

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

Fitri Anggriani¹, Akmam², Syafriani²

¹Mahasiswa Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

fitri.anggri4ni@gmail.com, akmamdatuk@gmail.com, syafriani05@yahoo.com

ABSTRACT

The ground motion intensity caused by an M 6.3 earthquake that struck Mentawai Strait on September 1st, 2017 with epicenter -1.24 N and 99.75 E and depth 58 km were recorded on BMKG's seismic and intensity network, the intensity was about III - IV intensity scale (MMI) and the acceleration was 2.8 g. The earthquake intensity calculation in Indonesia can also be calculate by using Ground Motion Prediction Equation (GMPE) such as Si and Midorikawa (1999), Mc Guire (1963), Donovan (1973) and Wu et al (2003) empirical equations. We conducted a research to compare the peak ground acceleration calculation between using empirical equation and by using data observed on BMKG's intensity networks. The PGA result on every district of Sumatera Barat Province that shown on BMKG's shakemap has a significant different comparing with the calculation using the equations. The PGA values by using the empirical equations were decayed through the hipocenter distance of the earthquake in every district of Sumatera Barat Province. Meanwhile base on the observed one, we found some anomalies of PGA value on some BMKG's accelerograph station networks i.e. PDSI in Padang and PAPA in Padang Panjang with 14.35 g and 5.07 g respectively. But these anomalies were not impacted to the result of the intensity, because they have some filters that can eliminate these kind of anomalies to conduct an accurate result.

Keywords : *Earthquake, GMPE, Strong ground motion, Peak Ground Acceleration, Intensity, BMKG*

PENDAHULUAN

Gempabumi merupakan fenomena alam akibat pelepasan energi dari inti bumi 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 inti bumi. Energi yang dilepaskan merupakan energi seismik yang menjalar ke segala arah hingga ke permukaan bumi. Energi seismik inilah yang menggerakkan lapisan kerak bumi dan menyebabkan terbentuknya lempengan kerak bumi dan patahan atau sesar. 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 magnitudo, kedalaman dan jarak dari episenter gempa. Selain itu kuat getar atau guncangan juga disebabkan oleh kondisi batuan setempat, di mana pada batuan lunak, energi gempa dapat mengalami amplifikasi atau penguatan energi gempa sebagai akibat porositas batuan yang besar

atau memiliki densitas bantuan yang rendah. Berbeda pada batuan dengan densitas tinggi atau memiliki porositas yang kecil, maka tidak terjadi proses penguatan energi gelombang gempa pada daerah tersebut.

Salah satu efek dari gempabumi pada suatu wilayah adalah adanya percepatan tanah maksimum di permukaan. Kramer (1996) mengemukakan bahwa rekaman pergerakan tanah menunjukkan kekuatan dan lamanya durasi guncangan yang bergantung pada ukuran dan lokasi sumber gempa serta karakteristik dari lokasi setempat (*site*).

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* maupun *intensitimeter* yang dipasang pada suatu tempat, maupun secara tidak langsung menggunakan pendekatan prediksi dengan menggunakan rumusan empiris atau *Ground Motion Prediction Equation* (GMPE).

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), model empiris Wu et al (2006) dan sebagainya. Sehingga muncul berbagai estimasi nilai PGA berdasarkan model empiris yang dianggap sesuai untuk daerah studi.

Penggunaan perhitungan secara empiris percepatan tanah, merupakan salah satu alternatif untuk mengetahui tingkat bahaya guncangan gempabumi pada suatu lokasi. Dikarenakan dalam beberapa dekade terakhir banyak terjadi gempa-gempa besar, sehingga dibutuhkan perhitungan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) guna mengetahui tingkat guncangan akibat gempabumi yang berpotensi menimbulkan kerusakan di daerah yang dekat dengan sumber gempa.

Pada 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 M 6.3 pada kedalaman 58 km, di mana pusat gempa berada di sekitar 72 km Timurlaut Muara Siberut di Kabupaten Kepulauan Mentawai. Hasil monitoring yang dilakukan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika menyebutkan bahwa gempa 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)

METODE PENELITIAN

Studi ini mencoba membandingkan antara hasil perhitungan nilai PGA dengan menggunakan rumusan empiris dari McGuire (1963), Donovan (1973), Si and Midorikawa (1999), model empiris Wu et al (2006) dengan hasil rekaman intensitas gempabumi yang tercatat pada jaringan sistem intensitas gempabumi yang dimiliki BMKG.

Perhitungan jarak hiposenter di tiap kabupaten dan kota di Sumbar akan menentukan sebaran nilai PGA di tiap kabupaten dan kota yang akan digunakan dalam rumusan-rumusan empiris sebagai berikut:

1. McGuire R.K (1963)

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

Di mana α adalah percepatan tanah maksimum (gal), M adalah magnitudo gempa, R adalah jarak hiposenter gempabumi (km) dimana $R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$, dengan Δ = Jarak episenter (km), h = kedalaman sumber gempa (km)

2. Si and Midorikawa (1999)

$\log A = 0,5Mw + 0,0036D + \sum d_i S_i - \log X_{eq} - 0,003X_{eq} + e + \varepsilon$
dimana A merupakan percepatan tanah (gal), Mw adalah momen magnitudo gempabumi, 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).

3. Donovan (1973)

$$a = 1080 * (\exp 0.5M) / (R + 25) * 1.32$$

Dimana a adalah percepatan, M adalah magnitudo dan R adalah jarak hiposenter dalam satuan km.

R = jarak hiposenter (km)

$$R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$$

Δ = jarak episenter (km)

h = kedalaman sumber gempa (km)

4. Wu et al (2003)

$$\alpha = \exp\left(\frac{I-0.7}{2}\right), \quad I = I_0 e^{-b\Delta} \quad (12)$$

$$I_0 = 1,5 * (M - 0,5)$$

di mana ; α = percepatan tanah maksimum (gal)

M = Magnitudo gempabumi

R = jarak episenter (km)

I_0 = Intensitas Sumber gempa bumi

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

b = 0.00051 dan Δ = jarak episenter (km)

Douglas, (2017) menjelaskan bahwa terdapat 432 persamaan GMPE di dunia yang didasarkan pada data gempabumi dan kondisi tektonik masing-masing lokasi penelitian. Di mana masing-masing persamaan memiliki karakteristik data yang digunakan, di antaranya:

- Jumlah data gempabumi yang digunakan dalam penelitian;
- Besaran magnitudo yang digunakan
- Jarak hiposenter dan episenter gempabumi
- Kondisi tektonik wilayah data penelitian yang digunakan
- Metode regresi yang dipakai dalam pembuatan model empiris

f. Mekanisme Sumber gempa bumi

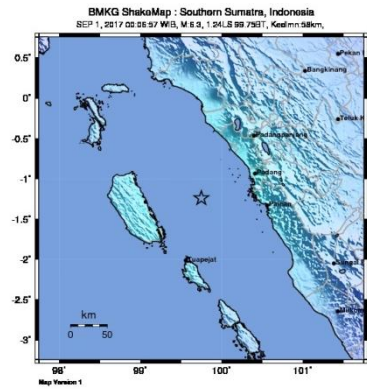
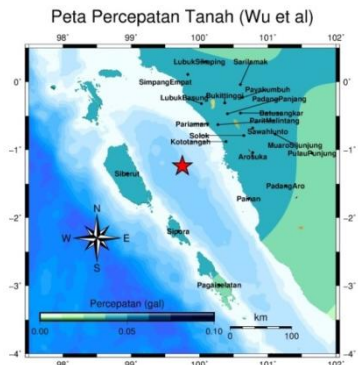
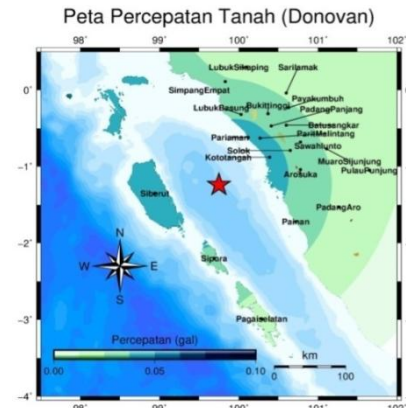
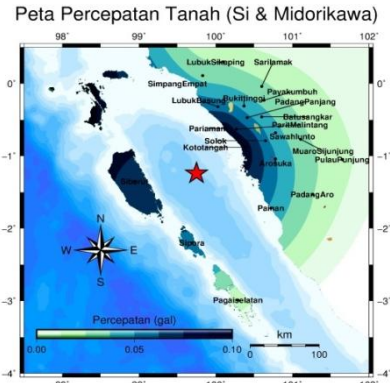
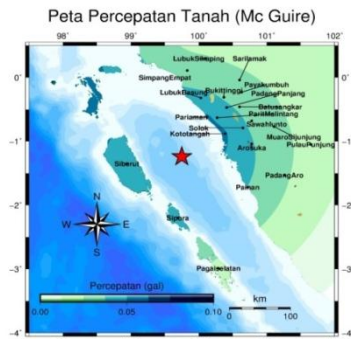
Selanjutnya rumusan-rumusan ini akan digunakan untuk menghitung nilai sebaran PGA di tiap kabupaten dan kota di Sumatera Barat yang akan dibandingkan dengan hasil peta guncangan (*shakemap*) hasil observasi jaringan intensimeter yang dimiliki BMKG

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Sebaran hasil nilai percepatan tanah berdasarkan peta guncangan yang dikeluarkan BMKG dan hasil perhitungan berdasarkan rumusan empiris adalah sebagai berikut:

Gambar 4.1 adalah peta guncangan akibat gempa bumi (*shakemap*) tanggal 1 September 2017 dengan M 6.3 pada kedalaman 58 di Selat Mentawai. Terlihat bahwa sebaran intensitasnya relatif hampir sama di tiap daerah di wilayah Sumatera Barat dengan nilai intensitas sekira III-IV MMI atau sekira 2.8 g.



Parameter	Nilai	Waktu	Lig	Materi	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
SIKAP	none	none	none	Very light	Light	Medium	Hard	Very	Very heavy
PEAK W. (mm)	<0.05	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	4.0	7.5	>15.0
INTENSITAS	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

Gambar 4.4 Peta sebaran nilai PGA dari persamaan empiris dari McGuire (1963), Donovan (1973), Si and Midorikawa (1999), dan Wu et al (2006) di tiap kabupaten dan kota di Sumatera Barat

Sedangkan hasil perhitungan sebaran nilai PGA di tiap kabupaten dan kota di Sumatera Barat dengan menggunakan rumusan empiris memiliki sebaran

yang beragam sesuai dengan jarak hiposenter di tiap kabupaten dan kota.

Berdasarkan rumusan empiris McGuire (1963), didapat nilai percepatan tanah maksimum berada di Pulau Siberut kabupaten Kepulauan Mentawai dengan nilai PGA 0,057 g dan nilai PGA minimum berada di Kabupaten Dharmasraya dengan nilai PGA sekitar 0,021 g. Hasil perhitungan nilai PGA dengan rumusan Donovan (1973) menghasilkan nilai PGA maksimum berada di Pulau Siberut dengan nilai PGA 0,049 g dan nilai PGA minimumnya berada di Dharmasraya, yaitu 0.018 g. Rumusan empiris Si and Midorikawa menghasilkan nilai PGA tertinggi berada di Pulau Siberut dengan nilai PGA 0.097 g dan minimumnya berada di Kabupaten Dharmasraya, yaitu 0.016 g. Sementara rumusan Wu et al (2006) menghasilkan nilai PGA terbesar di Pulau Siberut dengan nilai PGA 0.046 g dan minumnya berada di Dharmasraya dengan PGA sekira

2. Pembahasan

1. Perbandingan hasil nilai PGA berdasarkan rumusan empiris



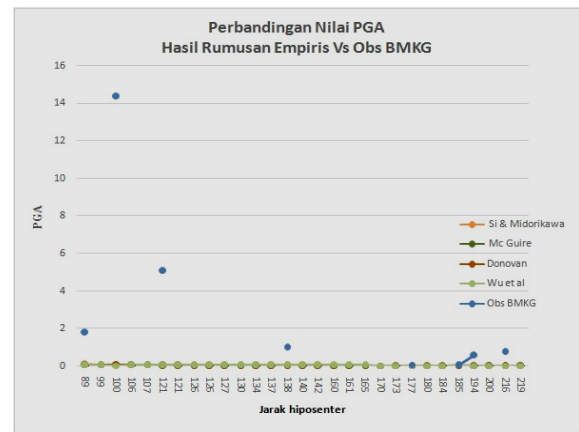
Grafik 4.4 Perbandingan perhitungan nilai PGA berdasarkan rumusan empiris yang digunakan

Hasil yang diperoleh dari perhitungan nilai PGA berdasarkan rumusan empiris pada grafik 4.4 dapat diketahui bahwa masing-masing rumusan empiris yang digunakan memiliki hasil yang berbeda-beda. Di mana pada persamaan Si and Midorikawa(1999) memiliki nilai PGA yang paling besar hingga pada jarak hiposenter ≤ 136 km, yaitu sebesar 0,08 %g pada jarak hiposenter sekira 99 km dari pusat gempa, sementara untuk jarak episenter yang sangat jauh, rumusan empiris Si and Midorikawa(1999) menghasilkan nilai PGA yang paling rendah dibandingkan ketiga rumusan empiris lainnya, yaitu sebesar 0,02 %g pada jarak hiposenter sekira 219 km. Hal ini dapat disimpulkan bahwa rumusan empiris ini memerlukan komponen lain selain magnitudo, jarak hiposenter dan kedalaman gempa. Sesuai dengan persamaan Si and Midorikawa, di mana pada persamaan tersebut terdapat faktor bidang sesar yang terbentuk sebagai pembangkit terjadinya gempabumi

tektonik. Sehingga diperlukan kehati-hatian dalam memastikan bidang sesar yang terbentuk guna memasukkan variabel tersebut ke dalam persamaan Si and Midorikawa.

Nilai PGA hasil persamaan empiris Wu et al (2006) pada parameter gempa 1 September 2017 nampak relatif agak konsisten dengan perubahan jarak hiposenternya, padahal teorinya energi gempabumi akan mengalami penurunan mengikuti pertambahan jarak hiposenter dan efek batuan setempat.

Sementara persamaan Donovan (1973) dan Mc Guire (1963) nampak pada grafik 4.4 terlihat menghasilkan nilai percepatan tanah yang relatif baik. Namun demikian kesemua hasil perhitungan empiris di atas harus diuji ketepatannya dengan menggunakan alat intensitas yang terpasang di wilayah Sumatera Barat.



Grafik 4.5. Perbandingan hasil perhitungan PGA antara rekaman alat dengan hasil perhitungan rumusan empiris

Grafik 4.5 memberikan gambaran bahwa terdapat perbedaan nilai PGA antara hasil rumusan empiris yang digunakan (SI and Midorikawa, McGuire, Donovan dan Wu et al) dengan hasil pengukuran alat intensimeter yang sangat signifikan. Nilai PGA signifikan tercatat oleh stasiun PDSI dengan nilai PGA 14,35 g dan PAPA dengan nilai PGA 5,07 g, hal ini kemungkinan karena adanya kesalahan alat yang memerlukan kalibrasi guna mendapatkan nilai PGA yang mendekati sebenarnya.

Hasil perhitungan nilai PGA dengan menggunakan rumusan empiris jauh lebih kecil dibandingkan dengan hasil perhitungan rekaman alat. Hal ini bisa disebabkan oleh banyak faktor, di antaranya latar belakang data yang diggunakan dalam membuat persamaan tersebut. Umumnya persamaan empiris memiliki latar belakang data dengan batas magnitudo dan jarak hiposenter tertentu dalam membuat model persamaan empiris. Kondisi geologi dari data model yang berbeda juga bisa mengakibatkan perbedaan perhitungan nilai PGA. Kualitas rekaman sinyal

gempa atau kualitas rekaman alat intensitimeter ikut menenuan kualitas nilai PGA yang akan dihasilkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. 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 tekanan dan tarikan yang berasal dari inti bumi.
- b. Perhitungan besarnya nilai intensitas guncangan akibat gempabumi dapat dilakukan dengan menggunakan alat intensitimeter atau dengan menggunakan rumusan persamaan empiris.
- c. BMKG telah mencatat intensitas guncangan akibat gempabumi pada tanggal 1 September 2017 M 6.3 lokasi 1.24 LS dan 99.75 BT pada kedalaman 58 km di Selat Mentawai.
- d. Nilai PGA hasil perhitungan persamaan empiris memiliki perbedaan yang sangat signifikan dibandingkan dengan hasil rekaman jaringan intensitimeter yang dimiliki BMKG. Hal ini kemungkinan 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
- e. Latar belakang data model persamaan empiris dapat mempengaruhi perhitungan nilai PGA di daerah lain khususnya di wilayah Sumatera Barat.

Saran

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

1. Perlu adanya pemeliharaan yang intensif jaringan intensitimeter yang dimiliki BMKG, khususnya di wilayah Sumatera Barat guna mendapatkan hasil nilai intensitas guncangan akibat gempa dengan mendekati nilai yang sebenarnya.
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 baik akibat guncangan gempa di wilayah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Destrayanti, I (2017). *Studi Korelasi antara Intensitas Observasi dan Nilai Gerakan Tanah Kuat untuk Gempabumi Signifikan di Indonesia (Periode Tahun 2008-2017)*, Skripsi, Program Sarjana Terapan STMKG
- [2] Douglas, J. (2017), *Ground Motion Prediction Equation (1964-2017)*, Departement of Civil and Invironment Engineering University of Strathclyde, United Kingdom
- [3] 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
- [4] Elnashai, Amr S., dan Luigi Di Sarno. (2008). *Fundamentals of Earthquake Engineering*. United Kingdom: Wiley.
- [5] Elviana, 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
- [6] Gabriella, Cloudya, K. (2015) *Analisis Percepatan Tanah Maksimum Dengan Menggunakan Rumusan Esteva Dan Donovan (Studi Kasus Pada Semenanjung Utara Pulau Sulawesi)*. Jurnal Ilmiah Sains Vol. 15 No. 2.
- [7] 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
- [8] <http://www.earthobservatory.sg/project/sumatran-tectonic-geodesy-sugar>, diakses tanggal 31 Oktober 2017
- [9] <http://peexamonline.com/2016/01/07/seismic-waves/> diunduh tanggal 14 Januari 2018