

Estimasi Percepatan Tanah Maksimum di Kota Manado Berdasarkan Modifikasi Persamaan Atenuasi

Stevi Anjelo Langitan, Heinrich Taunaumang, Sixtus Iwan Umboh, Sesar Prabu Dwi Sriyanto

Fisika, Universitas Negeri Manado, Minahasa, 95619, Indonesia

*E-mail: stevilangitan@gmail.com

Diterima 28 April 2022; Disetujui 30 April 2022

ABSTRAK

Dalam menganalisis resiko gempa bumi perlu adanya parameter yang digunakan salah satunya adalah percepatan tanah maksimum atau Peak Ground Acceleration (PGA). Beberapa data tidak tersedia secara lengkap pada jaringan akselerometer. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini untuk memilih persamaan GMPE yang cocok untuk mengestimasi besarnya PGA di wilayah Kota Manado. Pemilihan persamaan GMPE pada penelitian ini mempertimbangkan nilai selisih relatif dan koefisien korelasi pada persamaan GMPE. Berdasarkan hasil tersebut, rumusan Kanno dipilih menjadi persamaan awal GMPE di wilayah Kota Manado. Dalam persamaan tersebut dimodifikasi untuk memperoleh persamaan dengan koefisien yang baru. Dari hasil persamaan maka dapat menentukan bahwa Kota Manado sering mengalami tipe gempa yang bagaimana dan juga memperoleh mitigasi yang perlu di terapkan.

Kata kunci : GMPE, PGA

ABSTRACT

In analyzing the risk of an earthquake it is necessary to have parameters used, one of which is the maximum ground acceleration or Peak Ground Acceleration (PGA). Some data is not fully available on the accelerometer network. Therefore, the purpose of this study is to select an appropriate GMPE equation to estimate the PGA size in Manado City. The selection of the GMPE equation in this study considers the relative difference value and the correlation coefficient in the GMPE equation. Based on these results, the formulation of Kanno, et al. (2006) was chosen to be the initial GMPE equation in the Manado City area. The equation is modified to get an equation with new coefficients. From the results of this equation, it can be determined that the city of Manado often experiences any type of earthquake and also gets the mitigation that needs to be applied.

Keywords : GMPE, PGA

1. PENDAHULUAN

Gempabumi adalah peristiwa terjadinya getaran atau guncangan yang dirasakan pada area sekitar permukaan bumi karena adanya pelepasan energi yang terjadi dibawah permukaan dan hal ini diakibatkan karena bergeraknya lempeng atau kerak bumi bahkan dapat pula terjadi karena aktivitas vulkanik (letusan gunung api) hal ini merupakan salah satu fenomena fisis yang terjadi pada bumi.

Gempabumi sering menyebabkan kerusakan-kerusakan pada daerah ataupun disekitar tempat terjadinya. Indonesia merupakan wilayah yang sering terjadi gempabumi. Karena wilayah negara terletak diantara tiga lempeng besar yakni ; Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Berdasarkan data BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) sebanyak 5.625 gempa bumi telah

terjadi selama tahun 2016 dan jika dirata-ratakan sekitar 16 kejadian per hari.

Sulawesi Utara merupakan kawasan dengan intensitas gempabumi yang relatif tinggi sehubungan dengan posisi geografisnya yang di daerah pertemuan lempeng Filipina dan Eurasia dengan lempeng Pasifik (Pasau dan Tanauma, 2011; Putra dkk, 2012). Wilayah Sulawesi Utara memiliki potensi terjadi gempa bumi. Gempa bumi di wilayah ini diakibatkan karena adanya tumbukan antar busur kepulauan di sebelah timur Sulawesi Utara dan barat Halmahera yang membuat penunjaman Mayu, penunjaman Sulawesi Utara karena tumbukan antara busur vulkanik dengan busur kepulauan, dan sekumpulan sesar aktif yang berada di permukaan (darat) Sulawesi Utara.

Guncangan akibat dari gempabumi perlu diketahui karena memberikan dampak dalam

menentukan seberapa besarkah gempa tersebut. Percepatan tanah maksimum dipemukaan tanah merupakan salah satu parameter penting, karena menggambarkan kekuatan getaran gempa yang pernah terjadi. Percepatan tanah maksimum adalah nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat di permukaan bumi akibat getaran gempa bumi dalam periode tertentu (Heryand oko, Tanpa Tahun).

Percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration*, PGA) dijadikan sebagai salah satu parameter penting dalam studi kerusakan. PGA digunakan dalam studi bangunan tahan gempa bumi yang berguna untuk menggambarkan tingkat resiko gempa bumi di suatu wilayah. Tujuan dari penelitian ini untuk memilih persamaan GMPE yang cocok untuk mengestimasi besarnya PGA di wilayah Kota Manado.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian yang di ambil dalam menentukan percepatan tanah yang terjadi oleh gempa bumi adalah Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Titik kordinat 123° - 127.5° BT dan 0° - 5° LU.

Alat dan bahan yang digunakan yaitu berupa komputer untuk pengolahan data dan penulisan, *Microsoft Excel* digunakan untuk mendapatkan nilai PGA dari data gempa yang di dapatkan. *GMT (Generic Mapping Tools)* digunakan untuk mendapatkan hasil pemetaan penyebaran gempa yang terjadi di area yang ditentukan.

Data hasil yang dilakukan dalam penelitian in, yang pertama mengambil data historis gempabumi tahun 2019 yang diambil dari katalog BMKG. Parameter meliputi koordinat epicenter, origin time, magnitudo, jenis magnitudo dan kedalaman pusat gempabumi. Selain itu, adanya data hasil rekaman accelerometer stasiun MNI pada setiap kejadian gempabumi yang terekam di stasiun tersebut.

Prosedur pengolahan data dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahap pertama yang dilakukan adalah mengunduh database kejadian gempabumi dengan parameter-parameter antara lain magnitudo, waktu kejadian gempabumi, koordinat lokasi epicenter, dan kedalaman gempabumi dari katalog BMKG tahun 2019. Setelah itu sebaran gempabumi dari database

tersebut dipetakan menggunakan software *GMT* versi 5.2.1. Dalam pemetaan tersebut ditampilkan juga koordinat stasiun accelerometer di dalam lingkup wilayah penelitian berdasarkan dari database bidang Seismologi Teknik BMKG.

Tahapan selanjutnya adalah mengolah data rekaman akselerograf *MNI* yang berkaitan dengan gempabumi. Pengolahan yang dilakukan menggunakan aplikasi *Obspy* ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *PGA* yang tercatat di akselerograf *MNI* pada setiap kejadian gempabumi. Tidak semua gempabumi yang tercatat dalam katalog gempabumi BMKG bisa dianalisis datanya. Hal ini disebabkan karena faktor jarak episenter yang jauh dan megnitudo yang kecil sehingga energi gelombang gempabumi tidak sampai di stasiun akselerograf *MNI* yang berada di Manado.

Berikutnya, dilakukan proses analisis regresi berganda menggunakan persamaan dasar dari Kanno dkk (2006) untuk didapatkan konstanta a_1 , b_1 , c_1 , d_1 , a_2 , b_2 , dan c_2 yang baru. Dalam perhitungan regresi berganda ini $\log PGA$ observasi digunakan sebagai variabel y , sedangkan variabel x_1 dan x_2 masing-masing adalah magnitudo dan jarak hiposenter. Oleh karena itu, sebelum melakukan analisis regresi berganda, dilakukan perhitungan jarak hiposenter terlebih dahulu karena dalam katalog gempabumi BMKG belum ada nilai jarak hiposenter masing-masing gempabumi. Jarak dari stasiun *MNI* ke hiposenter dihitung berdasarkan rumus segitiga bola.

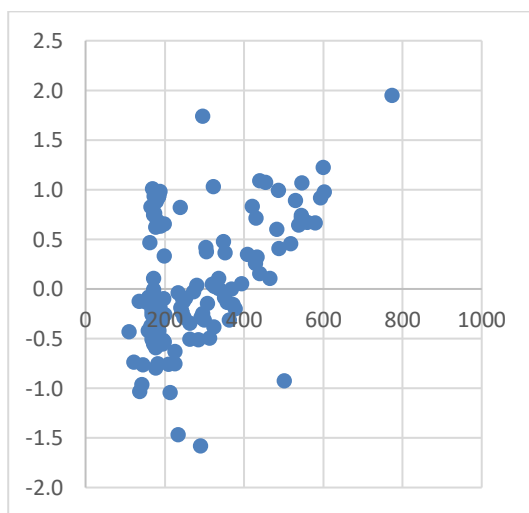
Analisis yang dilakukan juga dalam menentukan hasil persebaran gempa dari data yang ada, dengan menggunakan estimasi rumus Kanno dkk (2006).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesesuaian PGA empiris Kanno dkk (2006) terhadap PGA observasi

Ada beberapa tahap dalam melakukan proses pemilihan *GMPE* yang dibuat dengan memperhatikan sejauh mana kecocokan antara data *PGA* empiris dan *PGA* observasi sehingga proses ini akan mendapatkan hasil kecocokan dari kedua data tersebut. Langkah yang pertama, data *PGA* empiris dalam penelitian ini dihitung dengan menggunakan persamaan *GMPE* dari Kanno, dkk (2006). Persamaan Kanno, dkk (2006) ini dipilih karena berdasarkan penelitian Elsera (2017)

serta Taruna dan Setiadi (2020) menunjukkan bahwa persamaan ini merupakan persamaan dengan tingkat kecocokan yang paling tinggi daripada persamaan lainnya. *PGA* empiris yang telah dihitung selanjutnya dibandingkan nilainya dengan *PGA* observasi untuk didapatkan nilai selisih relatif. Tujuan dari perhitungan selisih relatif ini untuk melihat penyimpangan nilai *PGA* empiris dari *PGA* observasi. Dalam penghitungan selisih relatif tersebut jika nilainya semakin kecil maka hasilnya semakin baik. Berikut plot hasil selisih relatif antara *PGA* empiris dan *PGA* observasi terhadap jarak hiposenter.



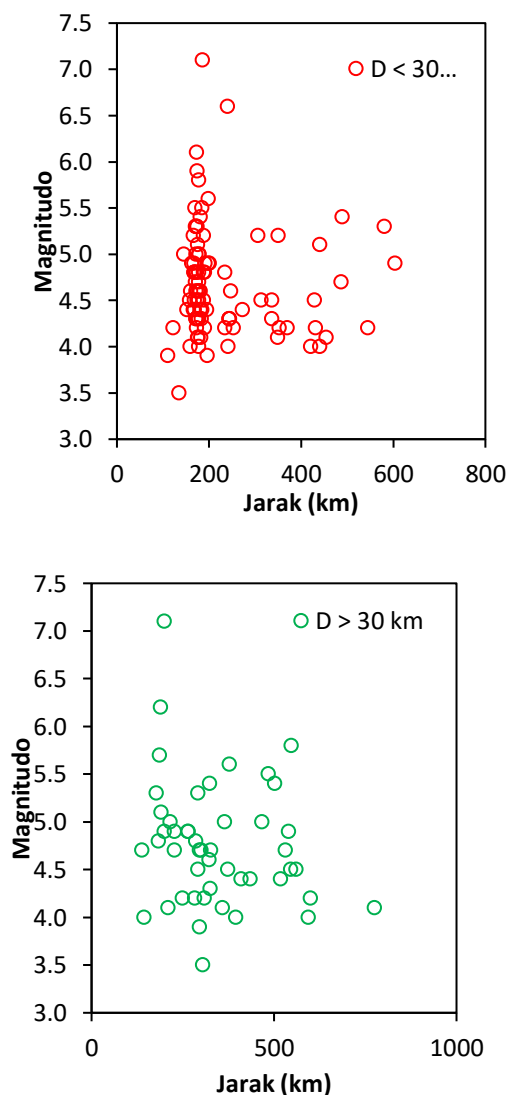
Gambar 1. Distribusi selisih relatif terhadap jarak hiposenter

Berdasarkan Gambar 1 tersebut dapat dilihat bahwa nilai selisih relatif cukup baik karena terdistribusi di dekat nilai 0.00 yang berarti tingkat kesamaan antara *PGA* empiris dan *PGA* observasi cukup tinggi. Nilai selisih relatif tersebut berkisar antara -1.587 hingga 1.947 dengan rata-rata -0,0075. *PGA* empiris dari rumusan Kanno, dkk (2006) ini cenderung memiliki selisih relatif yang semakin tinggi dengan semakin jauhnya jarak hiposenter terhadap lokasi stasiun. Namun demikian, hal ini tidak berlaku pada gempabumi-gempabumi dengan magnitude besar karena nilai selisih relatif pada gempabumi magnitude besar cenderung tinggi meskipun memiliki jarak hiposenter relatif dekat sekitar 100-200 km.

Modifikasi Persamaan GMPE

Persamaan perhitungan *PGA* yang dikembangkan Kanno dkk (2006) sangat mempertimbangkan faktor kedalaman sumber

gempabumi sehingga terbagi menjadi 2 bentuk, yaitu persamaan untuk gempa bumi dangkal (asumsi kedalaman ≤ 30 km) dan persamaan untuk gempa bumi dalam (asumsi kedalaman > 30 km). Modifikasi persamaan Kanno dkk. (2006) untuk mendapatkan nilai konstanta yang lebih sesuai ini menggunakan metode regresi liner. Jumlah data yang digunakan untuk modifikasi ini berjumlah 144 gempabumi, dengan rentang kedalaman antara 6 hingga 433 km. Data yang ada ini kemudian diklasifikasikan berdasarkan kedalaman sesuai asumsi awal persamaan Kanno dkk. (2006). Hasil klasifikasi kedalaman diperoleh 96 event gempabumi kedalaman lebih dari 30 km dan 48 event gempabumi kedalaman dangkal kurang dari 30 km. Pada Gambar 4.2 berikut ditunjukkan plot jarak-magnitudo data gempabumi yang telah diklasifikasikan berdasarkan kedalamannya.



Gambar 2. plot jarak-magnitudo data

gempabumi yang telah diklasifikasikan berdasarkan kedalamannya.

Setelah dilakukan pengolahan menggunakan metode regresi linier berganda berdasarkan persamaan Kanno dkk (2006), diperoleh nilai konstanta baru untuk gempabumi dangkal ($D \leq 30$ km) adalah sebagai berikut:

$$a_1 : 0.90754 \quad (1)$$

$$b_1 : -0.001916$$

$$c_1 : 1.63968$$

$$d_1 : 0.015234$$

sehingga persamaan baru untuk gempabumi dangkal berubah menjadi:

$$\log PGA = 0.90754 \times Mw - 0.001916 \times R - \log(R + 0.015234 \times 10^{0.5Mw}) + 1.63968 \quad (1)$$

nilai konstanta baru untuk PGA gempabumi kedalaman lebih dari 30 km adalah sebagai berikut:

$$a_2 : 0.608012 \quad (1)$$

$$b_2 : -0.001799$$

$$c_2 : -0.0586256$$

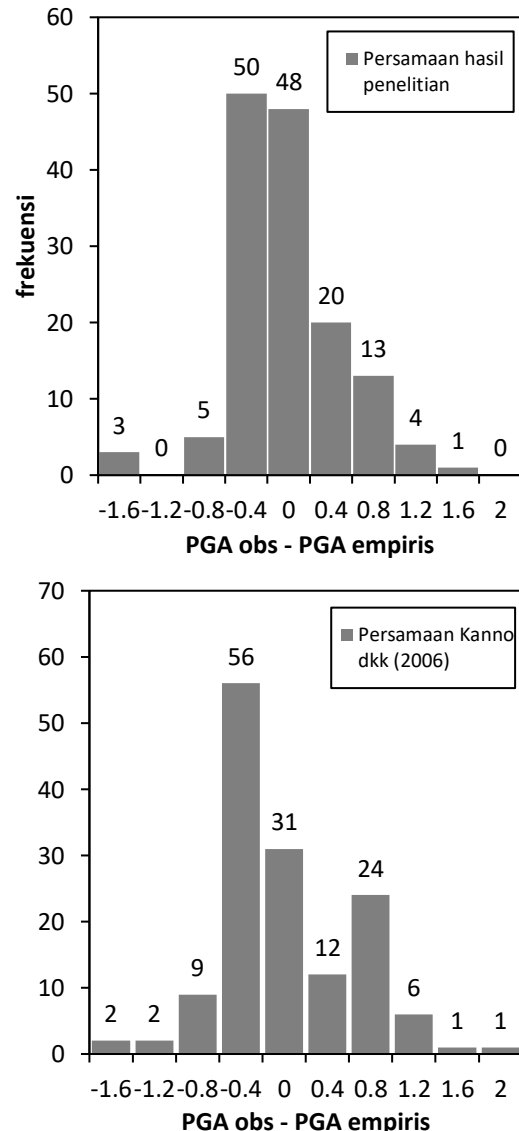
sehingga persamaan baru untuk gempabumi dalam berubah menjadi:

$$\log PGA = 0.608012 \times Mw - 0.001799 \times R - \log(R - 0.0586256) \quad (1)$$

Rumusan yang telah didapat tersebut dapat digunakan untuk memprediksi atau menghitung nilai PGA berdasarkan parameter gempabumi khususnya magnitudo dan jarak episenter. Untuk mengetahui kehandalan rumusan ini dalam memprediksi nilai PGA di suatu tempat maka dilakukan perbandingan antara nilai hasil prediksi dengan nilai PGA observasi atau nilai PGA yang tercatat di suatu tempat. Hasilnya, secara umum nilai hasil prediksi PGA hampir sama dengan nilai PGA observasi. Selisih relatif berkisar antara -1.6298 hingga 1.7991 dengan rata-rata -0.0218 dan RMSE bernilai 0.4938.

Apabila dibandingkan dengan hasil prediksi persamaan Kanno dkk (2006), persamaan hasil modifikasi ini lebih baik karena meski memiliki rata-rata selisih relatif yang lebih kecil namun memiliki RMSE yang lebih besar yaitu 0.6054. Hal ini juga bisa dilihat pada Gambar 4.3 yang menunjukkan perbandingan selisih relatif hasil persamaan penelitian ini dan hasil persamaan Kanno dkk (2006). Pada Gambar 4.3a terlihat bahwa selisih relatif dengan nilai tengah 0.00

sebanyak 48, jauh lebih banyak daripada selisih relatif persamaan Kanno dkk (2006) pada Gambar 4.3b yang hanya sebanyak 31. Namun demikian, dari kedua histogram selisih relatif ini dapat dilihat bahwa selisih relatif tertinggi sama-sama pada nilai tengah -0.4. Hal ini berarti secara umum kedua persamaan sama-sama menghasilkan PGA empiris yang cenderung lebih besar dari nilai PGA observasi.



Gambar 3. Histogram selisih relatif (PGA obs-PGA empiris) yang menggunakan a) Persamaan prediksi PGA dari penelitian ini dan b) Persamaan prediksi PGA dari Kanno dkk (2006).

Dari Gambar 3 tersebut juga dapat dilihat bahwa meskipun sudah cukup bagus dalam memprediksi PGA namun masih terdapat beberapa nilai PGA hasil prediksi yang jauh

dari nilai observasinya. Hal ini diperkirakan karena jumlah data yang tergolong sedikit, serta sebaran magnitudo dan jarak episenter data yang belum tersebar dengan merata. Ketersediaan data pada tahun 2019 yang hanya mencakup kejadian gempabumi dalam rentang magnitudo 3.5–7.1 dan rentang jarak episenter 110–774 km, menyebabkan hasil konstanta baru belum mampu memprediksi gempabumi dari seluruh rentang magnitudo dan jarak episenter dengan baik. Dominasi data gempabumi dengan jarak ± 160 km yang berjumlah sekitar 51% ini juga menyebabkan persamaan baru yang diperoleh masih kurang bisa menggambarkan faktor jarak episenter pada prediksi nilai PGA.

4. KESIMPULAN

Persamaan Kanno dijadikan sebagai patokan dalam menentukan kecocokan antara hasil model dan hasil observasi yang mendapatkan nilai selisih. Bahkan persamaan Kanno lebih akurat dalam mendapatkan hasil akhir yang cukup baik dalam penelitian.

Dari hasil yang di dapatkan, meskipun sudah cukup baik dalam memprediksi namun masih ada nilai PGA hasil prediksi yang jauh dari nilai observasinya, karena data yang di dapatkan masih sedikit. data pada tahun 2019 yang hanya mencakup kejadian gempabumi dalam rentang magnitudo 3.5–7.1 dan rentang jarak episenter 110–774 km, menyebabkan hasil konstanta baru belum mampu memprediksi gempabumi dari seluruh rentang magnitudo dan jarak episenter dengan baik.

5. REFERENSI

- Agus, S, (2011). Perhitungan Percepatan Tanah Maksimum Berdasarkan Data Gempabumi di daerah Istimewa Yogyakarta . Skripsi. Jurusan fisika. Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.
- Asyer, O, (2016). Penentuan Koefisien Persamaan Prediksi Percepatan Tanah Wilayah Sulawesi Bagian Selatan dan Tenggara Menggunakan Metode Regresi Berganda. Skripsi. Program Sarjana Terapan Geofisika. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tangerang Selatan.
- Emelda, M, (2017). Kajian Awal Persamaan Percepatan Tanah di Wilayah Bengkulu. Skripsi. Program Sarjana Terapan Geofisika. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tangerang Selatan.
- Gail, M, Atkinson and SanLinn I. Kaka, (2007), Relationships between Felt Intensity and Instrumental Ground Motion in the Central United States and California, , Geophysical Journal International, Vol. 97, No. 2, pp. 497–510
- Hurukawa, N., dan Imoto, M., (1992), Subducting Oceanic Crust of the Philippine Sea and Pacific Plates and Weak-Zone-Normal Compression in the Kanto District, Japan, Geophysical Journal International, Vol. 109, 639–652.
- Irfa, D, (2017). Studi Korelasi Antara Intensitas Observasi dan Nilai Gerakan Tanah Kuat untuk Gempabumi Signifikan di Indonesia (Periode Tahun 2008–2017). Skripsi. Program Sarjana Terapan Geofisika. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tangerang Selatan.
- Meita, S, (2016). Pemetaan Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Intensitas Gempabumi di Kawasan Jalur Sesar Sungai OYO Yogyakarta Skripsi. Jurusan Pendidikan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Muhammad Altin Massinai, K. R. Amaliah , Lantu , Virman , dan Muhammad Fawzy Ismullah. M, (2016), Analisis Percepatan Tanah Maksimum, Kecepatan Tanah Maksimum dan MMI di Wilayah Sulawesi Utara, Jurnal Ilmiah, Vol V.
- Nandi, (2006). Gempa Bumi. Skripsi. Jurusan Pendidikan Geografi. Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial. Universitas Pendidikan
- Rizky, P, (2017). Studi Perbandingan Perhitungan Percepatan Tanah Menggunakan 7 Persamaan Atenuasi di Wilayah Sumatera bagian Utara. Skripsi. Program Sarjana Terapan Geofisika. Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Tangerang Selatan.