



Pemodelan Peta Sebaran Percepatan Tanah Maksimum di Kabupaten Bolaang Mongondow Timur (Studi Kasus Gempa 6.1Mw Tanggal 26 Februari 2025)

Donny Marlon Mamahita*

aJurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UNSRAT, Indonesia

KATA KUNCI

Percepatan
faktor amplifikasi

ABSTRAK

Gempa bumi dengan magnitudo 6,1 Mw yang terjadi pada tanggal 26 Februari 2025 di lepas pantai Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara, telah menyebabkan kerusakan bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan peta sebaran Peak Ground Acceleration (PGA) batuan dasar, PGA permukaan, dan faktor amplifikasi tanah di wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow Timur. Metode yang digunakan adalah pendekatan empiris Fukushima dan Tanaka untuk batuan dasar, dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari United States Geological Survey (USGS) untuk data gempa, Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) untuk data Vs30, dan DEMNAS untuk data DEM. Pemodelan peta persebaran nilai PGA dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.8 dengan teknik interpolasi Kriging. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai PGA batuan dasar berkisar antara 0,04g hingga 0,079g, PGA permukaan berada pada rentang 0,08g hingga 0,16g, dan faktor amplifikasi berada pada interval 1,8 hingga 2,6. Daerah dengan nilai PGA permukaan tinggi relatif mengalami kerusakan saat gempa. Peta sebaran percepatan tanah maksimum dapat menjadi salah satu pertimbangan penting dalam upaya mitigasi gempa bumi dan perencanaan infrastruktur wilayah bagi pemerintah daerah.

KEY WORDS

Acceleration
amplification factor

ABSTRACT

A magnitude 6.1 Mw earthquake that occurred on February 26, 2025, off the coast of Bolaang Mongondow Regency, North Sulawesi Province, caused significant damage to buildings. This study aims to model the distribution map of Peak Ground Acceleration (PGA) at bedrock, surface PGA, and soil amplification factor in the Bolaang Mongondow Regency area. The method used is an empirical approach by Fukushima and Tanaka for bedrock, utilizing secondary data obtained from the United States Geological Survey (USGS) for earthquake data, the Center for Volcanology and Geological Hazard Mitigation (PVMBG) for Vs30 data, and DEMNAS for DEM data. The PGA distribution map was modeled using ArcGIS 10.8 software with Kriging interpolation technique. The results show that the bedrock PGA values range from 0.04g to 0.079g, surface PGA values range from 0.08g to 0.16g, and amplification factors range from 1.8 to 2.6. Areas with high surface PGA values experienced significant damage during the earthquake. The PGA distribution map can be an important consideration in earthquake mitigation efforts and regional infrastructure planning for local governments.

TERSEDIA ONLINE

01 Agustus 2025

Pendahuluan

Tatanan tektonik Indonesia sangat kompleks karena adanya pertemuan tiga lempeng besar, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan

Lempeng Pasifik, yang terus bergerak dan memicu aktivitas seismik yang relatif tinggi di Indonesia. Akibatnya, banyak gempa bumi melanda Indonesia, termasuk di wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow Timur dan sekitarnya, yang berada di kawasan

*Corresponding author:

Email address: donnysaktia02@gmail.com
Published by FMIPA UNSRAT (2025)

seismik aktif. Gempa bumi yang terjadi pada tanggal 26 Februari 2025 dengan magnitudo 6,1 Mw, yang pusatnya terletak di lepas pantai tenggara Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, telah menyebabkan kerusakan pada sejumlah bangunan warga dan satu tempat ibadah mengalami kerusakan ringan di Desa Jiko Belanga, Kecamatan Nuangan, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur (BPBD Kab. Boltim, 2025).

Untuk memperkecil atau meminimalisir dampak negatif dari gempa bumi, maka perlu dilakukan upaya-upaya mitigasi gempa bumi sekaligus menjadi dasar dalam perencanaan Pembangunan infrastruktur di suatu wilayah, salah satu cara yang dapat digunakan yaitu dengan menganalisis percepatan tanah maksimum.

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan peta persebaran Percepatan Tanah Maksimum pada permukaan dan batuan dasar, serta nilai amplifikasi tanah di Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara. Penelitian ini merupakan salah satu upaya untuk memetakan kerawanan bencana gempa bumi di wilayah tersebut. Beberapa studi sebelumnya telah menggunakan pendekatan empiris Fukushima-Tanaka untuk menganalisis PGA di Indonesia, seperti penelitian Muzambi et al. (2020) di Kabupaten Pidie Jaya, Provinsi Aceh, Latifa et al. (2022) di Pulau Lombok, dan Maramis et al. (2020) di Lengan Utara Pulau Sulawesi. Namun, penelitian ini memiliki fokus yang berbeda dengan mengkaji wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow Timur dan memasukkan parameter tambahan seperti faktor amplifikasi tanah dan PGA permukaan, dengan menggunakan metode interpolasi kriging untuk pemodelan. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang kerawanan gempa bumi di wilayah tersebut.

Peak Ground Acceleration (PGA) atau percepatan tanah maksimum merupakan hasil dari getaran seismik yang terjadi dalam suatu periode waktu tertentu. Dalam desain bangunan tahan gempa, nilai PGA sangat penting karena dipengaruhi oleh kondisi geologi tanah dan tingkat kepadatan sedimen di suatu daerah, sehingga nilai ini digunakan sebagai acuan untuk menentukan ketahanan bangunan terhadap gempa bumi.(Arrahma et al.,2024). Perhitungan nilai PGA didasarkan pada magnitudo gempa dan jarak sumber gempa yang pernah terjadi terhadap titik perhitungan. Dalam penelitian ini, digunakan pendekatan empiris Fukushima dan Tanaka (1990) sebagai berikut:

$$\log_{\alpha_b} = 0.41M_w - \log(R + 0.032 \times 10^{0.41M_w}) - 0.0034R + 1.3 \quad (1)$$

α_b adalah percepatan tanah maksimum (PGA) pada batuan dasar yang dipengaruhi oleh magnitude momen (Mw) dan jarak hiposenter (R) dari pusat gempa.

Amplifikasi tanah memberikan gambaran tentang perubahan/pembesaran PGA dari batuan dasar ke permukaan. Pembesaran percepatan tanah dari batuan dasar ke permukaan disebabkan karena

perbedaan kecepatan gerakan gelombang geser (Vs) di batuan dasar dan pada lapisan tanah (Partono et al.,2013). amplifikasi tanah juga memberikan indikasi respon lapisan batuan terhadap signal gempa bumi. Besarnya amplifikasi berkorelasi dengan tingkat kerusakan akibat gempa bumi. Semakin tinggi nilai amplifikasi, semakin besar tingkat kerusakannya; dan begitu sebaliknya. Dalam menghitung besarnya nilai amplifikasi dapat menggunakan rumus empiris yang dikembangkan oleh Fujimoto dan Midorikawa (2006):

$$\log \text{Amp} = 2.367 - 0.852V_{s30} \pm 0.166 \quad (2)$$

Dimana Amp adalah faktor amplifikasi dan V_{s30} merupakan kecepatan gelombang geser sampai kedalaman 30 meter (m/s).Berdasarkan persamaan (2) dapat diperoleh nilai percepatan tanah maksimum pada permukaan yang diusulkan Midorikawa (2000) yaitu :

$$\text{PGA Permukaan} = \text{PGA Batuan dasar} \times \text{Amplifikasi} \quad (3)$$

Material dan Metode

Dalam penelitian ini, digunakan data sekunder berupa data sumber gempa bumi dari United States Geological Survey (USGS) untuk memperoleh data gempa yang terjadi pada tanggal 26 Februari 2025, yang diakses melalui situs <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>. Selain itu, digunakan juga data kecepatan gelombang geser (V_{s30}) dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). Selanjutnya, dilakukan pengolahan data yang dimulai dengan mengonversi skala magnitudo momen (Mw) ke magnitudo permukaan (Ms). Kemudian, ditentukan titik pengamatan berdasarkan data V_{s30} yang tersebar di wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1. Setelah itu, dilakukan perhitungan nilai PGA batuan dasar menggunakan rumus empiris Fukushima dan perhitungan nilai amplifikasi tanah menggunakan rumus empiris Fujimoto dan Midorikawa. Setelah diperoleh nilai PGA batuan dasar dan amplifikasi tanah, dilanjutkan dengan perhitungan nilai PGA permukaan. Hasil perhitungan kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta sebaran nilai PGA batuan dasar, amplifikasi tanah, dan PGA permukaan menggunakan Perangkat lunak ArcGIS 10.8 khususnya dengan metode interpolasi Kriging, yang merupakan salah satu metode untuk menganalisis data geostatistik guna mengestimasi nilai pada titik yang tidak tersampel.



Gambar 1. Titik Sebaran Pengamatan

Hasil dan Pembahasan

Faktor Amplifikasi Tanah

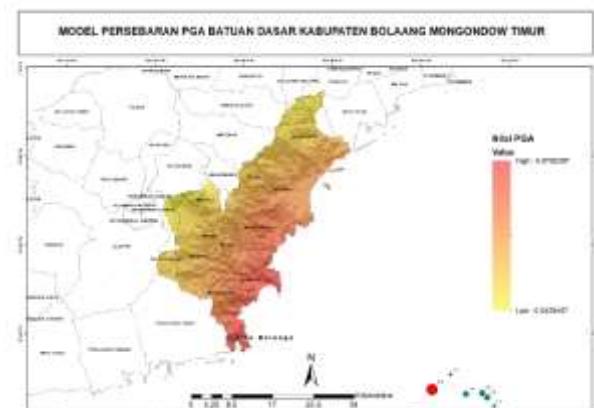
Analisis amplifikasi tanah dalam penelitian ini menggunakan pendekatan empiris yang diusulkan oleh Fujimoto dan Midorikawa, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2), dan berdasarkan data Vs30 yang diperoleh dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). Data Vs30 yang digunakan memiliki titik sampel yang telah ditentukan di wilayah Bolaang Mongondow Timur, dengan rentang nilai Vs30 yang bervariasi dari 126 hingga 310 m/s. Data tersebut digunakan dalam perhitungan nilai amplifikasi tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai amplifikasi tanah di wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow Timur berkisar antara 1,8 hingga 2,6, seperti yang ditunjukkan pada peta model amplifikasi pada Gambar 2. Berdasarkan hasil analisis, dapat dilihat bahwa nilai sebaran amplifikasi relatif lebih tinggi di sebagian wilayah Kecamatan Kotambunan dan Kecamatan Modayag, sedangkan di Kecamatan Tutuyan dan Motongkad memiliki nilai amplifikasi tanah terendah. Hasil analisis ini juga menunjukkan bahwa parameter kecepatan gelombang geser (Vs30) merupakan parameter yang mempengaruhi nilai amplifikasi, yaitu semakin kecil kecepatan gelombang geser, maka semakin besar pula nilai amplifikasinya. Berdasarkan klasifikasi jenis tanah menurut Badan Standarisasi Nasional (BSN) 1726:2012 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non Gedung, jenis tanah di wilayah Bolaang Mongondow Timur bervariasi dari klasifikasi tanah lunak (SE), tanah sedang (SD), hingga tanah keras (SC).



Gambar 2. Model Persebaran Amplifikasi Tanah di Kabupaten Bolaang Mongondow Timur

Peak Ground Acceleration (PGA) Batuan Dasar

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai percepatan tanah maksimum pada batuan dasar (PGA batuan dasar) di wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow Timur berkisar antara 0,04g hingga 0,079g, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa Kecamatan Nuangan memiliki nilai PGA tertinggi, diikuti oleh Kecamatan Motongkad yang relatif tinggi, sedangkan Kecamatan Mooat dan Kotambunan memiliki nilai PGA yang relatif lebih rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa parameter kekuatan gempa dan jarak hiposenter gempa memiliki pengaruh signifikan terhadap besarnya PGA pada batuan dasar, yaitu semakin besar magnitudo gempa dan semakin dekat jarak hiposenter, maka nilai PGA akan semakin besar pula.

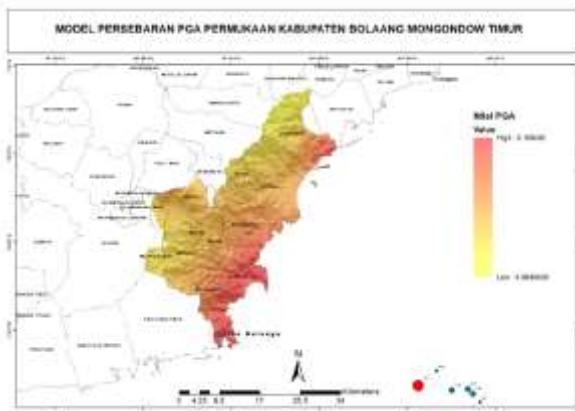


Gambar 3. Model Persebaran PGA Batuan Dasar di Kabupaten Bolaang Mongondow Timur

Peak Ground Acceleration (PGA) Permukaan

Percepatan tanah maksimum (PGA) permukaan merupakan nilai yang menunjukkan besarnya akselerasi pada permukaan tanah ketika menerima goncangan dari sumber gempa, serupa dengan PGA pada batuan dasar. Parameter amplifikasi dan PGA batuan dasar digunakan sebagai dasar perhitungan nilai PGA permukaan. Hasil perhitungan PGA permukaan berdasarkan rumus Midorikawa (2000) disajikan dalam bentuk peta model persebaran PGA permukaan (Gambar 4). Berdasarkan gambar tersebut, nilai PGA permukaan di wilayah Kabupaten

Bolaang Mongondow Timur berkisar antara 0,08g hingga 0,16g. Sebagian besar wilayah di Kecamatan Nuangan, termasuk Desa Jiko Belanga yang mengalami kerusakan, memiliki nilai PGA tertinggi sekitar 0,13g hingga 0,16g dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Selain itu, Kecamatan Kotabunan juga memiliki nilai PGA permukaan yang relatif bervariasi dari 0,08g hingga 0,16g. Perbandingan antara Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan adanya perubahan nilai PGA pada beberapa Kecamatan, seperti Kecamatan Kotabunan dan Kecamatan Mooat, yang mengalami peningkatan nilai PGA akibat faktor amplifikasi tanah yang relatif besar. Hasil ini konsisten dengan hasil persebaran PGA permukaan yang dikeluarkan oleh Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, terkait gempa bumi Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, dengan nilai PGA bervariasi dari 0,067g hingga 0,12g.



Gambar 4. Model Persebaran PGA Permukaan di Kabupaten Bolaang Mongondow Timur)

Kesimpulan

Dari hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa percepatan tanah maksimum di wilayah Kabupaten Bolaang Mongondow Timur menunjukkan variasi yang signifikan, yaitu antara 0,04g hingga 0,079g pada batuan dasar dan 0,08g hingga 0,16g pada permukaan tanah, dengan faktor amplifikasi antara 1,8 hingga 2,6. Selain itu, daerah yang dekat dengan sumber gempa cenderung memiliki nilai PGA yang lebih tinggi, yang juga dipengaruhi oleh jenis lapisan tanah dan kondisi geologi lokal.

Daftar Pustaka

- Hardiyono, A. (2013). Karakteristik Batuan Beku Arrahma M, Hadi A. I., Harlianto B. 2024. Studi Kecepatan Tanah Maksimum (PGV), Percepatan Tanah Maksimum (PGA) dan Skala Intensitas Kerusakan (MMI) Gempa Bumi di Kabupaten Bengkulu Utara. Journal of Physics Education Volume 6 Nomor 1 Juni 2024.
- Badan Standarisasi Nasional, "SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa dan Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung," 2012.

Fukushima, Y., dan Tanaka, T., 1990, A New Attenuation Relation for Peak Horizontal Acceleration of Strong Earthquake Ground Motion in Japan, Bull of the seismological society of America. Soc. Am., 80, 757-783.

Fujimoto, K., and S. Midorikawa, 2006. Relationship between average shear-wave velocity and site amplification inferred from strong motion records at nearby station pairs, Journal of Japan Association for Earthquake Engineering 6(1), (in Japanese with English abstract, in press).

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/> [15 Maret 2025]

[https://geologi.esdm.go.id/publikasi/laporan-dan-buku/atlas-tapak-lokal-vs30.\[15 Maret 2025\]](https://geologi.esdm.go.id/publikasi/laporan-dan-buku/atlas-tapak-lokal-vs30.[15 Maret 2025])

Latifa A, Meiliyadi L.A.D.Bahtiar. 2022. Analisis Percepatan Tanah Maksimum Untuk Memetakan Kerawanan Bencana Gempabumi Dengan Metode Fukushima-Tanaka, Esteva Dan Euclidian Distance di Pulau Lombok.Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika Vol. 06, No. 02 (2022) 123 – 130.

Maramis C, Pasau G,Tamuntuan G.H. 2020. Analisis Percepatan Tanah Maksimum Akibat Adanya Gempa Bumi di Lengan Utara Pulau Sulawesi Menggunakan Metode Fukushima Tanaka. JURNAL MIPA 9 (2) 97–105.

Muzambiq S, Agung R, Indrajaya A. 2020. Penentuan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Terhadap Mitigasi Gempabumi Kabupaten Pidie Jaya, Provinsi Aceh. JURNAL GEOGRAFI 17(2)(2020) 23-26.

Partono W,Irsyam M, Prabandiyani S, Maarif S. 2013. Aplikasi Metode HVSR pada Perhitungan Faktor Amplifikasi Tanah di Kota Semarang,Jurnal MKTS volume 19 NO 12, ISSN 0854-1809.

Si, H., Midorikawa, S., 2000, New Attenuation Relations For Peak Ground Acceleration and Velocity Considering Effects of Fault Type and Site Condition, Japan.