

## ANALISIS BAHAYA GEMPA BUMI BERDASARKAN METODE DETERMINISTIK DENGAN PENDEKATAN *PEAK GROUND ACCELERATION* DAN *SPECTRAL ACCELERATION* DI KOTA PALU

Harsano Jayadi<sup>1\*</sup>, Rustan Efendi<sup>1</sup>, Rewia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam-Universitas Tadulako-Palu  
e-mail : harsanoj@untad.ac.id

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bahaya gempa bumi di Kota Palu menggunakan metode deterministik, yang mencakup pemodelan sebaran nilai *Peak Ground Acceleration* (PGA) dan kurva respon *Spectral Acceleration* (SA). Simulasi dilakukan dengan memperhitungkan dua fungsi atenuasi, yaitu Boore-Atkinson (2014) *Next Generation Attenuation* (NGA) dan Campbell-Bozorgnia (2014) NGA, serta mempertimbangkan parameter nilai  $V_{s30}$  dan *mainshock* gempa bumi Kota Palu pada 28 September 2018. Data yang diperoleh diolah untuk menghasilkan peta sebaran PGA dan SA. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah dengan nilai PGA tertinggi terletak di Kecamatan Tatanga, Kecamatan Palu Barat, dan bagian timur Kecamatan Ulujadi, dengan nilai PGA antara 0,43-0,44 gal dan 0,54-0,565 gal, yang menunjukkan dampak kerusakan dengan intensitas skala VIII-IX pada *Modified Mercalli Intensity* (MMI), kategori kerusakan sedang hingga berat. Kurva respon SA dari kedua fungsi atenuasi menunjukkan peningkatan nilai SA pada periode pendek (0,1 detik), mencapai puncak pada periode 0,3 detik, dan menurun setelah periode tersebut. Pada periode puncak, yaitu 0,3 detik, perubahan bentuk, berupa kerusakan bangunan bertingkat dapat terjadi apabila gempa bumi terjadi dengan nilai PGA yang bertepatan pada periode tersebut. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pemetaan dan mitigasi risiko gempa bumi di Kota Palu

**Kata Kunci:** deterministik; gempa bumi; mitigasi risiko; percepatan tanah maksimum

**Abstract.** This study aims to analyse earthquake hazard in Palu City using a deterministic method, focusing on the modelling of *Peak Ground Acceleration* (PGA) and *Spectral Acceleration* (SA) distribution maps. The simulation is carried out using two attenuation functions, namely the Boore-Atkinson (2014) NGA and the Campbell-Bozorgnia (2014) NGA, while incorporating the  $V_{s30}$  value and the *mainshock* earthquake data from the 28th of September, 2018, in Palu. The obtained data were processed to generate PGA and SA distribution maps. The results of the analysis show that the areas with the highest PGA values are located in the districts of Tatanga, Palu Barat, and the eastern part of Ulujadi, with PGA values ranging from 0.43-0.44 gal to 0.54-0.565 gal, corresponding to a *Modified Mercalli Intensity* (MMI) of VIII-IX, indicating moderate to severe damage. The SA response curves for both attenuation functions show that SA values increase in the short-period range (0.1 seconds), peak at 0.3 seconds, and then decrease beyond that period. At the peak period of 0.3 seconds, in the form of damage structural deformation in multi-story buildings could occur if the earthquake coincides with PGA values matching the period. This study provides essential contributions to hazard mapping and earthquake risk mitigation in Palu City

**Keywords:** deterministic; earthquake; risk mitigation; peak ground acceleration

## PENDAHULUAN

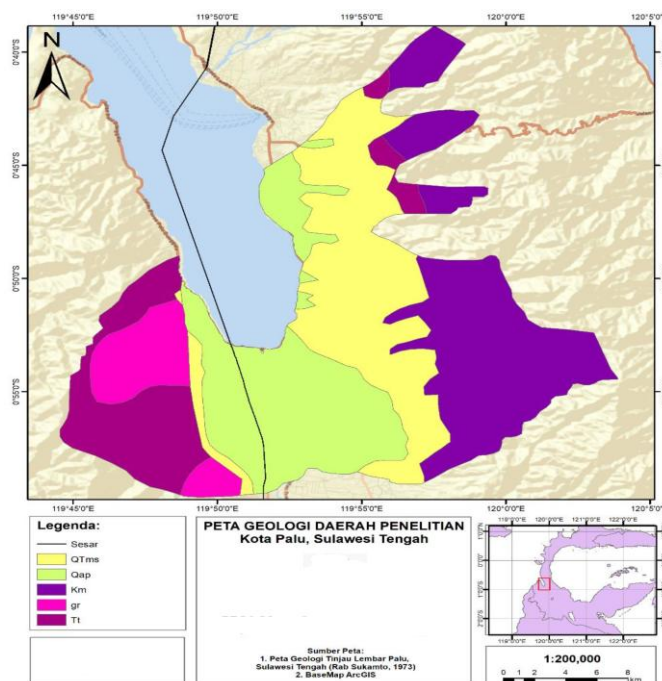
Sebagai wilayah dibagian timur Indonesia, Sulawesi yang rawan bencana gempa bumi karena letaknya berada di sumber gempa baik dari aktivitas darat maupun laut. Sumber gempa yang terjadi di laut dipicu oleh zona subduksi di lengan utara Sulawesi, sementara yang terjadi di darat didominasi oleh pergerakan sesar aktif, seperti Sesar Palu-Koro (Natawidjaja *et al.*, 2020; Supartoyo *et al.*, 2014). Tanggal 28 September 2018 pukul 18.02 WITA, terjadi gempa bumi di Sulawesi Tengah akibat aktivitas Sesar aktif Palu Koro. Gempa tersebut bermagnitudo 7,4 dengan pusat gempa pada jarak 26 km utara Donggala yang mempunyai kedalaman gempa sekitar 11 km. Kejadian gempa bumi ini menimbulkan tsunami di wilayah Kota Palu dan sekitarnya serta adanya peristiwa likuefaksi di daerah Petobo dan Balaroa (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2018).

Wilayah Kota Palu yang mempunyai kondisi geologi yang cukup kompleks dengan nilai tingkat seismisitas yang cukup tinggi sangat memerlukan upaya dalam mitigasi bencana alam geologi untuk

meminimalisir bahaya dan dampak akibat gempa bumi (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2018). Salah satu kegiatan yang perlu dilakukan dalam rangka mitigasi bencana gempa bumi adalah dengan membuat peta *Peak Ground Acceleration* (PGA) yang dapat menggambarkan parameter tingkat kerawanan terhadap guncangan gempa bumi. Metode yang digunakan untuk memprediksi PGA salah satunya yaitu metode deterministik. Metode deterministik merupakan metode yang mampu digunakan untuk melakukan prediksi kejadian gerakan tanah (*ground motion*) akibat yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Metode deterministik ini digunakan untuk menentukan parameter gerakan atau getaran pada tanah menggunakan fungsi atenuasi (Nasruroh *et al.*, 2021). Berdasarkan uraian beberapa kejadian di atas, peneliti melihat perlu dilakukan penelitian terkait analisis bahaya gempa bumi di Kota Palu sebagai bentuk upaya mitigasi bencana gempa bumi berdasarkan peta nilai sebaran PGA dan grafik respon *Spectral Acceleration* (SA) dengan menggunakan metode deterministik.

Sulawesi Tengah khususnya Kota Palu, mempunyai kejadian gempa bumi tektonik yang cukup tinggi, hal ini sebagian besar disebabkan oleh pergerakan sesar aktif Palu-Koro. Adapun lintasan sesar aktif Palu-Koro ini bermula dari Selat Makassar hingga menuju pantai utara Teluk Bone dengan panjang patahan berkisar  $\pm 250$  km (Akbar *et al.*, 2020). Berdasarkan Peta Geologi Tinjau Lembar Palu, Sulawesi Tengah Skala 1:250.000 (Sukanto *et al.*, 1973), (Gambar 1). Daerah penelitian ini memiliki 5 jenis formasi batuan yaitu:

1. Aluvium dan endapan pantai (Qap), formasi batuan ini terdiri atas kerikil, pasir, lumpur dan batugamping koral.
2. Molasa Celebes Serasin dan Serasin (QTms), formasi ini terdiri atas konglomerat, batupasir, batulumpur, batugamping koral, dan napal, sebagian mengeras lemah.
3. Formasi Tinombo Ahlburg (Tt), formasi batuan ini terdiri atas Serpih, batupasir, konglomerat, batuan vulkanik, batugamping dan rijang, termasuk filit, sebak dan kuarsit.
4. Kompleks batuan metamorfis (km), terdiri atas batuan sekis mika, sekis amfibolit, genes dan pualam.
5. Granit dan granodiorit (gr), terdiri atas batuan granit, diorite dan granodiorite



Gambar 1. Peta Geologi Kota Palu (Sukanto *et al.*, 1973)

Dalam melakukan analisis perhitungan dalam menentukan tingkat risiko akibat gempa bumi digunakan model sumber gempa sebagai media penghubung antara data dan tingkat kejadian gempa bumi yang terjadi

(Afjar & Maulana, 2025; Sari & Azizah, 2025). Dengan memperhatikan pola aktivitas dari kejadian gempa bumi di Kota Palu, maka sumber model yang cukup tepat digunakan adalah yang bersumber dari sesar (fault). Model ini dapat berupa dari kejadian gempa dengan kedalaman dangkal (*shallow crustal fault*) yang dihubungkan dengan beberapa parameter dari model sumber gempa bumi yang bersifat *fault trace*, mekanisme pergerakan gempa, *slip-rate*, kemiringan (*dip*), panjang dan lebar dari lintasan sesar.

Salah satu parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu kecepatan gelombang geser ( $V_{s30}$ ).  $V_{s30}$  adalah kecepatan gelombang geser hingga pada kedalaman 30 m dari permukaan. Nilai  $V_{s30}$  ini dapat diaplikasikan untuk menetapkan klasifikasi batuan berdasarkan kekuatan getaran gempa bumi akibat efek lokal serta dapat diaplikasikan untuk keperluan dalam perancangan bangunan tahan gempa (Wangsadinata, 2006). Nilai  $V_{s30}$ , yang menunjukkan kecepatan gelombang geser rata-rata pada kedalaman tiga puluh meter pertama dari permukaan tanah, merupakan parameter penting lainnya dalam model deterministik ini. Nilai  $V_{s30}$  digunakan untuk mengklasifikasikan jenis tanah dan memprediksi amplifikasi gelombang seismik yang terjadi selama gempa. Dalam penelitian oleh Wald & Allen (2007) yang diterbitkan di *Bulletin of the Seismological Society of America*, nilai  $V_{s30}$  sangat penting untuk menentukan kekuatan gelombang tanah yang dapat teramplifikasi pada berbagai jenis tanah, dan berdampak pada jumlah PGA yang tercatat di lokasi tersebut. Sebaliknya Maurer (2022) dalam artikel *United States National  $V_{s30}$  Models and Maps Informed by Remote Sensing* menunjukkan bahwa pemetaan nilai  $V_{s30}$  secara nasional dapat membantu meningkatkan akurasi prediksi gerakan tanah dalam analisis bahaya gempa. Kombinasi parameter sumber gempa, jarak, dan nilai  $V_{s30}$  ini memungkinkan perhitungan PGA yang lebih akurat dan dapat digunakan dalam desain struktur yang lebih tahan terhadap gempa. Oleh karena itu, metodologi deterministik memberikan kerangka kerja yang jelas untuk menentukan tingkat bahaya gempa yang sesuai dengan kondisi geoteknik dan lokal

Percepatan gerakan tanah maksimum (PGA) merupakan percepatan gerakan tanah yang diakibatkan oleh gempa bumi. Perhitungan percepatan ini berdasarkan pengaruh semua gempa bumi yang pernah terjadi dalam kurun waktu tertentu. Hal ini dihitung dengan memperhatikan besarnya magnitudo dan jarak hiposenter gempa, serta periode dominan tanah pada titik lokasi (Harlianto & Sugianto, 2016). Selain percepatan tanah maksimum, terdapat parameter lain yang dapat menunjukkan kekuatan gempa yang didasari oleh seberapa kuat guncangan yang disakan ketika terjadi gempa, perubahan morfologi, serta tingkat kerusakan infrastruktur. Parameter ini dikenal sebagai skala intensitas, yang diklasifikasikan ke dalam 10 tingkatan dalam sistem Modified Mercalli Intensity (MMI) (Baucokro, 1966).

Spektrum respons merupakan spektrum yang disajikan dalam bentuk grafik/plot antara periode getaran ( $T$ ) dan respon percepatan gempa ( $SA$ ) pada rasio redaman dan beban gempa tertentu. Adapun kegunaan dari grafik ini adalah mampu menunjukkan hasil perkiraan nilai maksimum pada periode tertentu serta menunjukan model perilaku akselerasi spektral pada skenario gempa bumi di masa periode tertentu (Augustika, 2018).

*Ground Motion Prediction Equation* (GMPE) atau fungsi atenuasi percepatan tanah yang merupakan persamaan dengan menggambarkan bentuk hubungan antara parameter kegempaan yang berada di lokasi pusat gempa dengan parameter pergerakan tanah di lokasi yang menjadi pusat penelitian (PPPG, 1995). Persamaan GMPE dipilih pada penelitian ini didasari pada kemiripan kondisi geologi dan tektonik wilayah tempat persamaan dibuat. Selain itu, pemilihan persamaan GMPE juga didasari pada perbandingan hasil olah data dengan persamaan GMPE dengan hasil dari rekaman gerakan tanah/akselerograf yang berada di Indonesia. Persamaan GMPE yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bersumber dari gempa *shallow crustal* berupa model sumber gempa *fault dan shallow background* dari kedua fungsi atenuasi Boore-Atkinson (2014) NGA (Boore & Atkinson, 2008) dengan persamaan:

$$\ln Y = F_E(M, \text{mech}) + F_P(R_{JB}, M, \text{region}) + F_S(V_{S30}, R_{JB}, M, \text{region}, z_1) + \epsilon_n \sigma(M, R_{JB}, V_{S30}) \quad (1)$$

dimana  $\ln Y$  mewakili logaritma natural dari gerakan tanah ( $gal$ ),  $F_E$  mewakili magnitudo gempa ( $M_w$ ),  $F_P$  mewakili fungsi jarak ( $km$ ), dan  $F_S$  mewakili fungsi amplifikasi dan  $\epsilon_n \sigma$  merupakan jumlah pecahan standar

deviasi dari suatu nilai prediksi yang memuat fungsi atenuasi Campbell-Bozorgnia (2014) NGA (Campbell & Bozorgnia, 2014) dengan persamaan:

$$\ln Y = \int f_{\text{mag}} f_{\text{dis}} f_{\text{flt}} f_{\text{hng}} f_{\text{site}} f_{\text{sed}} f_{\text{hyp}} f_{\text{dip}} f_{\text{atn}} \quad (2)$$

dengan  $\ln Y$  mewakili logaritma natural dari gerakan tanah (gal) sedangkan suku- $f$  mewakili skala gerakan tanah sehubungan dengan besaran gempa, jarak *site* ke patahan, tipe patahan, *haging wall*, kondisi *site*, cekungan, jarak hiposenter, kemiringan sesar dan *analastic attunuation*.

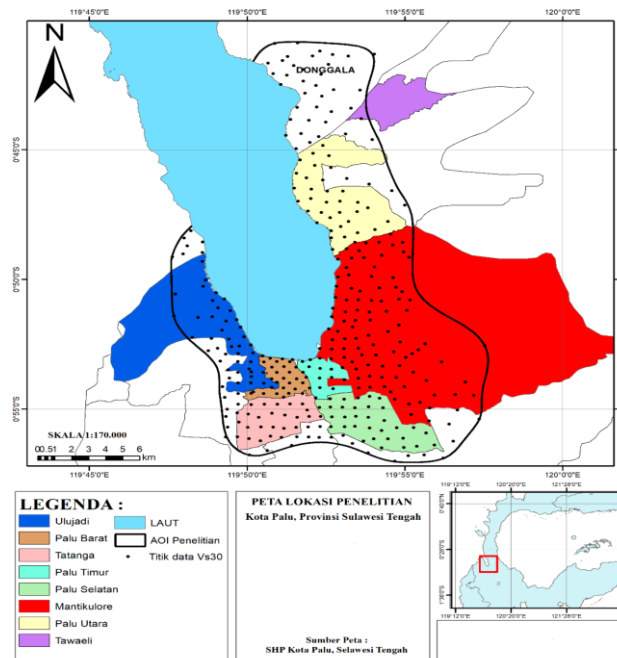
## METODOLOGI

Metode deterministik adalah metode yang didasari pada asumsi bahwa hasil suatu sistem atau proses sepenuhnya ditentukan oleh kondisi parameter awalnya. Dengan kata lain, metode deterministik tidak melibatkan keacakan atau ketidakpastian apapun dan selalu menghasilkan hasil yang sama untuk masukan yang sama. Dalam *Seismic Hazard Analysis* (SHA) bencana gempa bumi yang dapat menimbulkan kerusakan dapat diprediksi menggunakan metode deterministik (Augustika, 2018). Dalam metode ini, kami melakukan pembentukan skenario kejadian gempa yang akan terjadi tertentu dengan berdasarkan kejadian gempa bumi dan kekuatan megnitudo gempa bumi yang pernah terjadi sebelumnya (Kumala dan Wahyudi, 2016).

Metode deterministik terbagi dalam 4 tahapan proses yakni: 1). Pengidentifikasian dan karakterisasi semua sumber gempa di suatu lokasi yang diperkirakan memiliki potensi menghasilkan *ground motion* yang terlihat signifikan; 2). Penentuan parameter jarak sumber gempa ke lokasi kajian *site* untuk setiap zona sumber gempa; 3). Pemilihan gempa (*controlling earthquake*) yang diperkirakan akan menghasilkan guncangan terbesar, *Controlling earthquake* umumnya digambarkan oleh besaran magnitude, dan 4). Pendefinisian bahaya yang terjadi pdi wilayah lokasi berdasarkan persamaan empiris yang dipakai (Reiter, 1990).

Metodologi deterministik untuk analisis bahaya gempa bertujuan untuk menggunakan parameter sumber gempa yang telah dipilih secara khusus untuk memperkirakan akselerasi tanah puncak (PGA) yang dapat dihasilkan oleh gempa besar. Menentukan parameter sumber gempa adalah langkah pertama penting dalam metode ini. Ini mencakup informasi seperti lokasi sumber gempa, jenis sesar yang terlibat, dan magnitude maksimum yang dihasilkan. Pemilihan sumber gempa ini biasanya berpusat pada gempa yang dianggap paling dominan atau mengontrol gempa di daerah tersebut, yang berarti gempa tersebut memberikan kontribusi besar terhadap tingkat bahaya seismik yang terjadi (Jihad *et al.*, 2024). Sebagai contoh, Reiter (1990) menjelaskan bagaimana memilih sumber gempa harus didasarkan pada data seismik yang ada, dengan mempertimbangkan kemungkinan besar terjadinya gempa besar di wilayah tersebut. Dalam proses pemilihan ini, faktor lain yang dipertimbangkan adalah mekanisme sesar dan kemungkinan besar gempa yang dihasilkannya. Selain itu, penelitian (Kayastha *et al.*, 2023) melihat hubungan antara jarak sumber gempa dan intensitas akselerasi tanah yang dihasilkan dan ketidakpastian dalam pengukuran jarak sumber gempa dan dampaknya terhadap perhitungan bahaya seismik. Jarak antara lokasi analisis dan sumber gempa dihitung dengan menggunakan  $R_{jb}$  (jarak horizontal ke sumber gempa) dan  $R_{rup}$  (jarak ke titik sesar). Faktor penting yang menentukan seberapa besar dampak getaran gempa pada suatu area salah satunya yaitu jarak.

Adapun lokasi penelitian berada di daerah Kota Palu, Provinsi Sulawesi Tengah yang secara astronomis terletak pada koordinat 119°47'00" - 119°58'00"BT dan 00°40'00" -00°58'00" LU yang secara jelas dapat dilihat pada Gambar 2.

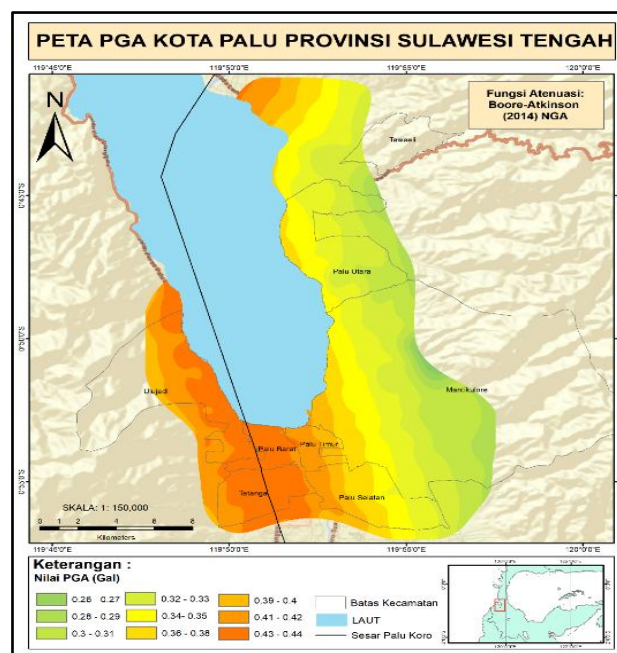


**Gambar 2.** Peta lokasi penelitian yang dibuat dengan batas kecamatan dengan ditandai bermacam warna.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

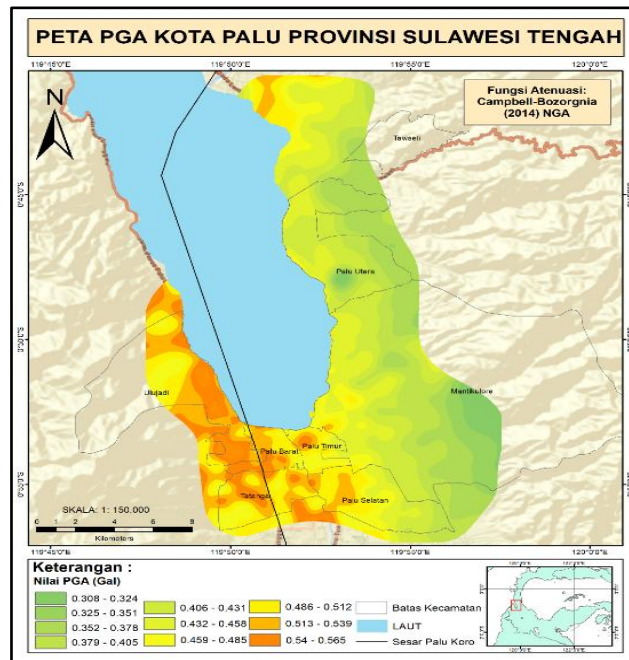
### Persebaran nilai PGA untuk fungsi atenuasi

Nilai PGA dihitung berdasarkan data kejadian gempa bumi tanggal 28 September 2018 yang terjadi di Kota Palu dan sekitarnya. Proses analisis menggunakan metode deterministik dan perhitungan menggunakan fungsi atenuasi Boore-Atkinson NGA pada persamaan (1) dan Campbell-Bozorgnia NGA pada persamaan (2) dengan menggunakan koefisien serta parameter terukur. Persebaran nilai PGA yang diperoleh dari kedua persamaan selanjutnya digunakan untuk membuat peta PGA untuk wilayah Kota Palu, seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.



**Gambar 3.** Peta persebaran nilai PGA Kota Palu dengan sumber gempa patahan sesar aktif Palu Koro M 7.4 dengan menggunakan fungsi atenuasi Boore-Atkinson NGA

menurut persamaan Boore-Atkinson (2014) NGA, peta persebaran nilai PGA di wilayah Kota Palu mulai yang tinggi terletak di daerah berdekatan sumber gempa ditandai dengan warna jingga, dengan nilai 0,43-0,44 gal yang terletak pada Kecamatan Tatanga, Kecamatan Palu Barat hingga bagian timur Kecamatan Ulujadi. Untuk nilai PGA yang rendah ditandai dengan warna hijau terletak cukup jauh dari sumber gempa dengan nilai PGA berkisar antara 0,26-0,29 gal yang berada pada Kecamatan Tawaeli serta bagian timur dari Kecamatan Palu Utara dan Mantikole.



**Gambar 4.** Peta persebaran nilai PGA Kota Palu dengan sumber gempa patahan Palu Koro, magnitude 7.4 pada fungsi atenuasi Campbell-Bozorgnia (2014) NGA

Berdasarkan analisis peta persebaran nilai PGA (Gambar 4) di wilayah Kota Palu diperoleh menurut persamaan Campbell-Bozorgnia (2014) NGA nilai PGA yang tinggi didominasi di daerah berdekatan sumber gempa ditandai dengan warna jingga dengan nilai PGA sekitar 0,54-0,565 gal yang tersebar di beberapa titik kecamatan, yaitu Kecamatan Tatanga, Palu Barat, Palu Timur dan Palu Selatan hingga bagian timur dari Kecamatan Ulujadi. Kemudian untuk nilai PGA rendah yang terletak cukup jauh dari sumber gempa ditandai warna hijau dengan nilai PGA berkisar antara 0,308-0,351 gal terletak di Kecamatan Tawaeli serta bagian timur dari Kecamatan Palu Utara dan Mantikole. Beberapa gambar untuk memperlihatkan dampak kerusakan dari gempa bumi tersebut, ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



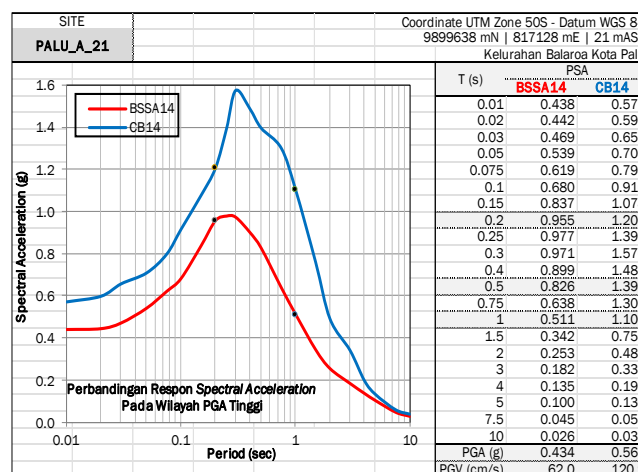
**Gambar 5.** Dampak kerusakan bangunan pasca gempa bumi 28 September 2018 untuk wilayah PGA rendah (kiri) dan PGA tinggi (kanan)

Secara umum, dari kedua fungsi atenuasi wilayah dengan nilai PGA tertinggi seperti Kecamatan Tatanga, Kecamatan Palu Barat hingga bagian timur Kecamatan Ulujadi, merupakan daerah-daerah yang mempunyai nilai PGA tinggi dengan nilai MMI berada pada skala VIII-IX dengan kategori dampak kerusakan sedang sampai berat. Berdasarkan nilai PGA yang diperoleh dari kedua persamaan tersebut, dapat diketahui bahwa persamaan Boore-Atkinson (2014) NGA lebih relevan dengan kondisi geologi dan seismisitas daerah penelitian.

Nilai percepatan tanah maksimum yang tinggi menunjukkan bahwa, wilayah tersebut berada dekat sumber gempa yaitu Sesar Palu Koro yang memiliki sejarah aktivitas seismik yang tergolong dalam kategori gempa bumi merusak. Hal tersebut menunjukkan bahwa wilayah yang memiliki jarak berdekatan dengan patahan aktif mempunyai nilai PGA yang lebih besar daripada wilayah yang jauh. Serta berdasarkan kondisi geologi, wilayah dengan nilai PGA tinggi yang terdiri dari kerikil, pasir, lumpur dan batugamping koral yang merupakan sedimen termuda serta kondisi batuan berupa material yang belum mengalami kompaksi yang terjadi di formasi batuan Aluvium dan Endapan Pantai (Qap). Hasil ini serupa dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa sedimen inilah yang menyebabkan peningkatan amplifikasi sehingga menyebabkan indeks kerentanan seismik meningkat dan berdampak pada tingkat kestabilan pada struktur tanah wilayah tersebut menjadi rendah, sehingga ketika terjadi guncangan akibat gempa bumi kemungkinan kerusakan bangunan yang terjadi akan semakin tinggi (Satria *et al.*, 2020).

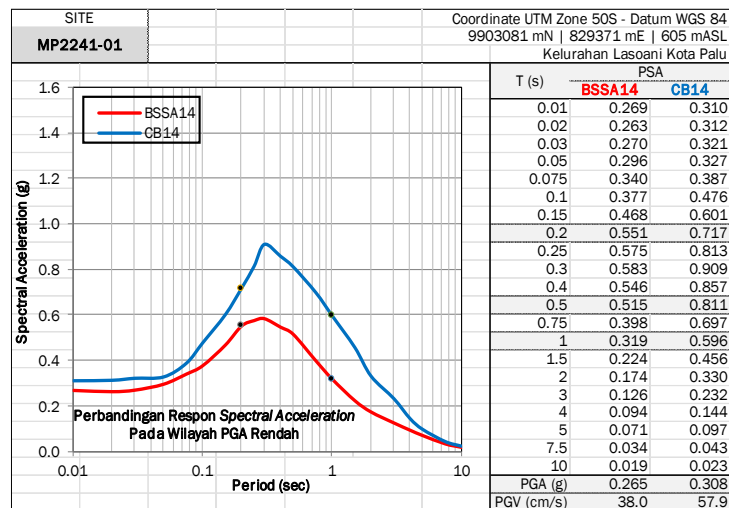
### Kurva SA untuk fungsi atenuasi

*Spectral acceleration* (SA) dari fungsi atenuasi adalah model hubungan periode dengan percepatan spektranya. Kurva SA kemudian digabungkan agar menampakkan hasil perbandingan responnya. Adapun data respon yang digunakan berasal dari sampel 2 titik pengamatan yang berbeda yaitu wilayah dengan nilai PGA tinggi dan wilayah dengan PGA rendah. Berikut adalah kurva respon untuk kedua persamaan Gambar 6 dan Gambar 7.



**Gambar 6.** Model respon perbandingan kurva *Spectral Acceleration* pada wilayah dengan nilai PGA tinggi antara Boore-Atkinson (2014) NGA dan Campbell-Bozorgnia (2014) NGA

Berdasarkan Gambar 5, dari kurva perbandingan respon spektral dari kedua persamaan yaitu Boore-Atkinson (2014) NGA (BSSA14) yang ditandai dengan warna merah dan Campbell-Bozorgnia (2014) NGA (CB14) ditandai dengan warna biru yang diperoleh dari wilayah dengan PGA tinggi yang terletak di Kelurahan Balaroa, Kecamatan Palu Barat Kota Palu. Dari kurva tersebut diambil 2 sampel periode untuk melihat perbandingan responnya, periode pendek yang digunakan yaitu periode pendek yang berkisar antara 0,2 detik dan periode panjang sekitar 1 detik. Kurva pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa persamaan CB14 memiliki akselerasi maksimum respon spektral tertinggi pada periode 0,3 detik dengan nilai SA mencapai 1,57 gal dan untuk persamaan BSSA14 dengan nilai maksimum SA sekitar 0,97 gal pada periode 0,25 detik.



**Gambar 7.** Model respon perbandingan kurva Spectral Acceleration pada wilayah PGA rendah antara Boore-Atkinson (2014) NGA dan Campbell-Bozorgnia (2014) NGA

Berdasarkan analisis dari kurva perbandingan respon spektral (Gambar 6), dari 2 persamaan yaitu Boore-Atkinson (2014) NGA (BSSA14) yang ditandai dengan warna merah dan Campbell-Bozorgnia (2014) NGA (CB14) ditandai dengan warna biru yang diperoleh dari wilayah dengan PGA rendah yang terletak di Kelurahan Lasoani, Kecamatan Mantikulore Kota Palu. Dari kurva tersebut juga diambil 2 sampel periode untuk memperlihatkan perbandingan responnya, dimana periode pendek yang digunakan 0,2 detik dan periode panjang 1 detik. Kurva tersebut menunjukkan bahwa persamaan CB14 juga memiliki akselerasi maksimum respon spektral terbesar. Pada persamaan ini diperoleh nilai maksimum SA mencapai 0,90 gal pada periode 0,3 detik dan untuk persamaan BSSA14 nilai maksimum SA sekitar 0,58 gal pada periode 0,3 detik.

Analisis pada Gambar 5 dan 6 menunjukkan bahwa nilai SA mulai meningkat pada periode pendekatan 0,1 detik hingga mencapai puncak pada periode 0,3 detik dan semakin menurun setelah periode tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa guncangan paling kuat akan dirasakan pada bangunan dengan periode tertentu yang digambarkan oleh tingkatan lantai bangunan.

Adapun hasil analisis menunjukkan bahwa nilai SA maksimum terdapat pada periode 0,3 detik, hal ini mengindikasikan bahwa pada periode tersebut dapat mengakibatkan perubahan bentuk pada bangunan bertingkat apabila terjadi gempa bumi dengan nilai PGA pada skala VIII-IX yang bertepatan dengan periode gempa. Hal ini sejalan dengan dampak dari kejadian gempa bumi pada tanggal 28 September 2018 yang terjadi di Kota Palu, dimana wilayah dengan nilai PGA tinggi lebih berpotensi mengalami kerusakan parah bahkan ambruk pada bangunan daripada wilayah dengan nilai PGA rendah yang hanya mengalami retakan kecil. Dari penelitian terdahulu pada gempa bumi 28 September 2018 di Kota Palu mengidentifikasi bahwa nilai PGA dan SA pada daerah yang berdekatan dengan episentrum gempa bumi akan mengalami kenaikan pada periode < 0,4 detik (Nasrurroh *et al.*, 2021). Hal tersebut disebabkan oleh adanya Sesar Palu Koro yang melintas di wilayah tersebut dan memiliki sejarah aktivitas seismik yang termasuk dalam kategori gempa bumi merusak.

## PENUTUP

### Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dari metode deterministik, nilai sebaran nilai PGA tinggi didominasi pada Kecamatan Tatanga, Kecamatan Palu Barat hingga bagian timur Kecamatan Ulujadi. Dari peta sebaran nilai PGA kedua persamaan tersebut, diperoleh bahwa daerah rawan bencana gempa bumi berada pada wilayah dengan nilai PGA tinggi. Hal tersebut disebabkan karena berada dekat sumber gempa yaitu Sesar Palu Koro yang memiliki sejarah aktivitas seismik yang tergolong dalam kategori gempa bumi merusak serta kondisi geologi berupa sedimen termuda yang belum mengalami kompaksi. Sedangkan, untuk nilai SA mulai meningkat pada periode pendekatan 0,1 detik hingga mencapai puncak pada periode 0,3 detik dan semakin menurun setelah periode

tersebut. Pada periode puncak yaitu 0,3 detik mengindikasikan bahwa pada periode tersebut dapat mengakibatkan perubahan bentuk (kerusakan) pada bangunan bertingkat apabila terjadi gempa bumi dengan diikuti oleh nilai PGA tinggi yang bertepatan dengan periode gempa tersebut.

### **Ucapan Terima Kasih**

Kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada BMKG atas penggunaan beberapa data yang digunakan dalam penelitian ini dan kepada pimpinan Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Tadulako, atas isin dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini mulai pada tahap pengambilan data, pengolahan dan interpretasinya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Afjar, M. dan Maulana, D.A. (2025), "Pemodelan Gempa Bumi di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Extreme Value Theory dan Probabilistic Seismic Hazard Analysis", *Mathunesa: Jurnal Ilmiah Matematika*, State University of Surabaya., Surabaya, Vol. 13 No. 3, pp. 261–270, doi: 10.26740/mathunesa.v13n3.p261-270.
- Akbar, M.A.H., Kharis, F.A. dan Rahmawati, O.P. (2020), "Perencanaan Lanskap Mitigasi Tsunami Berbasis Ekosistem Mangrove di Kota Palu", *Jurnal Lanskap Indonesia*, Vol. 12 No. 2, pp. 41–53, doi: 10.29244/jli.v12i2.32383.
- Augustika, R. (2018), *Deterministic Seismic Hazard Assessment Patahan Aktif di Wilayah Jawa Timur*, Undergraduate, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2018), "Gempa 7.4 SR Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah.", available at: <https://www.bmkg.go.id/press-release> (accessed 11 November 2023).
- Baucokro, A.H. (1966), "Zonasi Provinsi Sumatra Barat Berdasarkan Percepatan Tanah Maksimum Menggunakan Metode Mc Guire Akibat Gempa Tahun 1966 – 2016", *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, Vol. 05 No. 03, pp. 15–22.
- Boore, D.M. dan Atkinson, G.M. (2008), "Ground-Motion Prediction Equations for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, and 5%-Damped PSA at Spectral Periods between 0.01 s and 10.0 s", *Earthquake Spectra*, Vol. 24 No. 1, pp. 99–138, doi: 10.1193/1.2830434.
- Campbell, K.W. dan Bozorgnia, Y. (2014), "NGA-West2 Ground Motion Model for the Average Horizontal Components of PGA, PGV, and 5% Damped Linear Acceleration Response Spectra", *Earthquake Spectra*, SAGE Publications Ltd STM, Vol. 30 No. 3, pp. 1087–1115, doi: 10.1193/062913EQS175M.
- Harlianto, B. dan Sugianto, N. (2016), "Earthquake-prone Zonation of North Bengkulu Based on Peak Ground Acceleration of Katayama's and Kanai's Formula", *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS)*, Vol. 2 No. 11, pp. 1857–1861.
- Jihad, A., Banyunegoro, V.H., Umar, M., Ramli, M., Syamsidik, S., Idris, Y. dan Rusdin, A.A. (2024), "Characterizing Earthquake Source Parameters and b Value Variations in Subduction and Fault Segments: Implications for Seismic Hazard Analysis", *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, Vol. 56 No. 1, pp. 1–17, doi: 10.5614/j.math.fund.sci.2024.56.1.1.
- Kayastha, M., Pezeshk, S. dan Tavakoli, B. (2023), "Empirical Distance Metrics Relationships and Uncertainties in Seismic Hazard Assessment", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 113 No. 3, pp. 1176–1191, doi: 10.1785/0120220193.
- Kumala, S.W. dan Wahyudi. (2016), "Analisis Nilai PGA (Peak Ground Acceleration) Untuk Seluruh Wilayah Kabupaten dan Kota di Jawa Timur", *INERSIA Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, Vol. 12 No. 1, pp. 37–43.
- Maurer, B. (2022), "U.S. National VS30 Models and Maps Informed by Remote Sensing and Machine Learning", Engineering Archive, 20 July, doi: 10.31224/2466.
- Nasrurroh, A., Sunardi, B., Hiola, M.F.H. dan Subakti, H. (2021), "Simulation of Peak Ground Acceleration and Pseudo Spectral Acceleration of Palu Earthquake September 28th 2018", *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, Vol. 6 No. 1, pp. 49–60, doi: 10.21009/SPEKTRA.061.06.
- Natawidjaja, D.H., Daryono, M.R., Prasetya, G., Udrek, Liu, P.L.-F., Hananto, N.D., Kongko, W., et al. (2020), "The 2018 Mw7.5 Palu 'supershear' earthquake ruptures geological fault's multi-segment separated by large bends: Results from integrating field measurements, LiDAR, swath bathymetry, and seismic-reflection data", *Geophysical Journal International*, No. 224, pp. 985–1002, doi: 10.1093/gji/ggaa498.

- PPPG. (1995), “Katalog Kegempaan Di Indonesia, Wilayah Sulawesi Tengah (Sumber USGS dan USA). Seksi Seismotektonik, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, P.P.P.G., Ed, Bandung, 7pp”, available at: (accessed 18 February 2020).
- Reiter, L. (Leon). (1990), *Earthquake Hazard Analysis : Issues and Insights*, Columbia University Press.
- Sari, D.P. dan Azizah, A. (2025), “Pemodelan Risiko Kerugian Akibat Gempa Bumi: Studi Kasus Wilayah M7 Megathrust Indonesia”, *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, UMSurabaya Publishing, Surabaya, Vol. 10 No. 1, pp. 80–94, doi: 10.30651/must.v10i1.25967.
- Satria, A., Resta, I.L. dan Mz, N. (2020), “Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen dan Indeks Kerentanan Seismik Kota Jambi Bagian Timur”, *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, Lampung, Vol. 6 No. 1, pp. 18–30, doi: 10.23960/jge.v6i1.58.
- Sukanto, R.A.B., Sumadirdja, H., Suptandar, S., Hardjoprawiro dan Sudana, D. (1973), “Peta Geologi Tinjau Lembar Palu, Sulawesi”, Pusat Penelitian dan Pengembangan (P3G), Bandung.
- Supartoyo, Sulaiman, C. dan Junaedi, D. (2014), “Kelas tektonik sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah”, *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, Vol. 5 No. 2, pp. 111–128.
- Wald, D.J. dan Allen, T.I. (2007), “Topographic Slope as a Proxy for Seismic Site Conditions and Amplification”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 97 No. 5, pp. 1379–1395, doi: 10.1785/0120060267.
- Wangsadinata, W. (2006), *Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2002*, Shortcourse HAKI., Jakarta.