

ANALISIS NILAI PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DI WILAYAH SUMATERA BARAT MENGGUNAKAN PERSAMAAN EMPIRIS MC GUIRE, SI and MIDORIKAWA DAN DONOVAN

Dwi Romadiana¹⁾, Syafriani²⁾, Andiyansyah Z. Sabarani³⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

³⁾Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Padang Panjang
dwiromadiana@gmail.com, syafriani05@yahoo.com, undhee@gmail.com

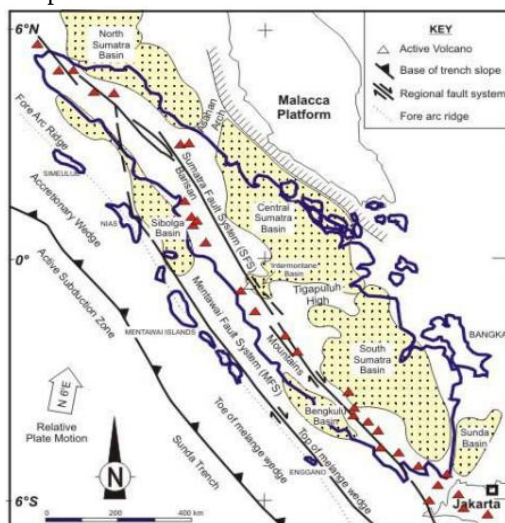
ABSTRACT

We conducted peak ground acceleration analysis caused by the earthquakes that occurred on West Sumatera on February 2008 until September 2016. We compared the acceleration calculation between some empirical attenuation equation i.e. McGuire (1963), Si and Midorikawa (1999) and Donovan (1973) with the observed data using ETNA Accelerograph at BMKG Padang Panjang Geophysical Station. We clustered the magnitude with M 1.5 to 3.0 SR, 3.1 to 5.0 SR, 5.1 to 7.0 SR and M 7.1 to 8.1 SR to gain the result of PGA differences between empirical equation with the observed data. The first cluster with M 1.5-3.0 SR found that the value of PGA Si and Midorikawa approach PGA Accelerograph value at a distance of hypocenter < 30 km. The second cluster with M 3.1-5.0 SR found that the PGA value obtained using the Si and Midorikawa empirical formula approximates the PGA value recorded by the Accelerograph tool at a hypocenter distance > 100 km. Magnitude of 5.1-7.0 SR diklaster explained that at a distance of hypocenter > 200 km PGA value obtained from the calculation of Si and Midorikawa empirical formula close to the value of PGA Accelerograph. The value of PGA Si and Midorikawa in cluster with M 7.1-8.1 SR approaches PGA Accelerograph value at hypocenter distance < 600 km. Based on the 4 clusters of magnitude that have been done that the value of PGA Si and Midorikawa tend to approach the value of PGA recorded by Accelerograph.

Keywords : earthquake, peak ground acceleration, PGA

PENDAHULUAN

Sumatera Barat merupakan wilayah yang berpotensi terjadinya gempa bumi dikarenakan wilayah Sumatera Barat berada di zona Subduksi, sesar Mentawai dan sesar Sumatera. Zona Subduksi terjadi akibat lempeng Indo-Australia bergerak dibawah lempeng Eurasia. Sesar Mentawai berada diantara zona Subduksi dan sesar Sumatera. Sesar Sumatera berada di daratan Pulau Sumatera dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Tektonik Pulau Sumatera^[1]

Berdasarkan Gambar 1 menjelaskan bahwa sesar Mentawai berada di laut memanjang di sekitar pulau-pulau Mentawai dari selatan menerus hingga ke utara Nias^[2]. Sesar Sumatera terjadi akibat lempeng Indo-Australia menabrak bagian barat Pulau Sumatera sehingga terjadi tekanan dan mengakibatkan terbelahnya Pulau Sumatera menjadi dua. Sesar Sumatera berada di daratan Pulau Sumatera yang terbentang dari Aceh hingga Lampung.

Sesar Sumatera membelah Sumatera Barat menjadi beberapa segmen sesar aktif yaitu segmen sesar Sianok, segmen sesar Sumpur, segmen sesar Sumani dan segmen sesar Suliti^[3]. Segmen-segmen sesar ini membentang mulai dari Solok Selatan hingga daerah Rao di Kabupaten Pasaman. Kondisi geologis inilah yang menyebabkan terjadinya gempa bumi di wilayah Sumatera Barat.

Sumatera Barat memiliki catatan gempa bumi yang terjadi akibat adanya pergerakan segmen sesar yang telah diuraikan diatas. Berdasarkan Katalog Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), di daratan Sumatera Barat telah terjadi gempa bumi yang signifikan dan merusak sebanyak 6 kali. Gempa bumi tersebut diantaranya adalah gempa bumi Singkarak pada tanggal 28 Juni 1926 dengan magnitudo 7.6 SR mengakibatkan salah satu bagian Danau Singkarak amblas dan beberapa orang terluka, sedangkan pada tanggal 09 Juni 1943 yang

berkekuatan 7.4 SR di bawah Danau Singkarak dan menghasilkan pergeseran horizontal sejauh 1 m. Pada tanggal 09 Maret 1977 tepatnya berada di Pasaman dengan magnitudo yaitu 5.5 SR. Tahun 2004 gempa bumi terjadi di segmen Sumani pada tanggal 16 Februari 2004 dengan magnitudo 5.6 SR dan di segmen Sianok terjadi pada tanggal 06 Maret 2007 pada koordinat 0.48° LS– 100.37° BT dengan magnitudo 6.4 SR^[2]. Selain itu, Sumatera Barat pernah mengalami gempa bumi besar pada tanggal 30 September 2009 dengan magnitudo 7.6 SR pada kedalaman 71 km. Gempa bumi ini berkoordinat 0.81° LS– 99.97° BT atau terletak pada posisi ± 57 km barat daya Kota Pariaman. Gempa bumi yang terjadi terasa hingga Kepulauan Riau, Singapura dan Malaysia. Hal ini mengakibatkan banyak bangunan yang mengalami kerusakan berat. Tercatat bahwa 711 orang yang meninggal dan ribuan orang yang mengalami luka-luka akibat tertimpa bangunan^[4]. Gempa bumi di wilayah Sumatera Barat tidak hanya berasal dari daratan saja, tetapi gempa bumi Sumatera Barat berasal dari laut. Salah satu gempa bumi yang pernah terjadi di laut adalah gempa bumi Mentawai pada tanggal 25 Oktober 2010. Koordinat gempa bumi Mentawai berada pada 3.61° LS– 99.93° BT atau berada di 78 km barat daya Pagai Selatan. Gempa bumi dengan magnitudo 7.2 SR pada kedalaman 10 km. Gempa bumi ini dirasakan III MMI di Bukittinggi, Padang dan Bengkulu. Pada skala II MMI dirasakan sampai ke Singapura sehingga mengakibatkan tsunami dan menimbulkan kerusakan berat di beberapa wilayah Mentawai^[5].

Salah satu parameter yang didapatkan saat terjadi gempa bumi adalah percepatan tanah. Percepatan tanah yang dipilih untuk dapat menentukan tingkat kerusakan yang paling parah di suatu wilayah akibat terjadinya gempa bumi adalah percepatan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA). Nilai PGA ini bervariasi disetiap kejadian gempa bumi. Hal ini tergantung pada banyak faktor yaitu panjang *fault*, kedalaman gempa bumi, jarak dari durasi pusat gempa bumi, dan geologi tanah (*subsurface*). Semakin besar nilai PGA yang terjadi akibat gempa bumi maka akan semakin besar pula intensitas gempa bumi yang dirasakan. Intensitas gempa bumi berkaitan dengan *seismic hazard*.

Nilai PGA bisa diperoleh dari hasil pengukuran secara langsung menggunakan *Accelerograph* atau melalui perhitungan rumusan empiris dengan menggunakan data gempa bumi atau biasa dikenal dengan *Ground Motion Prediction Equation* (GMPE) seperti *Mc Guire*, *Si and Midorikawa*, *Donovan* dan rumusan empiris lainnya. Nilai PGA dihitung berdasarkan magnitudo dan jarak sumber gempa bumi yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan. Beberapa Negara termasuk Indonesia belum memiliki rumusan

empiris yang sesuai dengan kondisi geologi Indonesia. Hal ini dikarenakan minimnya rekaman nilai percepatan tanah yang dimiliki. Saat ini BMKG masih merintis pembuatan dan pengembangan rumusan empiris untuk wilayah Indonesia.

Berikut ini adalah rumusan empiris yang digunakan dalam penelitian ini.

1. *Mc. Guire* (1963)

Rumusan empiris *Mc. Guire* untuk menentukan nilai percepatan tanah menggunakan magnitudo gelombang permukaan maka rumusan empirisnya sebagai berikut:

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

α = percepatan tanah (gal)

M = magnitudo gelombang permukaan (SR)

R = jarak hiposenter (km)

Dimana $R = \sqrt{D^2 + H^2}$ dengan D adalah jarak episenter (km) dan H adalah kedalaman sumber gempa bumi (km).

Berdasarkan tektonik Pulau Sumatera bahwa rumusan empiris *Mc Guire* sesuai dengan kondisi patahan Sumatera. Hal ini dikarenakan rumusan ini pernah digunakan untuk menentukan nilai PGA yang terjadi akibat gempa bumi di California Selatan tepatnya di patahan *San Andreas*. Karakteristik kondisi patahan *San Andreas* sama dengan patahan Sumatera khususnya Sumatera Barat^[6].

2. *Si and Midorikawa* (1999)

Rumusan empiris *Si and Midorikawa* dalam menentukan nilai percepatan tanahnya menggunakan momen magnitudo seperti pada rumus empiris dibawah ini:

$$\log A = 0,5Mw + 0,0036D + \sum d_i S_i - \log X_{eq} - 0,003X_{eq} + e + \varepsilon \quad (2)$$

Dimana A merupakan percepatan tanah (gal), Mw adalah momen magnitudo gempa bumi (SR), D adalah kedalaman gempa bumi, X_{eq} adalah jarak hiposenter (km), d yaitu jarak dari pusat gempa bumi 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).

Rumusan empiris *Si and Midorikawa* (1999) adalah rumusan yang sesuai untuk menentukan nilai percepatan tanah maksimum di Kepulauan Mentawai. Hal ini dikarenakan rumusan *Si and Midorikawa* (1999) pernah dilakukan di Kepulauan Jepang dengan menggunakan nilai percepatan tanah maksimum dari 21 gempa bumi yang pernah terjadi. Ditinjau dari kondisi tektonik, bentuk patahan lempeng di Kepulauan Jepang hampir mirip dengan bentuk patahan lempeng di Kepulauan Mentawai^[7].

3. *Donovan* (1973)

Berikut ini merupakan rumusan empiris Donovan:

$$\alpha = \frac{1080 e^{0,5M}}{(R+25)^{1,32}} \quad (3)$$

Dimana α adalah nilai percepatan tanah (gal), M adalah magnitudo gempabumi (SR) dan R adalah jarak hiposenter dalam satuan km. Untuk mengetahui nilai R dapat dilakukan perhitungan menggunakan rumusan dibawah ini:

$$R = \sqrt{D^2 + H^2} \quad (4)$$

R = jarak hiposenter (km)

D = jarak episenter (km)

H = kedalaman sumber gempabumi (km)

Rumusan empiris Donovan merupakan rumusan yang biasa digunakan untuk menentukan nilai PGA di suatu wilayah. Rumusan empiris Donovan dihitung berdasarkan data rekaman gempabumi yang terjadi pada 09 Februari 1971 di San Fernando^[8].

Nilai PGA yang didapat digunakan sebagai bahan pertimbangan mitigasi bencana, desain struktur bangunan dan rencana tata ruang. Kondisi kompleks yang mempengaruhi nilai PGA gempabumi berkekuatan sama dapat memberikan hasil yang berbeda dengan banyak gempabumi yang berkekuatan menghasilkan nilai PGA signifikan lebih besar dari gempabumi berkekuatan besar^[9].

Mitigasi adalah suatu tindakan pencegahan untuk meminimalkan dampak negatif yang terjadi akibat bencana alam seperti gempabumi, tsunami, longsor, banjir dan lain-lain. Karakteristik gempabumi untuk mendukung mitigasi bencana yaitu^[10]:

1. Berlangsung dalam waktu yang singkat
2. Lokasi kejadian hanya tertentu saja
3. Berpotensi terulang kembali
4. Tidak dapat dicegah tetapi akibat yang ditimbulkan dapat diminimalisir

Usaha yang harus dilakukan dalam mitigasi gempabumi untuk mencegah terjadinya korban jiwa akibat dampak runtuhnya bangunan dapat dilakukan dengan cara pemantauan peristiwa gempabumi dan pemetaan sesar aktif. Manfaat pemetaan sesar aktif ini untuk estimasi besarnya magnitudo yang terjadi akibat gempabumi di suatu wilayah. Semakin panjang segmen sesar maka magnitudo yang akan terjadi akan makin besar. Selain itu, pemetaan sesar aktif ini dapat digunakan untuk perancangan bangunan tahan gempabumi sehingga dapat mengurangi korban bencana gempabumi. Hal ini dapat terlaksana dengan cara sosialisasi kepada masyarakat yang bertempat tinggal di wilayah yang rawan gempabumi.

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan diatas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Nilai Percepatan Tanah Maksimum di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Rumusan Empiris *Mc. Guire*, *Si and Midorikawa* dan *Donovan*”.

METODE PENELITIAN

Penelitian analisis nilai percepatan tanah maksimum di wilayah Sumatera Barat dengan koordinat $3.5^{\circ}\text{LS}-1.8^{\circ}\text{LU}$ dan $95^{\circ}\text{BT}-103.5^{\circ}\text{BT}$ menggunakan data percepatan tanah akibat gempabumi yang tercatat pada alat *ETNA Accelerograph* di BMKG Stasiun Geofisika Padang Panjang. Data yang dipilih memiliki magnitudo 1.5–8.1 SR dengan kedalaman antara 1–253 km. Data tersebut tercatat mulai dari Februari 2008–September 2016. Data percepatan tanah ini terdiri dari *latitude*, *longitude*, magnitudo, kedalaman dan nilai PGA yang dicatat oleh *ETNA Accelerograph*.

Metode penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu:

- 1) Menghitung jarak episenter gempabumi (D) ke stasiun BMKG Padang Panjang.

Koordinat dari stasiun BMKG Padang Panjang adalah $0.46^{\circ}\text{LS}-100.40^{\circ}\text{BT}$. Untuk menghitung jarak episenter gempabumi ke stasiun BMKG Padang Panjang dengan menggunakan persamaan (5) dibawah ini:

$$D^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \quad (5)$$

dimana D adalah jarak episenter gempabumi terhadap stasiun BMKG Padang Panjang, x_1 adalah lintang episenter, x_2 adalah lintang titik acuan BMKG Padang Panjang, y_1 adalah bujur episenter dan y_2 adalah bujur titik acuan BMKG Padang Panjang. Satuan dari D , x_1 , x_2 , y_1 , dan y_2 dalam bentuk derajat ($^{\circ}$). Jarak episenter yang didapatkan harus dalam km sehingga harus dikonversi terlebih dahulu, dimana $1^{\circ} = 111 \text{ km}$.

- 2) Menghitung jarak hiposenter gempabumi (R).

Untuk menghitung jarak hiposenter dengan menggunakan Teorema *Pythagoras* dengan menggunakan persamaan (6) sebagai berikut:

$$R = \sqrt{D^2 + H^2} \quad (6)$$

dimana R = jarak hiposenter (km)

D = jarak episenter (km)

H = kedalaman gempabumi (km)

- 3) Setelah parameter-parameter gempabumi tersebut didapatkan, maka nilai tersebut disubstitusi kedalam rumusan empiris *Mc Guire* (1963), *Si and Midorikawa* (1999) dan *Donovan* (1973).
- 4) Membandingkan nilai PGA yang didapatkan menggunakan rumusan empiris dengan nilai PGA dari BMKG Padang Panjang menggunakan *Accelerograph*.
- 5) Membuat peta sebaran nilai percepatan tanah maksimum di wilayah Sumatera Barat menggunakan *ArcGis 10.3*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini menggunakan data percepatan tanah yang tercatat oleh alat *ETNA Accelerograph* di BMKG Padang Panjang. Data ini berada di wilayah Sumatera Barat dengan koordinat 3.5°LS – 1.8°LU dan 95°BT – 103.5°BT . Magnitudo gempabumi yang digunakan 1.5–8.1 SR dengan kedalaman gempabumi 1–253 km.

1. Nilai Percepatan Tanah Maksimum Menggunakan Rumusan Empiris *Mc Guire*, *Si and Midorikawa* dan *Donovan*

Berdasarkan data percepatan tanah yang tercatat oleh *ETNA Accelerograph* di BMKG Padang Panjang terdapat beberapa kejadian gempabumi yang bermagnitudo 5.5 SR dan 6.3 SR. Gempabumi dengan magnitudo 5.5 SR terdapat 6 kejadian gempabumi dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Data Gempabumi dengan Magnitudo 5.5 SR Periode Februari 2008–September 2016

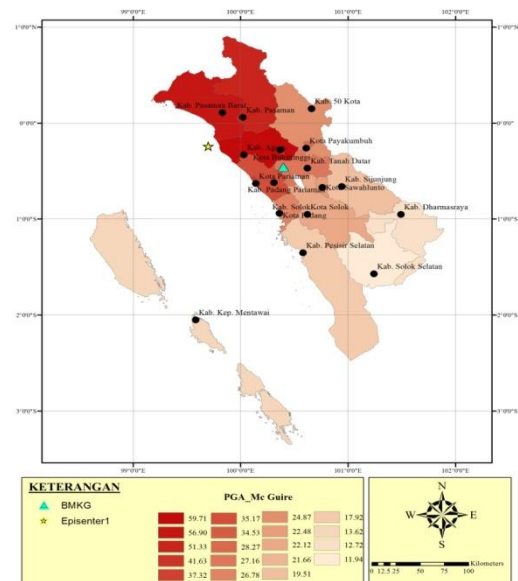
No	Earthquake					
	Date	Time	Koordinat ($^{\circ}$)		Mag (SR)	Depth (km)
			Lat	Long		
1	04-Jun-08	05.49.47	-0,24	99,70	5,5	30
2	16-Agt-09	10:22:08	-0,98	99,29	5,5	10
3	19-Agt-09	11:35:44	-1,52	99,82	5,5	10
4	26-Okt-10	23:45:37	-2,51	99,62	5,5	30
5	13-Feb-13	11:01:40	-3,08	101,17	5,5	28
6	28-Agt-13	05:43:25	-2,03	100,66	5,5	24

Berdasarkan Tabel 1, terdapat 6 kejadian gempabumi dengan magnitudo 5.5 SR. Masing-masing kejadian gempabumi tersebut dihitung nilai percepatan tanah maksimum menggunakan rumusan empiris *Mc Guire* (1963) pada persamaan (1), *Si and Midorikawa* (1999) pada persamaan (2) dan *Donovan* (1973) pada persamaan (3) tiap kabupaten/kota di Sumatera Barat.

Tabel 2. Nilai PGA Tiap Kabupaten/Kota di wilayah Sumatera Barat dengan Koordinat Gempabumi 0.24°LS – 99.70°BT dengan magnitudo 5.5 SR

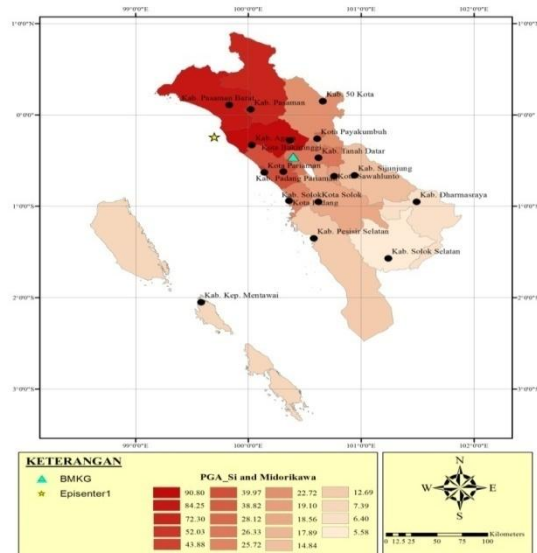
No	Kabupaten/ Kota	Koordinat ($^{\circ}$)		R (km)	Perhitungan Nilai PGA (gal)		
		Lat	Long		Mc Guire	Si and Mi	Donovan
1	Kota Pariaman	-0.63	100.14	71.83	41.63	52.03	40.38
2	Kab. Kep Mentawai	-2.05	99.58	203.57	13.62	7.39	13.00
3	Kab. Agam	-0.33	100.03	48.39	59.71	90.80	58.22
4	Kab. Padang Pariaman	-0.62	100.31	85.23	35.17	39.97	34.03
5	Kota Padang	-0.94	100.36	110.92	26.78	25.72	25.81
6	Kab. Pasaman Barat	0.11	99.83	51.16	56.90	84.25	55.44
7	Kab. Pasaman	0.06	100.02	57.19	51.53	72.30	50.14
8	Kota Padang Panjang	-0.46	100.4	86.80	34.53	38.82	33.40
9	Kota Bukittinggi	-0.28	100.37	80.32	37.32	43.88	36.14
10	Kab. Pesisir Selatan	-1.35	100.58	160.07	17.92	12.69	17.17
11	Kab. Solok	-0.95	100.62	132.44	22.12	18.56	21.26
12	Kota Solok	-0.95	100.65	135.02	21.66	17.89	20.81
13	Kab. Tanah Datar	-0.47	100.62	109.45	27.16	26.33	26.18
14	Kota Payakumbuh	-0.26	100.61	105.39	28.27	28.12	27.26
15	Kota Sawahlunto	-0.67	100.76	130.47	22.48	19.10	21.62
16	Kab. Sijunjung	-0.66	100.94	148.39	19.51	14.84	18.72
17	Kab. 50 Kota	0.15	100.66	118.87	24.87	22.72	23.95
18	Kab. Solok Selatan	-1.57	101.24	227.85	11.94	5.58	11.38
19	Kab. Dharmasraya	-0.95	101.49	215.84	12.72	6.40	12.13

Berdasarkan Tabel 2, nilai PGA yang didapatkan dari rumusan empiris pada koordinat 0.24°LS – 99.70°BT bahwa nilai PGA terbesar berada di Kabupaten Agam dan nilai terkecil di Kabupaten Solok Selatan. Berikut pada Gambar 2 dapat dilihat peta sebaran nilai PGA.



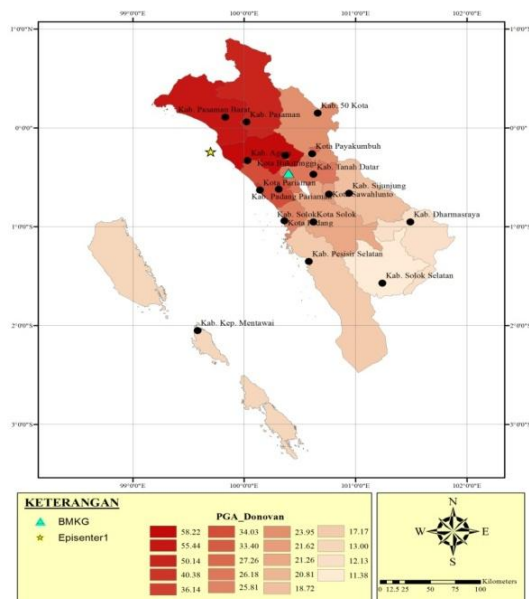
Gambar 2. Peta Sebaran Nilai PGA *Mc Guire* pada Koordinat 0.24°LS – 99.70°BT dengan Magnitudo 5.5 SR pada Kedalaman 30 km

Gambar 2, menjelaskan bahwa nilai PGA yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan rumusan empiris *McGuire* pada koordinat 0.24^0 LS– 99.70^0 BT dengan Magnitudo 5.5 SR pada Kedalaman 30 km. Nilai PGA terbesar yaitu 59.71 gal dan nilai PGA terkecil 11.94 gal.



Gambar 3. Peta Sebaran Nilai PGA Si and Midorikawa pada Koordinat 0.24^0 LS – 99.70^0 BT dengan Magnitudo 5.5 SR pada Kedalaman 30 km

Berdasarkan sebaran nilai PGA yang diperoleh dari hasil perhitungan pada Gambar 3, menjelaskan bahwa nilai PGA terbesar berada di Kabupaten Agam dengan nilai PGA yaitu 90.80 gal. Nilai PGA terkecil yang didapatkan dari hasil perhitungan rumusan empiris *Si and Midorikawa* yaitu 5.58 gal.



Gambar 4. Peta Sebaran Nilai PGA Donovan pada Koordinat 0.24^0 LS – 99.70^0 BT dengan Magnitudo 5.5 SR pada Kedalaman 30 km

Selain gempa bumi 5.5 SR, penelitian ini juga menggunakan data gempa bumi yang tercatat pada magnitudo 6.3 SR. Berikut pada Tabel 3 merupakan data gempa bumi yang tercatat pada magnitudo 6.3 SR.

Tabel 3. Data Gempabumi dengan Magnitudo 6.3 SR Periode Februari 2008–September 2016

No	Earthquake					
	Date	Time	Koordinat (0)		Mag (SR)	Depth (km)
			Lat	Long		
1	26-Feb-08	01.06.01	-0,05	99,54	6,3	25
2	03-Mar-08	09.37.26	-0,40	99,57	6,3	34
3	29-Mei-11	18:23:58	-1,93	101,45	6,3	10
4	14-Sep-12	04:52:49	-3,49	100,32	6,3	52

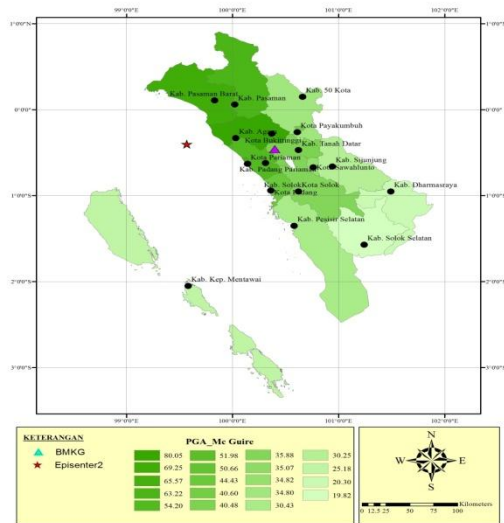
Tabel 3 terdapat 4 kejadian gempa bumi dengan magnitudo 6.3 SR pada kedalaman yang berbeda. Data tersebut diolah menggunakan rumusan empiris *Mc Guire* (1963) pada persamaan (1), *Si and Midorikawa* (1999) pada persamaan (2) dan *Donovan* (1973) pada persamaan (3) akan didapatkan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) tiap kabupaten/kota di wilayah Sumatera Barat.

Tabel 4. Nilai PGA Tiap Kabupaten/Kota di Wilayah Sumatera Barat dengan Koordinat Gempabumi 0.40^0 LS– 99.57^0 BT dengan Magnitudo 6.3 SR

No	Kabupaten/ Kota	Koordinat(0)		R (km)	Perhitungan Nilai PGA (gal)		
		Lat	Long		Mc Guire	Si and Mi	Donovan
1	Kota Pariaman	-0.63	100.14	76.23	65.57	123.48	56.81
2	Kab. Kep Mentawai	-2.05	99.58	186.28	25.18	23.63	21.51
3	Kab. Agam	-0.33	100.03	61.83	80.05	168.14	69.56
4	Kab. Padang Pariaman	-0.62	100.31	92.19	54.20	91.44	46.83
5	Kota Padang	-0.94	100.36	111.53	44.43	66.14	38.28
6	Kab. Pasaman Barat	0.11	99.83	72.07	69.25	134.42	60.05
7	Kab. Pasaman	0.06	100.02	79.11	63.22	116.64	54.75
8	Kota Padang Panjang	-0.46	100.4	98.43	50.66	82.03	43.73
9	Kota Bukittinggi	-0.28	100.37	96.01	51.98	85.51	44.89
10	Kab. Pesisir Selatan	-1.35	100.58	157.62	30.43	34.03	26.07
11	Kab. Solok	-0.95	100.62	135.89	35.88	45.87	30.82
12	Kota Solok	-0.95	100.65	138.76	35.07	44.04	30.11
13	Kab. Tanah Datar	-0.47	100.62	121.66	40.48	56.53	34.83
14	Kota Payakumbuh	-0.26	100.61	121.34	40.60	56.80	34.93
15	Kota Sawahlunto	-0.67	100.76	139.65	34.82	43.49	29.89
16	Kab. Sijunjung	-0.66	100.94	158.47	30.25	33.65	25.91
17	Kab. 50 Kota	0.15	100.66	139.72	34.80	43.45	29.88
18	Kab. Solok Selatan	-1.57	101.24	228.88	19.82	14.33	16.88
19	Kab. Dharmasraya	-0.95	101.49	224.28	20.30	15.09	17.29

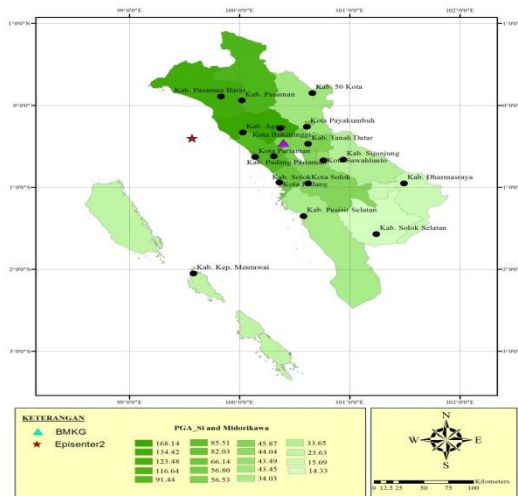
Berdasarkan Tabel 4, episenter gempa bumi pada koordinat 0.40^0 LS – 99.57^0 BT dengan magnitudo 6.3 SR dan kedalaman 34 km menjelaskan bahwa nilai PGA terbesar berada di Kabupaten Agam dan nilai PGA terkecil berada di

Kabupaten Solok Selatan. Sebaran nilai PGA dapat dilihat pada Gambar 5, 6 dan 7.

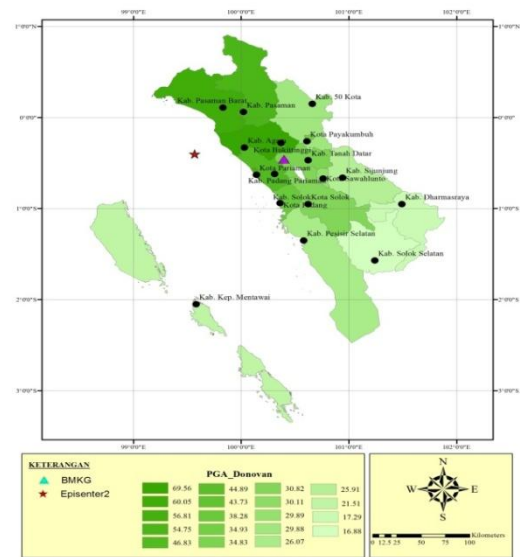


Gambar 5. Peta Sebaran Nilai PGA *Mc Guire* pada Koordinat 0.40° LS– 99.57° BT dengan Magnitudo 6.3 SR pada Kedalaman 34 km

Nilai PGA *Mc Guire* nilai PGA terbesar yaitu 80.05 gal di Kabupaten Agam dan terkecil 19.82 gal berada di Kabupaten Solok Selatan.



Gambar 6. Peta Sebaran Nilai PGA *Si and Midorikawa* pada Koordinat 0.40° LS– 99.57° BT dengan Magnitudo 6.3 SR pada Kedalaman 34 km



Gambar 7. Peta Sebaran Nilai PGA Donovan pada Koordinat 0.40° LS– 99.57° BT dengan Magnitudo 6.3 SR pada Kedalaman 34 km

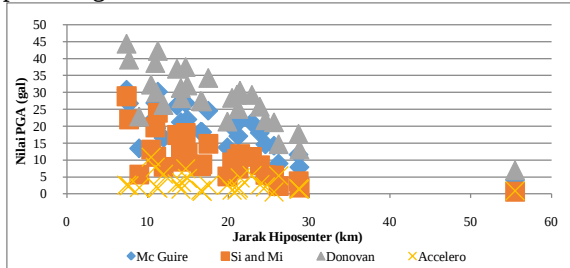
Episcen gempa bumi pada Gambar 2, 3 dan 4 memiliki letak episcen yang berdekatan dengan episcen gempa bumi pada Gambar 5, 6 dan 7. Letak episcen gempa bumi pada 2 kejadian gempa bumi tersebut berada di zona sesar Mentawai. Kabupaten Agam mendapat nilai PGA tertinggi dan nilai PGA terkecil berada di Kabupaten Solok Selatan. Hal ini terjadi karena episcen gempa bumi berada dekat Kabupaten Agam sehingga nilai PGA yang terjadi akan semakin besar pula. Nilai PGA akan semakin meningkat apabila jarak tiap kabupaten/kota semakin dekat dengan episcen gempa bumi, sehingga getaran yang terjadi akan semakin terasa dan dapat menimbulkan kerusakan^[8].

Nilai percepatan tanah maksimum yang terjadi pada suatu titik pada waktu tertentu dihitung berdasarkan besarnya magnitudo dan jarak hipocenter, serta periode perdominan tanah dimana titik tersebut berada^[11]. Semakin besar nilai percepatan tanah yang terjadi pada suatu wilayah maka akan semakin besar bahaya dan resiko gempa bumi yang terjadi^[12].

2. Perbandingan Nilai PGA Menggunakan Accelerograph dan Menggunakan Rumusan Empiris *Mc Guire*, *Si and Midorikawa* dan Donovan

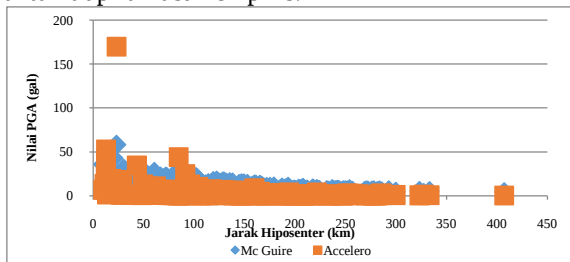
Berdasarkan data percepatan tanah yang tercatat oleh alat *Accelerograph* di BMKG Padang Panjang pada periode Februari 2008–September 2016 pada magnitudo 1.5–8.1 SR dengan kedalaman 1–253 km. Nilai PGA yang tercatat oleh alat *Accelerograph* kemudian dibandingkan dengan nilai PGA yang didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan rumusan empiris *Mc Guire*, *Si and Midorikawa* dan Donovan.

Perbandingan nilai PGA ini dibagi menjadi 4 kluster berdasarkan magnitudo. Kluster pertama pada magnitudo 1.5–3.0 SR, kluster kedua pada magnitudo 3.1–5.0 SR, kluster ketiga pada magnitudo 5.1–7.0 SR dan kluster yang keempat pada magnitudo 7.1–8.1 SR.

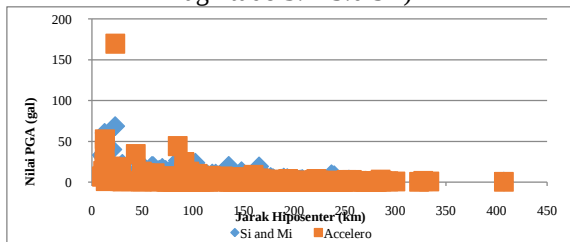


Gambar 8. Kluster pada Magnitudo 1.5–3.0 SR

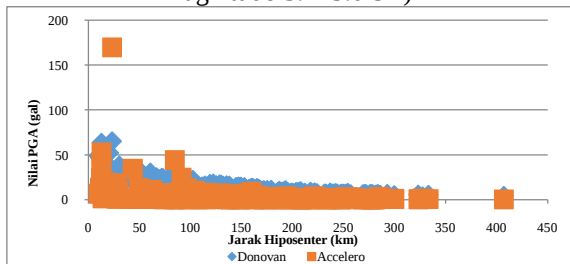
Berdasarkan Gambar 8 bahwa nilai PGA Donovan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan nilai PGA yang lainnya. Nilai PGA Si and Midorikawa mendekati nilai PGA Accelerograph pada jarak hiposenter < 30 km. Gambar 9, 10 dan 11 merupakan kluster pada magnitudo 1.5–3.0 SR untuk tiap rumusan empiris.



Gambar 9. Perbandingan Nilai PGA antara Accelerograph dan Mc Guire (Kluster pada Magnitudo 3.1–5.0 SR)



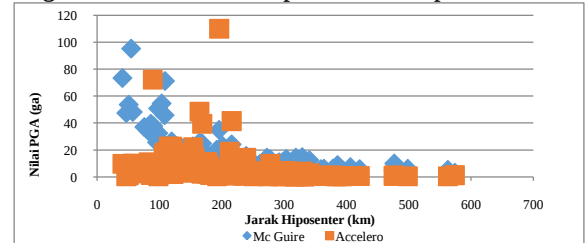
Gambar 10. Perbandingan Nilai PGA antara Accelerograph dan Si and Midorikawa (Kluster pada Magnitudo 3.1–5.0 SR)



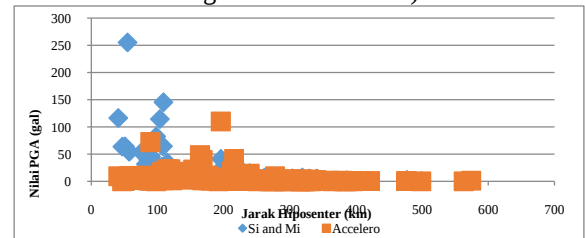
Gambar 11. Perbandingan Nilai PGA antara Accelerograph dan Donovan (Kluster pada Magnitudo 3.1–5.0 SR)

Kluster pada magnitudo 3.1–5.0 SR terlihat pada Gambar 9, 10 dan 11 bahwa nilai PGA Si and Midorikawa mendekati nilai PGA Accelerograph. Pada jarak hiposenter ± 20 km, nilai PGA Accelerograph terdapat anomali. Hal ini dikarenakan adanya kerusakan pada alat Accelerograph saat mencatat parameter gempabumi.

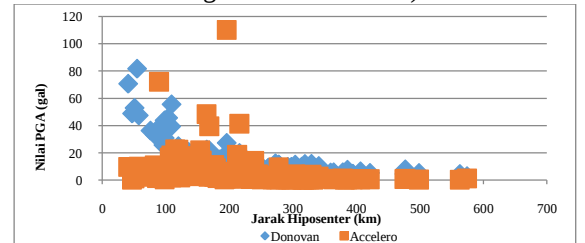
Gambar 12, 13 dan 14 merupakan kluster magnitudo 5.1–7.0 SR tiap rumusan empiris.



Gambar 12. Perbandingan Nilai PGA antara Accelerograph dan Mc Guire (Kluster pada Magnitudo 5.1–7.0 SR)



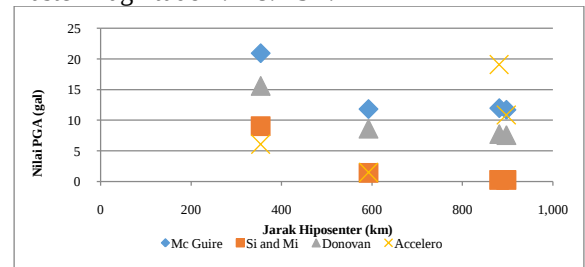
Gambar 13. Perbandingan Nilai PGA antara Accelerograph dan Si and Midorikawa (Kluster pada Magnitudo 5.1–7.0 SR)



Gambar 14. Perbandingan Nilai PGA antara Accelerograph dan Donovan (Kluster pada Magnitudo 5.1–7.0 SR)

Berdasarkan Gambar 12, 13 dan 14 bahwa kluster pada magnitudo 5.1–7.0 SR nilai PGA Si and Midorikawa mendekati nilai PGA Accelerograph dengan jarak hiposenter > 200 km.

Berikut ini pada Gambar 15 merupakan kluster magnitudo 7.1–8.1 SR.



Gambar 15. Kluster pada Magnitudo 7.1–8.1 SR

Gambar 15 menjelaskan nilai PGA *Si and Midorikawa* mendekati nilai PGA yang tercatat oleh alat *Accelerograph* pada jarak hiposenter < 600 km.

KESIMPULAN

Hasil analisis nilai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan rumusan empiris *Mc Guire, Si and Midorikawa* dan Donovan di wilayah Sumatera Barat, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan data percepatan tanah yang tercatat oleh alat *Accelerograph* di BMKG Padang Panjang selama periode Februari 2008–September 2016 terdapat beberapa kejadian gempabumi pada magnitudo 5.5 SR dan 6.3 SR. Gempabumi yang terjadi pada magnitudo 5.5 SR terdapat 6 kejadian gempabumi dan pada magnitudo 6.3 SR terdapat 4 kejadian gempabumi. Hasil perhitungan pada magnitudo 5.5 SR maupun 6.3 SR bahwa Kabupaten Kepulauan Mentawai mendapatkan nilai PGA terbesar di beberapa kejadian gempabumi. Hal ini dikarenakan gempabumi yang terjadi kebanyakan merupakan gempabumi dengan kedalaman yang dangkal.
2. Berdasarkan data percepatan tanah yang tercatat oleh alat *ETNA Accelerograph* dari Februari 2008–September 2016 di BMKG Padang Panjang dapat dilakukan 4 klaster yang dibagi berdasarkan rentang magnitudo gempabumi. Klastering dilakukan pada magnitudo 1.5–3.0 SR, 3.1–5.0 SR, 5.1–7.0 SR dan 7.1–8.1 SR. Hasil perbandingan didapatkan bahwa nilai PGA yang didapatkan menggunakan rumusan empiris *Si and Midorikawa* mendekati nilai PGA yang tercatat oleh alat *ETNA Accelerograph* pada jarak dan magnitudo tertentu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari hibah penelitian skema penelitian unggulan perguruan tinggi dengan tim peneliti diketuai oleh Ibu Syafriani, Ph.D berdasarkan Surat Penugasan Pelaksanaan Penelitian No.1649/UN35.2/PG/2017. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang atas data yang telah digunakan dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darman, H., dan Sidi, F.H. (2000). *An outline of The Geology of Indonesia*. Jakarta: IAGI.
- [2] Triyono, Rahmat. *Ancaman Gempabumi Di Sumatera Tidak Hanya Bersumber Dari Mentawai Megathrust*. Artikel Stasiun Geofisika Klas I Padang Panjang. Diakses tanggal 4 September 2017 Pukul 17.37 WIB.
- [3] Sieh, K., and Natawidjaja, D.H. (2000). *Neotectonics of the Sumatera fault, Indonesia. Journal of Geophysical Research*, 105, B12, pp. 28, 295- 28, 326.
- [4] Fauzi. (2010). *Analisis Data Seismogram Untuk Menentukan Parameter Magnitude Gempabumi (Studi Kasus Gempabumi Padang 30 September 2009)*. Skripsi FST UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- [5] Setyonegoro, Wiko. Dkk. (2012). *Analisis Sumber Gempabumi Pada Segmen Mentawai (Studi Kasus: Gempabumi 25 Oktober 2010)*. Jurnal Puslitbang BMKG. Jakarta Pusat.
- [6] Pawirodikromo, W. (2012). *Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- [7] Syafriana, Denis, Dwi Pujiastuti, Andiyansyah Z. Sabarani. (2015). *Estimasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum di Sumatera Barat Berdasarkan Skenario Gempa Bumi di Wilayah Siberut dengan Menggunakan Rumusan Si and Midorikawa* (1999). Jurnal Fisika Unand (Vol. 4, No. 4, Oktober 2015 Issn 2302-8491).
- [8] Leviana, Mia, Syafriani, Andiyansyah Z. Sabarani. (2017). *Estimasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum Wilayah Sumatera Barat Berdasarkan Skenario Gempabumi M 8.8 Sr Menggunakan Rumusan Empiris Mc. Guire (1963) Dan Donovan (1973)*. Pillar of Physics UNP (Volume 10, Oktober 2017). Hal 55 – 62.
- [9] Irwansyah, E. dan Winarko, E. (2012). *Zonasi Daerah Bahaya Kegempaan dengan Pendekatan Peak Ground Acceleration (PGA)*. Seminar Nasional Informatika 2012 (semnasIF 2012). UPN Veteran Yogyakarta.
- [10] Fulki, Ahmad. (2011). *Analisis Parameter Gempa Value dan PGA di Daerah Papua*. Skripsi Fisika FMIPA UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- [11] Kirbani. (2012). *Mitigasi Bencana Gempabumi*. Yogyakarta: Pusat Studi Bencana UGM.
- [12] Sari, Meita Aulia. (2016). *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum Dan Intensitas Gempabumi Di Kawasan Jalur Sesar Sungai Oyo Yogyakarta*. Skripsi Fisika FMIPA UNY. Yogyakarta.