



Analisis Kerawanan Seismik di Wilayah Nusa Tenggara Barat Berdasarkan Nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) dengan Persamaan *Ground Motion Prediction Equation* GMPE Donovan

Cindy Noveria Hayrona¹, Sugeng², dan Erniwati Halawa^{1*}

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

²Stasiun Geofisika Kelas I Deli Serdang, Sumatera Utara

ernihalawa@unimed.ac.id

Diterima: Desember 2022. Disetujui: Januari 2023. Dipublikasikan: Februari 2023.

ABSTRAK

Indonesia merupakan zona *ring of fire* karena letak geografisnya berada di antara pertemuan tiga lempeng tektonik besar yaitu lempeng Pasifik, Indo-Australia, dan Eurasia. Ketiga lempeng tersebut menyebabkan Indonesia memiliki banyak gunung berapi yang masih aktif diseluruh dunia, sehingga tumbukan antar lempeng tersebut dapat mengakibatkan gempa di wilayah tertentu. Salah satu wilayah Indonesia yang memiliki potensi rawan gempa bumi, yaitu provinsi Nusa Tenggara Barat, dimana terdapat risiko gempa yang cukup tinggi akibat subduksi lempeng Indo-Australia di selatan pulau Lombok dan busur belakang Flores di utara. Penelitian ini menggunakan metode empiris dengan persamaan *ground motion prediction equation* (GMPE) donovan yang telah dilakukan untuk memetakan daerah yang rawan terhadap gempa bumi di Wilayah NTB. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan percepatan tanah maksimum atau peak ground acceleration (PGA) dan intensitas seismik di dalam dan sekitar kawasan Nusa Tenggara Barat. Berdasarkan hasil dari perhitungan yang telah didapatkan nilai PGA pada wilayah Nusa Tenggara Barat dengan menggunakan metode empiris persamaan donovan, yaitu sebesar 7.23g - 204.39g. Berdasarkan nilai PGA yang telah diperoleh, metode donovan menghasilkan nilai PGA yang hampir mirip pada peta acuan pusat studi gempa 2017. Dalam hal ini dapat dilihat bahwa metode donovan merupakan metode yang sesuai untuk mendapatkan nilai PGA pada wilayah NTB.

Kata Kunci: PGA, Donovan, NTB, Magnitudo

ABSTRACT

Indonesia is a ring of fire zone because of its geographical location between the confluence of three major tectonic plates namely the Pacific, Indo-Australian, and Eurasian plates. These three plates cause Indonesia to have many active volcanoes around the world, so collisions between these plates can cause earthquakes in certain areas. One area of Indonesia that has the potential to be prone to earthquakes, namely the province of West Nusa Tenggara, where there is a relatively high risk of earthquakes due to the subduction of the Indo-Australian plate in the south of the island of Lombok and the back arc of Flores in the north. This study uses an empirical method with the Donovan ground motion prediction equation (GMPE) which has been carried out to map earthquake-prone areas in the NTB region. The purpose of this research is to map the maximum ground acceleration or peak

ground acceleration (PGA) and seismic intensity in and around the West Nusa Tenggara area. Based on the results of the calculations, the PGA value was obtained in the West Nusa Tenggara region using the Donovan equation empirical method, which is 7.23g - 204.39g. Based on the PGA values that have been obtained, the Donovan method produces PGA values that are almost similar to the 2017 earthquake study center reference map. In this case, it can be seen that the Donovan method is an appropriate method for obtaining PGA values in the NTB region.

Keywords: PGA, Donovan, NTB, Magnitude

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan zona *ring of fire* karena letak geografisnya berada di antara pertemuan tiga lempeng tektonik besar yaitu lempeng Pasifik, Indo-Australia, dan Eurasia (Nasution, 2016; Nasution, 2021). Ketiga lempeng tersebut menyebabkan Indonesia memiliki banyak gunung berapi yang masih aktif diseluruh dunia, sehingga tumbukan antar lempeng tersebut dapat mengakibatkan gempa di wilayah tertentu.

Aktivitas seismik yang tinggi mengindikasikan frekuensi gempa di wilayah tersebut. Gempa bumi adalah peristiwa di mana bumi bergetar secara tiba-tiba akibat pelepasan energi, ditandai dengan pecahnya lapisan batuan di kerak bumi. Gempa tersebut menimbulkan banyak korban dan hilangnya harta benda. Reruntuhan bangunan adalah penyebab utama kematian dalam gempa bumi. Langkah-langkah mitigasi diperlukan untuk meminimalkan dampak gempa bumi. Salah satu upaya tersebut adalah dengan memperoleh informasi tentang gerakan tanah di daerah tersebut dengan melakukan penelitian mengenai PGA di wilayah tersebut.

Salah satu wilayah Indonesia yang merupakan daerah seismik aktif yaitu di wilayah Nusa Tenggara Barat. Wilayah NTB termasuk ke dalam gugusan kepulauan di sebelah timur pulau Jawa yang membentang dari pulau Bali hingga pulau Timor. Pulau yang berpenduduk kurang lebih 3,4 juta jiwa tersebut memiliki risiko gempa yang cukup tinggi akibat subduksi lempeng Indo-Australia di selatan pulau Lombok dan busur belakang Flores di utara. Perlu dibuat peta bahaya gempa di pulau Lombok (*seismic hazard*) yang

dilakukan dengan menganalisis nilai PGA (Kurniawan et al., 2019)

Asumsi umum menyatakan bahwa semakin dekat suatu daerah dengan sumber gempa, maka semakin besar kerusakannya, tetapi ini juga tergantung pada geologi setempat, yang berdampak sangat besar pada kerusakan akibat gempa. Secara umum, tingkat kerusakan yang mungkin terjadi tergantung pada kekuatan dan kualitas bangunan, kondisi geologi dan geoteknik lokasi pembangunan, serta besar kecilnya PGA dan indeks kerentanan seismik di daerah yang pernah terjadi gempa.

Perhitungan mengenai sensitivitas seismik dan nilai PGA dimaksudkan untuk mengetahui kerentanan seismik suatu daerah terhadap bahaya gempa bumi. Gempa bumi dapat terjadi ketika energi di dalam bumi tiba-tiba terlepas dan mengguncang permukaan bumi dalam bentuk tekanan pada batuan. Pelepasan energi yang tersimpan dapat menyebabkan deformasi lempeng tektonik kerak bumi yang disebarkan ke permukaan oleh gelombang gempa. Gempa bumi ini mempengaruhi pergerakan bumi, dan semakin dekat suatu wilayah dengan pusat gempa, menyebabkan kerusakan besar di wilayah tersebut, namun kerusakan yang terjadi di suatu wilayah tergantung pada kondisi geologis wilayah setempat dan jumlah maksimum intensitasnya (Novia Sari & Prastowo, n.d.).

Gempa bumi menghasilkan nilai percepatan tanah di setiap daerah, dilihat dari perspektif perencanaan pembangunan dan pemetaan kerawanan, percepatan yang digunakan adalah percepatan maksimum yang dapat diperoleh dengan percepatan atau

pendekatan empiris yang dikemukakan oleh para ahli dengan menggunakan pemanfaatan data historis kejadian gempa bumi.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat intensitas dan PGA gempa bumi di wilayah NTB guna meningkatkan sikap masyarakat khususnya masyarakat NTB yang tanggap terhadap bencana gempa bumi. Secara umum nilai PGA dapat dihitung dengan menggunakan akselerometer, namun karena keterbatasan alat ini maka perhitungan nilai PGA untuk setiap daerah dilakukan dengan pendekatan empiris. Dalam penelitian ini nilai PGA dihitung, diolah dan dipetakan menggunakan salah satu model empiris, yaitu model donovan yang kemudian dipetakan dan dianalisis. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis nilai maksimum percepatan tanah dengan menggunakan rumus empiris donovan di wilayah NTB yang menyebabkan gempa (Ulfiana, dkk, 2018).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari - Februari 2023 di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Geofisika Deli Serdang, Kota Medan. Metode yang digunakan adalah metode empiris Donovan untuk menganalisis percepatan tanah maksimum di NTB.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data historis gempa bumi yang dikeluarkan oleh *Incorporated Research Institutions for Seismology* (IRIS) dalam kurun waktu 30 tahun terakhir (1 Januari 1992 – 1 Januari 2022) dengan magnitudo minimum M3.0 dan maksimum M5.7 dengan data gempa bumi wilayah Nusa Tenggara Barat sebanyak 108 kejadian. Informasi yang dibutuhkan adalah waktu gempa, hiposenter, bujur, lintang dan besarnya dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.6.1 untuk memproses data.

Perhitungan PGA dilakukan dengan menggunakan persamaan empiris Donovan yang dapat dituliskan ke dalam persamaan berikut:

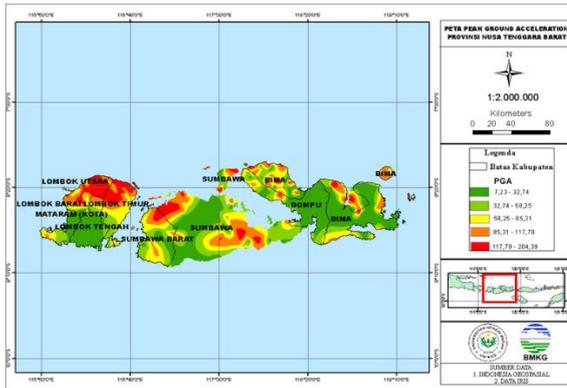
$$\alpha = \frac{1080 \times 10^{(0,5)M}}{(R+25)^{1,32}} \text{ (Douglas, 2022)}$$

Dimana α : percepatan tanah (gals), M : magnitudo gelombang permukaan, dan R : jarak hiposenter (km)

Dari persamaan ini diperoleh nilai PGA tertinggi di wilayah NTB selanjutnya selanjutnya diolah menjadi data spasial dengan menggunakan perangkat lunak pengolah GIS yaitu ArcMap 10.6.1 sehingga diperoleh peta sebaran gempa bumi 1 Januari 1990 sampai dengan 1 Januari 2022, peta PGA, kemudian diolah melalui proses interpolasi data.

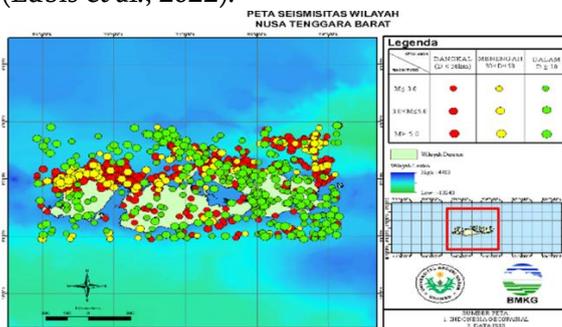
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan rumus empiris donovan, terlihat pada Gambar 1 bahwa wilayah NTB yang memiliki nilai PGA tertinggi ditandai dengan daerah yang berwarna merah di bagian Lombok Utara dan Lombok Timur dengan nilai tertinggi sebesar 204.39 gal pada koordinat $-8.1^{\circ}\text{LS}-116.2^{\circ}\text{BT}$. Keadaan ini mengakibatkan kerusakan berat (*heavy damage*) yang sebagian besar dinding bangunan permanen roboh, struktur bangunan mengalami kerusakan berat, serta menyebabkan rel kereta api melengkung. Sedangkan wilayah yang memiliki nilai PGA terendah berada pada daerah yang berwarna hijau dengan nilai PGA terendah sebesar 7.23 gal pada koordinat $-8.0^{\circ}\text{LS}-116.2^{\circ}\text{BT}$. Dampak gempa bumi dari kondisi ini masih dapat dirasakan tetapi tidak menimbulkan kerusakan, misalnya benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar. Interval antara PGA tertinggi dan terendah tidak signifikan, selisihnya hanya sekitar 25.51 gal. Hal ini menunjukkan bahwa cakupan area yang kecil menghasilkan nilai PGA yang tidak jauh berbeda antara wilayah dalam suatu area yang dijadikan objek penelitian (Edwiza & Novita, 2008).

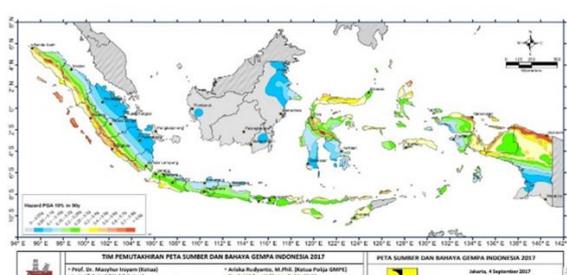


Gambar 1. Peta PGA wilayah Nusa Tenggara Barat

Data sebaran gempa bumi wilayah Nusa Tenggara Barat dipetakan dengan menggunakan software ArcGIS 10.6.1. Pengolahan data gempa diawali dengan mengambil data dari IRIS, dan diinput menggunakan excel, lalu dikelompokkan nilai koordinat longitude, latitude dan kedalaman hiposenter serta magnitudo gempa bumi, kemudian menginput data ke ArcGIS. Data koordinat longitude dan latitude diinput kemudian dengan data seismik tahun 1990-2023 berdasarkan magnitudo gempa tiap tahun dan kedalaman hiposenter seismik tiap tahun (Lubis et al., 2022).



Gambar 2. Peta sebaran gempa bumi di wilayah NTB Periode 1990-2022



Gambar 3. Peta percepatan puncak dibatuan dasar (SB) untuk probabilitas terlampaui 10% selama 50 tahun terakhir (Sumber: Data Pusgen 2017)

Berdasarkan peta seismisitas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, terlihat bahwa wilayah NTB merupakan daerah seismisitas aktif. Berdasarkan data gempa yang terjadi selama tahun 1992 – 2023 di sekitar wilayah NTB, telah terjadi gempa bumi dengan rentang magnitudo ≤ 3 sebanyak 207 kejadian, magnitudo 4–5 sebanyak 188 kejadian, dan magnitudo > 5 sebanyak 25 kejadian dengan rentang kedalaman dari 10 km hingga 313 km. Berdasarkan peta intensitas yang diterbitkan USGS (*U.S. Geological Survey's*), dampak yang diakibatkan oleh gempa Lombok mencapai maksimum VII MMI di wilayah Lombok Utara dan Timur. Selain itu, Gambar 2 menunjukkan juga bahwa wilayah NTB bagian barat lebih dominan aktif secara seismik pada 30 tahun terakhir dikarenakan adanya zona subduksi di utara pulau Bali. Berdasarkan data geologis menyatakan bahwa daerah barat dekat dengan sumber gempa di bagian utara pulau Bali tersebut (Magdalena Bessi & Leo Sianturi, n.d.).

Gambar 3 merupakan peta acuan pusat studi gempa 2017 yang menunjukkan bahwa rentang nilai *hazard* PGA pada Wilayah NTB berada diantara 0.25 gal -0.3 gal dan 0.3 gal - 0.4 gal. Berdasarkan hasil perhitungan nilai PGA dengan persamaan empiris menggunakan donovan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 maka dapat dibuktikan bahwa hasil tersebut mendekati nilai PGA pada peta acuan pusat studi gempa 2017 untuk provinsi Nusa Tenggara Barat. Perbedaan nilai PGA yang diperoleh dipengaruhi oleh adanya perbedaan data gempa yang digunakan berbeda. Penelitian ini menggunakan data 30 tahun terakhir sementara data pusgen 50 tahun terakhir. Dari data gempa 30 tahun terakhir, tercatat lebih banyak terjadi di bagian barat, yaitu kabupaten Lombok Utara.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa metode donovan merupakan metode yang tepat untuk mendapatkan nilai PGA pada wilayah NTB. Hal ini sejalan dengan data seismotektonik yang mencatat bahwa wilayah NTB memiliki banyak sumber gempa.

Nilai gempa goncangan akibat kondisi tektonik diubah menjadi analisis bahaya seismik (*seismic hazard*), dimana intensitasnya dinyatakan sebagai nilai percepatan gempa atau PGA. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa wilayah NTB memiliki *seismic gap*. *Seismic gap* merupakan area yang aktif secara tektonik tetapi mengalami sangat sedikit gempa bumi dalam jangka waktu yang lama. *Seismic gap* merupakan daerah yang berpeluang mengalami gempa bumi kuat, tidak hanya di wilayah NTB tetapi meluas hampir ke seluruh wilayah Indonesia. Pada penelitian ini, area *seismic gap* wilayah NTB terletak pada daerah Sumbawa (Silvia et al., 2020).

KESIMPULAN DAN SARAN

Nilai PGA pada Provinsi NTB dengan metode Donovan yaitu sebesar 7.23 gal – 204.39 gal, sedangkan rentang nilai Hazard PGA pada Wilayah NTB berkisar diantara 0.25 gal - 0.3 gal dan diantara 0.3 gal - 0.4 gal. Berdasarkan hasil perbandingan antara rumus donovan dengan Peta Acuan Percepatan Puncak di Batuan Dasar (SB) dari Pusat Studi Gempa 2017, diperoleh bahwa metode pendekatan empiris Donovan di wilayah NTB menghasilkan sebaran nilai PGA yang mendekati atau hampir sama dengan nilai PGA pada peta acuan. Oleh karena itu disimpulkan bahwa metode Donovan adalah metode yang paling sesuai digunakan untuk menganalisis data sebaran gempa pada Provinsi NTB.

Adapun saran untuk penelitian berikutnya adalah perlu dilakukan penelitian baru menggunakan metode empiris yang sama dengan menambahkan data tahun pada histori gempa untuk menunjukkan probabilitas kejadian atau kecocokan nilai PGA yang sesuai dengan peta acuan Pusat Studi Gempa 2017 khususnya di wilayah NTB serta perlu dilakukan tindakan mitigasi bencana gempa bumi secepat mungkin oleh pihak – pihak terkait terutama pada daerah-daerah yang memiliki nilai PGA yang tinggi yaitu Kabupaten Lombok Utara.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Kepala Stasiun Geofisika Kelas 1 Deli Serdang, Agus Rianto SP.MM yang telah membantu dalam proses pemberian data dan pengolahan data sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Febriani, Y., Daruwati, I., & Hatika, R. G. (2013). Analisis Nilai Peak Ground Acceleration dan Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Data Mikroseismik pada Daerah Rawan Gempabumi di Kota Bengkulu. *Edu Research*, 2(2), 85-90.
- Kurniawan, S., Warnana, D. D., & Rochman, J. P. G. N. (2019). Pemetaan Kerawanan Bencana Gempa Bumi Dengan Metode PSHA Periode Ulang 2500 Tahun Studi Kasus Pulau Lombok–Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Geosaintek*, 5(3), 109-112.
- Lubis, L. H., Ayundita, A. A., Sari, N., & Wardono, W. (2022). Aktivitas Seismisitas Di Wilayah Sumatera Bagian Utara Menggunakan Arc-Gis Periode 2020-2021. *Jurnal Kumparan Fisika*, 5(2), 91-98.
- Nasution, B., & Purqon, A. (2016). Uji Respon Struktur Bangunan Bertingkat Terhadap Gempa Bumi Menggunakan Metode Elemen Hingga. *SNIPS* 2016. 150-158.
- Nasution, B. (2021). Analisis Pengaruh Massa Pada Struktur Bangunan Bertingkat pada Saat Gempa Bumi Menggunakan Metode Elemen Hingga. *EINSTEIN (e-Journal)*, 9 (1), 59-68
- Sari, I. N., & Prastowo, T. (2022). Analisis Seismisitas Dan Potensi Bahaya Bencana Seismik Di Wilayah Selatan Pulau Sumatera. *Inovasi Fisika Indonesia*, 11(02), 12-19.
- Bessi, A. M., Sianturi, H. L., & Bernandus, B. (2018). Pemetaan Nilai Percepatan Tanah Maksimum dengan Metode Deterministic Seismic Hazard Analysis di Lokasi Pembangunan Observatorium Nasional Desa Bitobe Kecamatan

- Amfoang Tengah Kabupaten Kupang.
Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya, 3(1), 49-53.
- Januarti, Y., & Ramadoni, D. S. (2022, December). Analisis Pendekatan Empiris Terhadap Percepatan Tanah Maksimum di Provinsi Papua Barat Menggunakan Metode Esteva, Donovan dan MV Mickey. In Prosiding Seminar Nasional Fisika (SNF) (Vol. 6, pp. 50-56).
- Ulfiana, E., Rummy, S. A., Pratama, R., & Ariy, P. (2018). Analisis Pendekatan Empiris PGA (Peak Ground Acceleration) Pulau Bali Menggunakan Metode Donovan, MC. Guirre dan MV Mickey. JIIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika), 2(2), 155-161.
- Silvia, U. N., & Maimuna, A. K. (2020). Analisis Tingkat Risiko dan Kerentanan Bahaya Gempa Bumi di Kota Surabaya Dalam Upaya Pemberian Informasi Mitigasi Bencana. Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 7(3), 51-57.