



Penentuan Tingkat Resiko Gempabumi Berdasarkan Peak Ground Acceleration (PGA) di Daerah Istimewa Yogyakarta

Yoanda Octavia¹, Tri Kusmita^{1,*}, Mardiyanto²

¹Program Studi Fisika, Universitas Bangka Belitung

Kampus Terpadu UBB, Balunijuk, Bangka, Kepulauan Bangka Belitung, Indonesia 33172

²Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Stasiun Geofisika Sleman

Jl. Wates Km. 8, Dusun Jitengan, Belacatur, Gamping, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55294

*)E-mail : trikusmita@ubb.ac.id

Info Artikel:

Dikirim:
27 Januari 2023

Revisi:
01 Februari 2024

Diterima:
02 Agustus 2024

Kata Kunci:

Gempabumi, DIY,
Intensitas, PGA,
Tingkat Resiko

Abstract

Special Region of Yogyakarta is an areas with highest probability of earthquakes. This is caused by the movement of the Indo-Australian plate in the southern Java and the movement of local faults spread across in other area. Therefore, the Special Region of Yogyakarta is interesting to study. This study aims to determine intensity and Peak Ground Acceleration (PGA) value and then describe the potetntial impact due to future earthquakes.. Earthquake data was obtained from a database catalog of earthquake events recorded at the BMKG Geophysics Station Class I Sleman at years 2005-2015. The method used to determine the PGA is Gutenberg-Richter. The results in this study, PGA was applied by Gutenberg-Richter (PGA) value with the Gutenberg-Ritchter method has a value highest 147 gal (VII-IX MMI). The area with the potetntial impact due to future earthquake is Bantul regency.

PENDAHULUAN

Gempabumi merupakan salah satu fenomena fisis yang terjadi sebagai akibat dari pergerakan lempeng-lempeng bumi ataupun proses vulkanik. Gempabumi sering menyebabkan kerusakan-kerusakan pada daerah ataupun sekitar tempa terjadinya. Ada 4 lempeng utama yang mengelilingi Indonesia yaitu lempeng Pasifik, Indo-Australia, Eurasia dan Filipina [1]. Kondisi tektonik Indonesia yang terletak pada pertemuan lempeng besar dunia menyebabkan wilayah Indonesia berpotensi mengalami banyak kejadian gempa [2]. Beberapa daerah di Indonesia menjadi titik rawan terjadinya gempabumi hal ini dikarenakan Indonesia terletak pada zona pertemuan antara tiga lempeng tektonik (*Triple Junction Plates*) yang terdiri dari Lempeng Eurasia yang bergerak dari bagian utara hingga ke arah selatan dengan kecepatan sebesar 13 cm per tahun, Lempeng Indo-Australia bergerak dari bagian selatan dan bergerak ke arah utara dengan kecepatan sebesar 7 cm per tahun, dan lempeng Samudera Pasifik bergerak dari bagian timur ke arah barat dengan kecepatan sekitar 10 cm per tahun, sehingga menyebabkan Indonesia memiliki intensitas gempa yang tinggi dan rawan terhadap terjadinya bencana gempabumi yang disebabkan akibat aktivitas tektonik [3].

Salah satu provinsi di Indonesia yang mempunyai tingkat aktivitas gempabumi yang cukup tinggi adalah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Ada beberapa penyebab timbulnya gempabumi di DIY, antara lain adanya pergerakan lempeng Indo-australia diperairan bagian selatan Jawa maupun pergerakan patahan lokal yang tersebar di beberapa wilayah [4]. DIY berdekatan dengan Samudera Hindia dan merupakan zona subduksi lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia [5]. Hal ini menyebabkan kondisi geomorfik DIY dipengaruhi oleh aktivitas tumbukan lempeng [6]. Selain gempa yang disebabkan oleh aktivitas lempeng, DIY juga rawan gempa karena aktivitas sesar lokal yang terbentuk oleh dislokasi atau pemotongan formasi batuan oleh sesar [7]. Terdapat beberapa sesar lokal di DIY seperti sesar Opak, sesar Jiwo, sesar Oyo, dan sesar Progo. Adanya sesar atau sistem sesar ini akan menyebabkan deformasi batuan dan munculnya sesar baru atau sesar-sesar kecil [6]. Dalam penelitian ini disajikan analisis percepatan tanah maksimum di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan menggunakan metode Gutenberg Richter.

METODE PENELITIAN

Data penelitian diambil dari data katalog Stasiun Gofisika BMKG Kelas 1 Sleman. Parameter gempa yang digunakan untuk proses penentuan sebaran intensitas maksimum dan percepatan tanah maksimum yang terjadi pada periode tahun 2005-2015 dan terletak pada koordinat wilayah $7,00^{\circ}$ LS – $16,00^{\circ}$ LS dan $110,00^{\circ}$ BT – $111,00^{\circ}$ BT. Kedalaman gempa yang digunakan yaitu sebesar 0 – 150 km dengan magnitudo yang digunakan $M \geq 3$ SR. Intensitas gempabumi dihitung menggunakan persamaan Gutenberg -Richter yang menyatakan hubungan antara intensitas gempabumi dan magnitudo pada persamaan 1 [10].

$$I = 1,5 (M - 0,5) \quad (1)$$

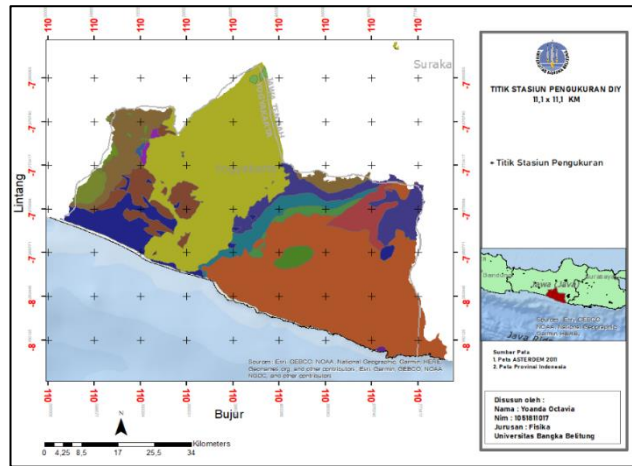
Dimana I merupakan intensitas gempa (MMI) dan M adalah magnitudo (SR). Intensitas pada suatu wilayah terhadap jarak dinyatakan pada persamaan 2 oleh [11] yang ditentukan berdasarkan gempa Flores 12 Desember 1992.

$$I_0 = I \exp^{-0,00201R} \quad (2)$$

Dimana I_0 merupakan intensitas pada jarak episenter, I merepresentasikan intensitas (MMI), R adalah jarak episenter (km). Jarak episenter dihitung menggunakan persamaan 3:

$$\Delta = 111((X_g - X_p)^2 + (Y_g - Y_p)^2)^{0,5} \quad (3)$$

Δ adalah jarak episenter (km), X_g merupakan lintang gempa ($^{\circ}$), Y_g menggambarkan bujur gempa ($^{\circ}$), X_p adalah lintang pengukuran ($^{\circ}$) dan Y_p adalah bujur pengukuran ($^{\circ}$). Jarak pada daerah penelitian dihitung menggunakan grid titik sampling. Ukuran tiap grid yang digunakan dalam penelitian ini adalah $0,10^{\circ} \times 0,10^{\circ}$ atau sekitar 11,1 Km x 11,1 Km ($1^{\circ} = 111$ Km) seperti gambar 1 yang terdapat 70 titik pengukuran. Pemilihan ukuran grid berdasarkan pertimbangan lokasi daerah penelitian yang cukup luas dan ukuran grid tersebut sudah cukup mewakili daerah-daerah di sekitar lokasi penelitian.



Gambar 2. Posisi grid titik pengukuran

Nilai percepatan tanah maksimum dihitung pada setiap titik sesuai grid tersebut yang diakibatkan oleh 329 kejadian gempabumi yang terjadi di sekitar daerah penelitian. PGA dihitung berdasarkan pendekatan secara empiris menggunakan metode Gutenberg Richter yang menyatakan hubungan percepatan getaran tanah maksimum dengan intensitas dalam MMI yang dimuat pada pers.4 :

$$\alpha = 10^{\left(\frac{I_x}{3}\right) - 0,5} \quad (4)$$

Dengan I_x adalah Intensitas maksimum pada jarak episenter, α =percepatan tanah maksimum (gal). Kemudian nilai percepatan getaran tanah maksimum dan intensitas tersebut akan diklafikasi menjadi 10 macam tingkat resiko berdasarkan percepatan tanah maksimumdan intensitas pada Tabel 1 :

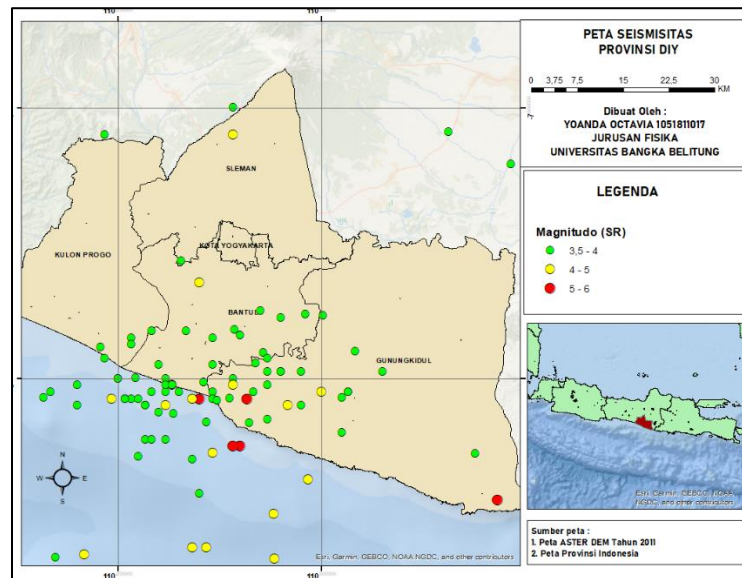
Tabel 2. Tingkat resiko gempabumi [12]

No	Tingkat Resiko	PGA (gal)	Intensitas (MMI)
1.	Resiko sangat kecil	<25	<VI
2.	Resiko kecil	25 – 50	VI-VII
3.	Resiko sedang satu	50 – 75	VII – VIII
4.	Resiko sedang dua	75 – 100	VII – VIII
5.	Resiko sedang tiga	100 – 125	VII – VIII
6.	Resiko besar satu	125 – 150	VIII – IX
7.	Resiko besar dua	150 – 200	VIII – IX
8.	Resiko besar tiga	200- 300	VIII – IX
9.	Resiko sangat besar satu	300- 600	IX – X
10.	Resiko sangat besar dua	>600	X

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Seismisitas DIY

Berdasarkan data yang di peroleh BMKG kedalaman gempabumi di DIY mulai dari 3 km hingga 150 km. Data gempabumi dari BMKG mencatat 329 kejadian dengan kedalaman 3 km hingga 150 km. Peta seismisitas gempabumi DIY direpresentasikan pada gambar 3.

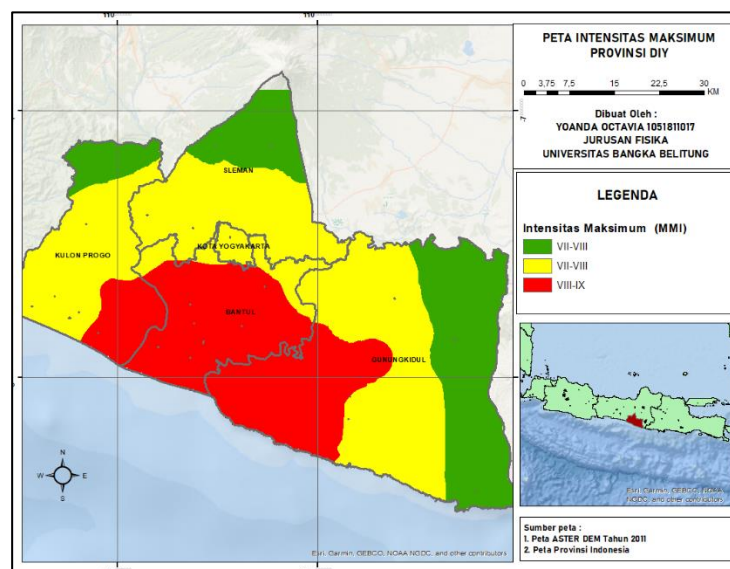


Gambar 3. Peta Seismisitas gempabumi DIY

Gempa dengan kedalaman yang berbeda tersebar di wilayah Yogyakarta, baik di zona sesar maupun zona dekat subduksi. Gempabumi dengan magnitudo M 3,0 (Warna hijau) , M 4,0 (warna kuning), M 5,0 (warna jingga) dan M 6,0 (Warna merah). Berdasarkan sebaran hiposenter gempabumi pada peta seismisitas tersebut kemungkinan besar berasosiasi dengan kondisi geologi DIY yang cukup kompleks. Sumber gempabumi diperkirakan berasal dari zona subduksi, zona sesar opak dan zona sesar.

Intensitas Gempabumi

Nilai intensitas maksimum gempa didapatkan setelah melakukan perhitungan nilai intensitas pada episenter Pers.(2). Adapun indikator dalam penentuan tingkat rendah hingga tinggi nilai Intensitas yaitu menggunakan skala warna. Warna merah termasuk kedalam tingkatan yang tinggi, warna kuning termasuk kedalam tingkatan yang sedang, dan warna hijau termasuk kedalam tingkatan yang rendah. Hasil pemetaan peta intensitas pada penelitian ini yaitu menggunakan metode Gutenberg-Richter yang dapat dilihat pada gambar 4 berikut:

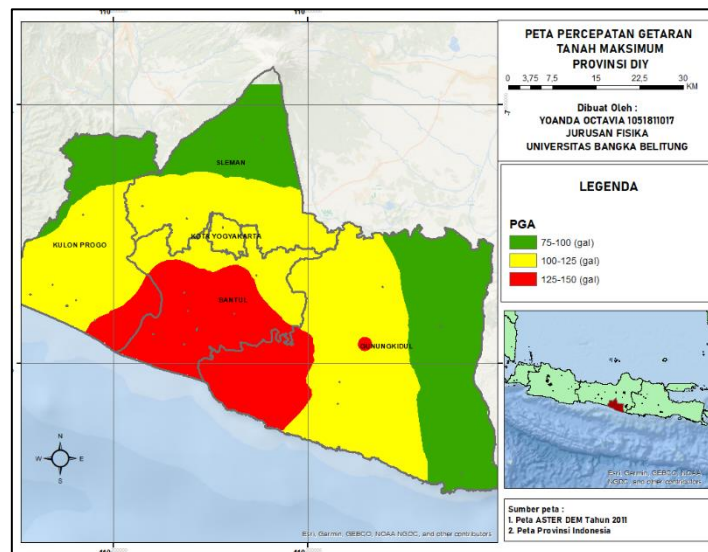


Gambar 4. Peta intensitas gempabumi berdasarkan Metode Gutenberg-Richter

Wilayah yang memiliki nilai intensitas maksimum paling rendah dengan nilai intensitas maksimum VII-VIII (Warna Hijau) berada di sekitar utara timur laut dan bagian Timur Daerah DIY atau berada di sekitar wilayah Kab.Sleman dan Gunungkidul. Wilayah yang memiliki nilai intensitas maksimum sedang dengan nilai intensitas maksimum VII-VIII (Kuning) berada di sebagian wilayah Kab. Kulonprogo, Yogyakarta dan Gunungkidul dan Wilayah yang memiliki nilai intensitas maksimum tinggi dengan nilai VIII-IX (warna merah) berada di sekitar selatan Yogyakarta atau berada di sebagian besar wilayah Kab. Bantul. Tingginya nilai intensitas kabupaten Bantul dipengaruhi oleh gempa pada (27 Mei 2006) karena daerah penelitian berdekatan zona subduksi.

Percepatan Tanah Maksimum (PGA)

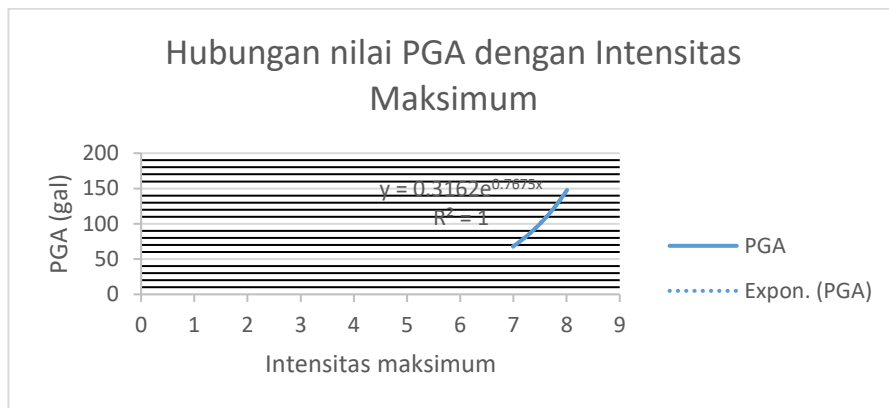
Berdasarkan hasil pengolahan data dan perhitungan nilai percepatan getaran tanah maksimum di DIY dengan metode Gutenberg Richter Pers.(4) diperoleh nilai percepatan getaran tanah maksimum antara 80-147 gal (Gambar 5). Wilayah yang memiliki nilai PGA tinggi (ditunjukkan dengan warna merah) terletak di Sekitar kabupaten Bantul dengan memiliki nilai PGA gempabumi 147 gal. Kemudian wilayah yang berada pada percepatan tanah tingkat sedang (ditunjukkan dengan warna kuning) terletak di sebagian Kabupaten Gunung kidul, Yogyakarta dan Kulonprogo dengan memiliki nilai PGA gempabumi 100-125 gal dan wilayah yang berada pada percepatan tanah tingkat rendah (ditunjukkan dengan warna hijau) terletak di bagian utara daerah istimewa Yogyakarta atau di Kab. Sleman dan sekitarnya pada percepatan Hasil pemetaan dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Peta PGA akibat gempabumi metode Gutenberg Richter di DIY

Hasil nilai PGA yang didapatkan dalam perhitungan dengan menggunakan metode Gutenberg-Richter dan setelah itu dikonversikan ke dalam Intensitas skala MMI. Interpolasi pada peta PGA dan peta Intensitas memiliki pola yang hampir sama yaitu nilai tertingginya berada di sekitar wilayah Kabupaten Bantul. Wilayah dengan nilai PGA tinggi akan menunjukkan intensitas yang tinggi. Nilai percepatan getaran tanah maksimum pada suatu daerah dipengaruhi oleh besarnya nilai intensitas gempabumi. Semakin besar intensitasnya maka semakin besar pula nilai percepatan getaran tanahnya, sehingga terdapat suatu hubungan yang berbanding lurus secara eksponensial antara nilai intensitas dengan percepatan getaran tanah maksimum. hubungan intensitas dengan percepatan getaran tanah maksimum dapat dilihat pada gambar 6 dibawah

ini yang menyatakan hubungan nilai intensitas (MMI) gempabumi dengan PGA yang berbanding lurus.



Gambar 6. Hubungan PGA dengan intensitas maksimum

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat antara PGA dengan intensitas menghasilkan kurva eksponensial dan persamaan eksponensial yaitu $y = 0,3162e^{0,7675x}$ dengan $R^2 = 1$. nilai standar deviasi yang didapatkan menyatakan bahwa data BMKG mendekati data sebenarnya. Karena pada metode Gutenberg Richter $R^2 = 1$. Berikut hubungan intensitas dengan PGA dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini :

Tabel 3. Hubungan Intensitas dengan PGA

Metode Gutenberg Richter	
Intensitas	Nilai PGA
6	30, 1995
7	64, 5654
8	138, 0384

Tingkat Resiko Gempabumi

Penentuan Gempabumi Tingkat Resiko Gempabumi berasal dari hasil perhitungan percepatan getaran tanah maksimum dengan menggunakan metode Gutenberg-Richter. Adapun Hasil penentuan untuk tingkat resiko pada tiap-tiap daerah rawan gempa di DIY berdasarkan besarnya nilai intensitas dan percepatan tanah maksimum dengan menggunakan Gutenberg Richter dari tingkat sedang hingga tingkat sangat besar dapat dilihat Tabel 4.

Tabel 4. Tingkat resiko gempabumi berdasarkan nilai intensitas dan PGA

Metode Gutenberg Richter				
No	Wilayah	MMI	PGA	Zona Bahaya
1.	Srandakan	VIII	144,927	Resiko besar satu
2.	Pandan	VIII	144,5077	
3.	Bambanglipuro	VIII	141,8624	
4.	Imogiri	VIII	139,6462	
5.	Kretek	VIII	131,6121	
6.	Purwosari	VIII	130,3506	
7.	Saptosari	VII	115,6029	
8.	Wates	VII-		
		VIII	114,9589	

9.	Dlingo	VII- VIII	111,3917	Resiko sedang tiga
10	Yogyakarta	VII- VIII	110,3	
11.	Kasih	VII- VIII	110,3	
12.	Pengasih	VII- VIII	82,58237	
13.	Tepus	VII- VIII	80,77998	
14.	Patuk	VII- VIII	80,58638	Resiko sedang dua
15.	Girimulyo	VII- VIII	78,53714	
16.	Girisubo	VII- VIII	73,43666	
17.	Cangkringan	VII- VIII	73,43666	
18.	Ngawen	VII- VIII	70,43501	
19.	Sleman	VII- VIII	67,84671	
20.	Semin	VII- VIII	66,51992	

Berdasarkan Tabel 4. daerah yang memiliki tingkat resiko gempabumi besar satu yaitu pada daerah yang berwarna merah pada wilayah yang terletak di kabupaten Bantul, Kemudian wilayah yang memiliki tingkat resiko sedang tiga berwarna kuning pada wilayah yang terletak sekitar kabupaten Yogyakarta, Kulon Progo, Sleman dan Gunung kidul. Serta wilayah yang memiliki tingkat resiko sedang dua berwarna hijau pada wilayah yang terletak di Kabupaten Sleman, Kulonprogo dan Gunungkidul. Daerah-daerah yang mengalami nilai PGA tinggi memiliki struktur tanah yang didominasi dengan batuan breksi endapan gunung Merapi. Tanah dengan komposisi batuan yang mengendap dan mengeras padat maka struktur tanah tersebut akan sangat mudah dilalui oleh energi gelombang gempa yang melanda wilayah tersebut. Selain itu, keberadaan sesar yang terletak di daerah Bantul juga menyebabkan energi gelombang gempa yang dihasilkan semakin besar. Hal tersebut mempengaruhi tingkat kerusakan yang diakibatkan oleh gempabumi karena getaran gelombang gempa yang berasal dari subduksi mengenai bidang sesar itu sendiri. Faktor yang mempengaruhi nilai PGA antara lain magnitudo, kedalaman, jarak episenter dan kondisi tanah.

KESIMPULAN

Percepatan getaran tanah maksimum tertinggi yang didapatkan pada penelitian dengan menggunakan metode Gutenberg-Richter memiliki kisaran nilai antara 80-147 gal berada pada skala VIII-IX MMI yang ditunjukkan dengan warna merah pada pemetaan peta percepatan tanah maksimum. Wilayah yang diperkirakan mempunyai tingkat resiko besar satu akibat gempa bumi di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu Kabupaten Bantul

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Salahuddin, K. Dwikorita and P. Subagyo, "Kontrol Geologi terhadap respon lahan dalam gempabumi Yogyakarta 27 mei 2006 upaya pembuatan peta zonasi mikro di daerah Bantul," Yogyakarta, 2015.
- [2] R. Tim, Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi, Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, 2010.
- [3] Munir and Badrul, "Penggunaan Data Gempa Dan Data Geologi Untuk," Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri, Malang, 2015.
- [4] M. Untung, K. Ujang and E. Ruswandi, "Penyelidikan gaya berat di daerah Yogyakarta-wonosari, Jawa Tengah," Bandung, 1973.
- [5] Abdillah, Analisis Dan Keaktifan Resiko Gempa Bumi Pada Zona Subduksi Daerah Pulau Sumatra Dan Sekitarnya Dengan Metode Least Square, Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, 2010.
- [6] Daryono, Sutikno, dan Prayitni and B. Setio, Data Mikrotremor dan, Yogyakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika., 2009.
- [7] L. Hendrajaya and N. Simpen I, "Respon Teoritik Elektromagnet VLF Model Patahan dan Penerapannya pada Data Elektromagnet VLF dari Daerah Panas Bumi Muaralaboh Sumatra Utara," Medan, 1993.
- [8] Waluyo, Diktat Seismologi, Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, 2013.
- [9] D. Edwiza, "Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa SUMBAR," vol. 1, p. No 29, 2008.
- [10] Sulaiman, Cececp, Lestari and Trioyoso, "Karakteristik Sember Gempa Yogyakarta 2006 Berdasarkan Data GPS," *Geologi Indonesia*, vol. 3, pp. NO.2: 49-56, 2008.
- [11] Subarjo, Pengetahuan Seismologi., Jakarta: Badan Metereologi dan Geofisika, 2004.
- [12] Fauzi, S. R and d. Subardjo, Aplikasi Sitem Informasi Geografi Untuk Peta Bencana Alam di Indonesia, BMKG, 2005.
- [13] R. Tim, Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi, Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, 2010.
- [14] Y. Tiandho, W. Sunanda, F. Afriani, A. Indriawati and T. Handayani, "Accurate model for temperature dependence of solar cell performance according to phonon energy," *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, vol. 55, no. 5, pp. 15-25, 2018.
- [15] H. Kawashumi, Artist, *Measure of Earthquake Danger nd Expectancy of maximum Intensirt Throughout Japan as Inferred From The Seismic Activity in Histrorical Times*. [Art]. Inst.Tokyo University, 1951.