

## ANALISIS PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM UNTUK MEMETAKAN KERAWANAN BENCANA GEMPA BUMI DENGAN METODE FUKUSHIMA-TANAKA, ESTEVA DAN EUCLIDEAN DISTANCE DI PULAU LOMBOK

AMALIA LATIFA, LALU AHMAD DIDIK MEILYADI \*, BAHTIAR

*Program Studi Tadris Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan,  
Universitas Islam Negeri Mataram  
Jln. Gajah Mada no.100, Jempong Mataram, Kota Mataram, Lombok, Indonesia*

*\*email : laludidik@uinmataram.ac.id*

**Abstrak.** Pulau Lombok merupakan suatu daerah kecil yang berada pada perbatasan antara lempeng besar Asia dengan lempeng Australia sehingga pulau Lombok sangat rawan terhadap bencana gempa bumi. Tingkat kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi bergantung dari kekuatan dan kualitas bangunan, kondisi geologi dan geotektonik serta percepatan getaran tanah maksimum wilayah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis percepatan getaran tanah untuk memetakan kerawanan bencana gempa bumi menggunakan metode Fukushima Tanaka, Esteva, Dan Euclidean Distance di pulau Lombok. Data yang digunakan adalah data sekunder gempa bumi di pulau Lombok bulan Juli-September 2018. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai percepatan getaran tanah maksimum paling tinggi sebesar 100.810 gal yang berada di wilayah kabupaten Lombok Timur dan Lombok Utara. Sedangkan nilai percepatan getaran tanah maksimum paling kecil terjadi di daerah mataram dan sekitarnya dengan nilai 0,3603 gal. Dari ketiga rumusan, dapat dilihat bahwa nilai percepatan getaran tanah yang dihitung di wilayah pulau Lombok menggunakan metode Fukushima Tanaka adalah rumusan yang paling sesuai untuk menghitung nilai percepatan tanah di pulau Lombok. Hal itu dikarenakan nilai hasil percepatan getaran tanah dari Fukushima Tanaka hampir sama dengan nilai percepatan getaran tanah dari akselerograph.

**Kata kunci:** Gempa Bumi, Percepatan Getaran Tanah Maksimum, Metode Empiris

**Abstract.** Lombok island is a small area located on the border between the large Asian plate and the Australian plate so that the island of Lombok is very vulnerable to the earthquake disasters. The level of damage caused by an earthquake depends on the strength and quality of the building, geological, and geotechnical conditions and the maximum ground vibration acceleration of the area. This study aims to analyze the acceleration of ground vibrations to map earthquake vulnerability using the Fukushima Tanaka, Esteva, and Euclidean Distance methods on the island of Lombok. The data used is secondary data for earthquakes on the island of Lombok in July-September 2018. The calculation result shows that the maximum ground vibration acceleration value is the highest of 100.810 gal located in the districts of East Lombok and North Lombok. While the smallest maximum ground vibrations acceleration value occurs in the Mataram and surrounding areas with a value of 0,3603 gal. From the three formulations, it can be seen that the value of ground vibration acceleration calculated in the area of the island of Lombok using the Fukushima Tanaka method is the most appropriate formula for calculating the value of ground acceleration on the Lombok island. That is because the value of the ground vibration acceleration from Fukushima Tanaka is almost the same as the ground vibration acceleration value from the accelerograph.

**Keywords:** Earthquake, Maximum Ground Vibration Acceleration, Empirical Method

## 1. Pendahuluan

Pulau Lombok adalah salah satu daerah yang berada pada jalur gempa bumi. Pulau Lombok merupakan suatu daerah kecil yang berada pada perbatasan antara lempeng besar Asia dengan lempeng Australia. Gempa bumi yang pernah terjadi pada daerah ini cukup meresahkan masyarakat sekitar walaupun skalanya tidak begitu besar seperti yang telah terjadi pada wilayah lain di Indonesia. Gempa bumi yang pernah melanda daerah ini terakhir terjadi pada awal tahun 2013 silam. Guncangan akibat gempa bumi tersebut dirasakan oleh sebagian besar masyarakat Lombok pada khususnya dan wilayah NTB pada umumnya. Adapun kerusakan yang cukup parah terjadi di daerah Kabupaten Lombok Utara. Meskipun tidak menimbulkan korban jiwa namun kerugian material akibat bencana alam gempa bumi tersebut ditaksir sampai jutaan ribu rupiah [1].

Adapun, Secara garis besar tingkat kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi bergantung dari kekuatan dan kualitas bangunan, kondisi geologi dan geotektonik serta percepatan tanah maksimum daerah lokasi gempa bumi terjadi. Oleh karena itu mikrozonasi wilayah rawan terjadi bencana gempa bumi bisa dimanfaatkan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan di wilayah tersebut. Berdasarkan morfologi dan batuan penyusunnya, disusun oleh Satuan Geologi Lingkungan (SGL), yaitu pedataran aluvium, pedataran berombak lempung hitam dan terarosa, perbukitan rendah batu gamping, perbukitan kars, dan perbukitan napal dan batu lempung [2].

Beberapa penelitian penelitian telah dilakukan untuk menghitung pergeseran tanah maksimum dengan menggunakan metode empiris. Jamal et al. telah melakukan analisis tentang kecocokan nilai percepatan tanah Pulau Lombok berdasarkan perhitungan empiris dengan data percepatan tanah dari akselerograf Stasiun Mataram. Metode yang digunakan adalah metode Fukushima Tanaka dengan persentase kesalahan rata-rata terendah sebesar 220% dibandingkan dengan rumusan lainnya yang memiliki persentase kesalahan rata-rata 2586% untuk metode Mc Guire, 614% untuk metode Esteva [3]. Bessi & Sianturi melakukan Analisa percepatan tanah dengan menggunakan metode *Deterministic Seismic Hazard Analysis* di lokasi pembangunan Observatorium Nasional Desa Bitobe Kabupaten Kupang. Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai percepatan tanah maksimum menggunakan persamaan empiris Kanai berkisar antara 32 gal – 261 gal, Mc.Guire berkisar antara 128 gal – 134 gal, dan Esteva berkisar antara 147 gal – 156 gal. Nilai PGA yang didapatkan ketiga metode di atas berbeda dengan nilai PGA pada peta *hazard* gempa Indonesia. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu adanya perbedaan metode, persamaan empiris dan konstanta pada persamaan, serta PGA pada peta *hazard* gempa Indonesia adalah PGA pada batuan dasar [4].

Taruna et al. melakukan penelitian tentang percepatan tanah maksimum di Kota Mataram menggunakan metode Fukushima-Tanaka, Esteva, dan Euclidean Distance [5] [6].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, belum ada yang melakukan penelitian tentang percepatan getaran tanah maksimum untuk memetakan kerawanan bencana gempa bumi dengan membandingkan metode Fukushima Tanaka, Esteva, dan Euclidean Distance. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menentukan percepatan tanah maksimum di Pulau Lombok dengan menggunakan ketiga persamaan tersebut.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode empiris Fukushima Tanaka, Esteva, dan Euclidean Distance dalam menganalisis percepatan getaran tanah maksimum untuk memetakan kerawanan bencana gempa bumi lombo. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-September 2018 di Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika (BMKG) Selaparang.

Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil pada katalog gempa bulan Juli-September 2018 dari Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika (BMKG) Selaparang. Data yang digunakan adalah waktu kejadian, hiposenter, dan manitude gempa bumi. Proses pengolahan data menggunakan software Matlab 2014 dan ZMAP 6.0.

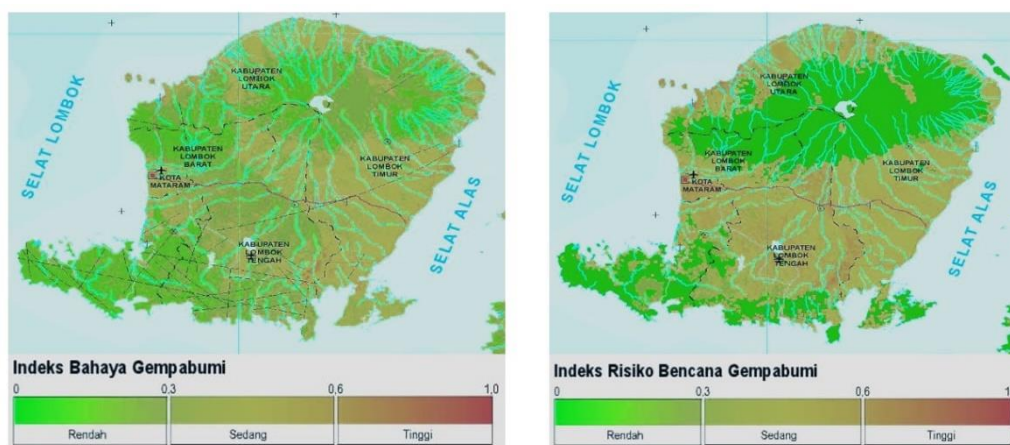
Perhitungan percepatan getaran tanah dilakukan menggunakan persamaan empiris Fukushima Tanaka seperti yang ditunjukkan pada persamaan 1 [7]. Persamaan empiris Esteva ditunjukkan pada persamaan 2 [3]. Dan persamaan empiris Euclidean Distance ditunjukkan pada persamaan 3 [5] yang ditulis secara berurutan sebagai berikut:

$$\log a = 0,41 MS - \log (R + 0,033 \times 10^{0,41 MS}) - 0,0034 R + 1,28 \tag{1}$$

$$a = \frac{5600 \cdot 10^{0,5 MW}}{(R + 40)^2} \tag{2}$$

$$EDR^2 = k \times \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N MDE_i^2 \tag{3}$$

Dengan  $a$  adalah percepatan getaran tanah (gal), R adalah jarak hiposenter (km). MS adalah magnitude gelombang permukaan (M), MW adalah magnitude momen (M), EDR adalah euclidean distance ranking, MDE adalah modified euclidean distance, dan N adalah jumlah data.



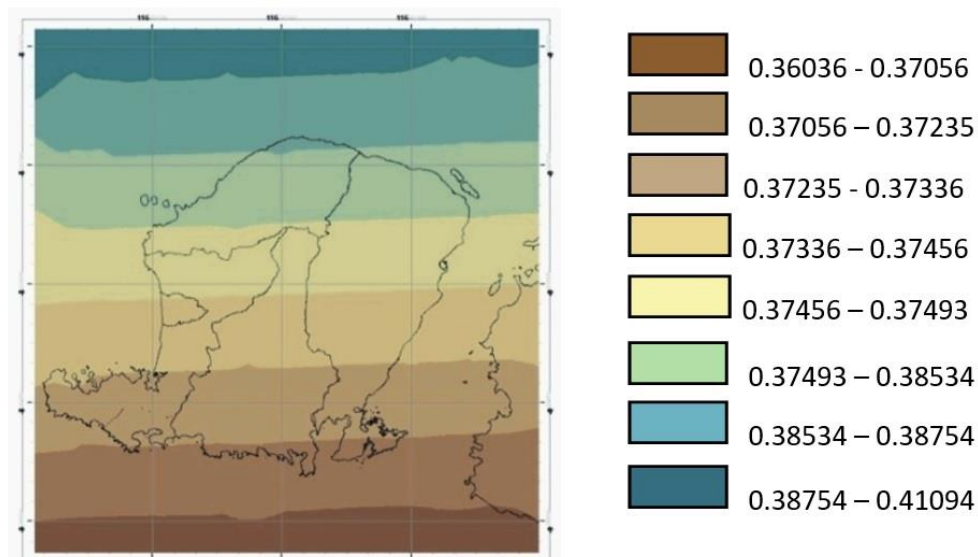
**Gambar 1.** Peta bahaya dan resiko bencana gempa bumi wilayah pulau Lombok diperoleh dari USGS dan BMKG berdasarkan warna untuk menentukan tinggi dan rendahnya bahaya gempa bumi disetail kabupaten yang ada di Pulau Lombok

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pulau Lombok merupakan kawasan yang rawan terhadap gempa bumi, pada bulan Juli 2018 terjadi gempa dengan magnitudo yang cukup tinggi sehingga mengguncang Pulau Lombok seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 tampak bahwa terjadinya bahaya dan resiko gempa bumi dipulau Lombok yang merupakan wilayah yang sangat rawan terjadinya gempa bumi dan kerusakan material karena getaran gempa. Di setiap warna menunjukkan bahwa daerah tersebut mempunyai resiko tinggi dan rendah sehingga mengakibatkan kerusakan yang bervariasi, sehingga perlu adanya mitigasi bencana sebelum terjadinya gempa bumi yang memakan banyak korban.

Nilai percepatan getaran tanah maksimum di pulau Lombok dengan titik koordinat Latitude:  $-8.39$ , longitude:  $116.48$  dari magnitudo  $6,8$  SR –  $7,0$  SR dengan kedalaman  $28$  km –  $10$  km. Dari hasil perhitungan dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa nilai percepatan tanah maksimum yang ada dipulau Lombok sebesar  $0,36036$  gal –  $0,41094$  gal dengan menggunakan rumus Fukushima-Tanaka seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

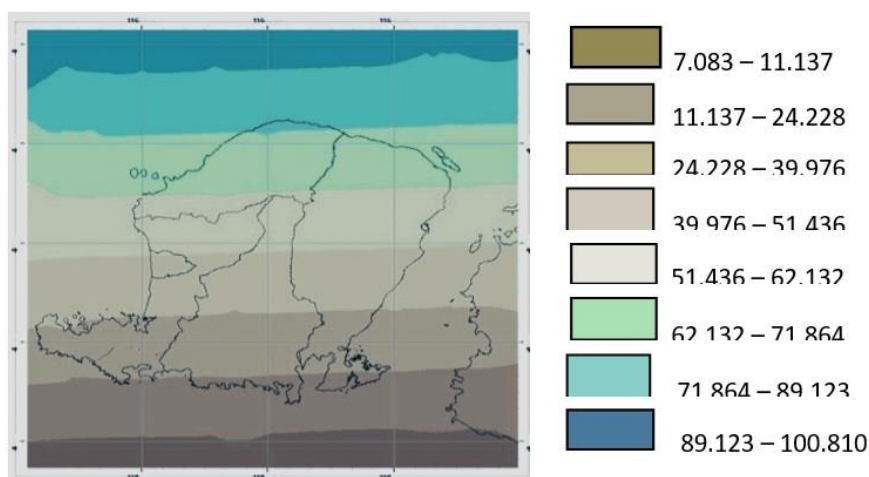
Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai percepatan getaran tanah maksimum di pulau Lombok dengan menggunakan rumusan Fukushima-Tanaka yang ditandai sesuai dengan warna pada kontur diatas yang mempunyai nilai percepatan getaran tanah maksimum paling tinggi yaitu  $0,41094$  gal yang berada di wilayah kabupaten Lombok Timur dan Lombok Utara. Sedangkan nilai percepatan getaran tanah maksimum paling rendah yaitu  $0,36036$  gal berada di wilayah mataram dan sekitarnya.



**Gambar 2.** Peta Kontur percepatan tanah maksimum menggunakan rumus Fukushima-Tanaka gempa bumi 05 Agustus 2018 dengan magnitudo  $6,8$  –  $7.0$  SR

Nilai percepatan tanah maksimum di pulau Lombok dengan menggunakan rumus esteva dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3 tampak bahwa nilai percepatan tanah maksimum  $7.083$  –  $100.810$  gal. Perhitungan nilai percepatan

getaran tanah maksimum didasarkan dengan besarnya magnitudo dan jarak hiposenternya. Dikarenakan nilai percepatan getaran tanah antara kabupaten lombok timur dengan magnitudo 6,8 SR mempunyai nilai berbeda dengan daerah kabupaten lombok utara dengan magnitudo 7,0 SR, karena kedua kabupaten diatas jaraknya berdekatan sehingga memiliki kedalaman gempa yang cukup dangkal dan memberikan kontribusi nilai percepatan getaran tanah sangat besar. Dari hasil perhitungan nilai percepatan getaran tanah maksimum dengan menggunakan rumus Esteva dengan rumus Fukushima Tanaka memiliki perbedaan hasil yang cukup besar. Pada rumusan Esteva nilai yang paling rendah yaitu 7.083 gal yang terdapat di wilayah kota Mataram dan sekitarnya. Dan nilai terbesarnya 100.810 gal terdapat pada wilayah Kabupaten Lombok Timur dan Lombok Utara. Wilayah kabupaten Lombok Timur sekitar obel-obel dan lombok utara bagian timur memiliki tekstur tanah yang berpasir sehingga menimbulkan efek guncangan gempa dangkal yang bermagnitudo skala 6-7 SR yang mengakibatkan banyaknya kerusakan bangunan.

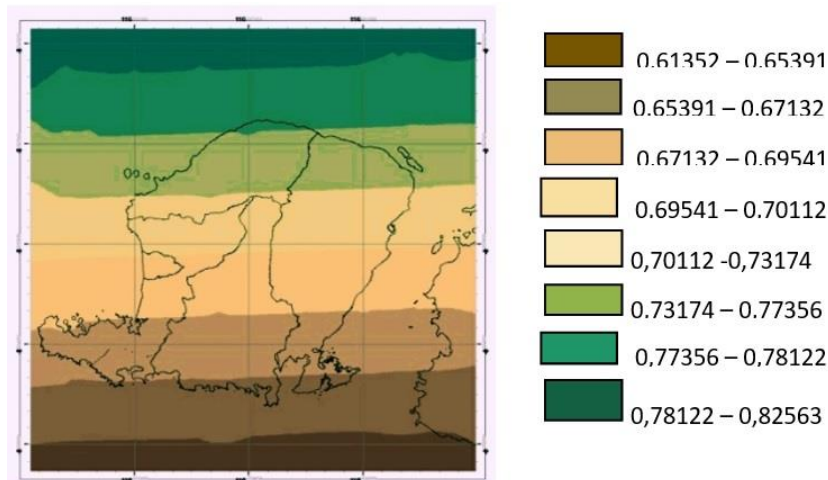


**Gambar 3.** Peta Kontur percepatan tanah maksimum menggunakan rumus Esteva gempa bumi 05 Agustus 2018 dengan magnitudo 6,8 – 7,0 SR

Berdasarkan hasil perhitungan dari rumus Euclidean Distance bahwa nilai percepatan getaran tanah maksimum dengan kedalaman 10 km dan magnitudo 7,0 SR di pulau lombok sebesar 0,82563 gal yang berada di kawasan Lombok Timur dan Lombok Utara seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Sedangkan nilai percepatan getaran tanah maksimum yang terendah yaitu 0,61352 gal terdapat di kota Mataram karena jauh dari pusat gempa.

Gempa bumi yang terjadi pada bulan Juli-September 2018 lalu yang ada di pulau lombok dengan episenter  $-8^{\circ} 24' BT - 116^{\circ} 30' LS$  dengan magnitudo 6,8 SR sedangkan pada magnitudo 7,0 SR dengan episenter  $8^{\circ} 39' BT - 116^{\circ} 48' LS$  dan terdapat 3694 gempa kecil. Dari hasil penelitian dapat dilihat pada gambar 1 bahwa posisi selatan terdapat zona subduksi lempeng induk Australia yang menunjам kebawah, sedangkan dari utara terdapat struktur geologi sesar naik Flores atau disebut *Flores Back Arc Thrusting*, sehingga Pulau Lombok memiliki potensi bahaya gempa sangat besar. Sedangkan Gambar 2 menunjukkan bahwa terjadinya bahaya dan resiko gempa bumi dipulau lombok yang merupakan wilayah yang sangat rawan terjadinya gempa bumi dan kerusakan material karena getaran gempa.

Disetiap warna menunjukkan bahwa daerah tersebut mempunyai resiko tinggi dan rendah sehingga mengakibatkan kerusakan yang bervariasi, sehingga perlu adanya mitigasi bencana sebelum terjadinya gempa bumi yang memakan banyak korban.



**Gambar 4.** Peta kontur percepatan getaran tanah maksimum menggunakan rumus Euclidian Distance gempa bumi 05 Agustus 2018 dengan magnitudo 6.8 – 7.0 SR

Dari hasil perhitungan nilai percepatan getaran tanah maksimum dengan menggunakan rumus Esteva dengan rumus Fukushima Tanaka memiliki perbedaan hasil yang cukup besar. Pada rumusan Esteva nilai yang paling rendah yaitu 7.083 gal yang terdapat di wilayah kota Mataram dan sekitarnya. Dan nilai terbesarnya 100.810 gal terdapat pada wilayah Kabupaten Lombok Timur dan Lombok Utara. Wilayah kabupaten Lombok Timur sekitar obel-obel dan lombok utara bagian timur memiliki tekstur tanah yang berpasir sehingga menimbulkan efek guncangan gempa dangkal yang bermagnitudo skala 6-7 SR yang mengakibatkan banyaknya kerusakan bangunan.

Dari ketiga metode ini memiliki hasil yang relatif jauh karena menggunakan parameter berbeda-beda yaitu Fukushima Tanaka perhitungannya menggunakan jarak hiposenter dan magnitudo gelombang permukaan, Esteva menggunakan jarak hiposenter dan magnitudo momen, dan Euclidean Distance menggunakan EDR (*Euclidean Distance Ranking*), MDE (*Modified Euclidean Distance*), dan N (jumlah data), Nilai percepatan getaran tanah maksimum akan semakin besar apabila magnitudenya semakin tinggi, maka getaran yang dihasilkan ke permukaan akan semakin kuat dan nilai percepatan getaran tanah maksimum akan semakin meningkat. Semakin dekat jarak antara kota atau kabupaten dengan pusat gempa, maka getaran yang dihasilkan akan semakin besar sehingga nilai percepatan getaran tanah maksimum akan semakin besar pula.

Wilayah penelitian ini memiliki tekstur tanah yang lunak biasanya tidak tahan dengan guncangan gempa yang terjadi, dikarenakan didalam tanah tersebut terdapat jenis pasir yang halus dan longgar sehingga tidak dapat menopang beban terlalu lama dan mengakibatkan banyak bangunan yang roboh. Sesuai dengan fakta dilapangan pada bulan Juli hingga September terdapatnya bangunan yang runtuh (roboh) dan mengakibatkan banyaknya korban yang diakibatkan oleh besarnya magnitudo gempa yang dihasilkan antara dua lempeng tersebut.

Sesuai dengan ketiga metode tersebut, kecocokan penggunaan suatu rumusan percepatan getaran tanah di suatu wilayah tergantung dari kondisi tektonik dan karakteristik setiap sumber gempa yang digunakan. Berdasarkan perhitungan nilai percepatan getaran tanah yang telah dihitung dengan menggunakan rumus Fukushima Tanaka, Esteva, dan Euclidean Distance dapat dilihat bahwa nilai percepatan getaran tanah yang dihitung di wilayah pulau Lombok menggunakan metode Fukushima Tanaka adalah rumusan yang paling sesuai untuk menghitung nilai percepatan tanah di pulau Lombok.

Perbandingan metode dengan penelitian terdahulu di pulau Lombok dengan metode *pertama* yaitu metode donovan menggunakan parameter magnitudo gelombang permukaan dan jarak hiposenter dari hasil perhitungan nilai percepatan tanah maksimum yaitu 0,01992 gal - 0,11161 gal terdapat nilai tertinggi di wilayah kabupaten Lombok Utara, *kedua* metode Mc. Guirre menggunakan parameter magnitudo gelombang permukaan dan jarak hiposenter dari hasil perhitungan nilai percepatan tanah maksimum 0,03441 gal – 0,03503 gal terdapat nilai terendah di wilayah lombok tengah dan nilai tertinggi di wilayah Lombok Utara dan Lombok Timur bagian utara, *ketiga* metode M.V. Mickey menggunakan parameter magnitudo gelombang permukaan dan jarak hiposenter dari hasil perhitungan nilai percepatan tanah maksimum sebesar 0,03441 gal – 0,03487 gal terdapat nilai terendah di wilayah kabupaten Lombok Tengah bagian selatan. Sedangkan dari penelitian ini terdapat metode yang berbeda dari penelitian sebelumnya yaitu, *pertama* metode Fukushima-Tanaka menggunakan parameter magnitudo gelombang permukaan dan jarak hiposenter dari hasil nilai percepatan getaran tanah maksimum terendah 0,36036 gal yang terdapat di wilayah kota Mataram dan sekitarnya, sedangkan nilai tertinggi 0,41094 gal yang terdapat di wilayah kabupaten Lombok Timur dan Lombok Utara Bagian Utara, *kedua* metode Esteva menggunakan parameter magnitudo momen dan jarak hiposenter dari hasil nilai percepatan getaran tanah yang terkecil 7.083 gal terdapat di wilayah kota Mataram dan sekitarnya, sedangkan nilai tertinggi 100.810 gal yang terdapat di wilayah kabupaten Lombok Timur dan Lombok Utara bagian utara, *ketiga* metode Euclidean Distance dengan menggunakan parameter EDR, MDE, dan jumlah data dari hasil nilai percepatan getaran tanah yang terkecil 0,61352 gal terdapat di wilayah kota Mataram dan sekitarnya, sedangkan nilai tertinggi 0,82563 gal terdapat di wilayah kabupaten Lombok Timur dan Lombok Utara bagian utara. Sehingga bisa disimpulkan bahwa ketiga metode yang digunakan peneliti ini memiliki perbedaan dengan penelitian terdahulu [8]. Yang membedakannya adalah parameter yang digunakan rumusan dari metode tersebut sehingga nilai yang dihasilkan jauh berbeda dengan wilayah penelitian yang sama.

#### 4. Kesimpulan

Nilai percepatan tanah maksimum akan semakin besar apabila magnitudenya semakin tinggi, maka getaran yang dihasilkan ke permukaan akan semakin kuat dan nilai percepatan tanah maksimum akan semakin meningkat. Semakin dekat jarak antara kota atau kabupaten dengan pusat gempa, maka getaran yang dihasilkan akan semakin besar dan nilai percepatan getaran tanah maksimum akan semakin besar pula sehingga wilayah yang nilai percepatan getaran tanahnya besar rawan akan

terjadinya gempa bumi. Nilai percepatan getaran tanah maksimum di pulau Lombok dengan titik koordinat Latitude: -8.39, longitude: 116.48 dari magnitude 6,8 SR – 7,0 SR dengan kedalaman 28 km – 10 km sebesar 0,36036 gal – 0,41094 gal dengan menggunakan rumus Fukushima-Tanaka. Dan nilai percepatan tanah maksimum di pulau Lombok dengan menggunakan rumus Esteva nilai sebesar 7.083 – 100.810 gal. Kemudian dengan metode Euclidean distance nilai percepatan getaran tanah maksimum dengan kedalaman 10 km dan magnitude 7,0 SR di pulau Lombok sebesar 0,82563 gal yang berada di kawasan Lombok Timur dan Lombok Utara. Sedangkan nilai percepatan getaran tanah maksimum yang terendah yaitu 0,61352 gal terdapat di kota Mataram karena jauh dari pusat gempa.

### **Ucapan Terima Kasih**

Terimakasih BMKG Kota Mataram yang telah mengizinkan peneliti untuk melakukan observasi dan memberikan arahan mengenai penyelesaian penelitian ini

### **Daftar Pustaka**

1. M. F. Ramadhan, “Sensor Getaran Dua Dimensi ( 2-D ) Berbasis Koil Datar Untuk Mengukur Frekuensi Getaran Gempa Di Wilayah Lombok Nusa Tenggara Barat,” vol. 11, no. 1, pp. 24–36, 2015.
2. R. J. Jamal, Lantu, S. Aswad, and C. Sulaiman, “Dengan Studi Peak Ground Acceleration Menggunakan Metode Boore Atkinson Dan Data,” vol. 1, no. 1, pp. 5–12, 2017.
3. D. Saputri and D. Pujiastuti, “Analisis Kecocokan Nilai Percepatan Tanah Pulau Lombok Berdasarkan Perhitungan Empiris dengan Data Percepatan Tanah dari Akselerograf di Stasiun Mataram,” vol. 9, no. 1, pp. 79–84, 2020.
4. A. M. Bessi and H. L. Sianturi, “Pemetaan Nilai Percepatan Tanah Maksimum Dengan Metode Deterministic Seismic Hazard Analysis Di Bitobe Kecamatan Amfoang Tengah Kabupaten Kupang,” vol. 3, no. 1, pp. 49–53, 2018.
5. R. M. Taruna, T. Azhar, and P. Setiadi, “Akibat Gempa Bumi Di Kota Mataram Menggunakan Metode Euclidean Distance,” vol. 9, no. 1, pp. 20–29, 2020.
6. M. F. Ramadhan, “Sensor Getaran Dua Dimensi ( 2-D ) Berbasis Koil Datar Untuk Mengukur Frekuensi Getaran Gempa Di Wilayah Lombok Nusa Tenggara Barat,” vol. 11, no. 1, pp. 24–36, 2015.
7. R. J. Jamal, Lantu, S. Aswad, and C. Sulaiman, “Dengan Studi Peak Ground Acceleration Menggunakan Metode Boore Atkinson Dan Data,” vol. 1, no. 1, pp. 5–12, 2017.
8. D. Saputri and D. Pujiastuti, “Analisis Kecocokan Nilai Percepatan Tanah Pulau Lombok Berdasarkan Perhitungan Empiris dengan Data Percepatan Tanah dari Akselerograf di Stasiun Mataram,” vol. 9, no. 1, pp. 79–84, 2020.