

# ANALISIS PEAK GROUND ACCELERATION WILAYAH SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN METODE MC.GUIRRE R.K DAN METODE CAMPBELL

Saza Amiroh\*, Lailatul Husna Lubis, Ratni Sirait

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan, Jl. Lap Golf. Kp. Tengah.

Pancur Batu, Medan, 20353, Indonesia

\*email: saza030499@gmail.com

## ABSTRAK

Sumatera Utara merupakan wilayah yang rentan akan bencana gempa bumi, karena berada pada zona subduksi antar lempeng Indo-Australia yang menunjam miring ke dalam lempeng Eurasia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai percepatan gerakan tanah maksimum dan untuk mengetahui pemetaan percepatan gerakan tanah maksimum agar dapat mengetahui daerah yang rawan akan kerusakan akibat gempa bumi di wilayah Sumatera Utara. Penelitian ini menggunakan dua rumusan empiris dengan metode Mc.Guirre R.K dan metode Campbell untuk mencari nilai percepatan gerakan tanah maksimum di wilayah Sumatera Utara. Hasil dari nilai percepatan gerakan tanah maksimum yang tertinggi untuk metode Mc.Guirre R.K sebesar 127,8771116 gal, dan hasil percepatan gerakan tanah maksimum yang tertinggi menggunakan metode Campbell sebesar 112,573716 gal. Dari hasil percepatan gerakan tanah maksimum dari kedua metode menghasilkan posisi percepatan gerakan tanah maksimum yang sama, yaitu di kota Sibolga yang terletak di kaki pegunungan Bukit Barisan yang membentang di sepanjang Pantai Barat Sumatera Utara dengan kekuatan 5,796666667 Ms dan kedalaman gempa 19,3 Km.

Kata Kunci: Campbell; Gempa Bumi; Mc.Guirre R.K; Percepatan Gerakan Tanah Maksimum; Sumatera Utara

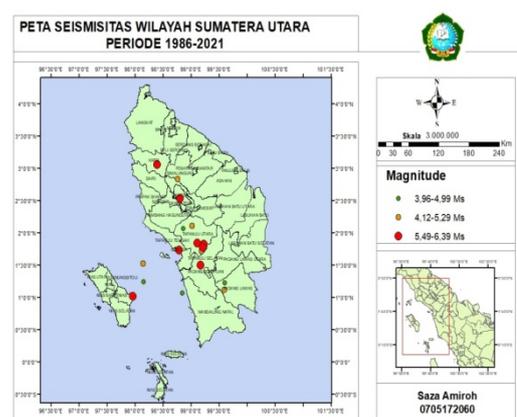
## ABSTRACT

[Title: Analysis Of Peak Ground Acceleration Using The Mc.Guirre R.K Method And Campbell Method In North Sumatera Region] North Sumatra is an area that is prone to earthquake disasters, because it is located in the collision zone between the Indo-Australian plate which slopes downward into the Eurasian plate.. This study aims to determine the value of the peak ground acceleration and to determine the mapping of the peak ground acceleration in order to identify areas that are prone to earthquake damage in the North Sumatra region. This study uses two empirical formulations with the Mc.Guire R.K method and the Campbell method to find the peak ground acceleration value in the North Sumatra region. The result of the highest peak ground acceleration value for the Mc.Guirre R.K method is 127.8771116 gal, and the highest peak ground acceleration using the Campbell method is 112.573716 gal. From the results of the peak ground acceleration of the two methods, the position of the peak ground acceleration is the same, namely in the city of Sibolga which is located at the foot of the Bukit Barisan mountain range which stretches along the West Coast of North Sumatra with a strength of 5.796666667 Ms and an earthquake depth of 19.3 Km.

Keywords: Campbell; Earthquake; Mc.Guirre R.K; Peak Ground Acceleration; North Sumatra

## PENDAHULUAN

Wilayah Sumatera Utara secara geologi cukup sering terjadi bencana gempa bumi, karena Sumatera Utara berada pada pertemuan antara lempeng Indo-Australia yang menunjam miring ke lempeng Eurasia (Andriana, 2017). Dari pertemuan kedua lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya sesar Semangko yang memanjang kurang lebih 390 km yang menyebabkan setiap daerah yang dilalui oleh sesar ini rawan bencana gempa bumi (Puspa, 2017). Sebaran gempa bumi Sumatera Utara dapat dilihat pada peta seismisitas Sumatera Utara pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Seismisitas Sumatera Utara (ArcViewGIS 10.8)

Berdasarkan pada gambar 1, dapat dilihat bahwa wilayah Sumatera Utara cukup rentan terjadi bencana gempa bumi, karena dipengaruhi oleh dua lempeng yang saling bertumbukan dan juga dilewati oleh jalur patahan semangko sehingga membuat wilayah Sumatera Utara rawan bencana gempa bumi.

Gempa bumi ialah fenomena dimana massa batuan di kerak bumi pecah dan energi dilepaskan dengan cepat, yang menyebabkan permukaan bumi bergetar (Ardiansyah, 2014). Semakin banyak energi yang dikeluarkan, maka semakin kuat gempa yang terjadi. Energi yang dilepaskan ialah energi yang tersimpan di wilayah tersebut yang mana tegangan maksimum akibat patahan batuan, sehingga melepaskan sebagian energi yang sudah terkumpul. Sumber energi yang dilepaskan dapat juga berasal dari hasil tumbukan lempeng, dan letusan gunung api. Gempa bumi belum dapat diketahui kapan terjadi, dimana dan berapa kekuatan gempa yang dikeluarkan meskipun saat ini teknologi semakin canggih (Rais, 2021). Manusia hanya dapat menentukan kekuatan gempa dengan bantuan alat *seismograph* (Bahri, 2019). Efek langsung yang diakibatkan oleh gempa bumi ialah merusak struktur bangunan, perumahan umum, fasilitas umum dan infrastruktur lainnya. Secara umum besarnya kerusakan tergantung dari kekuatan dan kualitas bangunan serta kondisi geologi daerah tersebut (Fahlia, 2019).

Kerusakan yang disebabkan oleh gempa bumi dapat ditentukan oleh parameter gempa menggunakan pendekatan percepatan gerakan tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA). PGA ialah nilai maksimum percepatan gerakan tanah sebagai indeks untuk mengkaji kerusakan tanah akibat gerakan gempa di permukaan tanah. PGA dapat ditentukan dengan dua cara, yaitu pengukuran gerakan tanah dengan alat *accelerograph* ialah dengan cara dipasang di lokasi pengamatan untuk mengukur percepatan tanah akibat gempa di sekitar lokasi (Kusumawardani, 2020). Namun, *accelerograph* di Indonesia masih belum efektif dan jumlahnya masih sangat sedikit dibandingkan dengan negara lain. Pengukuran PGA dilakukan secara empiris dengan menggunakan berbagai pendekatan dari beberapa rumus yang diturunkan dari magnitudo gempa dan jarak hiposenter gempa bumi (Kapojos, 2015). Pendekatan empiris ialah metode yang dipakai untuk menghitung percepatan tanah yang di buat oleh para ahli.

Dalam penelitian ini, menggunakan dua rumusan empiris dengan metode Mc.Guirre R.K dan metode Campbell untuk penentuan PGA di wilayah Sumatera Utara, karena telah digunakan

sebelumnya di Pulau Sumatera yaitu di Provinsi Aceh dalam menentukan PGA. Selain itu metode Mc.Guirre R.K ini diterapkan pertama kali berdasarkan gempa bumi di California Selatan di sepanjang patahan San Andreas. Patahan San Andreas ialah patahan mendatar yang terlihat di daratan sama halnya seperti sesar Sumatera. Sesar (patahan) ini membentuk batas tektonik antara lempeng Pasifik dan lempeng Amerika Utara di California, AS, dengan panjang 1.300 km (Lia, 2020). Dan metode Campbell berdasarkan studi percepatan tanah akibat gempa dangkal yang utamanya terjadi di pantai barat USA, dengan kondisi gempa yang terjadi di sepanjang daerah subduksi. Yang menjadikan kedua rumusan ini cocok dengan karakteristik Sumatera Utara dan diuji dalam penelitian ini (Lia, 2020). Maka perhitungan secara empiris dari kedua metode tersebut ialah :

1. Rumusan Mc.Guirre R.K (Robin,1977)

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

Dimana :

$\alpha$  = PGA (gal)

M = Magnitudo Permukaan (Ms)

R = Jarak hiposenter (Km)

2. Rumusan Campbell (Kenneth,1981)

$$\alpha = 0,0185 \cdot \exp(1,28M) [R + 0,147 \exp(0,732M)]^{-1,75} \quad (2)$$

Dimana :

$\alpha$  = PGA (g)

1 g = 981 gal

M = Magnitudo Permukaan (Ms)

R = Jarak hiposenter (Km)

PGA biasanya dihitung berdasarkan magnitudo dan kedalaman gempa. Semakin tinggi PGA yang dihasilkan oleh gempa bumi di suatu tempat, maka semakin besar pula resiko gempa bumi yang terjadi. Satuan percepatan gerakan tanah dinyatakan dalam gal ( $\text{cm/s}^2$ ) (Kapojos, 2015).

## METODE

Penelitian ini menggunakan data gempa bumi di Sumatera Utara dari 07 Juli 1986 sampai 07 Juli 2021 yang diperoleh dari katalog IRIS dan USGS dengan magnitudo 5–10 (Mb, Mw) dan kedalaman 0-70 Km. Difokuskan pada titik koordinat Sumatera Utara 1°- 4° LU dan 98°-100° BT. Pengolahan data menggunakan Ms.Excel dan pembuatan peta menggunakan software ArcViewGIS 10.8.

Data yang sudah terkumpul, diproses dengan cara sebagai berikut :

- a. Data gempa yang sudah didapatkan dari katalog IRIS dan USGS disusun sesuai batasan wilayah Sumatera Utara 1° - 4° LU dan 98°-100° BT. Dengan kejadian gempa periode 1986 – 2021

dengan magnitudo 5 - 10 (Mb, Mw) dan kedalaman gempa bumi 0 – 70 km.

b. Setelah data gempa bumi disusun sesuai batasan penelitian, perlu dilakukan konversi terlebih dahulu karena data yang terunduh dari katalog IRIS dan USGS masih memakai skala gempa yang berbeda, seperti skala magnitudo momen (Mw), magnitudo *body* (Mb), dan magnitudo *surface* (Ms). Oleh sebab itu dilakukan konversi skala (Mw) dan (Mb) menjadi (Ms) agar dapat dihitung nilai percepatan gerakan tanah maksimum nya.

1. Hubungan magnitudo permukaan (Ms) dengan magnitudo gelombang badan (Mb), berdasarkan persamaan 3 (Lia, 2020).

$$Mb = 0,63 Ms + 2,5 \quad (3)$$

2. Hubungan magnitudo momen (Mw) dengan magnitudo seismik (Mo), berdasarkan persamaan 4 (Lia, 2020).

$$Mw = (\log Mo/1,5) - 10,73 \quad (4)$$

3. Hubungan magnitudo permukaan (Ms) dengan momen seismik (Mo), berdasarkan persamaan 5 (Lia, 2020).

$$\log Mo = 1,5 Ms + 16,1 \quad (5)$$

c. Lalu untuk mempermudah dalam mencari nilai episenter (titik gempa di permukaan bumi), membagi wilayah Sumatera Utara menjadi beberapa titik grid, masing-masing dengan ukuran grid  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ , lalu mengambil data gempa dengan magnitudo terbesar dan terdekat dari titik grid.

d. Setelah data grid di dapatkan, dilanjutkan dengan menghitung jarak episenter di Mc.Excel berdasarkan persamaan 6 (Lia, 2020).

$$\Delta^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \quad (6)$$

e. Kemudian menghitung jarak hiposenter di Mc.Excel berdasarkan persamaan 7 (Lia, 2020).

$$R^2 = \Delta^2 + h^2 \quad (7)$$

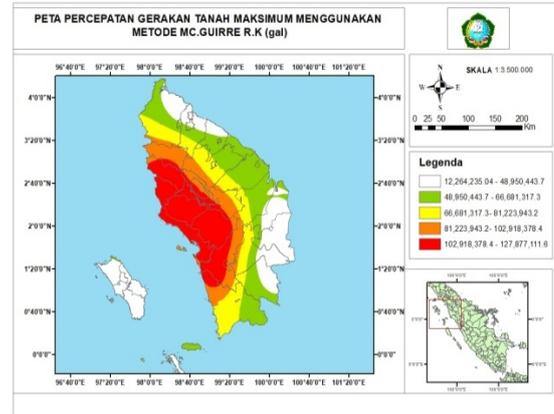
f. Selanjutnya menghitung PGA ( $\alpha$ ) menggunakan metode Mc.Guirre R.K dan metode Campbell.

g. Tahap terakhir membuat peta PGA dengan menggunakan perangkat lunak ArcViewGIS 10.8.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

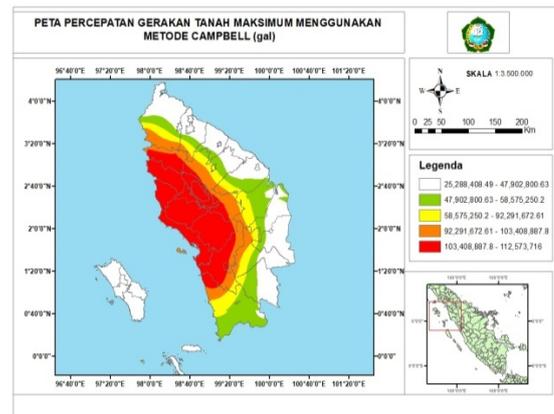
Hasil pemetaan percepatan gerakan tanah maksimum dari metode Mc.Guirre R.K menggunakan data kejadian gempa bumi tahun 1986-2021 di wilayah Sumatera Utara ditunjukkan pada gambar 2, bahwa wilayah Sumatera Utara memang rentan terjadi bencana gempa bumi, karena dipengaruhi oleh aktivitas antara dua lempeng yang saling bertumbukan dan dipengaruhi juga oleh sesar semangko (Rahayu, 2020). Dan

dibuktikan dengan nilai percepatan gerakan tanah yang didapatkan sebesar 102,918 – 127.877 gal. Juga dapat dilihat peta seismisitas pada gambar 1, yang menampilkan beberapa kejadian gempa bumi periode 1986-2021 dengan kekuatan gempa yang paling merusak dengan nilai (5,49 – 6,39 Ms).



**Gambar 2.** Hasil Pemetaan PGA Menggunakan Metode Mc.Guirre R.K di Wilayah Sumatera Utara.

Hasil pemetaan percepatan gerakan tanah maksimum menggunakan data gempa bumi tahun 1986 – 2021 menggunakan metode Campbell ditunjukkan pada gambar 3. Diperoleh nilai percepatan gerakan tanah maksimum yang paling merusak di tunjukkan pada peta yang berwarna merah dengan nilai 103,408 – 112,573 gal.



**Gambar 3.** Hasil Pemetaan PGA Menggunakan Metode Campbell di Wilayah Sumatera Utara

Dari pemetaan percepatan gerakan tanah maksimum di wilayah Sumatera Utara yang di akibatkan oleh gempa bumi periode 1986 – 2021 dari kedua rumusan empiris dengan metode Mc. Guirre R.K dan metode Campbell, diperoleh nilai percepatan gerakan tanah maksimum yang paling tinggi untuk metode Mc.Guirre R.K sebesar

127,8771116 gal, untuk nilai percepatan gerakan tanah maksimum yang paling tinggi menggunakan metode Campbell sebesar 112,573716 gal. Nilai PGA di setiap wilayah dipengaruhi oleh struktur geologi, magnitudo dan kedalaman gempa bumi. PGA yang dihasilkan di suatu lokasi gempa menjadi penting untuk mendeskripsikan tingkat bahaya gempa bumi di suatu lokasi (Asna, 2017).

Hasil percepatan gerakan tanah maksimum yang didapatkan dari Metode Mc.Guirre R.K dan metode Campbell menghasilkan posisi percepatan gerakan tanah maksimum yang sama, yaitu berada di Sibolga dengan kekuatan 5,796666667 Ms dan kedalaman gempa 19,3 Km. Sibolga berada dekat dengan zona subduksi dan sesar Semangko yang membagi Sumatera Utara melintasi Kabupaten Karo, Samosir, Dairi, Pak – Pak Barat, Tapanuli Tengah, Tapanuli Utara, Tapanuli Selatan, Mandailing Natal termasuk juga kota Sibolga yang menyebabkan daerah yang di lalui oleh patahan tersebut akan rawan bencana gempa bumi.

Sibolga terletak di kaki pegunungan Bukit Barisan, yang membentang di sepanjang Pantai Barat Sumatera Utara menghadap ke Teluk Tapian Nauli dengan ketinggian 1 - 50 meter diatas permukaan laut. Kondisi batuan di Sibolga terdapat tuf yang lapuk dan sudah melunak dan juga disusun oleh batupasir lempungan berwarna coklat terang yang berbutir sangat halus sampai kasar yang menyebabkan batuan-batuan tersebut sangat rentan terhadap pergerakan tanah (Sarukusuk, 2006). Berdasarkan dari hasil data yang didapatkan, dapat dilihat bahwa dari kedua metode Mc.Guirre R.K dan metode Campbell memiliki kemiripan, terlihat dari wilayah kejadian gempa, magnitudo, dan kedalaman gempanya.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil perhitungan PGA dari kedua metode di wilayah Sumatera Utara dengan pengambilan data gempa periode 1986 – 2021, diperoleh nilai percepatan gerakan tanah maksimum menggunakan metode Mc.Guirre R.K sebesar 127,8771116 gal. Untuk hasil perhitungan nilai percepatan gerakan tanah maksimum menggunakan metode Campbell Sebesar 112,573716 gal. Hasil pemetaan percepatan gerakan tanah maksimum dari kedua metode memiliki posisi yang sama yaitu berada di kota Sibolga yang terletak di kaki pegunungan Bukit Barisan yang membentang di sepanjang Pantai Barat Sumatera Utara dan menghadap ke Teluk Tapian Nauli dengan ketinggian 1-50 meter diatas permukaan laut, dengan kekuatan 5,796666667 Ms dan kedalaman gempa 19,3 Km. Dari hasil percepatan gerakan tanah maksimum yang di

dapatkan cukup memberikan gambaran tentang daerah yang rentan akan bencana gempa bumi, dan diharapkan dapat dijadikan sebagai mitigasi bagi pemerintah dalam bahaya kegempaan di wilayah Sumatera Utara sehingga dapat meminimalisir kerusakan dan kerugian akibat bencana gempa bumi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, Lia. 2020. Pemetaan dan Analisa PGA Maksimum Gempabumi Pada Provinsi Aceh Periode 2012 – 2017 dengan Metode Atenuasi. *Skripsi*. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Andriani, F. D., Iryanti, M., & Sari, I. L. 2017. Analisis Pola Waktu Mula Anomali Polarisasi Sinyal Sebelum Gempa Bumi di Wilayah Aceh dan Sumatera Utara. *Wahana Fisika*, 2(2), 118-128.
- Ardiansyah, S. 2014. Energi Potensial Gempa Bumi di Kawasan Segmen Mentawai-Sumatera Barat. *Physics Student Journal* Vol. 2 No. 1.
- Asna. 2017. Pemetaan Daerah Rawan Bencana Gempabumi di Wilayah Sulawesi Tenggara Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Dengan Menggunakan Metode Mc. Guirre R.K. *Skripsi*. UIN Alauddin Makassar.
- Bahri, Zulkifli dkk. 2019. Penggunaan SCR Sebagai Alarm Peringatan Dini Pada Saat Terjadi Gempa Bumi. *Jurnal of Electrical Technology*, Vol. 4 No. 3.
- Campbell, Kenneth w. 1981. Near-Source Attenuation of Peak Horizontal Acceleration. *Bulletin of the Seismological Society of America*. Vol. 71 No. 6.
- Fahlia, dkk. 2019. Analisis Dampak Perubahan Perilaku Sosial Ekonomi Masyarakat Desa Mapin Rea Pasca Bencana Gempa Bumi. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Indonesia*. Vol. 04, no. 01 pp. 51-55.
- Kapojos, Cloudya dkk. 2015. Analisis Percepatan Tanah Maksimum dengan Menggunakan Rumusan Esteva dan Donovan. *Jurnal Ilmiah Sains*. Vol. 15 No. 2.
- Kusumawardani, B. N., Didik, L. A., & Bahtiar, B. 2020. Analisis PGA (Peak Ground Accelaration) Pulau Lombok Menggunakan Metode Pendekatan Empiris. *JFA (Jurnal Fisika dan Aplikasinya)*. 16(3), 122-127.
- 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.
- Puspa, M. S. 2015. Studi Hubungan Posisi Jarak Bumi Terhadap Bulan dengan Kejadian Gempa Bumi dan Pola Sebaran Episenternya di Wilayah Sumatera Utara. *Inovasi Fisika Indonesia.* 4(3).
- Rahayu, Teguh dkk. 2020. *Wajah Tektonik Sumatera Bagian Utara.* Yayasan Kita Menulis.
- Rais, Iqbal luthfi nur. 2021. Analisis Bencana Gempa Bumi dan Mitigasi Bencana di Daerah Kertasari. *Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi.* Vol.4 No.2.
- Saruksuk, Johannes Hanzen. 2006. Konsep Jaringan Jalan Pada Kota Yang Rawan Bencana Gempa dan Tsunami (Studi Kasus Kota Sibolga). *Thesis.* Universitas Diponegoro Semarang.