

# STUDI PGA (*PEAK GROUND ACCELERATION*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE MC.GUIRE R.K BERDASARKAN DATA GEMPA BUMI PERIODE 1986-2021 DI WILAYAH SUMATERA BARAT

**Putri Amini Lubis\*, Lailatul Husna Lubis, dan Ratni Sirait**

*Pogram Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara*

*\*Email: putriaminilubis@gmail.com.*

## Abstrak

Wilayah Sumatera Barat memiliki tiga sumber utama pembangkit gempa bumi, yaitu zona subduksi lempeng, Sesar Semangko dan Sesar Mentawai. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai PGA di Wilayah Sumatera Barat berdasarkan analisa data gempa bumi periode 1 Desember 1986–1 Desember 2021 dan untuk mengetahui pemetaan PGA serta mengetahui letak daerah tingkat resiko kerusakan tertinggi akibat gempa bumi di Wilayah Sumatera Barat. Data penelitian yang digunakan adalah data gempa bumi dengan rentang waktu 35 tahun (01 Desember 1986-01 Desember 2021) menggunakan katalog USGS dan IRIS dengan magnitudo 5-10 serta kedalaman sumber gempa 0-70 km dan difokuskan pada koordinat Wilayah Sumatera Barat 0,9° LU–3,5° LS dan 98° BT–102° BT. Penelitian ini menggunakan Metode Mc.Guire R.K. Hasil pengolahan dan menghasilkan pemetaan nilai PGA dengan metode Mc.Guire R.K sebesar 131,582482 gal yang berada di daerah Kabupaten Kepulauan Mentawai dengan magnitudo 6,497 Ms serta kedalaman sumber gempa 28,9 km.

**Kata-kata kunci:** Mc.Guire R.K, PGA (*Peak Ground Acceleration*), dan Sumatera Barat

## Abstract

*The West Sumatra region has three main sources of earthquakes, namely the subduction zone, the Semangko fault, and the Mentawai fault. This study aims to determine the PGA values in the West Sumatra region based on earthquake data analysis from the period December 1 (1986 to 2021), as well as to map the PGA distribution and identify the areas with the highest risk of earthquake damage in West Sumatra. The research data used consist of earthquake records spanning 35 years (December 1, 1986 – December 1, 2021) from the USGS and IRIS catalogs, with magnitudes ranging from 5 to 10 and source depths of 0–70 km, focusing on the coordinates of West Sumatra (0.9° N – 3.5° S and 98° E – 102°E). This study employs the McGuire R.K. Method. The results of the analysis produced a PGA mapping using the McGuire R.K. Method with a value of 131.582482 gal, located in the Mentawai Islands Regency area, with a magnitude of 6.497 Ms and a source depth of 28.9 km*

**Keywords :** *Mc. Guire R.K, PGA (Peak Ground Acceleration), and West Sumatra*

## I. PENDAHULUAN

Wilayah Sumatera Barat mempunyai tingkat kegempaan yang cukup tinggi yang secara tektonik memiliki tiga sumber utama pembangkit gempa bumi yaitu zona subduksi lempeng (*megathrust*), Sesar Semangko atau *Sumateran Fault Zone* (SFZ) dan Sesar Mentawai (*Mentawai Fault Zone*) (Romadiana, 2018). Zona subduksi lempeng terbentuk dikarenakan lempeng Indo-Australia menunjam ke dalam lempeng Eurasia. Sesar Semangko atau *Sumateran Fault Zone* (SFZ) terbentuk akibat lempeng Indo-Australia yang menabrak bagian barat Pulau Sumatera sehingga terjadi tekanan dan mengakibatkan terbelahnya pulau Sumatera menjadi dua yang terletak disepanjang bukit barisan, Sesar Semangko

terbagi menjadi beberapa segmen aktif yaitu segmen Sesar Sianok, segmen Sesar Sumpur, segmen Sesar Suliti dan segmen Sesar Sumani. Sesar Mentawai (Mentawai Fault Zone) terletak di tengah-tengah antara Sesar Semangko dan zona subduksi lempeng berada di laut memanjang di sekitar pulau-pulau Mentawai dari selatan menerus hingga ke Nias Utara. Ketiga sumber tersebut berada di Wilayah Sumatera Barat dan memungkinkan terjadinya gempa besar sehingga mungkin bisa menimbulkan tsunami (Sieh dan Natawidjaja, 2000).

Gempa bumi (*earthquake*) adalah suatu peristiwa pelepasan energi gelombang seismik yang terjadi secara tiba-tiba dan merambat ke permukaan bumi. Pelepasan energi yang terjadi secara tiba-tiba ini disebabkan karena adanya deformasi lempeng tektonik yang terjadi pada lapisan batuan pada kerak bumi (Hartuti, 2009). Gempa bumi memiliki dampak pada pergerakan tanah, dampak kerusakan yang terjadi suatu wilayah bergantung pada kondisi struktur geologi batuan serta dengan intensitas maksimum yang dimiliki. Semakin dekat pusat gempa bumi dengan suatu wilayah maka mengakibatkan tingkat kerusakan yang besar pada suatu wilayah tersebut (Rahmat, 2018).

Salah satu faktor yang dapat menentukan besar atau kecilnya pengaruh gempa bumi yang terjadi secara tiba-tiba adalah percepatan tanah maksimum atau Peak Ground Acceleration (PGA) (Edwiza, 2008). Dengan menggunakan rumusan empiris Peak Ground Acceleration dapat mengetahui nilai PGA yang diperoleh sebagai salah satu parameter untuk mengetahui kerusakan tanah akibat pergerakan seismik di permukaan bumi (Irwansyah dan Winarko, 2012). Data PGA akibat getaran gempa bumi pada suatu lokasi menggambarkan tingkat resiko gempa bumi yang paling parah pada suatu wilayah. Nilai PGA yang terjadi pada suatu lokasi dengan waktu tertentu dihitung berdasarkan besarnya magnitudo dan jarak hiposenter, serta struktur tanah yang berada pada wilayah tersebut. Semakin besar nilai percepatan tanah yang terjadi pada suatu wilayah maka akan semakin besar bahaya dan resiko gempa bumi yang terjadi (Sari, 2016). Kemudian data PGA yang telah diperoleh, diolah menjadi interpolasi peta PGA dengan menggunakan Software ArcViewGIS 10.8 untuk menghasilkan peta kerawanan resiko kerusakan gempa bumi terbesar serta memudahkan analisa kerawanan resiko kerusakan gempa bumi di Wilayah Sumatera Barat (Asna, 2017). Satuan PGA dinyatakan dalam  $\text{gal}$  ( $\text{cm/s}^2$ ) (Riyadi, 2013).

*Peak Ground Acceleration* dapat dilakukan menggunakan dua cara yaitu pengukuran langsung merekam getaran tanah dengan menggunakan alat *Accelerograph* atau menggunakan rumusan empiris dengan metode PGA yang telah ada dengan menggunakan data gempa bumi (Kapojos, 2015). Dikarenakan alat *Accelerograph* belum efektif dan jumlahnya masih terlalu sedikit di Indonesia, maka dari itu dalam penentuan nilai PGA dapat dilakukan menggunakan rumusan empiris. Rumusan empiris dengan salah satu metode yang cocok digunakan berdasarkan patahan/sesar di Pulau Sumatera adalah Metode McGuire R.K, karena metode ini pertama kali diterapkan berdasarkan gempa bumi di California Selatan yang berada di sesar San Andreas. Sesar San Andreas merupakan sesar transform yang bergerak saling berlawanan arah dan saling bergesekan yang terlihat di daratan sama seperti sesar yang berada di Pulau Sumatera (Pawirodikromo, 2012).

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data gempa bumi di Wilayah Sumatera Barat periode 01 Desember 1986 s/d 01 Desember 2021 yang diambil melalui katalog USGS (United States Geological Survey) dan katalog IRIS (*Incorporated Research Institutions for Seismology*) dengan magnitudo 5-10 dan kedalaman sumber gempa 0-70 km yang difokuskan pada koordinat Wilayah Sumatera Barat  $0.9^\circ \text{LU}$ - $3.5^\circ \text{LS}$  dan  $98^\circ \text{BT}$ - $102^\circ \text{BT}$ . Pengolahan data kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel dengan menggunakan *Software Microsoft Excel* 2007 serta pemetaan dengan menggunakan *Software ArcViewGIS* 10.8

Setelah proses pengambilan data gempa bumi selanjutnya melakukan proses pengolahan data dengan cara sebagai berikut:

1. Menyusun data kegempaan yang sudah diperoleh dari katalog USGS dan katalog IRIS sesuai dengan batasan koordinat Wilayah Sumatera Barat  $0.9^\circ \text{LU}$ - $3.5^\circ \text{LS}$  dan  $98^\circ \text{BT}$ - $102^\circ \text{BT}$  pada periode 01 Desember 1986 s/d 01 Desember 2021 dalam jangka waktu 35 tahun dengan pemilihan magnitudo 5-10 serta kedalaman 0-70 km. Data gempa bumi yang diperoleh sebanyak 195 data kejadian gempa bumi.
2. Data gempa bumi yang diperoleh masih dalam skala Magnitudo Momen ( $M_w$ ), Magnitudo Badan ( $M_b$ ) dan Magnitudo Permukaan ( $M_s$ ). Maka dari itu Magnitudo Badan ( $M_b$ ) dan Magnitudo Momen ( $M_w$ ) perlu dikonversi terlebih dahulu menjadi Magnitudo Permukaan ( $M_s$ ) dengan menggunakan *Software Microsoft Excel* 2007 agar dapat dihitung nilai percepatan tanah maksimumnya.

- a. Konversi antara Magnitudo Badan (Mb) ke Magnitudo Permukaan (Ms). (Ambarwati, 2020):  

$$M_b = 0,63 M_s + 2,5 \quad (1)$$

- b. Konversi antara Magnitudo Momen (Mw) ke Magnitudo Seismik (Mo). (Ambarwati, 2020):  

$$M_w = (\log M_o / 1,5) + 10,73 \quad (2)$$

- c. Hubungan antara Momen Seismik (Mo) dengan Magnitudo Permukaan (Ms). (Ambarwati, 2020):  

$$\log M_o = 15 M_s + 16,1 \quad (3)$$

3. Wilayah Sumatera Barat dibagi menjadi beberapa titik grid dengan ukuran  $0.5 \times 0.5^\circ$  dengan menggunakan Software ArcViewGIS 10.8

4. Menghitung jarak episenter dengan menggunakan Software Microsoft Excel 2007. (Ambarwati, 2020):

$$\Delta^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \quad (4)$$

Keterangan:

$\Delta$  = jarak episenter ( $^\circ$ )

$x_1$  = lintang daerah perhitungan ( $^\circ$ )

$x_2$  = lintang episenter gempa ( $^\circ$ )

$y_1$  = bujur daerah perhitungan ( $^\circ$ )

$y_2$  = bujur episenter gempa ( $^\circ$ )

Nilai koordinat episenter dalam satuan derajat dikonversi ke dalam satuan km dengan mengubah  $1^\circ = 111$  km.

5. Lalu menghitung jarak hiposenter menggunakan Software Microsoft Excel 2007. (Ambarwati, 2020):

$$R = \Delta^2 + h^2 \quad (5)$$

Keterangan:

R = jarak hiposenter (km)

$\Delta$  = jarak episenter (km)

h = kedalaman sumber gempa (km)

6. Selanjutnya dihitung nilai PGA (a) tersebut dengan Metode Mc.Guire R.K (Mc.Guire R.K.

$$\alpha = 472,3 \times 10^{0,278M} \times (R + 25)^{-1,301} \quad (6)$$

Keterangan:

$\alpha$  = Nilai PGA (gal)

M = Magnitudo Permukaan (Ms)

R = Jarak Hiposenter (km)

7. Menentukan nilai PGA untuk setiap titik grid dengan memilih nilai yang terbesar untuk setiap titik grid

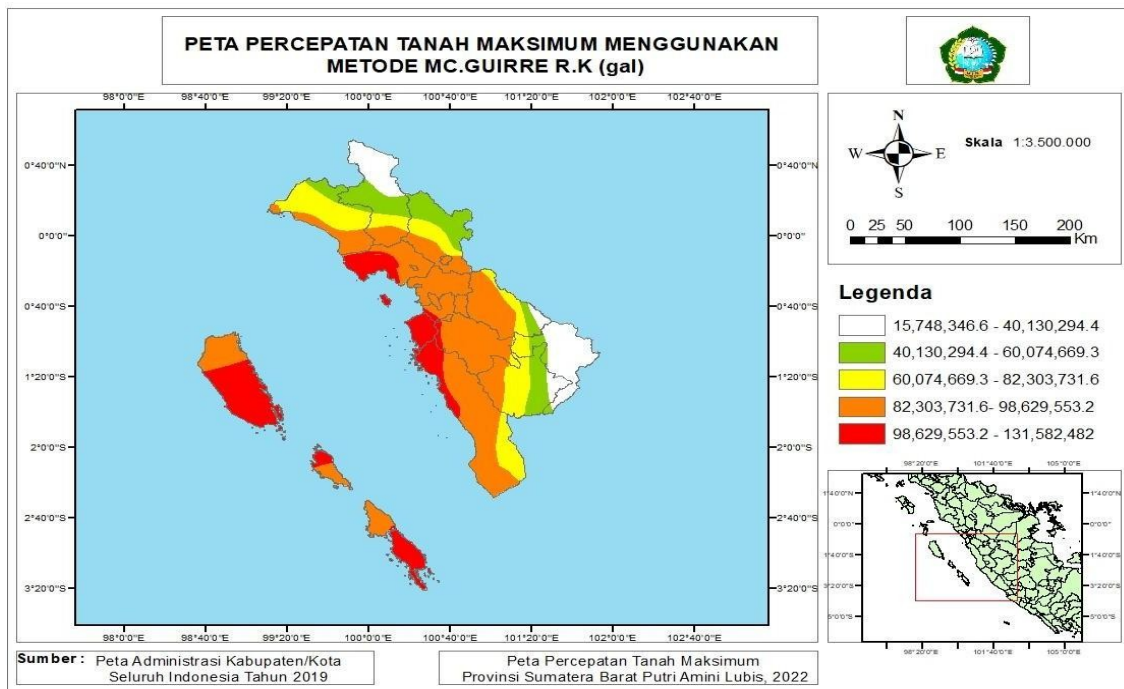
8. Selanjutnya membuat pemetaan PGA dengan menggunakan Software ArcViewGIS 10.8

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 1 menunjukkan hasil pemetaan PGA dengan menggunakan metode Mc.Guire R.K di Wilayah Sumatera Barat periode 35 tahun (01 Desember 1986-01 Desember 2021) dengan pengambilan data kejadian gempa bumi yang diperoleh dari katalog USGS dan katalog IRIS dengan magnitudo 5-10 serta kedalaman sumber gempa 0-70 km mempunyai resiko tinggi terhadap kerusakan akibat gempa bumi. Hal ini dapat dilihat pada hasil peta PGA dengan melihat gradasi warna mulai dari warna putih sampai dengan warna merah pada peta yang berarti nilai PGA dengan nilai yang terendah sampai nilai yang semakin meningkat.

Nilai PGA maksimum dengan menggunakan metode Mc.Guire R.K di Wilayah Sumatera Barat ditunjukkan pada peta yang berwarna merah dengan nilai 98,6295532-131,582482 gal. PGA tertinggi sebesar 131,582482 gal yang berada di Kabupaten Kepulauan Mentawai dengan magnitudo 6,496666667 Ms serta kedalaman sumber gempa 28,9 km.

Salah satu Kabupaten yang berada di Wilayah Sumatera Barat adalah Kabupaten Kepulauan Mentawai yang terletak pada koordinat diantara  $0^{\circ}55'00''-3^{\circ}21'00''$  LS dan  $98^{\circ}35'00''-100^{\circ}32'00''$  BT. Kabupaten Kepulauan Mentawai merupakan wilayah dengan kegempaan yang aktif dan cukup tinggi, dengan melihat pada rekaman kejadian gempa bumi yang terjadi dengan magnitudo kecil maupun magnitudo besar selama periode 2010-2016 (Rohadi, 2008). Tingkat kegempaan bergantung pada kondisi tektonik atau kondisi keaktifan sesar yang ada pada suatu wilayah. Salah satu penyebab yang dapat membuat sesar menjadi aktif adalah tingginya tingkat kegempaan dan seringnya terjadi bencana gempa bumi dengan magnitudo relatif besar. Kabupaten Kepulauan Mentawai terletak di pantai barat Pulau Sumatera merupakan wilayah yang termasuk kedalam penunjaman lempeng Indo-Australia kedalam lempeng Eurasia. Daratan di kabupaten Kepulauan Mentawai ini, terpisahkan oleh laut dengan kabupaten/kota lainnya yang berada di Wilayah Sumatera Barat. Struktur geologi pada Kabupaten Kepulauan Mentawai disusun oleh batuan bancuh berumur pra-tercier dan batuan sedimen berumur terciar serta batuan kuarter. Jenis pada batuan ini, dapat membangkitkan guncangan gempa bumi sehingga berpotensi terjadinya gerakan tanah. (geologi.esdm.go.id)



**Gambar 1.** Hasil pemetaan PGA metode Mc.Guire R.K di wilayah Sumatera Barat

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil Perhitungan PGA dengan menggunakan metode Mc.Guire R.K di Wilayah Sumatera Barat periode 35 tahun (01 Desember 1986-01 Desember 2021) sebesar 131.582482 gal serta berdasarkan hasil pemetaan PGA di Wilayah Sumatera Barat letak daerah tingkat resiko kerusakan tertinggi akibat bencana gempa bumi berada di Kabupaten Kepulauan Mentawai dengan magnitudo 6,496666667 Ms serta kedalaman sumber gempa 28.9 km. Tingkat keaktifan sesar yang cukup tinggi dikarenakan oleh Kabupaten Kepulauan Mentawai terletak di pantai barat Pulau Sumatera merupakan wilayah yang termasuk kedalam penunjaman lempeng Indo-Australia kedalam lempeng Eurasia serta struktur geologi pada Kabupaten Kepulauan Mentawai disusun oleh batuan bancuh berumur pra-tercier dan batuan sedimen berumur terciar serta batuan kuarter. Jenis pada batuan ini, dapat membangkitkan efek guncangan gempa bumi sehingga berpotensi terjadinya gerakan tanah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, Lia. 2020. *Pemetaan Dan Analisa PGA Maksimum Gempa Bumi Pada Provinsi Aceh Periode 2012-2017 Dengan Metode Atenuasi*. Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah
- Asna, A. (2017). *Pemetaan Daerah Rawan Bencana Gempa bumi Di Wilayah Sulawesi Tenggara Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Dengan Menggunakan Metode McGuire RK*, Skripsi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).

- Edwiza. 2008. Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar. No.29 Vol.1. ISSN:0854-8471, Hal: 73-79
- Hartuti, E.R. 2009. Buku Pintar Gempa. DIVA Press. Yogyakarta
- Irwansyah, E. dan Winarko, E. 2012. Zonasi Daerah Bahaya Kegempaan Dengan Pendekatan Peak Ground Acceleration (PGA). Seminar Nasional Informatika 2012 (semnas IF 2012). UPN Veteran Yogyakarta
- Kapojos, C. G., Tamuntuan, G & Pasau, G. (2015). Analisis Percepatan Tanah Maksimum Dengan Menggunakan Rumusan Exteva dan Donovan (Studi Kasus Pada Semenanjung Utara Pulau Sulawesi). Jurnal Ilmiah Sains, 15(2), 99-104
- McGuire, R. K. (1977). Effects of uncertainty in seismicity on estimates of seismic hazard for the east coast of the United States. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 67(3), 827-848.
- Pawirodikromo, Widodo. 2012. Seismologi Teknik dan Rekayasa Kegempaan. p327-381
- Rahmat, dkk. 2018. Analisis Tingkat Kerentanan Seismik di Sumatera Barat Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Maksimum. *Pillar of Phys.* Vol 11 No 2, Halaman 17-24
- Riyadi, Ahmad Ahtar. 2013. Analisis Nilai PGA dengan rumus empiris Donovan, Esteve dan McGuire R.K di Wilayah Sumatera Barat. Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Rohadi, S., Grandis,H & Ratag, M.A. 2008, Studi Potensi Seismotektonik sebagai Precursor Tingkat Kegempaan di Wilayah Sumatera. Jurnal Meteorologi dan Geofisika, 9 (2), 101-108
- Romadiana, Dwi & Sabarani, A. 2018. Analisis Nilai Percepatan Tanah Maksimum di Wilayah Sumatera Barat Menggunakan Persamaan Empiris McGuire, Si and Midorikawa dan Donovan. *PILLAR OF PHYSICS*, 11(1)
- Sari, Meita Aulia. (2016). Pemetaan Percepatan Gerakan Tanah Maksimum dan Intensitas GempaBumi di Kawasan Jalur Sesar Sungai Oyo Yogyakarta. Skripsi Fisika FMIPA UNY. Yogyakarta
- Sieh, K., & Natawidjaja, D. (2000). Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia (Paper 2000JB900120). *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH-ALL SERIES-*, 105(B12), 28-295.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2021, viewed 1 Agustus 2022, <https://vsi.esdm.go.id/index.php/gempabumi-a-tsunami/kejadian-gempabumi-a-tsunami/3591-analisis-geologi-kejadian-gempa-bumi-di-wilayah-kepulauan-mentawai-sumatera-barat-tanggal-12-mei-2021>