

## PERBANDINGAN METODE MC.GUIRRE.R.K, ESTEVA DAN DONOVAN UNTUK DAERAH RAWAN GEMPA BUMI DI FLORES

*Natalia Ciciani Dinas, Jehunias Leonidas Tanesib, Bernandus dan H. L. Sianturi*  
Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adisucipto  
Penfui, Kupang, 85001, Nusa Tenggara Timur, Indonesia  
E-mail: dinasnatalia8@gmail.com

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pemetaan daerah rawan bencana gempa bumi di Flores berdasarkan percepatan tanah maksimum untuk mengetahui nilai percepatan tanah maksimum, pola penyebaran percepatan tanah maksimum, dan daerah rawan bencana gempa bumi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode Mc.Guirre.R.K, Esteva dan Donovan dengan data yang digunakan adalah data sekunder dari USGS. Hasil analisa data diperoleh yaitu nilai percepatan tanah maksimum berdasarkan metode Mc.Guirre.R.K berkisar dari 7,0-149,5 gal, dengan metode Esteva berkisar dari 1,9- 34,9 gal, dan dengan metode donovan berkisar dari 10,6-153,4 gal. Hasil pemetaan menunjukkan pola percepatan tanah maksimum tertinggi di Flores berada di perairan utara Pulau Flores, dimana daerah dengan kerawanan bencana gempa bumi berada di daerah Labuan Bajo, Ruteng dan Borong.

**Kata Kunci:** gempa bumi; percepatan tanah maksimum; daerah rawan bencana

### Abstract

Research has been carried out on mapping areas prone to earthquake disasters in Flores based on maximum ground acceleration to determine the value of maximum ground acceleration, the distribution pattern of maximum ground acceleration, and areas prone to earthquake disasters. The research method used is the Mc.Guirre.R.K, Esteva and Donovan method with the data used is secondary data from the USGS. The results of data analysis obtained are that the maximum ground acceleration value based on the Mc.Guirre.R.K method ranges from 7.0-149.5 gal, with the Esteva method it ranges from 1.9-34.9 gal, and with the Donovan method it ranges from 10.6 -153.4 gal. The mapping results show that the highest maximum ground acceleration pattern in Flores is in the northern waters of Flores Island, where areas prone to earthquake disasters are in the Labuan Bajo, Ruteng and Borong areas.

**Keywords:** earthquake; maximum ground acceleration; disaster-prone areas

### PENDAHULUAN

Pergeseran lempeng Indo-Australia mengarah ke utara, bertumbukan dengan lempeng Eurasia yang mengarah ke selatan menyebabkan lempeng Indo-Australia menghunjam ke bawah kerak bumi di dasar laut Sawu. Oleh karena itu aktivitas tektonik di Nusa Tenggara Relatif tinggi. Selama abad ke-20 setidaknya pernah terjadi 14 gempa besar, dengan 3 diantaranya memicu tsunami [1].

Gempa bumi merupakan guncangan di permukaan bumi yang disebabkan oleh adanya pelepasan energi secara tiba-tiba akibat adanya pengesaran batuan kerak bumi di sepanjang zona sesar atau zona penunjaman lempeng (subduksi) [2]. Percepatan getaran tanah maksimum atau Peak Ground Acceleration

(PGA) adalah nilai Percepatan tanah terbesar pada saat terjadi gempa bumi [3].

Penelitian yang dilakukan oleh Rupana dan Harahap, 2018 [4] tentang pemetaan daerah rawan akibat gempa bumi di Kabupaten Karo berdasarkan percepatan tanah maksimum dengan metode Mc.Guirre R.K, analisa data historis gempa bumi yang diambil dari PGA dari tahun 1990 sampai dengan 2017 dihasilkan bahwa nilai maksimum percepatan tanah sebesar 48,61 gal terletak di Kecamatan Kutabuluh. Daerah yang mempunyai tingkat kerawanan kerusakan akibat gempa bumi yang tertinggi yaitu Mardinding, Kutabuluh, Namanteran, dan Merdeka.

Pulau Flores merupakan kawasan yang mempunyai aktifitas gempa bumi yang cukup tinggi sehingga pengukuran nilai Percepatan

tanah maksimum perlu dilakukan guna untuk kajian mitigasi dan perencanaan pembangunan infrastruktur yang aman gempa.

## METODE

Data gempa bumi yang digunakan adalah data sekunder dari The United States Geological Survey (USGS) [5] dan data shp Provinsi Nusa Tenggara Timur yang diperoleh dari Indonesia Geospasial [6]. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perhitungan nilai percepatan tanah maksimum dengan metode Mc Guirre,R.K, metode Esteva dan metode Donovan, Yang kemudian pemetaannya menggunakan ArcGIS

## Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyusun data historis gempa bumi di Pulau Flores periode 2000 – 2020 berdasarkan latitude, longitude, magnitudo dan kedalaman.
2. Membuat peta tingkat seismisitas dengan menggunakan ArcGIS.
3. Menentukan titik pengamatan (Grid) berdasarkan peta seismisitas daerah penelitian.
4. Mensortir data dengan batas wilayahnya dengan memilih magnitudo  $\geq 4$  SR pada kedalaman  $\leq 60$  km.
5. Menghitung jarak episenter  
Untuk menghitung jarak episenter gempa dapat menggunakan persamaan berikut [7]:  
$$\Delta = \text{Cos}^{-1}[\sin\phi_1 \sin\phi_2 + \cos\phi_1 \cos\phi_2 \cos(\lambda_1 - \lambda_2)]$$
 (1)
6. Menghitung jarak hiposenter  
Untuk menghitung jarak hiposenter gempa dapat menggunakan persamaan berikut:  
$$R = \sqrt{\Delta^2 + H^2}$$
 (2)
7. Konversi magnitudo  
Untuk mengkonversi magnitudo dapat menggunakan persamaan berikut:  
$$M_s = 1,59M_b - 3,97$$
 (3)
8. Menghitung nilai percepatan tanah maksimum  
Untuk Menghitung nilai percepatan tanah maksimum dapat menggunakan persamaan berikut:

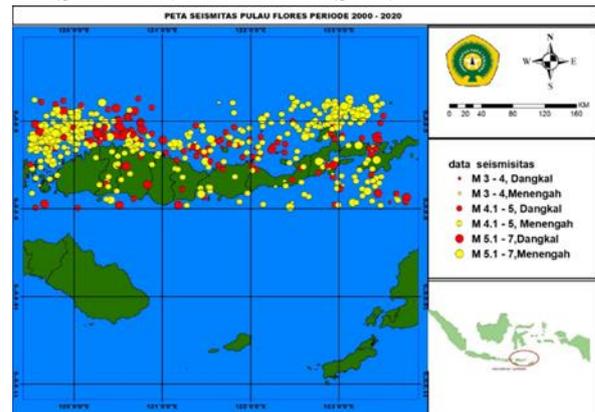
a. Persamaan Donovan  
$$\alpha_{\text{Donovan}} = 1080(\exp^{0,5M})/(R + 25)^{1,32}$$
 (4)

b. Persamaan Esteva  
$$\alpha_{\text{Esteva}} = 5600(\exp^{0,5M})/(R + 40)^2$$
 (5)

c. Persamaan Mc.Guirre.R.K  
$$\alpha_{\text{Guirre}} = \frac{472,3 \times 10^{0,278Ms}}{(R+25)^{1,301}}$$
 (6)

9. Membuat peta kontur percepatan tanah maksimum dengan ArcGIS

## HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Peta seismisitas Pulau Flores periode Tahun 2000 – 2020

Tingkat seismisitas bergantung pada kondisi tektonik maupun geologis yang ada di wilayah tersebut. Jumlah data yang digunakan sebanyak 559 kejadian gempa bumi yang terjadi dari tahun 2000-2020, dengan magnitudo mulai dari 3 sampai 6,5 SR pada kedalaman 2 sampai 300 Km. Berdasarkan peta seismisitas pulau Flores periode 2000-2020 aktifitas gempa dangkal lebih aktif di wilayah utara Flores. Semakin ke selatan aktifitas gempa semakin jarang (Gambar 1). Gambaran seismisitas memberikan informasi bahwa Pulau Flores rawan terhadap bencana gempa bumi.

Berdasarkan peta seismisitas maka diperoleh sejumlah grid atau titik pengamatan. Setiap grid diambil salah satu nilai percepatan tanah yang paling besar. Berdasarkan analisis jumlah grid yang digunakan dalam penelitian yaitu 27 titik dengan jarak  $0,5^\circ$  ( $1^\circ = 111$  Km). Grid yang telah ditentukan dijadikan sebagai stasiun pengamat untuk menentukan jarak episenter gempa bumi.

**Percepatan tanah maksimum dengan metode Mc.Guirre.R.K**



Gambar 2. Peta percepatan tanah maksimum dengan metode Mc.Guirre.R.K

Hasil Perhitungan nilai percepatan tanah maksimum di Flores dengan menggunakan persamaan MC.Guirre.R.K berkisar dari 7,0–149,5 gals. Hasil pemetaan dengan metode Mc.Guirre.R.K menunjukkan bahwa nilai percepatan tanah tertinggi berada pada daerah Labuan Bajo, Ruteng dan Borong. Nilai maksimum berkisar dari 67,6–78,0 gals menunjukkan nilai percepatan tanah yang sangat tinggi. Nilai minimum berkisar dari 26,0–36,4 gals menunjukkan nilai percepatan tanah yang sangat rendah (Gambar 2).

**Percepatan tanah maksimum dengan metode Esteva**



Gambar 3. Peta percepatan tanah maksimum dengan metode Esteva

Hasil perhitungan nilai percepatan tanah maksimum di Flores dengan menggunakan persamaan Esteva berkisar dari 1,9–34,9 gals. Nilai maksimum berkisar dari 17,6-20,3 gals sedangkan nilai minimum berkisar dari 7,0-9,6

gals. Hasil pemetaan dengan metode Esteva menunjukkan bahwa nilai percepatan tanah tertinggi berada pada daerah Labuan Bajo, Ruteng dan Borong (Gambar 3).

**Percepatan tanah maksimum dengan metode Donovan**



Gambar 4. Peta percepatan tanah maksimum dengan metode Donovan

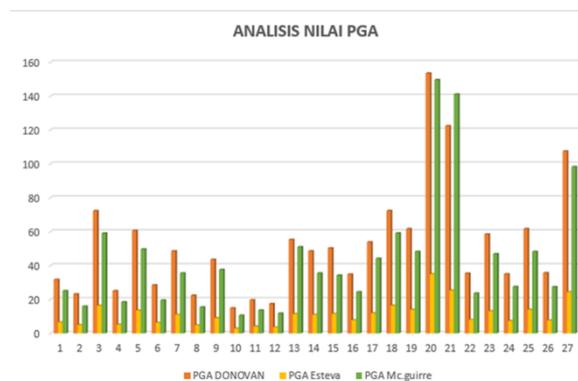
Hasil perhitungan nilai percepatan tanah maksimum di Flores dengan menggunakan persamaan Donovan berkisar dari 10,6–153,4 gals. Nilai maksimum berkisar dari 79,6–88,8 gals sedangkan nilai minimum berkisar dari 33,3 – 42,6 gals (hasil perhitungan dengan metode Donovan dapat dilihat pada lampiran III). Hasil pemetaan dengan metode Donovan menunjukkan bahwa nilai percepatan tanah tertinggi berada di daerah Labuan Bajo dan Ruteng seperti pada gambar 4.

**Perbandingan nilai percepatan Tanah maksimum dari metode Mc.Guirre.R.K, Esteva, dan Donovan**

Hasil pemetaan ketiga persamaan Mc.Guirre, Esteva, dan Donovan menunjukkan bahwa titik nilai PGA tertinggi berada di daerah yang sama. Pola penyebaran PGA yang dihasilkan berada di perairan utara Pulau Flores yaitu daerah Labuan Bajo, Ruteng dan Borong. Ketiga metode ini menunjukkan pola kontur tertinggi di daerah yang sama. Hasil perhitungan dengan Metode Donovan menunjukkan nilai PGA yang lebih tinggi dibandingkan metode Mc.Guirre.R.k dan Esteva. Nilai PGA yang didapatkan berbeda karena adanya perbedaan persamaan empiris dan konstanta masing-masing metode persamaan.

Nilai percepatan tanah paling tinggi ada pada titik pengamatan ke-20 pada titik

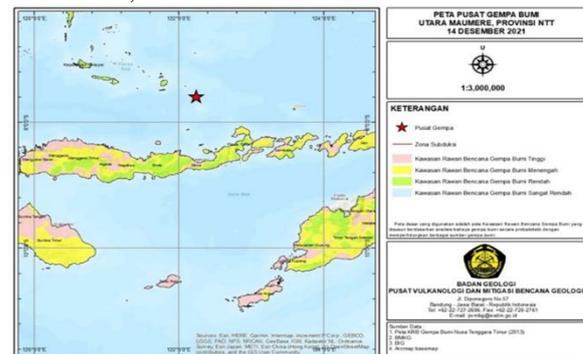
pengamatan yaitu pada koordinat 120,265 BT (Gambar 5). Nilai percepatan tanah yang tinggi di daerah ini disebabkan karena pengaruh gempa bumi dengan magnitudo 5,8 SR dan kedalaman 7 Km pada 3 Juni 2008. Menurut ESDM, 2008 [8] sebanyak 6 gempa bumi melanda perairan Nusa Tenggara Timur pada tanggal 3 sampai 4 juni 2008. Gempa-gempa tersebut secara berurutan terjadi pada pukul 00:31 WIB hingga pukul 06:43 WIB. Gempa diperkirakan berasosiasi dengan sesar aktif yang berarah barat-timur di perairan utara Pulau Flores.



Gambar 5. Perbandingan nilai percepatan tanah dari metode MC.guirre.R.K, Esteva dan Donovan

Hasil pemetaan ini sesuai dengan peta rawan bencana gempa bumi dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2021 [9] dimana daerah Labuan Bajo, Ruteng dan Borong termasuk dalam daerah rawan bencana gempa bumi (Gambar 6). Struktur utama di Laut Flores adalah sesar naik busur belakang Flores yang berarah relatif barat-timur. Daerah yang berdekatan dengan pusat terjadinya gempa bumi adalah kepulauan Selayar, Sulawesi Selatan. Pulau-pulau tersebut merupakan dataran yang berbatasan dengan perbukitan bergelombang hingga perbukitan terjal. Pulau pulau ini tersusun dari batuan berumur tersier berupa batuan sedimen dan batu gamping, serta edapan kuarter berupa endapan aluvial pantai, sungai dan batu gamping koral. Sebagian batuan berumur tersier tersebut telah mengalami pelapukan. Morfologi perbukitan bergelombang hingga perbukitan terjal yang tersusun oleh batuan berumur tersier yang mengalami pelapukan akan berpotensi terjadi gerakan tanah bila dipicu gempa bumi kuat maupun curah hujan tinggi. Guncangan gempa

bumi ini terasa di daerah Ruteng, Labuan Bajo, Larantuka, maumere dan Lembata.



Gambar 6. Peta rawan bencana gempa bumi di NTT periode 2021 [8]

Berdasarkan skala intensitas MMI [10], Flores dikategorikan pada skala intensitas III-VI (kerusakan ringan). Dimana pada skala tersebut hampir seluruh gempa dirasakan oleh seluruh warga dengan kerusakan pada skala tertinggi VI terjadi pada tembok atau plester rumah yang retak.

Tingkat kerusakan akibat gempa bumi yang terjadi bukan hanya dipengaruhi dari faktor percepatan tanah saja akan tetapi faktor geologi dan kualitas bangunan sangat berpengaruh terhadap kerusakan. Mengetahui kerusakan akibat gempa bumi sangat penting untuk diketahui. Hal tersebut diperlukan untuk menyesuaikan kekuatan bangunan yang akan dibangun berdasarkan nilai percepatan tanah maksimum di daerah tersebut. Untuk itu identifikasi sumber gempa dan pemetaanya harus terus dilakukan. Penyempurnaan peta gempa nantinya akan menjadi standard nasional Indonesia (SNI) yang harus dipenuhi dalam pembangunan guna meminimalisir resiko kerusakan bencana sekecil mungkin.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode persamaan Mc.Guirre.R.K, Esteva, Dan Donovan dari data gempa bumi tahun 2000-2020 dapat disimpulkan bahwa :

Nilai percepatan tanah yang diperoleh berdasarkan metode persamaan MC.Guirre.R.K berkisar dari 7,0–149,5 gals, dengan metode persamaan Esteva berkisar dari 1,9–34,9 gals dan metode persamaan Donovan berkisar dari 10,6–153,4 gals.

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa pola penyebaran percepatan tanah maksimum

paling tinggi berada di perairan utara Pulau Flores.

Daerah yang rawan terhadap bencana gempa bumi berada di daerah Labuan Bajo, Ruteng dan Borong.

#### **SARAN**

Sebaiknya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, baik dari sudut pandang geologi (misalnya jenis tanah) maupun geotektonik supaya mendapatkan hasil yang lebih akurat sehingga mampu meminimalisir kerusakan akibat gempa bumi.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- 1 Kelimutu B. 2019. Sejarah Gempa dan Tsunami Flores 1992: Gerak Sesar di Sarang Lindu. <https://kelimutu.id/web/user/detailartike/1/53>.
- 2 Bath M. Introduction to Seismology. Birkhauser, Verlaag. 1979.
- 3 Jagan J, Gundlapalli P, Samui P. Advanced Hybrid Intelligent Techniques and Applications. DOI: 10.4018/978-1-4666-9474-3.ch005. VIT University, Nuclear Power Corporation of India Limited, National Institute of Technology Patna, India. 2016.
- 4 Rupana, Harahap MB. 2018. Pemetaan Daerah Rawan Akibat Gempa Bumi Di Kabupaten Karo Berdasarkan Percepatan Tanah Maksimum Dengan Metode Mc.Guirre.R.K. J. Einstein. **6**(1): 15.
- 5 United States Geological Survey. 2023. Search Earthquake Catalog. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search>.
- 6 Indonesia Geospasial. 2023. Indonesia Geospasial. <https://www.indonesiageospasial.com/2020/05/download-data-peta.html?m=1>.
- 7 ESDM (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral). 2008. Gempa Guncang Perairan Nusa Tenggara Timur. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/gempa-guncang-perairan-nusa-tenggara-timur>.
- 8 Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi E. 2021. Analisis Geologi Kejadian Gempa Bumi Merusak Di Laut Flores, Tanggal 14 Desember 2021. <https://vsi.esdm.go.id/index.php/gempa-bumi-a-tsunami/kejadian-gempa-bumi-a-tsunami/3868-analisis-geologi-kejadian-gempa-bumi-merusak-di-laut-flores-tanggal-14-desember-2021>.
- 9 BMKG. 2023. Skala Intensitas Gempabumi. <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-mmi.bmkg?lang=ID%5C>.
- 10 Afnimar. Seismologi. Institut Teknologi Bandung, Bandung. 2009.