

Analisis Resiko Gempa Bumi di Kota Amurang Menggunakan Fungsi Atenuasi Crouse Campbel dan Mc Guire

Fioren Nicole Korengkeng, Guntur Pasau, dan Dolfie Paulus Pandara*

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi, Manado, 95115

*Corresponding author: dpandara@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan analisis percepatan tanah maksimum di Lengan Utara Sulawesi dengan menggunakan Fungsi Atenuasi. Data-data gempa tersebut adalah data hiposenter gempa yang pernah terjadi pada Lengan Utara Sulawesi dalam periode tahun 1964 – 2022. Hasil yang diperoleh dari analisis beberapa fungsi atenuasi, nilai-nilai percepatan tanah maksimum di Kota Amurang berdasarkan rumusan atenuasi Crouse sebesar 0.02 g, rumusan atenuasi Campbell sebesar 0.02 g dan rumusan atenuasi Mc.Guire sebesar 0.08 g. Berdasarkan nilai-nilai percepatan tanah tersebut maka Kota Amurang cukup aman dari resiko kerusakan karena gempa bumi yang terjadi.

Kata Kunci: Percepatan tanah maksimum; gempa bumi; fungsi atenuasi

Earthquake Risk Analysis in Amurang City Using Crouse, Campbell and Mc Guire Attenuation Functions

Abstract

An analysis of the maximum ground acceleration in the North Sulawesi Arm has been carried out using the Attenuation Function. These earthquake data are earthquake hypocenter data that have occurred in the North Sulawesi Arm in the period 1964 – 2022. The results obtained from the analysis of several attenuation functions, the maximum ground acceleration values in Amurang City are based on the Crouse attenuation formula of 0.02 g, the formula Campbell's attenuation is 0.02 g and Mc.Guire's attenuation formula is 0.08 g. Based on these ground acceleration values, Amurang City is quite safe from the risk of earthquake-related damage.

Keywords: peak ground acceleration; earthquakes; attenuation function.

PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah fenomena fisis yang berkaitan dengan gerak slip pada suatu sesar atau aktivitas vulkanik yang disebabkan oleh perubahan tegangan secara tiba-tiba yang terjadi di dalam bumi (Craighead, 2009). Setiap hari tidak kurang dari 8.000 kejadian gempabumi di dunia, dengan skala kurang dari 2-9 Skala Richter yang secara statistik hanya terjadi satu kali dalam 20 tahun di dunia. Kurang lebih 10% kejadian gempa bumi dunia terjadi di Indonesia, sehingga Indonesia termasuk wilayah rawan gempabumi (Supartoyo et al., 2014).

Gempa bumi dinyatakan sebagai guncangan tanah yang disebabkan oleh pelepasan energi kulit bumi secara tiba-tiba. Gempa bumi dapat mengakibatkan getaran tanah yang berpotensi merusak morfologi permukaan tanah dan berbagai infrastruktur di atasnya (Elnashai dan Sarno, 2008). Salah satu faktor yang dapat menentukan besar-kecilnya kerusakan sebagai akibat dari gempa bumi adalah percepatan tanah maksimum atau peak ground acceleration(PGA) (Edwiza, 2008).

Menurut (Kapojos 2015) parameter sumber gempa bumi merupakan hasil dari pengumpulan, pengolahan, dan analisis informasi seismik yang diperoleh dari kejadian gempa bumi. Parameter gempa bumi meliputi:

1. Waktu terjadinya gempa
2. Episenter
3. Kedalaman (Hiposenter)
4. Magnitudo
5. Intensitas

Kabupaten Minahasa Selatan termasuk daerah yang rawan akan bencana dan dekat dengan patahan/sesar Amurang sehingga dapat memicu terjadinya gempa. Kondisi Amurang secara tektonik berada di depan subduksi Sulawesi Utara sehingga hal tersebut bisa menyebabkan terjadinya Gempa, dan juga salah satu penyebab terjadinya gempa dikarenakan adanya sesar lokal.

Peak Ground Acceleration (PGA) atau percepatan tanah maksimum merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk studi tingkat kerusakan tanah yang terjadi di permukaan bumi akibat guncangan gempabumi. Penentuan nilai percepatan tanah di suatu tempat dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan alat pengukur yaitu accelerograf dan dengan cara perhitungan pendekatan secara empiris (Ibrahim dan Subardjo, 2003).

Menurut Ja'far dan Aulia (2018) pada analisis resiko gempa apabila lokasi yang ditinjau (site interest) tidak mempunyai data rekaman gempa, maka untuk memperkirakan besarnya percepatan maksimum tanah digunakan fungsi atenuasi. Fungsi atenuasi yang dimaksud disini adalah suatu fungsi yang menggambarkan korelasi antara intensitas (I) gerakan tanah setempat, magnitudo (M) dan jarak (R) dari sumber titik dalam daerah sumber gempa. Memperkirakan fungsi atenuasi untuk gerakan tanah akibat gempa telah menjadi subjek yang menarik dalam penelitian bidang kegempaan. Fungsi atenuasi merupakan alat yang penting dalam mengaplikasikan resiko kegempaan dalam perencanaan bangunan tahan gempa. Faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi atenuasi adalah:

1. Mekanisme Gempa
2. Jarak Episenter
3. Kondisi Tanah Lokal

Percepatan tanah maksimum adalah nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat akibat getaran gempa bumi dalam periode waktu tertentu. Terbatasnya peralatan jaringan accelerograf yang tidak lengkap dari segi periode waktu maupun tempatnya menyebabkan penentuan nilai percepatan tanah maksimum lebih banyak menggunakan pendekatan formula empiris. Karena gempa merupakan peristiwa yang tak dapat diprediksi, pada umumnya dalam analisis Fungsi Atenuasi juga disertai analisis probabilitas untuk memperhitungkan besarnya kemungkinan gempa yang akan muncul. Oleh sebab itu untuk keperluan bangunan tahan gempa harga percepatan tanah dapat dihitung dengan cara pendekatan dari data historis gempabumi (Kapojos, 2015). Beberapa Fungsi Atenuasi:

1. Fungsi Atenuasi Crouse

$$\ln(a) = 2.4846 + 0.7334 M - 0.0151M^2 - 0.5056 \ln(R + 1) - 0.0094 R \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

- $\ln(a)$: percepatan tanah (m/s^2)
M : magnitudo gempa
R : jarak terdekat dari site ke sumber gempa (km)
h : kedalaman hiposenter gempa (km)

2. Fungsi Atenuasi Campbell

$$\ln Y = -2.501 + 0.623M - \ln(R + 7.28)$$

Keterangan :

- Y : Nilai percepatan tanah maksimum (m/s^2)
M : Magnitude momen
R : Jarak Hiposenter (km)

3. Fungsi Atenuasi McGuire

$$a = \frac{472.3 \times 10^{0.278M}}{(R + 25)^{1.301}}$$

Keterangan :

- a : percepatan tanah (m/s^2)
- M : magnitudo gelombang permukaan
- R : jarak hiposenter (km).

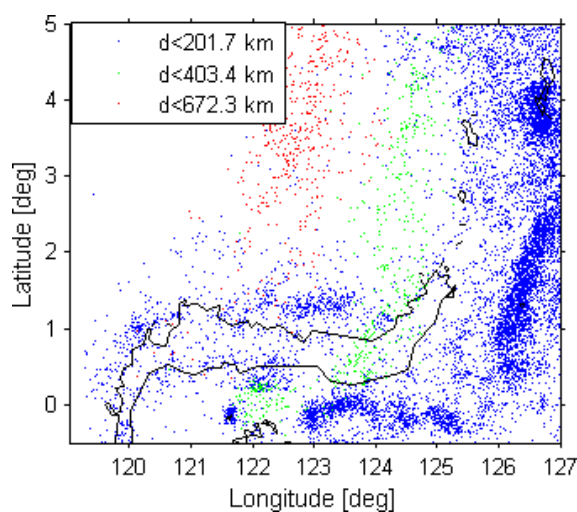
METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2023 sampai bulan Juli 2023 dan penelitian ini akan dilakukan di Jurusan Fisika FMIPA Unsrat.

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data-data hipocenter gempa yang pernah terjadi di wilayah Lengan Utara Sulawesi dan sekitarnya. Data yang dikumpulkan dari berbagai sumber katalog seperti EHB-ISC (Engdahl, van der Hilst & Buland - International Seismological Center), dan NEIC-USGS (United States Geological Survey) selama selang pengamatan 58 tahun yakni tahun 1964-2022. Dari sejumlah data gempa yang berhasil dikumpulkan yaitu gempa dengan bermagnitudo $M > 6.0$ dan kedalaman kurang dari 100 km, kemudian dilakukan keseragaman skala magnitudo.



Gambar 1. Plot Data Gempa Bumi periode 1964-2022

Pemisahan gempa utama atau independen (*mainshock*) dari gempa rintisan (*foreshock*) dan gempa susulan (*aftershock*) dilakukan dengan menggunakan kriteria rentang waktu (*time window*) dan rentang jarak (*distance window*). Proses pemisahan gempa utama dari gempa rintisan dan gempa susulan menggunakan kriteria empiris yang diusulkan oleh Gardner dan Knopoff (1974). Dari sejumlah data yang terseleksi ternyata yang menyebabkan percepatan yang signifikan adalah sebanyak sebelas gempa seperti ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Gempa Bumi yang Digunakan

No	Long (°E)	Lat (°N)	Origin Time (UTC)		Magnitude (Ms)	Depth (km)
1	126.244	1.441	8/10/1968	02:07:4.15	7.6	20.9
2	119.685	0.091	8/14/1968	22:14:20.15	7.2	16.8
3	126.475	1.799	8/14/1986	19:39:14.65	7.1	32.3
4	122.811	1.196	4/18/1990	13:39:22.45	7.3	39.8
5	122.748	1.184	6/20/1991	05:18:53.12	7.0	26.3
6	119.908	0.698	1/1/1996	08:05:12.2	7.5	24
7	126.359	1.106	1/21/2007	11:27:44.48	7.3	22.2
8	122.098	1.308	11/16/2008	17:02:32.97	7.0	31
9	119.8462	-0.2559	9/28/2018	10:02:45	7.5	20
10	126.1892	0.5126	7/7/2019	15:08:40	7.2	35
11	126.4156	1.6213	11/14/2019	16:17:40	7.1	33

Prosedur Penelitian

Data-data gempa yang telah dikumpulkan dari berbagai katalog biasanya mempunyai skala magnitudo yang berbeda-beda. Oleh karena itu maka langkah pertama yang dilakukan adalah menyeragamkan skala magnitudo ke dalam skala Surface Magnitude (*Ms*). Hasil penyeragaman kemudian disortir untuk menentukan gempa utama (*main shock*) dengan menerapkan kriteria *time window* dan *distance window* menggunakan bantuan *software* ZMAP. Hasil penyeragaman kemudian dipilih gempa utama yang bermagnitudo lebih besar dari M6.0 dan kedalaman kurang dari 100 km. Langkah selanjutnya adalah menentukan besarnya percepatan tanah maksimum menggunakan rumus empiris dari beberapa rumusan seperti Crouse, Campbel dan McGuire. Kemudian memetakan nilai percepatan tersebut secara spasial dengan terlebih dahulu membuat grid-grid berukuran $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ untuk menentukan daerah-daerah mana saja mempunyai nilai yang signifikan (percepatan paling besar). Persamaan yang dapat digunakan dalam menghitung jarak episenter dan hiposenter dari sumber gempabumi ke titik koordinat terpasangnya accelerograph adalah sebagai berikut:

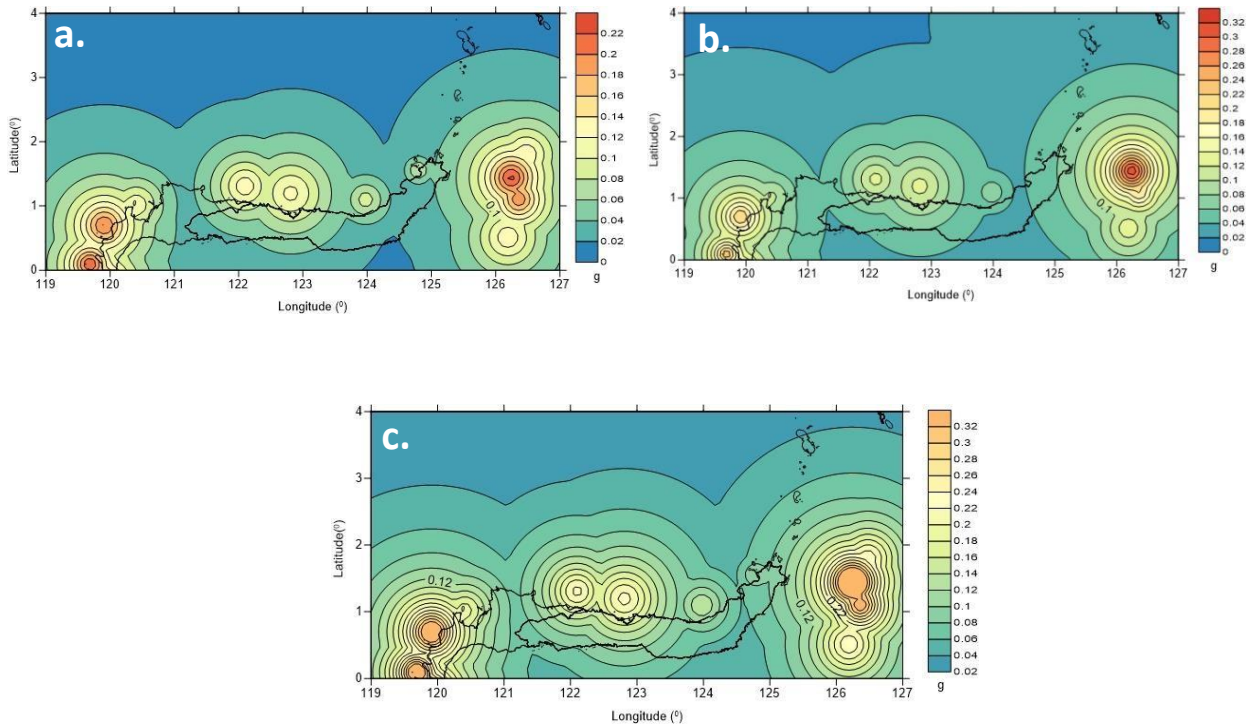
$$\Delta^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percepatan Tanah Maksimum

Hasil analisis yang diperoleh dari ketiga metode menunjukkan nilai percepatan tanah menggunakan metode Crouse sekitar 0.0075 g sampai dengan 0.2254 g. Metode Campbell diperoleh nilai percepatan tanah sebesar 0.0152 g sampai dengan 0.3149 g. Nilai percepatan tanah menggunakan metode Mc Guire sekitar 0.0028 g sampai dengan 0.3595 g. Nilai percepatan tanah maksimum terbesar terjadi di sekitar Kabupaten Bolaang Mongondow dan Kota Bitung.



Gambar 2. Model PGA Lengan Utara Sulawesi Menggunakan Metode : (a) Crouse, (b) Campbell dan (c) Mc Guire

Nilai percepatan tanah maksimum untuk Kota Amurang untuk beberapa model percepatan tanah yang telah digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai PGA dari Beberapa Model Atenuasi

No	Metode	Peak Ground Acceleration (g)
1	Crouse	0.02
2	Campbell	0.02
3	Mc.Guire	0.08

Tingkat resiko gempa bumi di Kota Amurang berdasarkan nilai-nilai percepatan tanah rumusan atenuasi Crouse sebesar 0.02 g, Campbell sebesar 0.02 g dan Mc.Guire sebesar 0.08 g.

KESIMPULAN

Dari hasil studi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa, percepatan tanah di Kota Amurang menggunakan rumus empiris Atenuasi Crouse 1991 sebesar 0.02 g, Atenuasi Campbell sebesar 0.02 g dan Metode Mc.Guire sebesar 0.08 g. Dari pemetaan percepatan tanah dari beberapa rumusan atenuasi menunjukkan bahwa wilayah Kota Amurang cukup aman dari getaran gempa bumi. Hal ini disebabkan karena Kota Amurang cukup jauh dari pusat-pusat gempa besar yang pernah terjadi. Perbedaan signifikan dalam nilai PGA antara ketiga model tersebut menunjukkan bahwa pemilihan model atenuasi dapat mempengaruhi estimasi tingkat percepatan tanah di Kota Amurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Craighead, G. 2009. *High-Rise Security and Fire Life Safety 3rd Edition*. Geoff Craighead, CPP, BSCP, Los Angeles
- Edwiza. 2008. Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar.No.29 Vol.1 Thn. XV. ISSN: 0854-8471. Hal: 73-79
- Elnashai, A.S., and Sarno, D.L. 2008. *Fundamental of Earthquake Engineering*, Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wilts, England.
- Ibrahim, G., dan Subardjo. 2003. *Pengetahuan Seismologi*. Badan Meteorologi dan Klimatologi, Manado.
- Ja'far dan Aulia. 2018 . Analisa Perbandingan Kurva Hazard Pada Kota Jambi Dengan Menggunakan Beberapa Fungsi Atenuasi. <https://osf.io/kxzue/download> [15 Juli 2020]
- Kapojos, C. 2015. Analisis Percepatan Tanah Maksimum di Bagian Utara Pulau Sulawesi dengan Menggunakan Rumusan Empiris [Skripsi]. Fakultas MIPA UNSRAT. Manado.
- Supartoyo, Surono dan Putranto. 2014. *Katalog Gempabumi Merusak Di Indonesia Tahun 1612-2014*. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. Bandung