ANALISIS PERBANDINGAN NILAI KETIDAKPASTIAN PERCEPATAN TANAH MAKSIMUM DENGAN MENGGUNAKAN METODE MC. QUIRRE SERTA DONOVAN DI DAERAH KABUPATEN BANYUWANGI

Aisyah Ayuningtias[1)] Supardiyono[2)]

1) Mahasiswa Prodi S1-Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : ayu.jasminum@gmail.com
2) [2)] Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email : supardiyono@unesa.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai percepatan tanah maksimum yang disebabkan oleh gempabumi di wilayah Banyuwangi (7 ° - 8 ° Lintang Selatan, 113 ° - 115,96 ° Bujur Timur) selama periode 2007 - 2016 dengan magnitudo lebih dari 4 Skala Richter (SR). Nilai-nilai percepatan tersebut kemudian dipergunakan sebagai peringatan dini gempabumi terutama di daerah-daerah yang rawan gempabumi. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai ketidakpastian percepatan dengan menggunakan metode Mc. Quirre dan Donovan. Sumber data diperoleh dari Stasiun Geofisika Tretes. Pada koordinat 8,8° LS dan 113,75° BT dan 8,8° LS dan 113,97° BT, nilai percepatan tanah maksimum adalah 275,86 gal (Mc. Quirre) dan 235,52 gal (Donovan). Karena itu, peringatan dini gempabumi bisa dilakukan sedini mungkin di kedua posisi tersebut. Nilai ketidakpastian percepatan maksimum yaitu sebesar 0,700 (Mc. Quirre) dan 0,608 (Donovan).
Kata kunci : Gempabumi, Percepatan Tanah Maksimum, Mc.Quirre, Donovan.

Abstract

The aim this research is to determine the peak ground acceleration values because earthquakes in Banyuwangi Region (7° - 8° South Latitude, 113° - 115,96° East Longitude) during the period of 2007 – 2016 with the magnitudes of more than 4 Richter Scale (SR). The acceleration values were subsequently occupied as an early earthquake warning especially in the areas which are prone to earthquake. In addition, this research was also aimed to determine the uncertainty of the difference of the acceleration values as analysed by the Mc. Quirre And Donovan methods. The data source was obtained from Tretes Geophysics Station. At the 8,8° LS and 113,75°BT and 8,8° LS and 113,97° BT coordinates, the peak ground acceleration values are 275,86 *gal* (Mc. Quirre) and 235,52 *gal* (Donovan). Therefore, the early earthquake warning can be carried out as early as possible at those two positions. The uncertainty of the maximum acceleration values are 0,700 (Mc. Quirre) and 0,608 (Donovan).

Keywords : Earthquake, Peak Ground Acceleration, Mc.Quirre, Donovan.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang sering terjadi gempabumi. Hal ini disebabkan karena Indonesia terletak pada daerah pertemuan antara tiga lempeng tektonik, yaitu : Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, serta Lempeng Pasifik. Jalur pertemuan antar lempeng tersebut berada di laut sehingga apabila terjadi gempabumi dengan magnitudo yang besar dengan kedalaman dangkal, maka akan berpotensi menimbulkan tsunami, sehingga Indonesia juga merupakan daerah rawan tsunami. Pengertian dari gempabumi ialah salah satu fenomena fisis yang terjadi sebagai akibat dari pergerakan lempeng-lempeng bumi ataupun adanya proses vulkanik. Gempabumi sering menyebabkan kerusakan pada daerah ataupun di sekitar tempat terjadinya gempabumi tersebut. Sulawesi Utara merupakan kawasan dengan intensitas gempabumi yang relatif besar. Hal tersebut sehubungan dengan posisi geografisnya yang berada pada daerah pertemuan Lempeng Filipina, Lempeng Eurasia dengan Lempeng Pasifik (Kapojos dkk, 2015).

Apabila terjadi gempabumi, salah satu efek yeng ditimbulkan pada suatu tempat adalah percepatan tanah pada permukaan sehingga mampu meruntuhkan bangunan yang kokoh. Namun pada kenyataannya gerakan tanah yang terjadi akibat gempabumi tidaklah sesuai dengan gerak harmonik sederhana. Hal tersebut dikarenakan pada setiap kejadian gempabumi menunjukkan sifat getaran yang random dengan karakteristik yang berbeda. Salah satu faktor yang dapat menentukan besar-kecilnya kerusakan akibat dari gempabumi ialah percepatan tanah maksimum atau sering disebut dengan *Peak Ground Acceleration* (PGA). Percepatan tanah maksimum merupakan indikator percepatan tanah yang terjadi di suatu tempat akibat gempabumi dan dapat diketahui melalui dua cara yaitu pengukuran dengan menggunakan alat *accelerograph* dan melalui pendekatan empiris (Kapojos dkk, 2015).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai percepatan tanah maksimum yang diakibatkan oleh gempabumi pada kurun waktu tahun 2007 sampai dengan 2016 dengan besar magnitudo ≥ 4 SR sehingga dapat

dilakukan mitigasi bencana sedini mungkin di daerah rawan gempa bumi tersebut, serta mengetahui besar perbedaan nilai ketidakpastian percepatan tanah maksimum dengan menggunakan metode Mc.Quirre serta Donovan di daerah Kabupaten Banyuwangi.

Data perhitungan tersebut akan diolah menggunakan *software Mc. Office* berbasis *Mc.Excel* kemudian dilakukan pemetaan dengan menggunakan sofware *Arc. View Gis 10.1*. Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, dapat diketahui kemungkinan bahaya terjadinya resiko kegempaan sehingga kewaspadaan terhadap kerusakan bangunan dapat dilakukan dengan lebih optimal. Metode Mc.Quirre serta metode Donovan digunakan dengan alasan pada kedua metode tersebut memiliki proses yang sama, yaitu dengan menggunakan parameter gempabumi untuk menghitung percepatan tanah maksimum pada suatu tempat dengan menghitung probabilitas kejadian gempabumi berdasarkan distribusi ekstrim periode ulang gempabumi.

TINJAUAN PUSTAKA

Percepatan Tanah Maksimum

Secara umum model empiris percepatan tanah dapat dibedakan menjadi 2 golongan (Edwiza, 2008), yaitu :

a. Model Empiris menggunakan data historis gempabumi, diantaranya sebagai berikut :

1. Mc.Quirre R.K, ditulis sebagai berikut:

$$\alpha = (472{,}3)10^{0{,}278M}(R+25)^{-1{,}30} \qquad (2.1)$$

Dengan α adalah percepatan tanah (gal), M adalah magnitudo gelombang permukaan (SR), R adalah jarak hiposenter (km);

2. Kawashumi, ditulis sebagai berikut:

$$\log\alpha = M - 5{,}45 - 0{,}00084(R-100) - \left(\frac{\log 100}{R}\right)\left(\frac{1}{0{,}4342}\right) \qquad (2.2)$$

Dengan α adalah percepatan tanah (gal), M adalah magnitudo gelombang permukaan (SR), R jarak hiposenter (km);

3. Gutterberg Richter, ditulis sebagai berikut:

$$\log\alpha = \frac{I_0}{3} - 0{,}5 \qquad (2.3)$$

Dengan α adalah percepatan tanah (gal), adalah intensitas gempa pada sumber (MMI);

4. Donovan (Kapojos dkk,2015).

$$\alpha = \frac{1080\,exp^{0.5M}}{(R+25)^{1.32}} \qquad (2.4)$$

Dengan α adalah percepatan tanah (gal), M adalah magnitude dan R adalah jarak hiposenter dalam satuan km.

$$R = jarak\ hiposenter\ (km), R = \sqrt{\Delta^2 + h^2}$$

$$\Delta = jarak\ episenter\ (km), h = kedalaman\ sumber\ gempa\ (km)$$

b. Model empiris yang menggunakan data periode dominan tanah yang merupakan hasil pengukuran di lapangan dengan menggunakan alat *micrometer*.

Hubungan Secara Empiris Dari Percepatan Tanah Maksimum Dengan Skala Intensitas Dalam MMI

Terdapat hubungan secara empiris dari nilai percepatan tanah maksimum dengan skala intensitas dalam MMI (*Modified Mercally Intensity*). Dengan perumusan sebagai berikut (Edwiza dan Novita, 2008) :

$$I_{MM} = 3{,}66\log\alpha - 1{,}66 \qquad (2.5)$$

Dengan IMM adalah intensitas gempa menurut skala MMI dan α menyatakan percepatan tanah maksimum.

Percepatan tanah maksimum merupakan dampak gelombang gempa di lokasi pengukuran, sehingga bisa menjadi ukuran intensitas gempa yang dialami. Peta percepatan tanah maksimum diklasifikasikan menjadi 10 macam tingkat resiko berdasarkan percepatan tanah maksimum dan intensitas Tabel 2.2.

Tabel 1. Tingkat Resiko Gempabumi (Edwiza dan Novita, 2008)

No.	Tingkat resiko	Nilai percepatan (gal)	Intensitas (MMI)
1	Sangat kecil	<25	<6
2	Kecil	25 – 50	6 – 7
3	Sedang satu	50 – 75	7 – 8
4	Sedang dua	75 – 100	7 – 8
5	Sedang tiga	100 – 125	7 – 8
6	Besar satu	125 – 150	8 – 9
7	Besar dua	150 – 200	8 – 9
8	Besar tiga	200 – 300	8 – 9
9	Sangat besar satu	300 – 600	9 – 10
10	Sangat besar dua	>600	>10

METODE

A. Sumber Data dan Data Penelitian

1. Sumber Data

Data gempabumi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data gempabumi sekunder karena data telah terekam oleh seismograf berupa data histori gempabumi dari Stasiun Geofisika BMKG Tretes yang terjadi antara tahun 2007 sampai dengan tahun 2016 dengan kriteria pencarian sebagai berikut :

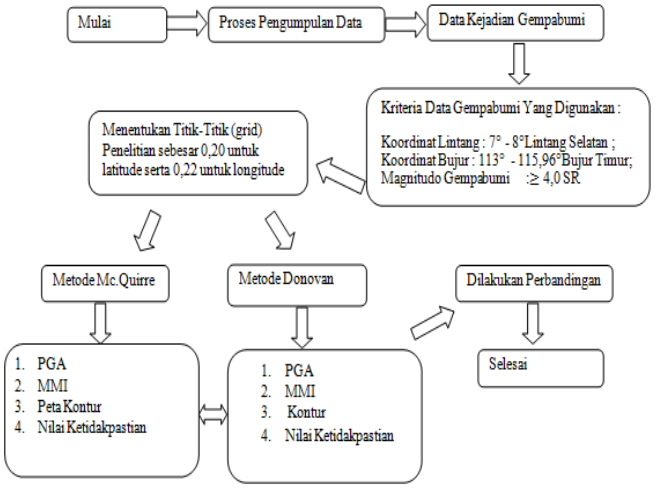
a. Koordinat Latitude : 7° - 8° Lintang Selatan;
b. Koordinat Longitude : 113° - 115,96° Bujur Timur;
c. Magnitudo Gempabumi : ≥ 4,0 SR

2. Data Penelitian

Pada penelitian ini, data yang diperoleh dari data histori gempabumi yang terekam oleh seismograf dari Stasiun Geofisika BMKG Tretes terdiri dari: Origin Time

(tangga , bulan, tahun, jam, menit, detik), Letak Episenter, serta Hiposenter.

B. Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian.

C. Variabel Operasional Penelitian

Definisi operasional menyangkut definisi yang digunakan dalam penelitian. Tiga variabel operasional dalam penelitian skripsi ini adalah variabel manipulasi, variabel respons, dan variabel kontrol. Variabel manipulasi adalah titik-titik pengamatan (*grid*) penelitian, tahun terjadinya gempabumi, metode. Variabel respon adalah intensitas nilai PGA (*Peak Ground Acceleration*),serta nilai ketidakpastian PGA (*Peak Ground Acceleration*) dengan metode Mc.Quirre dan Donovan. Variabel kontrol adalah magnitude, depth (kedalaman hiposenter)

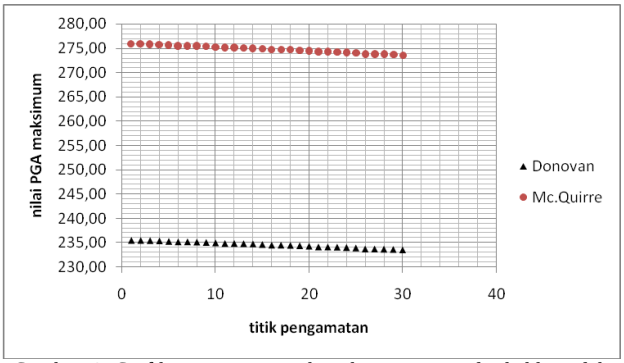
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses pengolahan data gempabumi pada 30 titik pengamatan (*grid*) yang telah dilakukan diperoleh hasil nilai percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*), intensitas MMI, dan perbandingan nilai ketidakpastian dari metode Mc. Quirre serta Donovan. Selanjutnya, hasil nilai percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) tersebut diolah kembali menggunakan software *Arc. View Gis. 10.1* untuk mengetahui lokasi titik pengamatan yang memiliki tingkat resiko gempabumi cukup besar di daerah Kabupaten Banyuwangi sehingga dapat dilakukan mitigasi bencana sedini mungkin. Berikut ini merupakan data hasil proses pengolahan data gempabumi pada 30 titik pengamatan (*grid*) (Gambar 2.) :

Tabel 2. Tabel Hasil Proses Pengolahan Data Gempabumi Pada 30 Titik Pengamatan (*Grid*)

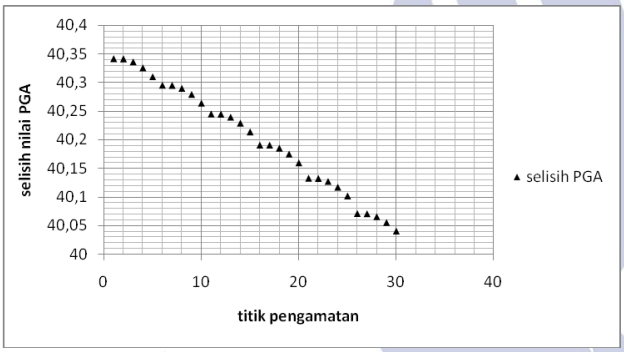
TITIK PENGAMATAN	KOORDINAT		Mc.Quirre		Donovan	
	LAT	LONG	PGA MAX (gal)	Intensitas (IMM)	PGA MAX (gal)	Intensitas (IMM)
TITIK 1	-8,8	113,75	275,86	7,273	235,52	7,082
TITIK 2	-8,8	113,97	275,86	7,273	235,52	7,082
TITIK 3	-8,8	114,19	275,82	7,273	235,48	7,081
TITIK 4	-8,8	114,47	275,74	7,272	235,42	7,081
TITIK 5	-8,8	114,63	275,63	7,272	235,32	7,080
TITIK 6	-8,6	113,75	275,51	7,271	235,22	7,080
TITIK 7	-8,6	113,97	275,51	7,271	235,22	7,080
TITIK 8	-8,6	114,19	275,47	7,271	235,18	7,079
TITIK 9	-8,6	114,47	275,40	7,270	235,12	7,079
TITIK 10	-8,6	114,63	275,28	7,270	235,02	7,078
TITIK 11	-8,4	113,75	275,14	7,269	234,89	7,077
TITIK 12	-8,4	113,97	275,14	7,269	234,89	7,077
TITIK 13	-8,4	114,19	275,10	7,269	234,86	7,077
TITIK 14	-8,4	114,47	275,02	7,268	234,79	7,077
TITIK 15	-8,4	114,63	274,90	7,267	234,69	7,076
TITIK 16	-8,2	113,75	274,73	7,266	234,54	7,075
TITIK 17	-8,2	113,97	274,73	7,266	234,54	7,075
TITIK 18	-8,2	114,19	274,69	7,266	234,51	7,075
TITIK 19	-8,2	114,47	274,61	7,266	234,44	7,074
TITIK 20	-8,2	114,63	274,50	7,265	234,34	7,074
TITIK 21	-8	113,75	274,30	7,264	234,16	7,072
TITIK 22	-8	113,97	274,30	7,264	234,16	7,072
TITIK 23	-8	114,19	274,26	7,264	234,13	7,072
TITIK 24	-8	114,47	274,18	7,263	234,06	7,072
TITIK 25	-8	114,63	274,07	7,263	233,96	7,071
TITIK 26	-7,8	113,75	273,83	7,261	233,76	7,070
TITIK 27	-7,8	113,97	273,83	7,261	233,76	7,070
TITIK 28	-7,8	114,19	273,79	7,261	233,73	7,069
TITIK 29	-7,8	114,47	273,72	7,261	233,66	7,069
TITIK 30	-7,8	114,63	273,61	7,260	233,56	7,068
Maksimum			275,86	7,273	235,52	7,082
Minimum			273,61	7,260	233,56	7,068
rata-rata			274,82	7,267	234,62	7,075

Berdasarkan Gambar 2. di atas, dapat dilihat bahwa nilai terbesar dari percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) pada 30 titik pengamatan (*grid*) dengan menggunakan metode Mc.Quirre sebesar 275,86 *gal* sedangkan metode Donovan sebesar 235,52 *gal*. Grafik percepatan tanah maksimum yang disebabkan oleh gempabumi pada 30 titik pengamatan (*grid*) dengan menggunakan metode Mc.Quirre serta Donovan dapat dilihat pada Gambar 2. di bawah ini :



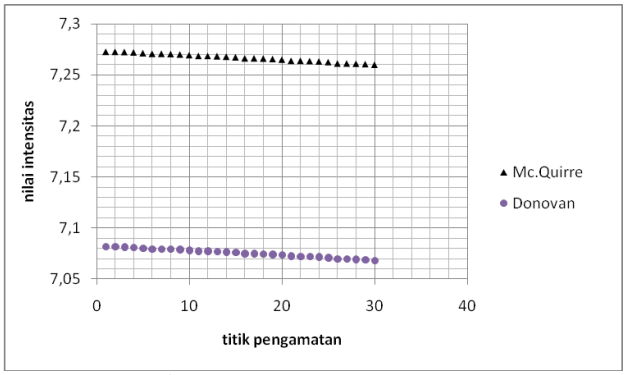
Gambar 2. Grafik percepatan tanah maksimum yang disebabkan oleh gempabumi pada 30 titik pengamatan (*grid*) dengan menggunakan metode Mc.Quirre serta Donovan.

Berdasarkan Gambar 2. di atas, didapatkan nilai rata-rata dari percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) pada 30 titik pengamatan (*grid*) dengan menggunakan metode Mc.Quirre sebesar 274,82 *gal* sedangkan metode Donovan sebesar 234,62 *gal*. Selanjutnya, di bawah ini merupakan grafik selisih nilai percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) antara metode Mc.Quirre dan Donovan yang diakibatkan oleh gempabumi pada 30 titik pengamatan (*grid*) yaitu sebagai berikut (Gambar 3.) :



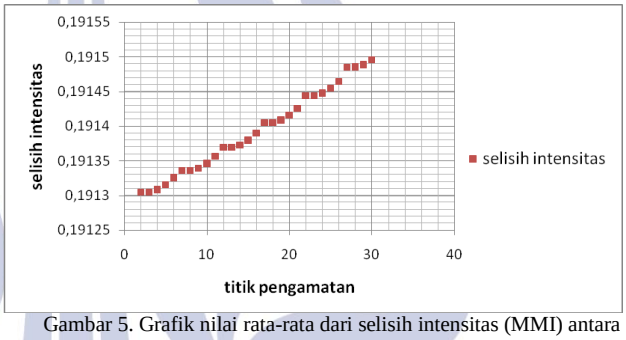
Gambar 3. Grafik selisih nilai percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*)antara metode Mc.Quirre dan Donovan yang diakibatkan oleh gempabumi pada 30 titik pengamatan (*grid*).

Berdasarkan Gambar 3. di atas,didapatkan nilai rata-rata dari selisih percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) dengan menggunakan metode Mc.Quirre dan Donovan ialah sebesar 40,20 *gal*. Kemudian, dari hasil perhitungan nilai percepatan tanah maksimum dengan menggunakan metode Mc.Quirre dan Donovandapat dilakukan perhitungan intensitas (MMI). Hasil dari perhitungan intensitas (MMI) antara metode Mc.Quirre dan Donovan dapat dilihat pada Gambar 4. di bawah ini :



Gambar 4. Grafikintensitas (MMI) antara metode Mc.Quirre dan Donovan pada 30 titik pengamatan (*grid).*

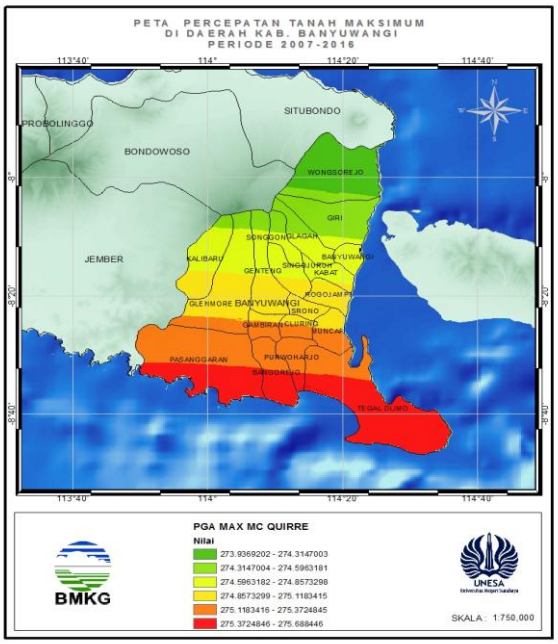
Berdasarkan Gambar 4. di atas,didapatkan nilai rata-rata dari intensitas (MMI)antara metode Mc.Quirre dan Donovan pada 30 titik pengamatan (*grid*) yaitu sebesar 7,267 dan 7,075. Selanjutnya, di bawah ini merupakan grafik nilai rata-rata dari selisih intensitas (MMI) antara metode Mc.Quirre dan Donovan pada 30 titik pengamatan (*grid*) yaitu sebagai berikut (Gambar 5.) :



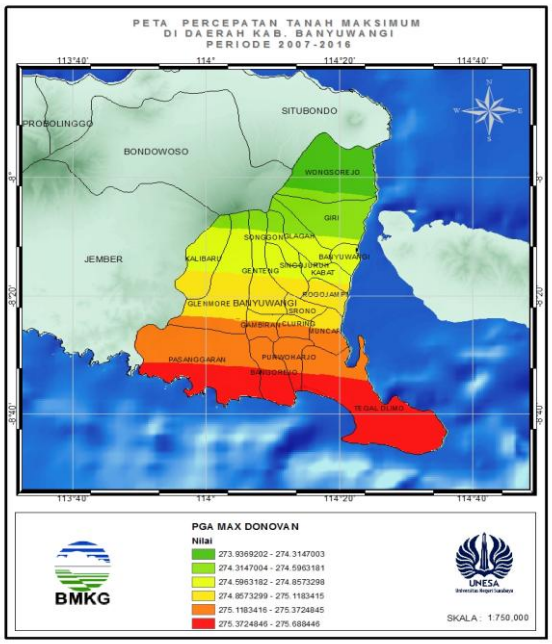
Gambar 5. Grafik nilai rata-rata dari selisih intensitas (MMI) antara metode Mc.Quirre dan Donovan pada 30 titik pengamatan (*grid*).

Berdasarkan Gambar 5. di atas, didapatkan nilai rata-rata dari selisih intensitas (MMI) antara metode Mc.Quirre dan Donovan pada 30 titik pengamatan (*grid*) ialah sebesar 0,19. Hasil nilai percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) yang telah diperoleh, kemudian di proses menggunakan software *Arc. View Gis. 10.1* dapat dilihat pada Gambar 6. serta Gambar 7. dibawah ini :

UNESA Universitas Negeri Surabaya



Gambar 6. Peta percepatan tanah maksimum di daerah Kab. Banyuwangi periode 2007 – 2016 dengan menggunakan metode Mc.Quirre.



Gambar 7. Peta percepatan tanah maksimum di daerah Kab. Banyuwangi periode 2007 – 2016 dengan menggunakan metode Donovan.

Dapat dilihat pada Gambar 6. di atas, peta percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) dengan menggunakan metode Mc.Quirre di daerah Kab. Banyuwangi diatas, terdapat 6 warna persebaran. Selisih rata-rata rentang warna persebaran ialah sebesar 0,29 *gal*. Selisih rentang warna persebaran yang kecil tesebut diakibatkan karena nilai intensitas MMI yang didapatkan dari hasil perhitungan cenderung sama yaitu 7 (VII). Faktor terbesar yang mempengaruhi nilai intensitas yang cenderung sama tersebut ialah nilai percepatan tanah maksimum (PGA max) yang mempunyai rata-rata sebesar 274,82 *gal* pada 30 titik pengamatan (*grid*). Nilai percepatan tanah maksimum terbesar yaitu 275,86 *gal* pada titik pengamatan 1 dengan koordinat 8,8° Lintang Selatan serta 113,75° Bujur Timur dan titik pengamatan 2 dengan koordinat 8,8° Lintang Selatan serta 113,97° Bujur Timur dalam penulisan *Decimal Degrees* (Derajat Desimal/DD).

Dapat dilihat pada Gambar 7. di atas, peta percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) dengan menggunakan metode Donovan di daerah Kab. Banyuwangi diatas, terdapat 6 warna persebaran. Selisih rata-rata rentang warna persebaran ialah sebesar 0,29 gal. Selisih rentang warna persebaran yang kecil tesebut tesebut diakibatkan karena nilai intensitas MMI yang didapatkan dari hasil perhitungan cenderung sama yaitu 7 (VII). Faktor terbesar yang mempengaruhi nilai intensitas yang cenderung sama tersebut ialah nilai percepatan tanah maksimum (PGA max) yang mempunyai rata-rata sebesar 234,62 *gal* pada 30 titik pengamatan (*grid*). Nilai percepatan tanah maksimum terbesar yaitu 235,52 *gal* pada titik pengamatan 1 dengan koordinat 8,8° Lintang Selatan serta 113,75° Bujur Timur dan titik pengamatan 2 dengan koordinat 8,8° Lintang Selatan serta 113,97° Bujur Timur dalam penulisan *Decimal Degrees* (Derajat Desimal/DD). Titik pengamatan dengan nilai percepatan tanah maksimum terbesar dengan metode Donovan tersebut sama dengan menggunakan metode Mc.Quirre. Hal tersebut diakibatkan oleh selisih antara kedua metode sebesar 40,20 *gal*, dengan selisih intensitas MMI sebesar 0,19.

Dengan demikian, didapatkan perbandingan nilai ketidakpastian percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) dengan menggunakan metode Mc.Quirre serta Donovan di daerah Kabupaten Banyuwangi sebesar 0,700 *gal* serta 0,608 *gal*. Dengan selisih nilai ketidakpastian percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) yaitu sebesar 0,092 *gal*. Hal tersebut disebabkan oleh selisih nilai rata-rata dari percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) dengan menggunakan metode Mc.Quirre dan metode Donovan ialah sebesar 40,20 *gal*, sehingga dihasilkan nilai intensitas yang mendekati sama antara kedua

UNESA Universitas Negeri Surabaya

metode tersebut yaitu sebesar 7. Dengan adanya perbandingan nilai ketidakpastian tersebut dapat dijadikan acuan untuk menggunakan metode percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) yang lebih baik di daerah Kabupaten Banyuwangi, sehingga tingkat keakuratan yang dihasilkan dapat maksimal.

SIMPULAN

a. Nilai percepatan tanah maksimum terbesar pada percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) yang diakibatkan oleh gempabumi pada kurun waktu 2007 sampai dengan 2016 dengan besar magnitudo ≥ 4 SR dengan menggunakan metode Mc.Quirre ialah sebesar 275,86 *gal* pada titik pengamatan 1 dan 2, sedangkan metode Donovan ialah sebesar 235,52 *gal* pada titik pengamatan 1 dan 2. Selanjutnya, dapat dilakukan mitigasi bencana sedini mungkin pada titik pengamatan 1 dengan koordinat 8,8° LS serta 113,75°BT, dan titik pengamatan 2 dengan koordinat 8,8° LS serta 113,97°BT.

b. Didapatkan perbandingan nilai ketidakpastian percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) dengan menggunakan metode Mc.Quirre serta Donovan di daerah Kabupaten Banyuwangi sebesar 0,700 *gal* serta 0,608 *gal*. Dengan selisih nilai ketidakpastian percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) yaitu sebesar 0,092 *gal*. Hal tersebut disebabkan oleh selisih nilai rata-rata dari percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) dengan menggunakan metode Mc.Quirre dan metode Donovan ialah sebesar 40,20 *gal*, sehingga dihasilkan nilai intensitas yang mendekati sama antara kedua metode tersebut yaitu sebesar 7. Dengan adanya perbandingan nilai ketidakpastian tersebut dapat dijadikan acuan untuk menggunakan metode percepatan tanah maksimum (*Peak Ground Accelaration*) yang lebih baik di daerah Kabupaten Banyuwangi, sehingga tingkat keakuratan yang dihasilkan dapat maksimal.

SARAN

a. Penelitian selanjutnya lebih baik dilakukan pada daerah yang lebih luas lagi bukan hanya di daerah sekitar Kab. Banyuwangi saja.
b. Data kegempaan yang digunakan selanjutnya sebaiknya dengan data gempabumi mengikuti tahun terbaru.
c. Karena keterbatasan waktu penelitian maka penelitian hanya berpusat pada daerah sekitar Kabupaten Banyuwangi dengan 30 titik pengamatan, sebaiknya titik pengamatan yang dilakukan lebih banyak sehingga tingkat keakuratan penelitian tinggi;
d. Sebaiknya metode yang digunakan untuk perbandingan menggunakan metode yang lebih banyak lagi dan terbaru sehingga dapat membandingkan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulloh, M. (2016). Fisika Dasar I. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Cornell, A. (1968). Engineering Seismic Risk Analysis. Bulletin of the Seismological Society of Americ, 58(5), 1583–1606.

Edwiza, D. (2008). Analisis Terhadap Intensitas dan Percepatan Tanah Maksimum Gempa Sumbar, 1(29), 73–79.

Edwiza, D., & Novita, S. (2008). Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai, 2(29), 111–118.

Handewi, I., Sujito, & Suaidi, D. A. (2013). Analisis Percepatan Tanan Maksimum Gempabumi Tektonik Wilayah Jawa Timur Menggunakan Metode Donovan.

Hartono, J. (2004). Metodologi Penelitian Bisnis Salah Kaprah Dan Pengalaman-Pengalaman Edisi 6 : BPFE-YOGYAKARTA.

Hidayah, C., Prasetyo, B., Santoso, A., & Palupi, I. R. (2013). Analisis Percepatan Tanah Maksimum Pulau Jawa Menggunakan Metode McGuire Berdasarkan Data Gempa Tahun 2005 – 2013, (3), 422–438.

Jiening, X., Zhigao, C., Jun, H., Jiang, Y., Jian, Y., & Peng, W. (2014). Comparison of The Cumulative Absolute Velocity and Acceleration Peak Value Based on Wenchuan Earthquake Data. Geodesy and Geodynamics, 5(3), 46–54. http://doi.org/10.3724/SP.J.1246.2014.03046

Kapojos, C. G., Tamuntuan, G., & Pasau, G. (2015). Analisis Percepatan Tanah Maksimum Dengan Menggunakan Rumusan Esteva Dan Donovan (Studi Kasus Pada Semenanjung Utara Pulau Sulawesi). Jurnal Ilmiah Sains, 15(2), 99–104.

Madlazim. (2016). Fisika Bumi Seri Seismologi. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.

Mayasyafa, R., Susilo, A., & Wasis. (2014). Analisis Terhadap Percepataan Tanah Maksimum Gempabumi Provinsi Jawa Timur Dengan Metode Mc. Guirre R.K, 1–4.

Roten, D., Fäh, D., & Bonilla, L. F. (2013). High-frequency ground motion amplification during the 2011 Tohoku earthquake explained by soil dilatancy, Geophys. J. Int. (2013) 193, 898–904. http :// doi: 10.1093/gji/ggt001.

Zakaria, Z. (2007). Aplikasi Tektonik Lempeng Dalam Sumber Daya Mineral, Energi Dan Kewilayahan.