarkan data gempa ialah berkisar antara 163,81-390,65 gal dan 6,4-7,8 MMI. Sedangkan untuk gempa 6 Maret 2007 memberikan intensitas 6,5-7,9 MMI.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu yaitu dalam penelitian ini akan digunakan beberapa rumusan empiris untuk menghitung percepatan tanah maksimum di wilayah Kota Padang. Nilai percepatan tanah yang diperoleh dari perhitungan dengan beberapa rumusan empiris tersebut akan divalidasi dengan nilai percepatan tanah yang terukur pada akselerograf di Stasiun Maritim Teluk Bayur. Berdasarkan hasil validasi tersebut akan terlihat rumusan empiris yang sesuai digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum wilayah Kota Padang.

J. Kerangka Berpikir

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



Gambar 8. Kerangka berpikir penelitian

Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan bahwa Kota Padang merupakan salah satu daerah yang rawan terjadinya gempa, gempabumi dengan magnitude yang besar dapat menimbulkan kerusakan. Faktor yang dapat menentukan besar dan kecilnya kerusakan akibat gempa adalah percepatan tanah maksimum. Percepatan tanah maksimum dapat diperoleh menggunakan alat akselerograf dan menggunakan pendekatan secara empiris. Untuk mendapatkan rumusan empiris yang sesuai digunakan

untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum di Kota Padang, maka dilakukan dengan cara membandingkan nilai percepatan tanah maksimum hasil dari perhitungan menggunakan rumusan empiris dengan nilai yang terukur pada alat akselerograf. Rumusan empiris dengan koreksi error terkecil merupakan rumusan yang dapat digunakan untuk menghitung nilai percepatan tanah maksimum di Kota Padang. Nilai percepatan tanah maksimum dikonversikan ke skala MMI (*Modified Mercalli Intensity*) untuk mengetahui intensitas gempa yang terjadi di wilayah Kota Padang. Sehingga diperoleh sebaran nilai percepatan tanah maksimum dan intensitas gempa untuk Kota Padang.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis yang diperoleh dari penelitian ini, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Koreksi error antara nilai percepatan tanah maksimum yang dihitung menggunakan persamaan empiris dengan yang terukur menggunakan akselerograf yaitu Mc. Guire 0,55, Si and Midorikawa 0,003, Fukushima-Tanaka 0,007 dan Donovan 0,52.
2. Rumusan Si and Midorikawa merupakan rumusan empiris yang dapat digunakan dalam menghitung nilai percepatan tanah maksimum di wilayah Kota Padang berdasarkan perhitungan koreksi error data akselerograf.
3. Pemetaan sebaran nilai percepatan tanah maksimum menunjukkan bahwa Kecamatan Bungus Teluk Kabung merupakan daerah yang relatif lebih rawan terhadap kerusakan akibat gempabumi, sedangkan wilayah memiliki resiko lebih kecil berada di Kecamatan Koto Tangah. Intensitas gempa yang terjadi di wilayah Kota Padang berada pada intensitas IV MMI.

B. Saran

Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan data gempabumi dengan rentang periode yang panjang serta menggunakan gempa dengan jarak episenter yang dekat dengan daerah penelitian karena jarak episenter sangat mempengaruhi nilai percepatan tanah maksimum di suatu daerah, sehingga dapat memberikan informasi mengenai wilayah yang sangat rawan terjadi kerusakan akibat terjadinya gempabumi agar dapat dilakukan mitigasi bencana guna untuk meminimalisir terjadinya kerusakan.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG. 2017. *Indeks Seismisitas Wilayah Lampung*. BMKG.
- Chumairoh, Diah Ayu., Susilo, Adi., & Wardhana, Dadan Dani. 2014. *Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Data Gayaberat di Daerah Koto Tengah, Kota Padang, Sumatera Barat*. Departement of Physics.
- Darlan, Yudi., & Kamiludin, Udaya. 2008. Penelitian Lingkungan Pantai dan Logam Berat Perairan Pariaman-Padang-Bungus Teluk Kabung Sumatera Barat. *Jurnal Geologi Kelautan*, Vol. 6, No. 1.
- Douglas, J. 2018. Ground Motion Prediction Equations 1964-2018. *Pasific Earthquake Engineering Research Center, 1964-2010*, 629.
- Edwiza, D. 2008. Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar. *Teknika*, 1 (29), 73-79.
- Fukushima, Y., & Tanaka, T. 1990. A New Attenuation Relation For Peak Horizontal Acceleration Of Strong Motion In Japan. *Bulletin of the Seismological Society of America (1990)*, 80, 757-783
- Hadi, Farid., & Fauzi. 2012. Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Kerentanan Seismik Akibat Gempa Bumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu. *SIMETRI, Jurnal Ilmu Fisika Indonesia*, 1(2D), 81-86.
- Herman, D., & Sidi, F. H. 2000. *An Outline of The Geology of Indonesia*. IAGI.
- Ibrahim, G., & Subarjo. 2004. *Buku Seismologi*. BMKG.
- Kapojos, C. G., Tamuntuan, G., & Pasau, G. 2015. Analisis Percepatan Tanah Maksimum dengan Menggunakan Rumusan Esteva dan Donovan (Studi Kasus Pada Semenanjung Utara Pulau Sulawesi). *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(1), 99.

- Kastowo, Gerhard W., Leo, S., Gafoer., & T. C. Amin. 1996. *Peta Geologi Lembar Padang, Sumatera*. Bandung.
- Lay, T., & Wallace, T. C. 1995. Modern Global Seismology. *International Geophysics Series*, Vol. 58.
- Linkimer, L. 2007. Relationship Between Peak Ground Acceleration and Modified Mercalli Intensity in Costa Rica. *Revista Geologica de America Central*, 38.
- Lowrie, W. 2007. *Fundamentals of Geophysics*. In *Fundamentals of Geophysics*.
- Munir. 2020. Multimedia Konsep & Aplikasi Dalam Pendidikan. In *Antimicrobial agents and chemotherapy* (Vol. 58, Issue 12).
- Natawidjaja, D. H. 2007. *Gempabumi dan Tsunami di Sumatra dan Upaya Untuk Mengembangkan Lingkungan Hidup*. *Gempa Bumi*, 1-3 (Desember), 66.
- Netrisa, Z., Syafriani, Triyono, R., & Arifin, H. 2018. Pemetaan Bahaya Gempabumi Deterministik dengan Pendekatan Peak Ground Acceleration (PGA) di Kota Padang. *Pillar Of Physics*, 11(12), 41-48.
- Pawirodikromo, W. 2012. *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Pustaka Pelajar.
- Romadiana, D., Syafriani, & Sabarani, A. Z. 2018. Analisis Nilai Percepatan Tanah Maksimum di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Persamaan Empiris Mc Guire, Si and Midorikawa, dan Donovan. *Pillar of Physics*, 11(1), 9-16.
- Salim, R. 2014. Analisa Pola Bidang Sesar Pada Zona Subduksi di Wilayah Selatan Pulau Sumatera dari Event Gempa Pada Tahun 2011-2014. In *Fisika FMIPA-ITS*.
- Sativa, O. 2015. *Accelerograph BMKG, Bahan Diklat Seismotek*. BMKG.
- Si, H., & Midorikawa, S. 1999. New Attenuation Relationships for Peak Ground Acceleration and Velocity Considering Effects of Fault Type and Site

- Condition. *Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ)*, 64(523), 63-70.
- Sieh, K., & Natawidjaja, D. 2000. Neotectonics of the Sumatran Fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B12), 28295-28326.
- Sunarjo., Gunawan, M. T., & Pribadi, S. 2010. *Gempabumi Edisi Populer*. BMKG.
- Triyono, R. 2015. *Ancaman Gempabumi di Sumatera Tidak Hanya Bersumber Dari Mentawai Megathrust*. BMKG.
- Triyono, R. 2019. *Katalog Gempabumi Signifikan Dan Merusak Tahun 1821-2018*. Pusat Gempabumi dan Tsunami Kedeputian Bidang Geofisika Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. ISBN : 2477-0582
- Widiyantoro, S., & Fauzi. 2015. Note on Seismicity of the Bali Convergent Region In the Eastern Sunda Arc-Indonesia. *Australian Journal of Earth Sciences*, 52, 379-383.