

**ANALISA KOMPARATIF PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM AKIBAT
GEMPABUMI M6.3 DI SELAT MENTAWAI BERDASARKAN RUMUSAN
EMPIRIS *GROUND MOTION PREDICTION EQUATION* (GMPE)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang*



FITRI ANGGRIANI

NIM. 57524

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

SKRIPSI

Judul : Analisa Komparatif Percepatan Tanah Maksimum Akibat
Gempabumi M6.3 di Selat Mentawai Berdasarkan Rumusan
Empiris Ground Motion Prediction Equation (GMPE)

Nama : Fitri Anggriani

NIM : 57524/2010

Program Studi : Fisika

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2018

Disetujui oleh:

Pembimbing I



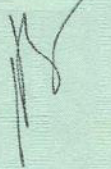
Drs. Akmam, M.Si
NIP. 19630526 198703 1 003

Pembimbing II



Syafriani, M.Si., Ph.D
NIP. 19740305 199802 2 001

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 19690120 199303 2 002

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Fitri Anggriani

NIM : 57524/2010

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan Tim Penguji
Program Studi Fisika Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang
dengan judul

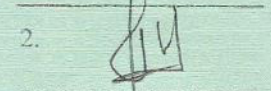
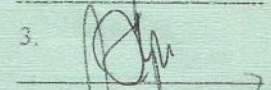
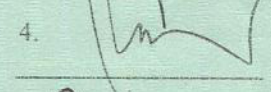
Analisa Komparatif Percepatan Tanah Maksimum Akibat Gempabumi M6.3 di
Selat Mentawai Berdasarkan Rumusan Empiris Ground Motion Prediction
Equation (GMPE)

Padang, Februari 2018

Tim Penguji

1. Ketua : Drs. Akmam, S.Si, M.Si
2. Sekretaris : Syafriani, M.Si., Ph.D
3. Anggota : Dra. Hj. Hidayati, M.Si
4. Anggota : Harman Amir, S.Si., M.Si
5. Anggota : Andiyansyah Z. Sabarani, M.Si., M.DM

Tanda Tangan

1. 
2. 
3. 
4. 
5. 

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul "*Analisa Komparatif Percepatan Tanah Maksimum Akibat Gempabumi M6.3 di Selat Mentawai Berdasarkan Rumusan Empiris Ground Motion Prediction Equation (GMPE)*", adalah asli karya saya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing;
3. Di dalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau di publikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan di cantumkan pada kepustakaan;
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, Februari 2018

Yang membuat pernyataan



Rini Anggriani

NIM 57524

ABSTRAK

Fitri Anggriani. 2018. “Analisa Komparatif Percepatan Tanah Maksimum Akibat Gempabumi M6.3 Di Selat Mentawai Berdasarkan Rumusan Empiris *Ground Motion Prediction Equation (GMPE)*”

Intensitas gempabumi di Selat Mentawai tanggal 1 September 2017 M6.3 dengan episenter 1.24° LS dan 99.75° BT pada kedalaman 58 km tercatat oleh jaringan Seismometer dan Akselerograf Stasiun BMKG Padang Panjang. Dimana Pergerakan tanah akibat gempabumi dapat ditentukan melalui analisa hasil Seismometer dan Akselerometer. perhitungan percepatan tanah maksimum wilayah Indonesia juga dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan empiris dari *Ground Motion Prediction Equation (GMPE)*, namun Sumatera Barat memiliki persamaan empiris tersendiri yang bisa di aplikasikan untuk kondisi setempat. Untuk itu perlu dilakukan penelitian yang bertujuan menentukan perbandingan peta sebaran nilai percepatan tanah maksimum.

Telah dilakukan perhitungan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) akibat gempabumi 1 September 2017. Penelitian ini berupa penelitian deskriptif, dimana terdapat variabel terikat yang dipengaruhi oleh variable lain. Data yang digunakan data parameter gempabumi tanggal 1 September 2017 di Selat Mentawai yang tercatat di stasiun Geofisika Padang Panjang yang kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan beberapa rumusan empiris seperti *McGuire*, *Donovan*, *Si and Midorikawa* dan *Wu et al* untuk tiap kabupaten dan kota di wilayah Sumatera Barat. Hasil perhitungan nilai PGA tersebut dibandingkan dengan sebaran nilai PGA di tiap kabupaten dan kota di wilayah Sumatera Barat yang dihasilkan oleh jaringan akselerograf yang dimiliki BMKG dalam bentuk peta guncangan (*shakemap*).

Berdasarkan hasil penelitian terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara hasil perhitungan nilai PGA yang menggunakan rumusan empiris dengan hasil pencatatan jaringan akselerograf BMKG Padang Panjang. Berdasarkan nilai PGA yang terekam oleh alat, terdapat anomali nilai PGA di beberapa sensor akselerograf seperti di PDSI dan PAPA yang mencatatkan nilai PGA pada stasiun tersebut berturut-turut sebesar 14,35 %g dan 5,07 %g. Namun demikian, anomali ini tidak mempengaruhi hasil perhitungan nilai PGA pada peta guncangan (*shakemap*). Hasil perhitungan rumusan emppiris *Si and Midorikawa* ternyata memiliki nilai PGA yang relatif lebih dekat dengan hasil rekaman alat.

Kata Kunci : Gempabumi, percepatan tanah maksimum, PGA, intensitas,

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis diberi kesempatan, kekuatan dan kemampuan untuk dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **Analisa Komparatif Nilai Percepatan Tanah Maksimum Akibat Gempabumi M6.3 Di Selat Mentawai Berdasarkan Rumusan Empiris *Ground Motion Prediction Equation* (GMPE).**

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Drs. Akmam, M.Si sebagai Pembimbing I.
2. Ibu Syafriani, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing II dan Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang.
3. Ibu Dra.Hidayati, M.Si selaku Penasehat Akademis dan anggota Tim Penguji, Bapak Harman Amir S.Si, M.Si dan Bapak Andiyansyah Z. Sabarani S.Si,Dipl.Seis, MDM selaku anggota tim penguji.
4. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Yohandri, M.Si, Ph,D sebagai sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.

6. Bapak Rahmat Triyono, S.T, Dipl.Seis, M.Sc., selaku Kepala Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang yang telah memberikan kesempatan penulis untuk menyelesaikan studi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang.
7. Bapak Mamuri, S.Si.,M.TI selaku Kepala Seksi Data dan Informasi Stasiun Geofisika Padang Panjang yang telah memberikan dorongan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Bapak dan Ibu staf pengajar serta staf administrasi dan Laboran Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
9. Bapak dan Ibu rekan sejawat di Stasiun Geofisika Padang Panjang yang telah memberikan semangat kepada Penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
10. Kedua orangtua, Suamiku Herman Pelani dan seluruh keluarga yang selalu memberikan semangat, mendukung Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Serta seluruh pihak yang telah berkontribusi dan telah membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Demi kesempurnaan Skripsi ini, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penulis sendiri. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.

Padang, Februari 2018

Fitri Anggriani

DAFTAR ISI

	Hal.
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	7
G. Definisi Istilah.....	7
BAB II. KAJIAN PUSTAKA	
A. Gempabumi.....	9
B. Pergerakan Tanah Kuat (Strong Ground Motion)	21
C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Nilai Pergerakan Tanah Kuat (<i>Strong Gound Motion</i>).....	22
D. Peta Guncangan Gempabumi (<i>Shakemap</i>)	24
E. Rumusan Empiris Percepatan Tanah Maksimum (<i>Ground Motion Prediction Equation</i>)	26

F. Penelitian-Penelitian Relevan	30
G. Kerangka Berpikir.....	33
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	35
B. Variabel Penelitian	35
C. Data Penelitian	35
D. Teknik Pengumpulan Data	36
E. Teknik Pengolahan data.....	37
F. Teknik Analisis Data	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil	39
B. Pembahasan	46
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	50
B. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 1	Deskripsi getaran gempa dalam skala MMI..... 19
Tabel 2	Skala SIG-BMKG..... 20
Tabel 3	Lokasi Jaringan Akselerograf yang digunakan dalam penelitian..... 36
Tabel 4	Hasil perhitungan nilai PGA dan 3 detik Pseudo Spectral Acceleration (PSA) dalam satuan %g yang terekam di tiap stasiun jaringan akselerograf yang ada di Sumatera Barat dan sekitarnya 43

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 1 Deskripsi episenter dan hiposenter gempabumi	13
Gambar 2 Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai pergerakan tanah kuat	23
Gambar 3 Peta guncangan akibat gempabumi.....	25
Gambar 4 Kerangka berfikir penelitian yang dilakukan	33
Gambar 5 Peta sebaran nilai percepatan tanah maksimum	41
Gambar 6 Perbandingan perhitungan nilai PGA berdasarkan rumusan empiris yang digunakan	41
Gambar 7 Peta sebaran nilai PGA dan nilai intensitas guncangan gempabumi .	42
Gambar 8 Perbandingan hasil perhitungan PGA antara rekaman alat dengan hasil perhitungan rumusan empiris	44
Gambar 9 Perbandingan Hasil Perhitungan PGA antara Rekaman Alat dengan Hasil Perhitungan Rumusan Empiris dengan Saringan Nilai PGA Alat Maksimum Sebesar 0.15 %g	45

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal.
Lampiran 1 Berita Gempabumi 1 Sept 2017	54
Lampiran 2 Titik Acuan Lokasi kab/Kota Di Sumbar	55
Lampiran 3 Lokasi Jaringan Accelerograph Di Sumbar	56
Lampiran 4 Tabel hasil Komparasi	57

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Gempabumi merupakan fenomena alam akibat pelepasan energi akibat pergerakan lempeng yang getarannya dirasakan hingga permukaan tanah. Pelepasan energi ini terjadi dikarenakan lapisan kerak bumi sudah tidak lagi mampu menahan energi tekanan dan tarikan dari arus konveksi yang bersumber dari mantel luar bumi. Energi yang dilepaskan merupakan energi seismik yang menjalar ke segala arah hingga ke permukaan bumi. Energi seismik ini terjadi akibat adanya pergerakan lapisan kerak bumi. Energi ini juga bisa menimbulkan terbentuknya daerah perbukitan dan pegunungan akibat dari pergerakan lempeng tektonik yang saling bertumbukan.

Besarnya kuat guncangan atau getaran akan dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya adalah besarnya energi yang dilepaskan, kedalaman dan jarak dari episenter gempa. Selain itu, kuat getar atau guncangan juga disebabkan oleh kondisi batuan setempat, di mana pada batuan lunak, energi gempabumi dapat mengalami amplifikasi atau penguatan energi gempabumi sebagai akibat porositas batuan yang besar atau memiliki densitas batuan yang rendah. Berbeda pada batuan dengan densitas tinggi atau memiliki porositas yang kecil, maka tidak terjadi proses penguatan energi gelombang gempabumi pada daerah tersebut.

Energi gelombang gempabumi yang mencapai wilayah tertentu akan menghasilkan nilai percepatan tanah maksimum di wilayah tersebut. Besarnya percepatan tanah maksimum tergantung kuat dan durasi gempabumi. Kramer (1996) mengemukakan bahwa kekuatan dan lamanya durasi guncangan yang bergantung pada ukuran dan lokasi sumber gempabumi serta karakteristik dari lokasi setempat (*site*). Kekuatan dan durasi gempabumi dapat dilihat dari rekaman percepatan tanah maksimum.

Percepatan getaran tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah percepatan getaran tanah maksimum yang terjadi pada suatu tempat yang dipengaruhi oleh besarnya magnitudo gempa, jarak hiposenter, dan kondisi geologis setempat (Kirbani, 2012). Percepatan getaran tanah dapat diukur secara langsung dengan menggunakan *accelerometer* atau *intensitymeter* yang dipasang pada suatu tempat, maupun secara tidak langsung menggunakan pendekatan prediksi dengan menggunakan rumusan empiris atau *Ground Motion Prediction Equation* (GMPE). Secara global, GMPE terus mengalami perkembangan di berbagai negara. Para peneliti melakukan studi estimasi nilai percepatan tanah maksimum PGA menggunakan berbagai model empiris yang dikembangkan di berbagai negara berdasarkan rekaman pergerakan tanah akibat gempabumi dengan menggunakan suatu model empiris.

Beberapa lokasi yang sering terjadi gempabumi seperti Jepang, Meksiko, California, Amerika bagian selatan telah memiliki model empiris percepatan tanah maksimum yang sesuai dengan kondisi wilayahnya. Namun beberapa

negara termasuk Indonesia belum memiliki model empiris percepatan tanah maksimum yang sesuai dengan karakteristik wilayahnya. Hal ini disebabkan oleh minimnya rekaman pergerakan tanah yang dimiliki dari beberapa tahun sebelumnya. BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) sampai saat ini masih merintis pembuatan dan pengembangan model empiris untuk Indonesia (Rusdyanto, 2013). Hal ini merupakan tantangan tersendiri bagi penelitian Geofisika.

Walaupun Indonesia belum memiliki rumusan empiris tersendiri, ada banyak peneliti yang telah melakukan studi mengenai PGA dengan menggunakan berbagai model empiris dari negara lain yang memiliki kondisi wilayah yang hampir sama dengan Indonesia seperti model empiris *McGuire* (1963), *Donovan* (1973), *Si and Midorikawa* (1999), *Wu et al* (2006) dan sebagainya. Sehingga muncul berbagai estimasi nilai PGA berdasarkan model empiris yang dianggap sesuai untuk daerah studi. Keempat rumusan di atas memiliki latar belakang data yang berbeda-beda di mana pada rumusan empiris *Si and Midorokawa* mengambil data gempabumi tektonik wilayah subduksi di Jepang yang memiliki kemiripan dengan kondisi tektonik wilayah Sumatera Barat. Rumusan empiris *McGuire* dan *Donovan* menggunakan data gempabumi di daerah sesar mendatar *San Andreas* di California, sementara *Wu et al* menggunakan data dari gempa-gempa di wilayah Taiwan.

Perhitungan secara empiris percepatan tanah maksimum merupakan salah satu alternatif untuk mengetahui tingkat bahaya guncangan gempabumi pada

suatu lokasi. Beberapa dekade terakhir banyak terjadi gempa-gempa besar, sehingga dibutuhkan perhitungan nilai percepatan tanah maksimum (PGA). PGA berguna untuk mengetahui tingkat guncangan akibat gempabumi yang berpotensi menimbulkan kerusakan di daerah yang dekat dengan sumber gempabumi.

Tanggal 1 September 2017, tepatnya pada pukul 00:06:57 WIB gempabumi kembali mengguncang wilayah Sumatera Barat pada lokasi 1.24° LS dan 99.75° BT dengan M6.3 pada kedalaman 58 km, di mana pusat gempa berada di sekitar 72 km Timur laut Muara Siberut di Kabupaten Kepulauan Mentawai. Hasil *monitoring* yang dilakukan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika menyebutkan bahwa gempabumi tersebut dirasakan dengan intensitas maksimum sekitar IV MMI di wilayah Padang dengan nilai PGA sekitar 2.8 % gal. Nilai ini didasarkan dari hasil sistem *monitoring* yang dimiliki oleh BMKG dengan menggunakan persamaan *Worden et.al* (2011).

Berdasarkan uraian di atas, penulis ingin membandingkan nilai PGA akibat gempabumi tersebut dari hasil observasi di BMKG Padang Panjang dengan hasil perhitungan menggunakan beberapa rumusan empiris dari *Mc.Guire* (1963), *Donovan* (1973), *Si and Midorikawa* (1999) dan *Wu et al* (2006) dengan judul “*Analisa Komparatif Percepatan Tanah Maksimum Akibat Gempabumi M6.3 Di Selat Mentawai Berdasarkan Rumusan Empiris Ground Motion Prediction Equation (GMPE)*”.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Sumatera Barat merupakan wilayah yang memiliki tingkat kerawanan gempabumi yang cukup tinggi dan berpotensi mengakibatkan guncangan yang cukup signifikan.
2. Wilayah Indonesia, khususnya Sumatera Barat belum memiliki persamaan empiris tersendiri dalam menggambarkan nilai percepatan tanah maksimum sesuai dengan kondisi geologi setempat.
3. Belum adanya analisa komparatif nilai percepatan tanah maksimum akibat guncangan gempabumi yang terjadi di wilayah Sumatera barat.

C. Batasan Masalah

Penulisan penelitian ini difokuskan pada perhitungan nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan GMPE yang akan dibandingkan dengan hasil observasi di BMKG Padang Panjang dengan batasan masalah sebagai berikut:

1. Data parameter gempabumi yang digunakan merupakan data yang tercatat di Stasiun Geofisika Padang Panjang pada tanggal 1 September 2017 dengan episenter gempabumi 1.24^0 LS dan 99.75^0 BT dengan M6.3 pada kedalaman 58 km.
2. Sebaran nilai percepatan tanah maksimum di tiap Kabupaten/Kota di wilayah Sumatera Barat berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan rumusan empiris GMPE dan hasil observasi BMKG.

3. Rumusan empiris GMPE yang digunakan adalah rumusan *McGuire* (1963), *Donovan* (1973), *Si* dan *Midorikawa* (1999), *Wu et al* (2006).
4. Perhitungan nilai percepatan tanah maksimum yang diperoleh akan dibandingkan dengan hasil observasi nilai PGA pada jaringan akselerograf BMKG yang berada di wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya.

D. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana sebaran nilai percepatan tanah maksimum akibat gempabumi tanggal 1 September 2017 di Selat Mentawai di tiap Kabupaten/Kota di wilayah Sumatera Barat berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan beberapa rumusan GMPE?
2. Bagaimana komparasi peta sebaran nilai percepatan tanah maksimum di tiap Kabupaten/Kota di wilayah Sumatera Barat akibat gempabumi tanggal 1 September 2017 di Selat Mentawai berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan beberapa rumusan GMPE dengan hasil observasi di BMKG Padang Panjang?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan Penulis melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan sebaran nilai percepatan tanah maksimum akibat guncangan gempabumi tanggal 1 September 2017 di Selat Mentawai berdasarkan rumusan beberapa rumusan empiris.

2. Menentukan perbandingan peta sebaran nilai percepatan tanah maksimum akibat gempabumi tanggal 1 September 2017 di Selat Mentawai berdasarkan beberapa rumusan empiris GMPE dengan hasil observasi di BMKG Padang Panjang.

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Mendapatkan gambaran perbandingan sebaran nilai percepatan tanah maksimum akibat gempabumi tanggal 1 September 2017 di Selat Mentawai berdasarkan rumusan beberapa rumusan empiris GMPE dengan hasil observasi di BMKG Padang Panjang.
2. Memberikan informasi secara kuantitatif dan gambaran secara visual tentang perbandingan nilai percepatan getaran tanah maksimum akibat gempabumi tanggal 1 September 2017 di Selat Mentawai di tiap Kabupaten/Kota Sumatera Barat berdasarkan rumusan beberapa rumusan empiris GMPE dengan hasil observasi di BMKG Padang Panjang.

G. Definisi Istilah

Berikut merupakan daftar istilah yang digunakan dalam penelitian yaitu:

1. Gempabumi merupakan peristiwa bergetarnya atau berguncangnya tanah dipermukaan bumi karena adanya pergerakan lapisan batuan yang terjadi secara tiba-tiba karena adanya pergerakan lempeng-lempeng bumi.

2. Percepatan tanah maksimum (PGA) adalah nilai percepatan getaran tanah terbesar yang terjadi disuatu wilayah sebagai akibat dari guncangan gempabumi.
3. Instensitas getaran didefinisikan sebagai tingkat goncangan yang dirasakan atau tingkat kerusakan disuatu tempat akibat gempabumi yang diukur berdasarkan kerusakan yang terjadi.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Gempabumi

Gempabumi merupakan guncangan atau getaran di permukaan tanah yang diakibatkan oleh pelepasan energi seismik secara tiba-tiba sebagai akibat dari ketidakmampuan lapisan kerak bumi dalam menahan akumulasi energi. Akumulasi energi ini berupa tekanan dan tarikan yang berasal dari pergerakan lempeng. Energi seismik menjalar ke segala arah hingga ke permukaan tanah dan dirasakan oleh manusia dalam bentuk guncangan atau getaran tanah. Besarnya getaran yang dihasilkan beragam bergantung pada faktor magnitudo gempabumi, jarak hiposenter, kedalaman pusat gempabumi dan kondisi geologi setempat. Adakalanya kejadian gempabumi ada yang tidak dirasakan oleh manusia namun tercatat oleh alat yang bernama seismometer.

Energi seismik yang menjalar ke segala arah pada lapisan bumi merupakan gelombang seismik yang terdiri dari:

1. Gelombang badan, yaitu gelombang yang menjalar pada lapisan bagian dalam bumi yang menjalar ke segala arah pada bagian dalam bumi. Gelombang badan terdiri dari dua jenis gelombang, yaitu: gelombang primer (gelombang P) dengan kecepatan gelombang sekira 4 km/s – 8 km/s dan gelombang sekunder (gelombang S) dengan kecepatan sekira 2,5 km/s – 4 km/s.
2. Gelombang permukaan (*Surface wave*), yaitu gelombang yang merambat di permukaan bumi dan memiliki efek signifikan yang dapat menghancurkan

bangunan dibandingkan dengan gelombang badan. Gelombang permukaan terdiri dari dua gelombang, yaitu: gelombang *Love* dan gelombang *Rayleigh*.

Menurut Ibrahim dan Subarjo (2004), gempabumi yang merupakan fenomena alam yang bersifat merusak dan menimbulkan bencana dapat digolongkan menjadi empat jenis, yaitu:

1. Gempabumi vulkanik (gunung api)

Gempabumi ini terjadi akibat adanya aktivitas magma, yang biasa terjadi sebelum gunung api meletus. Apabila keaktifannya semakin tinggi maka akan menyebabkan timbulnya ledakan yang juga akan menimbulkan terjadinya gempabumi. Gempabumi vulkanik hanya terasa di sekitar gunung api tersebut.

2. Gempabumi tektonik

Gempabumi ini disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik, yaitu pergeseran lempeng-lempeng tektonik secara mendadak yang mempunyai kekuatan dari yang sangat kecil hingga yang sangat besar. Gempabumi ini banyak menimbulkan kerusakan atau bencana alam di bumi. Getaran gempabumi yang kuat mampu menjalar ke seluruh bagian bumi.

3. Gempabumi runtuh

Gempabumi ini biasanya terjadi pada daerah kapur ataupun daerah pertambangan. Biasanya terowongan bekas tambang dalam tanah yang sudah lama ditinggalkan. Gempabumi ini jarang terjadi dan bersifat lokal. gempabumi jenis ini juga jarang menyebabkan kerusakan yang parah.

4. Gempabumi buatan

Gempabumi buatan adalah gempabumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti peledakan dinamit, nuklir atau palu yang dipukulkan ke permukaan bumi. Setiap kejadian gempabumi akan menghasilkan informasi seismik berupa rekaman sinyal berbentuk gelombang (Ibrahim dan Subardjo, 2004). Dari gelombang tersebut selanjutnya akan didapatkan parameter gempabumi, yang meliputi :

1. Waktu Kejadian Gempabumi (*Origin time*)

Waktu kejadian merupakan informasi yang berhubungan dengan saat atau waktu kejadian gempabumi terjadi. Waktu kejadian gempabumi digambarkan sebagai estimasi waktu ketika energi seismik terlepas secara tiba-tiba. Energi lepas tiba-tiba akibat ketidakmampuan batuan kerak bumi dalam menahan akumulasi energi tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) seismik dari inti bumi. Pelepasan energi seismik ini tercatat oleh alat seismometer dalam bentuk gelombang seismik yang dinyatakan dalam satuan waktu tahun, bulan, tanggal, jam, menit dan detik. Untuk menyamakan satuan waktu ini secara internasional, maka disepakatilah penggunaan waktu kejadian gempabumi berdasarkan satuan UTC (*Universal Time Coordinate*) atau GMT (*Greenwich Meridian Time*). Waktu kejadian gempa atau *origin time* didapat dari persamaan berikut:

$$OT=RP-(P-H) \quad (1)$$

Dimana OT adalah waktu terjadinya gempa bumi, RP adalah pembacaan waktu gelombang P yang tiba pada stasiun pengamat dan $P-H$ adalah nilai *Jeffreys-Bullent*.

2. Episenter

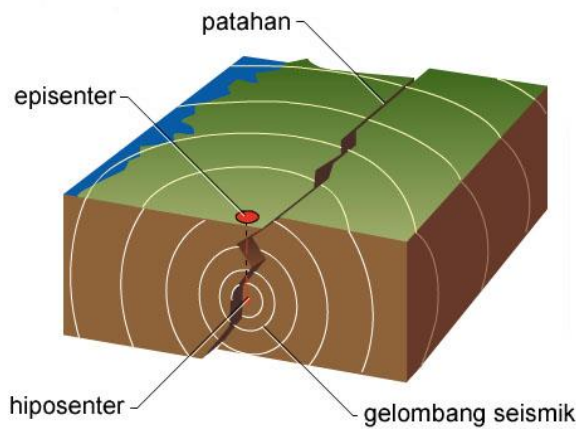
Episenter atau disebut dengan lokasi atau pusat gempa bumi, merupakan proyeksi tegak lurus dari bidang yang mengalami patahan akibat gempa bumi atau hiposenter di permukaan tanah. Jarak episenter gempa bumi didapat dengan cara menghitung selisih waktu gelombang S dengan gelombang P ($S-P$). Lokasi episenter dinyatakan dalam koordinat geografis (derajat lintang dan bujur). Letak titik episenter ditentukan menggunakan persamaan :

$$L_{episenter} = \left(\frac{i(N/S)}{i} \right) (\Delta^\circ) (L_{stasiun}) \quad \text{untuk lintang} \quad (2)$$

$$B_{episenter} = \left(\frac{i(E/W)}{i} \right) (\Delta^\circ) (B_{stasiun}) \quad \text{untuk bujur} \quad (3)$$

Di mana episenter L adalah titik lintang episenter, episenter B adalah bujur episenter, $(N/S)i$ adalah setengah amplitudo gelombang pertama dari gelombang P pada komponen utara atau selatan, $(E/W) i$ adalah setengah amplitudo gelombang pertama dari gelombang P pada komponen timur atau barat, Δ° adalah derajat yang ditentukan dari nilai *Jeffreys-Bullen*, stasiun L adalah titik lintang stasiun, stasiun B adalah titik bujur stasiun, sedangkan i (resultan impuls) didapat dari persamaan :

$$i = \sqrt{i_{(N/S)}^2 + i_{(E/W)}^2} \quad (4)$$



Gambar 1. Deskripsi Episenter dan Hiposenter Gempabumi (Edwiza, 2008)

Episenter gempabumi merupakan posisi lintang dan bujur yang berada di permukaan bumi dan merupakan refleksi tegak lurus dari hiposenter (focus gempabumi).

3. Kedalaman Gempabumi (Hiposenter)

Kedalaman gempabumi sering disebut juga sebagai hiposenter. Penentuan kedalaman sumber gempabumi dari permukaan bumi ditentukan dari pembacaan pias seismograf atau seismogram setengah amplitudo maksimum dari gelombang P pada komponen vertikal. Untuk menentukan kedalaman gempa dipakai persamaan:

$$H = i - i_{(vertikal)} \quad (5)$$

Di mana H adalah kedalaman gempabumi (dalam derajat), i didapat dari persamaan (4) dan $i_{(vertikal)}$ adalah setengah amplitudo gelombang pertama dari gelombang P pada komponen vertikal. Hiposenter dinyatakan sebagai jarak kedalaman dalam satuan kilometer ($1^\circ = 111 \text{ km}$). Berdasarkan kedalamannya Ibrahim dan Subarjo (2004), membagi gempabumi sebagai berikut:

- a. Gempabumi dangkal ($h < 60 \text{ km}$), yaitu gempabumi yang memiliki kedalaman kurang dari 60 km;
- b. Gempabumi menengah ($61 < h < 300 \text{ km}$), yaitu gempabumi yang memiliki kedalaman antara 61 km sampai dengan 300 km;
- c. Gempabumi dalam ($h \geq 300 \text{ km}$), yaitu gempabumi yang memiliki kedalaman lebih dari 300 km.

4. Magnitudo Gempabumi

Magnitudo gempabumi merupakan parameter gempabumi yang berhubungan dengan besarnya kekuatan gempabumi pada sumbernya (Borman, 2002). Pada tahun 1935 Charles F. Richter memperkenalkan konsep magnitudo untuk menggambarkan kekuatan gempabumi di sumbernya. Untuk gempabumi lokal di California dengan alat *Standart Wood Anderson* yang memperhitungkan nilai pergerakan tanah yang terletak pada jarak tertentu pada pusat gempabumi (Edwiza, 2008). Satuan yang dipakai adalah skala *Richter*. Satuan magnitudo gempabumi merupakan besaran energi bersifat

logaritmik. Hal ini untuk menggambarkan besaran kekuatan gempabumi yang merupakan fungsi logaritmik. Adapun jenis-jenis magnitudo yang dipakai hingga saat ini, adalah:

a. Magnitudo Lokal (Ml)

Magnitudo lokal pertama kali diperkenalkan oleh Richter (1935) berdasarkan pengamatan gempabumi di California Selatan yang direkam menggunakan seismograf *Wood-Anderson*. Secara umum, magnitudo lokal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ml = \log A + 3 \log \Delta - 2.92 \quad (6)$$

di mana Ml adalah Magnitudo lokal, A adalah amplitudo maksimum getaran tanah (μm) dan Δ adalah jarak episenter gempabumi dengan stasiun pengamat (km), di mana $\Delta < 600 \text{ km}$

b. Magnitudo Gelombang Badan (mb)

Magnitudo gelombang badan yaitu satuan besaran magnitudo gempabumi yang diperoleh berdasarkan magnitudo gelombang badan (P atau S), dirumuskan sebagai (Veith dan Clawson, 1972):

$$m_b = \log_{10} \left(\frac{A}{T} \right) + Q(h, \Delta) \quad (7)$$

dengan A adalah amplitudo pergerakan tanah (10^{-6} m), T adalah periode, Q adalah fungsi empiris dari jangkauan, Δ adalah jarak episenter ($^\circ$), dan h adalah kedalaman gempabumi (km).

c. Magnitudo Gelombang Permukaan (M_s)

Magnitudo gelombang permukaan, yaitu satuan besaran magnitudo gempabumi yang diukur berdasarkan amplitudo gelombang permukaan, dirumuskan sebagai berikut (Veith dan Clawson, 1972):

$$M_s = \log_{10} \left(\frac{A}{T} \right) + 1,66 \log_{10} \Delta + 3,3 \quad (8)$$

dengan A adalah pergerakan tanah (10^{-6} m), T adalah periode, dan Δ adalah jarak episenter ($^\circ$).

d. Magnitudo Momen (M_w)

Magnitudo momen merupakan satuan magnitudo gempabumi yang didasarkan pada momen gempabumi dengan pengukuran langsung dari faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya keruntuhan disepanjang patahan. Adapun perumusan magnitudo momen adalah sebagai berikut :

$$M_w = (\log M_o)/1,5 - 10,73 \quad (9)$$

dimana M_w adalah magnitudo yang berkaitan dengan momen seismik (M_o) namun tidak bergantung dari besarnya magnitudo permukaan.

e. Magnitudo Durasi (M_d)

Magnitudo durasi adalah magnitudo gempabumi yang diukur dari durasi lamanya getaran gempabumi terjadi. Jenis magnitudo ini berguna ketika amplitudo getaran gempabumi yang terekam pada seismograf sangat besar, sehingga terjadi yang namanya *off-scale*. Adapun rumusan magnitudo durasi adalah sebagai berikut:

$$Md = a \log \tau + b \Delta + c \quad (10)$$

dimana Md merupakan Magnitudo Durasi, τ adalah durasi getaran (sekon), Δ jarak hiposenter (km) sementara a , b dan c adalah konstanta.

5. Intensitas Gempabumi

Intensitas adalah besaran yang dipakai untuk mengukur skala kuat getar atau guncangan akibat kejadian gempabumi yang tercatat atau dirasakan di permukaan bumi. Penjabaran kualitatif dari efek gempabumi yang tersedia pada rekaman historis gempabumi. Konsep intensitas dapat diaplikasikan untuk mengestimasi lokasi dan kekuatan gempabumi untuk mengembangkan instrumental seismik yang modern (Kramer,1996). Nilai intensitas gempabumi dapat digunakan untuk analisa tingkat periode ulang dari gempabumi di suatu wilayah. Hal ini dilakukan sebagai langkah utama dalam pengurangan resiko bencana akibat bencana gempabumi. Intensitas juga bisa digunakan untuk mengestimasi nilai pergerakan tanah kuat (*strong ground motion*), untuk membandingkan efek gempabumi pada wilayah geografis yang berbeda dan mengestimasi kerugian akibat gempabumi (Kramer,1996).

Perhitungan nilai intensitas dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan observasi secara langsung dan menggunakan peralatan. Nilai intensitas observasi didapatkan dari informasi masyarakat yang merasakan gempabumi yang kemudian disesuaikan dengan tabel intensitas *Modified Mercally Intensity (MMI)*. Nilai intensitas yang menggunakan

peralatan berupa *accelerograph*, didapat dari hasil rekaman intensitas getaran gempa berdasarkan nilai *Peak Ground Acceleration (PGA)* yang dihitung berdasarkan suatu rumusan.

Skala intensitas yang pertama kali digunakan adalah skala intensitas *Rossi-Forel*, yang mempunyai 10 skala. Skala tersebut tidak mendeskripsikan pembagian yang cocok untuk gempabumi signifikan, maka diganti dengan 12 skala. Pada tahun 1931 Wood dan Neumann memperbaiki skala *Mercalli* yang kemudian disebut *Modified Mercally Intensity (MMI)*, pada tahun 1956 skala MMI disempurnakan oleh Richter. Perubahan terakhir dilakukan oleh Medledev, Sponheuer dan Kranik yang dinamakan dengan skala intensitas *MSK*. Jepang menggunakan skala JMA mulai dikembangkan pada tahun 1950 yang mempunyai 7 skala intensitas.

Adapun jenis satuan skala intensitas yang digunakan di Indonesia adalah sebagai berikut:

a. Skala MMI (*Modified Mercally Intensity*)

Skala MMI adalah satuan untuk mengukur dampak kerusakan ataupun guncangan yang diakibatkan oleh gempabumi di suatu wilayah. Skala MMI terdiri dari 12 tingkatan/skala yang didapatkan dari informasi masyarakat yang merasakan guncangan gempabumi. Skala MMI bersifat subjektif, di mana tiap orang akan merasakan besarnya guncangan gempabumi yang berbeda pada kejadian gempabumi yang sama di suatu wilayah yang berdekatan. Sehingga skala MMI menjadi kurang tepat bila

dibandingkan dengan hasil perhitungan nilai magnitudo gempabumi, seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Getaran Gempa dalam Skala MMI (Geomedia, 2016)

Skala MMI	Deskripsi
I	Getaran gempa tidak terasa, hanya dapat dideteksi oleh alat.
II	Dapat dirasakan oleh beberapa orang. Benda-benda yang digantung dapat bergerak
III	Dirasakan lebih keras. Kendaraan atau benda lain yang berhenti dapat bergerak
IV	Dirasakan lebih keras baik didalam bangunan atau diluar. Jendela dan pintu mulai bergetar
V	Dirasakan hampir oleh semua orang. Pigura di dinding mulai berjatuhan, jendela kaca pecah.
VI	Dirasakan oleh semua orang. Orang mulai ketakutan. Kerusakan mulai nampak
VII	Setiap orang mulai lari ke luar. Bisa dirasakan di dalam kendaraan yang bergerak
VIII	Sudah membahayakan bagi setiap orang. Bangunan lunak mulai runtuh.
IX	Mulai dengan kepanikan. Sudah ada kerusakan yang berarti bagi semua bangunan
X	Kepanikan lebih hebat, hanya gedung-gedung kuat dapat bertahan. Terjadi longsor dan rekahan.
XI	Hampir semua bangunan runtuh. Jembatan rusak. Retakan yang lebar di tanah.
XII	Kerusakan total. Gelombang terlihat di tanah. Benda-benda beterbangan.

Tabel 1 merupakan tabel guncangan getaran akibat gempabumi berdasarkan skala MMI yang memiliki 12 tingkatan skala guncangan.

b. Skala Intensitas Gempabumi BMKG (SIG-BMKG)

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika telah berusaha untuk mempermudah masyarakat dalam memahami tingkat guncangan akibat gempabumi dengan membuat Skala Intensitas Gempabumi (SIG-BMKG) untuk wilayah Indonesia. Jenis skala ini diharapkan dapat menggantikan skala intensitas MMI yang sebelumnya banyak diterapkan di Indonesia. Hal

ini dikarenakan skala MMI merupakan parameter dampak gempabumi berdasarkan tipikal bangunan di Amerika dan Eropa, sementara pada skala SIG-BMKG ini didasarkan pada tipikal bangunan yang ada di Indonesia.

SIG-BMKG disusun untuk menyederhanakan skala intensitas MMI yang terdiri atas skala I-XII di mana SIG-BMKG hanya memiliki lima tingkatan yaitu I-V yang ditunjukkan pada Tabel 2. Pengelompokan nilai PGA (*Peak Ground Acceleration*) terhadap tingkatan intensitas didasarkan pada referensi *Wald et al.* (1999b) dan *Worden et al.* (2012). Skala ini diharapkan dapat bermanfaat dalam penyampaian informasi terkait mitigasi bencana gempabumi.

Tabel 2. Tabel Skala SIG-BMKG beserta Nilai PGA dan Perbandingan dengan Nilai Skala Getaran Skala MMI (Geomagz, 2016)

Skala SIG BMKG	Warna	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci	Skala MMI	PGA (gal)
I	Putih	TIDAK DIRASAKAN (Not Felt)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.	I-II	< 2.9
II	Hijau	DIRASAKAN (Felt)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.	III-V	2.9-88
III	Kuning	KERUSAKAN RINGAN (Slight Damage)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, genteng bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.	VI	89-167
IV	Jingga	KERUSAKAN SEDANG (Moderate Damage)	Banyak Retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar genteng bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.	VII-VIII	168-564
V	Merah	KERUSAKAN BERAT (Heavy Damage)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.	IX-XII	> 564

Tabel 2 merupakan tingkatan guncangan gempabumi pada skala SIG-BMKG yang lebih memudahkan pemahaman masyarakat terhadap dampak getaran gempabumi. Baris warna merepresentasikan skala SIG-BMKG beserta nilai skala MMI dan PGA akibat guncangan gempabumi yang tercatat di suatu wilayah.

B. Pergerakan Tanah Kuat (*Strong Ground Motion*)

Studi pergerakan tanah akibat gempabumi, terdapat beberapa variabel yang diperhitungkan, yaitu:

1. Percepatan Tanah Maksimum (*Peak Ground Acceleration*) atau disebut PGA, yaitu nilai percepatan tanah terbesar pada permukaan yang pernah terjadi di suatu wilayah dalam periode waktu tertentu akibat getaran gempabumi (Boatwright, et al., 2001). Nilai percepatan tanah maksimum yang tinggi biasanya, tapi tidak selalu bersifat lebih signifikan dibandingkan dengan nilai percepatan tanah minimum. Kerusakan yang ditunjukkan oleh intensitas dapat dihubungkan dengan percepatan tanah akibat gempabumi.
2. Kecepatan Tanah Maksimum (*Peak Ground Velocity*), merupakan parameter analisis getaran tanah yang digunakan untuk mengkarakteristikkan amplitudo gerakan tanah kuat pada frekuensi menengah akibat gempabumi. PGV juga merupakan salah satu parameter gempabumi yang dianggap sebagai parameter yang menyebabkan kerusakan pada bangunan dibandingkan dengan parameter

gerakan tanah lainnya. PGV juga lebih sensitif pada getaran tanah dengan periode panjang dibandingkan dengan PGA .

3. Simpangan Tanah Maksimum (*Peak Ground Displacement*), merupakan salah satu parameter dari getaran tanah yang berhubungan dengan frekuensi paling rendah. PGD ini sangat sensitif pada filter frekuensi tinggi (*high-pass*) yang biasanya digunakan dalam setiap perekaman data. Nilai dari PGD ini bisa didapatkan dari integrasi nilai PGA dan PGV. Namun nilai PGD ini tidak disarankan untuk digunakan, karena nilainya bersifat tidak riil didapat dari alat perekam, melainkan nilai integrasi dari PGA dan PGV .

PGA, PGV dan PGD merupakan variabel penting dalam melakukan kegiatan pengurangan risiko bencana, terutama yang terkait dengan bangunan dan infrastruktur lainnya seperti jalan, jembatan dan waduk pada daerah yang punya potensi bencana gempabumi.

C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Nilai Pergerakan Tanah Kuat (*Strong Ground Motion*)

Nilai pergerakan tanah kuat (*strong ground motion*) di suatu wilayah akibat gempabumi memiliki nilai yang beragam disebabkan oleh beberapa faktor. Gambar 2 menerangkan proses penjalaran gelombang gempabumi hingga permukaan tanah dengan respon getaran yang beragam sesuai dengan jenis lapisan yang berbeda-beda. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai pergerakan tanah kuat seperti ilustrasi gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Nilai Pergerakan Tanah Kuat (Irsyam, dkk, 2016)

1. Efek dari sumber (*Source Effect*) yaitu efek yang disebabkan oleh:
 - a. Magnitudo gempabumi; semakin besar magnitudo gempa yang dihasilkan maka akan semakin kuat getaran dan pergerakan tanah yang ditimbulkan.
 - b. Arah pergerakan patahan (*directivity*); apabila letak suatu daerah searah dengan arah pergerakan patahan akibat gempabumi, maka semakin besar guncangan atau getaran yang dirasakan, begitu juga sebaliknya.
 - c. Kedalaman gempabumi; semakin dalam kedalaman gempabumi, maka semakin kecil energi yang akan sampai ke permukaan bumi, akibat semakin banyaknya medium lapisan bumi yang harus dilalui yang menimbulkan adanya pelemahan energi gempabumi tiba di permukaan bumi.
2. Efek jarak penjalaran gelombang; semakin jauh jarak suatu wilayah terhadap episenter gempabumi, maka akan semakin kecil energi gempabumi yang tiba di wilayah tersebut. Hal ini disebabkan kemungkinan adanya atenuasi

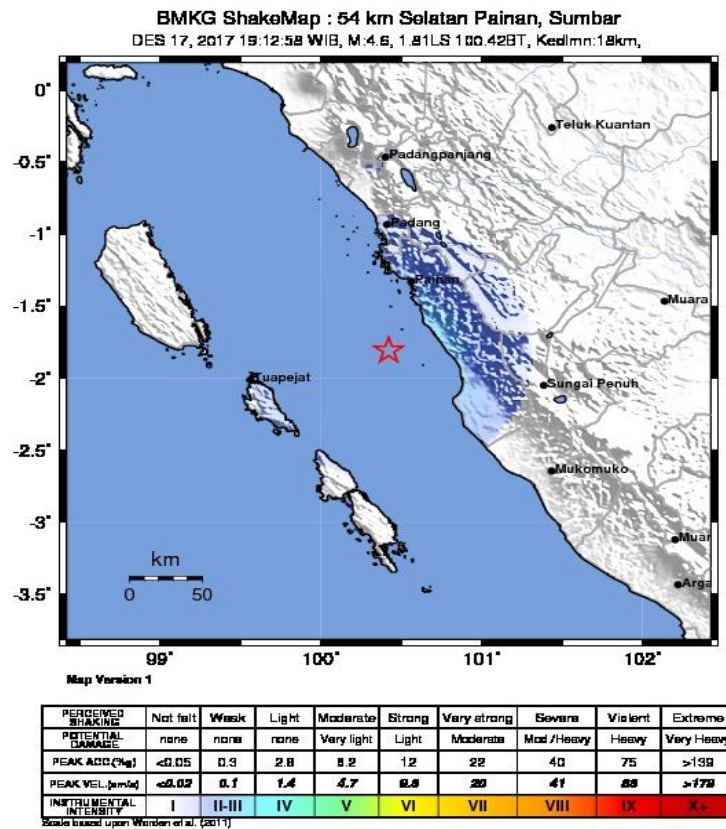
gelombang gempabumi seiring jarak tempuh gelombang yang melalui beragam jenis lapisan batuan.

3. Efek kondisi lokal setempat; kondisi batuan di suatu wilayah yang dilalui oleh energi gempabumi akan ikut menentukan kuat getar atau pergerakan tanah kuat dari suatu wilayah. Apabila wilayah tersebut jenis batuan lunak seperti tanah lempung atau pasir, maka bisa dimungkinkan terjadinya amplifikasi atau penguatan energi gelombang akibat adanya akumulasi energi gelombang dari berbagai arah yang bergerak sangat lambat pada wilayah tersebut.

Faktor-faktor tersebut berperan penting dalam menentukan perhitungan nilai PGA, PGV dan PGD di suatu daerah terdampak akibat guncangan gempabumi.

D. Peta Guncangan Gempabumi (*Shakemap*)

Peta guncangan diperoleh berdasarkan hasil pencatatan dan perhitungan percepatan tanah akibat gempabumi. Hasil nilai percepatan tanah ini kemudian dikonversi ke dalam nilai intensitas. Peta guncangan juga dapat diperoleh dari hasil pencatatan dan perhitungan alat *intensitymeter*. Peta guncangan ini bermanfaat dalam memberikan informasi tindakan prioritas pada saat terjadinya gempabumi signifikan, sehingga bantuan yang bersifat darurat bisa segera diberikan guna mengurangi dampak resiko bencana gempabumi. Peta guncangan bermanfaat dalam memberikan informasi sebaran nilai percepatan tanah di suatu wilayah yang rentan terhadap bencana gempabumi.



Gambar 3. Peta Guncangan Akibat Gempabumi (BMKG, 2017)

Gambar 3 merupakan peta guncangan sebaran intensitas gempabumi yang terekam oleh jaringan akselerograf yang dimiliki pada gempa tanggal 17 Desember 2017 di Painan, Sumatera Barat. Hasil perhitungan nilai PGA dan intensitas getaran gempabumi berdasarkan rekaman gelombang gempabumi yang tercatat pada akselerograf yang dimiliki oleh BMKG.

E. Rumusan Empiris Percepatan Tanah Maksimum (*Ground Motion Prediction Equation*)

Para ahli di dunia banyak melakukan penelitian perhitungan percepatan tanah maksimum akibat guncangan gempabumi sehingga menghasilkan rumusan-rumusan empiris. Rumusan-rumusan empiris ini digunakan untuk melakukan pendekatan terhadap hasil nilai percepatan tanah maksimum. Kumpulan Persamaan Prediksi Nilai Percepatan Tanah atau *Ground Motion Prediction Equation* (GMPE) ini digunakan untuk melakukan estimasi nilai percepatan tanah maksimum yang bisa terjadi di suatu wilayah yang rawan terhadap guncangan gempabumi. Hal ini berguna untuk melakukan tindakan mitigasi dan pengurangan resiko bencana gempabumi.

Douglas, J (2017) menjelaskan bahwa GMPE digunakan untuk mengestimasi besarnya getaran atau guncangan tanah akibat gempabumi di permukaan tanah pada suatu wilayah. Penggunaan GMPE ini sangat penting untuk kajian seismologi teknik dan teknik kegempaan untuk bangunan yang dapat digunakan dalam mitigasi bencana di masa yang akan datang. Tahun 2017 terdapat 432 persamaan GMPE di dunia yang didasarkan pada data gempabumi dan kondisi tektonik masing-masing lokasi penelitian (Douglas, 2017). Masing-masing persamaan memiliki karakteristik data yang digunakan, di antaranya:

1. Jumlah data gempabumi yang digunakan dalam penelitian;
2. Besaran magnitudo yang digunakan;
3. Jarak hiposenter dan episenter gempabumi;

4. Kondisi tektonik wilayah data penelitian yang digunakan;
5. Metode regresi yang dipakai dalam pembuatan model empiris;
6. Mekanisme sumber gempabumi.

Beberapa macam rumusan empiris yang cukup banyak dipakai di Indonesia antara lain adalah:

1. Rumusan Empiris *McGuire R.K (1973)*

Rumusan empiris *McGuire* dapat ditulis sebagai berikut:

$$\alpha = 472,3 * 10^{0,278M} * (R + 25)^{-1,301} \quad (11)$$

Di mana α = Percepatan getaran tanah (gal)

M = Magnitude gelombang permukaan (SR)

R = Jarak hiposenter (km),

dimana $R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$, dengan Δ = Jarak episenter (km), h = Kedalaman sumber gempabumi (km).

Model rumusan persamaan *McGuire* berdasarkan data gempabumi dengan kedalaman antara 9 sampai dengan 70 km, kebanyakan diantaranya berkedalaman 10 km. Data magnitudo yang digunakan sebagai rumusan model pada umumnya berkekuatan M6,5 dengan jarak hiposenter yang digunakan umumnya berjarak 50 km (Douglas, 2017).

2. Rumusan Empiris *Donovan (1973)*

Rumusan empiris Donovan dapat dituliskan dengan:

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

dimana a adalah percepatan, M adalah magnitudo dan R adalah jarak hiposenter dalam satuan km, di mana $R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$ Δ = jarak episenter (km) ,
 h = kedalaman sumber gempabumi (km).

Rumusan Donovan (1973) menggunakan 214 data gempabumi di San Fernando, California, Amerika Serikat. Tahun 1971, 53 % di antara data tersebut mencatatkan nilai PGA kurang dari 0,5 m/s² (Douglas, 2017).

3. Rumusan Empiris Wu *et al* (2003)

Rumusan empiris Wu *et al* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\alpha = \exp\left(\frac{I-0.7}{2}\right), I = I_o e^{-b\Delta} \quad (13)$$

$$I_o = 1,5 * (M - 0,5)$$

di mana ; α = percepatan tanah maksimum (gal)

M = Magnitudo gempumi

R = jarak episenter (km)

I_o = Intensitas Sumber gempa bumi

I = Intensitas pada jarak episenter (tercatat pada stasiun pengamat)

$b = 0.00051$ dan Δ = jarak episenter (km)

Model rumusan Wu *et al* (2003) berdasarkan pada hubungan antara intensitas momen dengan magnitudo gempabumi.

4. Rumusan Empiris *Si and Midorikawa (1999)*

Rumusan *Si and Midorikawa* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\log A = 0,5Mw + 0,0036D + \sum d_i S_i - \log X_{eq} - 0,003X_{eq} + e + \varepsilon \quad (14)$$

dimana A merupakan percepatan tanah (gal), Mw adalah momen magnitudo gempabumi, D adalah kedalaman gempa (km), X_{eq} adalah jarak hiposenter (km), d yaitu jarak dari pusat gempabumi ke lokasi ($crust = 0,00$; $inter-plate = 0,09$; $intra - plate = 0,28$), S adalah variabel *dummy* untuk tipe/jenis patahan ($S=1$), e merupakan koefisien regresi (0,6) dan ε adalah standar deviasi (0,24).

Model rumusan *Si and Midorikawa (1999)* diperoleh berdasarkan data 1137 nilai PGA yang tercatat pada jaringan intensitimeter yang ada di Jepang dengan data magnitudo gempabumi yang digunakan antara Mw 5.8 sampai Mw 8.2 dengan jarak episenter gempa antara 0 – 118 km (Douglas, 2017).

Model rumusan persamaan (14) didasarkan pada kejadian gempabumi di Jepang yang telah memasukkan variabel kondisi mekanisme sumber gempabumi. Kondisi tektoniknya relatif sama dengan kondisi tektonik di wilayah Sumatera, khususnya Sumatera Barat yang aktivitas tektoniknya lebih banyak disebabkan oleh aktivitas gempabumi pada daerah subduksi. Sementara rumusan persamaan (11) dan persamaan (12) menggunakan data gempabumi di Amerika Serikat yang berasal dari aktivitas sesar mendatar. Persamaan (12) hanya didasarkan pada

perhitungan relasi antara intensitas dan magnitudo momen dari suatu kejadian gempabumi di wilayah Taiwan.

Keempat rumusan empiris tersebut digunakan untuk mendapatkan perbandingan sebaran nilai percepatan tanah maksimum dengan latar belakang data yang berbeda. Persamaan *McGuire* dan *Donovan* lebih banyak menggunakan data intensitas gempabumi pada daerah sesar geser (*strike slip fault*) di California. Persamaan *Si and Midorikawa* menggunakan data gempabumi pada daerah subduksi di Jepang yang menyerupai kondisi tektonik yang ada di Sumatera, khususnya Sumatera Barat. Persamaan empiris *Wu et al* juga digunakan untuk mendapatkan gambaran sebaran nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan hubungan antara momen intensitas dengan magnitudo gempabumi. Sehingga didapatkan tipologi nilai percepatan tanah maksimum dengan pendekatan latar belakang rumusan empiris yang berbeda-beda.

Oleh sebab itu, penggunaan rumusan empiris GMPE perlu diperhatikan latar belakang data dan tipologi tektonik dari tiap-tiap persamaan sehingga akan didapat perhitungan nilai PGA yang sesuai dengan kondisi tektonik wilayah setempat.

F. Penelitian-Penelitian Relevan

Penelitian-penelitian yang terkait dengan nilai percepatan tanah telah banyak dilakukan di berbagai daerah. Hal ini dikarenakan dinamika perhitungan nilai percepatan tanah maksimum akibat getaran gempabumi di suatu wilayah sangat menarik untuk diteliti lebih lanjut, sehingga didapatkan persamaan

empiris yang bisa memberikan gambaran yang mendekati nilai percepatan tanah yang sebenarnya akibat gempabumi di wilayah Indonesia.

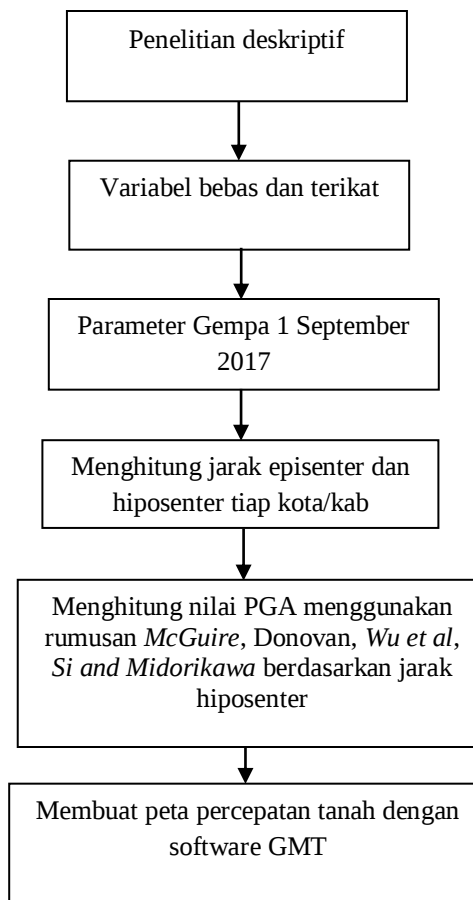
1. Marlisa (2016) telah melakukan penelitian tentang analisis percepatan tanah maksimum di wilayah Sumatera Barat akibat gempabumi 8 Maret 1977 di Segmen Sumpur dan gempabumi 11 September 2004 di Segmen Sianok menggunakan metode *McGuire*. Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan didapatkan bahwa nilai PGA tertinggi adalah 27,0 gal yang menyatakan gempabumi berkategori sedang dengan getaran yang dirasakan sangat kuat di daerah Pasaman.
2. Pipit MS. (2017) telah melakukan penelitian tentang perbandingan nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan modifikasi konstanta atenuasi dan data *accelerograph* tahun 2008-2016 di Stasiun BMKG Lampung. Persamaan empiris *McGuire*, *Esteva* dan *Fukushima and Tanaka* digunakan untuk mendapatkan nilai konstanta regresi yang akan digunakan dalam persamaan baru dalam menentukan nilai percepatan maksimum akibat gempabumi di wilayah Lampung. Hasil yang di dapat berupa model persamaan empiris nilai percepatan tanah maksimum yang diperoleh relatif mendekati dengan hasil observasi dengan menggunakan *accelorograph* di BMKG Lampung.
3. Leviana (2017) melakukan penelitian tentang estimasi nilai percepatan tanah maksimum dengan skenario gempa M8.8 di wilayah Sumatera Barat dengan menggunakan persamaan *McGuire* (2003) dan Donovan (1973) yang menghasilkan variasi nilai percepatan tanah maksimum di tiap kabupaten dan

kota di Sumatera Barat berdasarkan jarak hiposenter gempabumi di tiap-tiap kabupaten dan kota.

4. Denisa (2016) juga melakukan penelitian estimasi nilai percepatan tanah maksimum dengan skenario gempabumi M8.8 di Kepulauan Mentawai dengan menggunakan rumusan empiris *Si and Midorikawa* (1999) dan Donovan (1973), di mana hasilnya berupa variasi estimasi nilai percepatan tanah maksimum akibat skenario gempa tersebut di tiap-tiap kabupaten dan kota di wilayah Sumatera Barat.
5. Massinai, dkk (2016) melakukan penelitian tentang analisis percepatan tanah maksimum, kecepatan tanah maksimum dan MMI di wilayah Sulawesi Utara dengan menggunakan persamaan *Wu et al* (2003) guna mengukur tingkat kerawanan gempabumi di wilayah Sulawesi Utara.
6. Destrayanti (2017) melakukan studi korelasi antara intensitas observasi dan nilai gerakan tanah kuat untuk gempabumi signifikan di Indonesia (Periode Tahun 2008-2017), di mana dihasilkan persamaan baru dalam mendapatkan nilai intensitas guncangan akibat gempabumi di tiap wilayah Indonesia seperti Jawa dan Sumatera.

G. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir pada penelitian ini adalah melakukan komparasi nilai percepatan tanah maksimum akibat gempabumi di selat Mentawai pada tanggal 1 September 2017 pada pukul 00:06:57 WIB pada lokasi 1.24^0 LS dan 99.75^0 BT dengan M6.3 pada kedalaman 58 km. Pusat gempabumi berada di sekitar 72 km Timur laut Muara Siberut di Kabupaten Kepulauan Mentawai berdasarkan rumusan empiris *McGuire*, *Donovan*, *Wu et al*, dan *Si and Midorikawa* dengan hasil observasi yang dilakukan oleh BMKG Padang Panjang. Alur kerangka berpikir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kerangka Berfikir Penelitian yang Dilakukan

Penelitian ini dilakukan dengan kerangka berfikir mengikuti alur pada Gambar 4 di atas. Lokasi tiap kabupaten/ kota di Sumatera Barat ditentukan dengan menentukan titik koordinat pusat ibukota Kabupaten dan Kota di tiap-tiap wilayah. Dilakukan perhitungan jarak episenter dan hiposenter pada tiap kabupaten/kota sehingga akan dihitung nilai percepatan tanah di masing-masing lokasi berdasarkan jarak hiposenter dan episenternya. Hasil perhitungan nilai percepatan tanah maksimum di tiap kabupaten/kota kemudian diplot ke dalam bentuk peta sebaran nilai percepatan tanah maksimum (PGA) dengan menggunakan aplikasi *Generic Map Tools* (GMT).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebaran nilai PGA hasil perhitungan menggunakan rumusan empiris GMPE mengalami perubahan jarak hiposenter di tiap-tiap kabupaten/kota di Sumatera Barat. Sebaran nilai PGA yang tercatat oleh alat tidak hanya terpengaruh oleh faktor perubahan jarak hiposenter tetapi faktor kondisi batuan di lokasi setempat ikut mempengaruhi perubahan nilai PGA di tiap wilayah penelitian.
2. Peta sebaran nilai PGA hasil perhitungan persamaan empiris memiliki perbedaan yang sangat signifikan dibandingkan dengan hasil rekaman jaringan akselerograf yang dimiliki BMKG. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adanya anomali atau kerusakan alat pada stasiun PDSI dan PAPA yang mencatat nilai PGA berturut-turut 14, 35 g dan 5,07 g.

B. Saran

Dari uraian penelitian ini, penulis ingin memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya pemeliharaan yang intensif jaringan akselerograf yang dimiliki BMKG, khususnya di wilayah Sumatera Barat guna mendapatkan hasil nilai intensitas guncangan akibat gempa yang lebih akurat.
2. Kajian tentang persamaan empiris dalam menghitung nilai PGA perlu dilakukan dengan mempertimbangkan latar belakang data model yang digunakan sehingga akan didapat nilai PGA yang mendekati nilai yang sebenarnya.
3. Perlu upaya penelitian lebih lanjut terkait dengan pembuatan persamaan empiris wilayah Sumatera Barat guna mendapatkan nilai PGA yang tepat dan akurat akibat guncangan gempabumi di wilayah ini.
4. Persamaan empiris *Si and Midorikawa* memiliki nilai yang lebih dekat dari hasil observasi alat akselerograf yang ada di jaringan BMKG Padang Panjang, sehingga dapat digunakan sebagai data pembanding jika terjadi kerusakan alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Douglas, J. (2017), *Ground Motion Prediction Equation (1964-2017)*, Departement of Civil and Invironment Engineering University of Strathclyde, United Kingdom
- Edwiza, D. (2008) *Analisis Terhadap Intensitas Dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar*.Jurnal Teknis Sipil Universitas Andalas, No. 29 Vol.1 Thn.XV April 2008
- Elnashai, Amr S.,dan Luigi Di Sarno. (2008). *Fundamentals of Earthquake Engineering*.United Kingdom: Wiley.
- Gabriella, Cloudya, K. (2015) *Analisis Percepatan Tanah Maksimum Dengan Menggunakan Rumusan Esteve Dan Donovan (Studi Kasus Pada Semenanjung Utara Pulau Sulawesi)*.Jurnal Ilmiah Sains Vol. 15 No. 2.
- Geomagz, 2016, BMKG Menetapkan Skala Intensitas Gempabumi yang Baru[online], *Majalah Geologi Populer*, <http://geomagz.geologi.esdm.go.id/bmkg-menetapkan-skala-intensitas-gempabumi-yang-baru/>.
- Geomedia,2016,Gempabumi[online],<https://geomedia.blogspot.co.id/2016/07/gempa-bumi-bumi.html>
- Hadi, ArifIsmul., Muhammad Farid, dan Yulian Fauzi. (2012). *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah dan Indeks Kerentanan Seismik Akibat Gempabumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu*. Bengkulu: Ilmu Fisika Universitas Bengkulu
- <http://www.earthobservatory.sg/project/sumatran-tectonic-geodesy-sugar>, diakses tanggal 31 Oktober 2017
- <http://peexamonline.com/2016/01/07/seismic-waves/> diunduh tanggal 14 Januari 2018
- Ibrahim, G., dan Subardjo, 2004, *Pengetahuan Seismologi*, Badan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.
- Kramer, Steven L., (1996), *“Geotechnical Earthquake Engineering”*. Prentice-Hall, Inc., United States of America.

- Krisbudianto, Malik. 2009. *Analisa Pola Subdaksi Daerah Bengkulu dengan Metoda Segmen Irisan Vertikal*. Jakarta : AMG.
- Leviana, M. (2017) *Estimasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Barat Berdasarkan skenario Gempabumi Menggunakan Rumusan Empiris Mc. Guire (1963) dan Donovan (1973)*, Universitas Negeri Padang, Padang
- Kirbani. 2012. *Mitigasi Bencana Gempabumi*. Yogyakarta: Pusat Studi Bencana UGM.
- Massinai, dkk, (2016) *Analisis Percepatan Tanah Maksimum, Kecepatan Tanah Maksimum Dan MMI Di Wilayah Sulawesi Utara*, Prosiding Seminar Nasional Fisika, 2016, Vol. V, UNJ, Oktober 2016
- Natawidjaja, D.H. 2005. *Menyimak Gempabumi Dan Tsunami Aceh 26 Desember 2004 Untuk Rekontruksi Aceh dan Mitigasi Bencana Di Sumatera Dan Daerah Lainnya*. Makalah Potensi Gempa Dan Tsunami. IAGI. Bandung.
- Natawidjaja, D.H. 2007. *West Sumatera Earthquake of March, 6, 2007 EERI; Special Report; Journal of Geophysical Research*, 112, 10, 1029.
- Marlisa. 2016. *Analisis Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Barat (Studi Kasus Gempa Bumi 8 Maret 1977 dan 11 September 2014)*. Jurnal Universitas Andalas, Vol. 5, No. 1.
- Sieh, K., and Natawidjaja, D.H. 2000. Neotectonics of the Sumatera Fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research*, 105, B12, pp. 28, 295-28, 326.
- Wald, J.W., Quitoriano, V., Heaton, T.H., dan Kanamori, H., 1999, Relationship between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California, *Earthquake Spectra*, 15, 3, California.



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
PUSAT GEMPABUMI REGIONAL VI
STASIUN GEOFISIKA PADANG PANJANG

Jl. Sutan Syahrir, Silaing Bawah-Padang Panjang 27118, Telp. (0752)82236, 484236
Fax: (0752)82236 E-mail: stageof_padangpanjang@bmkg.go.id, stageof_ppi@yahoo.com

BERITA GEMPABUMI

No. : 2550 /PGR6/IX /2017

1. Telah terjadi GEMPABUMI TEKTONIK

Pada hari	: Jumat, 01 September 2017
Waktu gempa	: 00:06:57 WIB
Pusat gempa	: 1.24 LS - 99.75 BT
Kedalaman	: 58 Km
Kekuatan	: 6.3 Skala Richter
Keterangan	: Pusat gempa berada di laut 72 km Timurlaut Kepulauan Mentawai Sumatera Barat

Dirasakan disekitar:

Padang	: V MMI
Padang Pariaman	: V MMI
Pariaman	: V MMI
Painan	: V MMI
Padang Panjang	: IV MMI
Kep. Mentawai	: V MMI
Limapuluh Kota	: II - III MMI
Tanah Datar	: II - III MMI
Tanah Datar	: II - III MMI
Solok	: II - III MMI
Muko-muko (Bengkulu Utara)	: II - III MMI
Kepahyang (Bengkulu)	: I-II MMI

*MMI= Modified Mercally Intensity

2. Demikian Berita Gempabumi yang dapat kami sampaikan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya

Padang Panjang, 01 September 2017
BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA
KEPALA STASIUN GEOFISIKA PADANG PANJANG