

## PEMETAAN TINGKAT RAWAN GEMPA BERDASARKAN NILAI PGA (*PEAK GROUND ACCELERATION*) MENGGUNAKAN METODE MC. GUIRRE R.K DAN DONOVAN

**Nur Ainun<sup>\*</sup>, Lailatul Husna Lubis, Ratni Sirait**

*Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Jl. Lapangan Golf, Kab. Deli Serdang, 20353, Indonesia*

<sup>\*</sup>email: lailatulhusnalubis@uinsu.ac.id

### ABSTRAK

*Provinsi Aceh terletak diantara lempeng besar dunia yaitu lempeng Eurasia dan lempeng India-Australia serta sembilan lempeng kecil yang bertemu membentuk jalur-jalur pertemuan yang sangat kompleks. Akibatnya Provinsi Aceh merupakan zona tektonik yang sangat aktif. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai PGA (Peak Ground Acceleration) menggunakan metode mc. Guirre R.k dan Donovan serta mengetahui zonasi tingkat resiko kegempaan di wilayah Aceh. Penelitian ini dilakukan dengan titik koordinat 1°-5° LS dan 95°-98° BT. Data yang digunakan berasal dari USGS dengan magnitudo >5 dan kedalaman (0-70) km. Hasil penelitian yang di peroleh dari PGA (Peak Ground Acceleration) dari metode mc. Guirre R.K sebesar 153,288919 gal dan hasil penelitian dari metode Donovan sebesar 130,5759397 gal. Perbedaan nilai tersebut dipengaruhi oleh persamaan yang digunakan dalam perhitungan nilai PGA. Zonasi percepatan tanah maksimum berada di wilayah Kabupaten Pidie Jaya. Pada wilayah tersebut terdapat endapan aluvium dan batuan berusia tersier yang bersifat lunak atau tidak kuat, sehingga mengakibatkan wilayah tersebut rawan kegempaan.*

Kata Kunci: *Percepatan tanah maksimum; Mc. Guirre; Donovan*

### ABSTRACT

*Aceh Province is located two major plates of the world, namely the Eurasia plate and the India-Australia plate as well nine small plates that meet to form very complex meeting paths. As a result Aceh Province is a very active tectonic zone. This study aims to determine the value of the PGA (Peak Ground Acceleration) value. This research was conducted using this coordinates of 1°-5° South Latitude and 95°-98° East longitude. The catalog model used in this analisis is USGS and IRIS with a magnitude scale >5 and a depth of (0-70) km. Maximum value of the mc. Guirre R.K method is 153,288919 gal and the maximum value of the Donovan method is 130,5759397 gal. The difference in these values is influenced by the equation used in calculating the PGA value. While the maximum land acceleration zoning is in Reuleut, North Aceh District. In the area there are alluvium deposits and tertiary-aged rocks that are soft on not strong. This makes the area prone to earthquakes.*

Keywords: *Maximum ground acceleration; Mc. Guirre; Donovan*

### PENDAHULUAN

Provinsi Aceh berada pada dua lempeng besar dunia dan Sembilan lempeng kecil yang saling bertemu dan berbentuk jalur-jalur pertemuan yang tersusun secara kompleks (Bird, 2003). Akibat dari bertemunya tiga lempeng tersebut menimbulkan zona subduksi di Provinsi Aceh. BMKG, 2019 juga menyatakan bahwa akibat dari adanya lempeng-lempeng tersebut Provinsi Aceh berada pada zona merah kebencanaan karena dapat memicu terjadinya gempa dengan skala VIII MMI dan berpotensi retakan tanah serta pergeseran tanah. Pergerakan lempeng pada dasarnya dibedakan menjadi tiga yaitu pergerakan lempeng yang saling menjauh (divergen), pergerakan lempeng yang saling

bergesekan (transform), dan pergerakan lempeng yang saling mendekat (convergent).

Gempa adalah suatu peristiwa bergetarnya permukaan tanah yang dikarenakan adanya pelepasan energy yang tidak diketahui waktu terjadinya (Pawirodikromo, 2012). Ada beberapa macam gempa bumi salah satunya yaitu gempa tektonik. Gempa tektonik adalah gempa yang berasal dari pergerakan lempeng tektonik yang menyebar membentuk gelombang seismic menuju permukaan. Pusat gempa tektonik kebanyak berasal dari dasar laut (Dowrick, 1987). Pada teori lempeng tektonik terdapat dua lapisan pada bagian luar bumi. Lapisan terluar dinamakan litosfer, litosfer memiliki suhu yang dingin dan bentuk yang kaku atau tegar. Sedangkan dibawah litosfer terdapat astenosfer,

astenosfer memiliki suhu yang panas (Adam, 2013). Akibat yang ditimbulkan dari pusat gempa terdapat gelombang yang merambat ke atas permukaan. Jika getaran seismic sudah mencapai ke atas permukaan maka akan menimbulkan kerusakan pada bangunan. Getaran yang sangat kuat tersebut merambat ke segala arah.

Besarnya getaran seismic yang mengakibatkan percepatan tanah dipermukaan pada suatu wilayah tergantung dari perambatan gelombang dan kondisi geologi wilayah tersebut. Karena ketika terjadinya gempa akan menghasilkan nilai percepatan tanah. PGA atau Percepatan Tanah Maksimum adalah parameter yang sangat penting dalam kasus seismologi tektonik karena pada percepatan tanah maksimum menyatakan perubahan pergerakan tanah yang awalnya dalam keadaan diam hingga kecepatan tertentu. Perhitungan nilai percepatan maksimum dihitung berdasarkan besarnya magnitudo dan kedalaman sumber gempa (Edwisa, 2008). Nilai tersebut akan menunjukkan resiko kerusakan terhadap bangunan. Selanjutnya, nilai tersebut juga disesuaikan dengan ketahanan bangunan dalam menahan guncangan. (Nofaslah, 2017). Jika nilai PGA yang diperoleh besar maka semakin besar pula tingkat resiko bahaya gempa yang dirasakan (Ahmad, 2018). Untuk pengurangan tingkat resiko kegempaan sangat penting dengan tujuan untuk mitigasi bencana gempa. Upaya mitigasi sangat diperlukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi bencana yang akan terjadi di kemudian hari (Suprpto, 2018)

Oleh sebab itu, PGA memang perlu dilakukan di Provinsi Aceh. Untuk mengetahui nilai tersebut dapat dihitung menggunakan rumus empiris, namun setiap rumus memiliki karakteristik sesuai wilayah yang ingin diteliti. Nilai yang diperoleh tersebut kemudian dibuat dalam pemetaan, hasil pemetaan dapat menjadi solusi seberapa besar tingkat kerawanan dan terletak di wilayah mana yang terdapat nilai percepatan maksimum (Imam, 2018). Dalam penelitian ini perhitungan PGA menggunakan dua metode yaitu metode pertama metode Mc. Guirre R.K, kedua yaitu metode Donovan yang sering digunakan untuk wilayah Pulau Sumatera. Metode-metode tersebut sangat cocok untuk Provinsi Aceh, oleh karena itu peneliti menggunakan kedua metode tersebut untuk mengetahui percepatan tanah maksimum di Provinsi Aceh. Perhitungan rumus empiris dari kedua metode yaitu

Rumus empiris metode Mc. Guirre R.K (Robin, 1977)

$$\alpha = 472,3 \times 10^{0,27xMs} \times (R + 25)^{-1,301}$$

Rumus empiris metode Donovan (Donovan, 1971)

$$\alpha = 1080 (exp^{0,5M}) / (R + 25)^{1,32}$$

## METODE

Waktu penelitian dilakukan pada tanggal 17 juni s/d 17 juli 2022. Penelitian ini menggunakan data sekunder dengan periode kejadian gempa dari tahun 1986 sampai dengan tahun 2021 yang diperoleh dari katalog USGS dan IRIS dengan magnitudo >5 (Mb dan Mw) serta kedalaman (0-70) km pada titik koordinat 1°-5° LS dan 95°-98° BT. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak Ms. Excel, pada pembuatan peta menggunakan *software* ArcViewGIS 10.8, dan menggunakan perangkat keras berupa laptop.

Berikut langkah pengolahan data untuk mencari nilai percepatan tanah maksimum :

- Mengambil data penelitian menggunakan katalog USGS dengan periode kejadian gempa tahun 1986 sampai dengan 2021.
- Menyesuaikan batasan titik koordinat penelitian dengan data kegempaan yang telah di dapatkan dari katalog USGS dan IRIS.
- Magnitudo yang dihasilkan dari katalog USGS dan IRIS berbeda-beda seperti magnitudo *body* (Mb) dan magnitudo moment (Mw) sebelum pengolahan data magnitudo tersebut terlebih dahulu dikonversi menjadi magnitudo *surface* (Ms) agar nilai percepatan tanah maksimum dapat dihitung. Rumus konversi magnitudo (Lia, 2020) :
  - Hubungan antara magnitudo permukaan (Ms) dan magnitudo badan (Mb)
 
$$Mb = 0,63 Ms + 2,5$$
  - Hubungan antara magnitudo momen (Mw) dan magnitudo seismic (Mo)
 
$$Mw = (\log Mo / 1,5) - 10,73$$
  - Hubungan antara magnitudo permukaan (Ms) dan magnitudo seismic (Mo)
 
$$\log Mo = 1,5 Ms + 16,1$$
- Pembuatan grid dengan ukuran 0,5° x 0,5° menggunakan *software* ArcViewGIS 10.8. Tujuan untuk pembuatan grid yaitu untuk mempermudah dalam perhitungan nilai percepatan tanah maksimum. Pada titik grid diambil koordinat yang terdekat serta menentukan magnitudo yang terbesar.

- e. Menghitung jarak episenter menggunakan Ms. Excel dengan rumus :

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

Dimana :

$\Delta$  = Jarak episenter (km)

$x_1$  = Lintang daerah perhitungan (°)

$y_1$  = Bujur daerah perhitungan (°)

$x_2$  = Lintang epicenter gempa (°)

$y_2$  = Bujur episenter gempa (°)

- f. Menghitung jarak hiposenter menggunakan Ms. Excel dengan rumus :

$$R^2 = \Delta^2 + h^2$$

R = Jarak hiposenter gempa (km)

$\Delta$  = Jarak episenter (km)

h = Kedalaman sumber gempa

- g. Menghitung nilai PGA menggunakan rumus empiris metode Mc. Guirre R. K dan metode Donovan.
- h. Membuat peta PGA menggunakan *software* ArcViewGIS 10.8.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

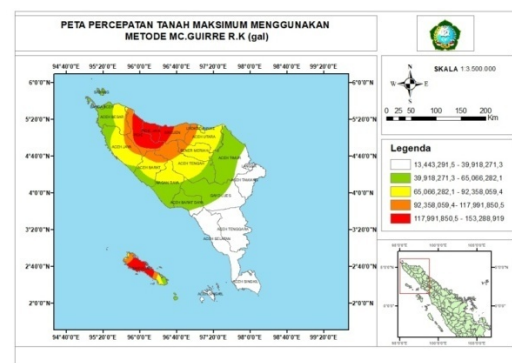
Data yang diperoleh dari USGS sebanyak 121 data gempa dengan magnitudo >5 (Mb dan Mw) serta kedalaman (0-70) km. Kejadian gempa di provinsi Aceh memiliki tingkat seismisitas yang bervariasi (Gambar 1). Dari peta tersebut dapat dilihat bahwa kebanyakan gempa yang terjadi di Provinsi berada di laut. Daerah yang rawan gempa dapat diketahui dengan nilai percepatan tanah maksimum. Dari nilai tersebut dapat mempermudah menambah kualitas ketahanan suatu bangunan yang akan dibangun didaerah yang terdapat rawan gempa.

Kerentanan wilayah Provinsi Aceh yang mengalami bencana geologis gempa bumi dan tsunami yang cukup panjang dan berkemungkinan yaitu wilayah Aceh Tengah meliputi Aceh Barat, Aceh Barat Daya, Pidie, Pidie Jaya, Kabupaten Aceh Besar, Aceh Tengah, Aceh Tenggara, Gayo Lues, Aceh Sekatang, dan Aceh Selatan, dan Aceh Utara. Tidak hanya gempa bumi dan tsunami, Provinsi Aceh juga rentan dengan bencana lainnya. Maka dari itu Provinsi Aceh memiliki tingkat seismisitas yang sangat tinggi.



**Gambar 1.** Peta Seismisitas Provinsi Aceh periode tahun 1986-2021

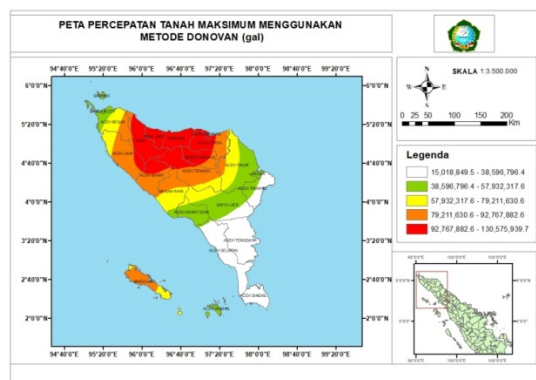
Hasil pemetaan dari PGA menggunakan metode Mc. Guirre R.K di wilayah Provinsi Aceh dengan periode tahun 1986-2021 dapat dilihat pada gambar 2, nilai yang paling terbesar yaitu ditunjukkan diwarna merah berada di wilayah Pidie Jaya dengan nilai 117,477-153,288 gal. Pemetaan percepatan tanah maksimum digambarkan dari beberapa warna yaitu warna merah, jingga, kuning, hijau, dan putih. Dimana, warna merah menunjukkan bahwa gempa yang terjadi akan merusak bangunan dan infrastruktur. Warna jingga menunjukkan bahwa gempa yang terjadi akan mengakibatkan kerusakan ringan, warna kuning menunjukkan bahwa gempa yang terjadi akan mengalami kerusakan ringan, warna hijau menunjukkan bahwa gempa yang terjadi akan dirasakan namun tidak merusak bangun, sedangkan warna putih menunjukkan gempa yang terjadi tidak rasakan. Besarnya nilai PGA juga diakibatkan karena Provinsi Aceh merupakan wilayah zona subduksi dan dilalui oleh patahan semangko aktif yang terletak sepanjang dari Aceh hingga Selat Sunda.



**Gambar 2.** Peta PGA metode Mc. Guirre R.K Provinsi Aceh Periode 1986-2021

Hasil PGA menggunakan metode Donovan di wilayah Provinsi Aceh dengan periode tahun 1986-

2021 dapat dilihat pada gambar 3, nilai yang paling terbesar ditunjukkan pada warna merah berada di wilayah Pidie Jaya, Pidie, Bireun, Lhokseumawe, Aceh Utara, Bener Meriah, dan Aceh Tengah dengan nilai 92,767-130,575 gal. Pemetaan percepatan tanah maksimum digambarkan dari beberapa warna yaitu merah, jingga, kuning, hijau, dan putih. Warna merah menunjukkan bahwa gempa yang terjadi akan merusak bangunan dan infrastruktur contohnya yaitu rel kereta api. Warna jingga menunjukkan bahwa gempa yang terjadi akan mengalami kerusakan sedang contohnya yaitu retakan pada dinding bangunan. Warna kuning menunjukkan bahwa gempa yang terjadi akan mengalami kerusakan ringan contohnya retakan pada dinding bangunan yang berbentuk sehelai rambut, warna hijau menunjukkan bahwa gempa yang terjadi dirasakan namun tidak mengalami kerusakan pada bangunan, sedangkan warna putih menunjukkan bahwa gempa yang terjadi tidak dirasakan. Besarnya nilai PGA juga diakibatkan karena Provinsi Aceh merupakan wilayah zona subduksi dan dilalui oleh patahan semangko aktif yang terletak sepanjang dari Aceh hingga Selat Sunda.



**Gambar 3.** Peta PGA metode Donovan Provinsi Aceh Periode 1986-2021

Berdasarkan dari metode Mc. Guirre dan Donovan dapat diketahui bahwa wilayah yang merupakan titik percepatan tanah yang paling besar yaitu berada di wilayah Kabupaten Pidie Jaya dengan kekuatan gempa 6,496666667 Ms dan kedalaman gempa 13 km. Gempa tersebut disebabkan karena aktivitas zona subduksi yang ditandai dengan magnitudo yang besar dan hiposenter dangkal, getaran yang dirasakan sangat kuat dikarenakan pusat gempa terjadi di daerah perairan. Sebagaimana telah diketahui bahwa semakin besar gempa yang terjadi maka semakin besar pula tingkat resiko akibat dari gempa.

Kabupaten Pidie Jaya memiliki struktur geologi berupa endapan permukaan yang tersusun oleh endapan Aluvium, endapan ini terbentuk dari Zaman Kuartar Holosan yang terdiri dari pasir, batu kerikil, lumpur, dan seterusnya. Dibagian timur Pidie Jaya tersusun batuan yang berasal dari gunung api (batuan Olim) yang berusia Pleistosen Awal batuan ini tersusun dari aglomerat, fragmen-fragmen mineral, tuf, dan batu pasir. Dibawah lapisan Alluvium tersusun dari endapan formasi siap yang berumur Pliosen, formasi tersebut terdiri dari sedimen, konglomerat, yang terbentuk dari gunung api, batu lumpur minor, batu pasir gampingan. Formasi ini juga terdapat di wilayah bagian utara. Formasi Kotabakti yang terdapat dibawah lapisan formasi siap yang sudah terbentuk dari zaman Miosen Tengah sampai Pliosen Awal yang tersusun dari batu gamping, batu lanau gampingan, batu lumpur gampingan, batu pasir minor, konglomerat, serta tuf. Adapun batuan yang terbentuk lebih lama yaitu batuan dari Kelompok Meureudu, batuan ini terbentuk pada zaman Oligosen. Batuan ini terdiri dari dua formasi yaitu Formasi Agam yang terdiri dari breksi, batuan lanau berari, batu pasir, yang mengandung formasi batu gamping dan batu pasir berglaukonit. Formasi Meucampli tersusun dari batuan pasir mikaan, batu pasir konglomerat yang beraneka bahan, batu lanau, batu gamping, dan batuan mafik amigdaloid (PuSGeN, 2017).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil nilai percepatan maksimum dari metode Mc. Guirre R.K nilai dari tahun 1986 sampai tahun 2021 yang paling terbesar yaitu 153,288919 gal. Hasil perhitungan dari metode Donovan di Provinsi Aceh nilai percepatan tanah maksimum yang paling terbesar yaitu 130,5759397 gal. Daerah yang mengalami resiko kegempaan berada di Kabupaten Pidie Jaya wilayah ini berlokasi di Samudera Hindia. Gempa yang pernah terjadi di daerah tersebut mencapai 6,496666667 Ms dengan kedalaman 13 km.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, L. (2020). *Pemetaan dan Analisa PGA Maksimum Gempabumi Pada Provinsi Aceh Periode 2012-2017 Dengan Metode Atenuasi*. Jakarta: Universitas Islam Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Bird, P. (2003). *An updated digital model of plate boundaries : Geochemistry, Geophysics, Geosystem*, v.4,no.3,1027.
- Donovan, N. C. (1971). A Statistical Evaluation Of Strong Motion Data Including The February 9, 1971 San Fernando Earthquake. *Senior Engineer*, 1-10.

- Dowrick, D. J. (1987). *Earthquakes Resistant Design : For Engineers and architects* .
- Edwiza, D. d. (2008). *Jurnal Geologi Indonesia. Analisis Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbang* , No. 29 Vol.1 Tahun XV, ISSN : 0854-8471.
- Hamidi, A. (2018). *Analisis Pengaruh Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) Terhadap story Shear Bangunan Bertingkat* , ISSN : 1858-3709.
- Haris, A. d. (2013). *Jurnal Neutrino. Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum Wilayah Yogyakarta Dengan Metode Atenuasi Patwardhan* , Vol.5, No.2.
- Haris, I. T. (2018). *Jurnal Rancang Bangun. Analisis Percepatan Tanah Puncak Akibat Gempa Pada Kota Sorong Sebagai Upaya Mitigasi Bencana* , Rancang Bangun Volume 04 Nomor 2.
- Mc. Guirre, R. K. (1977). *Effect of Uncertainty Seismicity on Estimates of Seismic Hazard For The East Coast of The United States* , Bulletin of the Seismology Society of America Vol 47, No. 8, pp, 827-845.
- Nofaslah. (2017). *Estimasi Nilai Percepatan Tanah Maksimum Provinsi Aceh Berdasarkan Data Gempa Segman Tripa Tahun 1976-2016 Dengan Menggunakan Rumusan Mc. Guirre* , Jurnal Fisika Unand Vol.6, No.2.
- PuSGeN. (2017). *Kajian Gempa Pidie Jaya Provinsi Aceh Indonesia 7 Desember 2016*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman .
- Saputro, I. T. (2018, June 6). *Asesmen Resiko Bencana Gempa Menggunakan Metode Kualitatif Pada Desa Imogiri* , <https://doi.org/10.31227/osf.io/jptmx>.
- Sunarjo, d. (2012). *Gempa Bumi Indonesia Edisi Populer* . Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.