

PEMETAAN PERCEPATAN GETARAN TANAH MAKSIMUM DAN INTENSITAS GEMPABUMI KECAMATAN ARJOSARI PACITAN JAWA TIMUR

MICROZONATION OF PEAK GROUND ACCELERATION AND EARTHQUAKE INTENSITY IN ARJOSARI SUBDISTRICT, PACITAN, EAST JAVA

Oleh: Nur Intan Permatasari¹, Nugroho Budi Wibowo², Denny Darmawan¹

¹Jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta

²Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Yogyakarta

nur.intan.p@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan percepatan getaran tanah (PGA) dengan menggunakan metode Kanai kemudian divisualisasikan dengan mikrozonasi PGA dan intensitas gempabumi dengan persamaan Wald (1999) di Kecamatan Arjosari. Data mikrotremor dianalisis menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) radix-64, penghalusan data dengan Konno-Ohmachi dan *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr). Hasil studi ini menyatakan bahwa nilai percepatan getaran tanah maksimum di Kecamatan Arjosari adalah 35,891 cm/s² sampai 100,785 cm/s² dengan intensitas gempabumi IV-VI MMI.

Kata Kunci : Percepatan Getaran Tanah Maksimum, *Horizontal to Vertical Spectral Ratio*, Mikrotremor, Arjosari.

Abstract

The aims of this study are to determine the peak ground acceleration (PGA) using Kanai method, then visualized with PGA microzonation and to determine the intensity of the earthquake using Wald's Equation (1999) in Arjosari Subdistrict. The microtremor data were analyzed using Fast Fourier Transform (FFT) radix-64, smoothing with Konno-Ohmachi and Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) methods. The results show that the peak ground acceleration value in Arjosari is between 35,891 cm/s² to 100,785 cm/s² with earthquake intensity is IV-VI MMI (Modified Mercalli Intensity).

Key Words : *Peak Ground Acceleration, Horizontal to Vertical Spectral Ratio, Microtremor, Arjosari.*

PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu lempeng Indo-Australia di bagian Selatan, lempeng Eurasia di bagian Utara, dan lempeng Pasifik di bagian Timur (Ibrahim, 2005). Pulau Jawa berada di antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Lempeng Indo-Australia bergerak 6,5 cm per tahun relatif di sekitar Jawa dan Bali (Simmons *et al.*, 2007).

Daerah Pacitan ditinjau dari kondisi geologi merupakan daerah yang berpotensi

terkena ancaman gempabumi, baik yang berpusat di laut (zona subduksi) maupun di daratan berupa sesar aktif (Abdullah, 2003). Sesar Grindulu melewati kota Pacitan sejajar yang berarah Timurlaut-Baratdaya. Sesar Grindulu membentang di lima kecamatan, yakni Kecamatan Bandar, Nawangan, Punung, Arjosari, serta Donorojo (Hidayat, 2012).

Kecamatan Arjosari merupakan salah satu kecamatan yang dilewati oleh sesar Grindulu, namun belum ada penelitian mikrozonasi kerawanan gempabumi di Kecamatan Arjosari. Kecamatan Arjosari juga memiliki struktur geologi antara lain: Formasi Mandalika (Tomm), Formasi Arjosari (Toma), dan Aluvium (Qa) (Abuzadan, 2013).

Percepatan getaran tanah maksimum atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) adalah nilai terbesar percepatan tanah pada suatu tempat yang diakibatkan oleh getaran gempabumi dalam periode waktu tertentu (Hadi, 2012). Nilai PGA tersebut dipetakan agar bisa memberikan pengertian tentang tingkat resiko gempabumi yang pernah dialami suatu lokasi. Semakin besar nilai PGA yang pernah terjadi di suatu tempat, semakin besar bahaya dan resiko gempabumi yang mungkin terjadi (Edwiza, 2008). Oleh karena itu, sangat dibutuhkan pengukuran dan perhitungan percepatan tanah yang diakibatkan oleh gempabumi. Dengan mengetahui nilai percepatan getaran tanah di suatu wilayah, kita dapat mengetahui daerah yang rawan terhadap gempabumi.

Berdasarkan penelitian Handewi tahun 2014 di wilayah Jawa Timur menggunakan metode Donovan, diperoleh nilai percepatan tanah maksimum tertinggi 58,9 gal pada koordinat $-9^{\circ}24'LS-112^{\circ}BT$ dan percepatan tanah maksimum terendah 6,59 gal pada koordinat $-7^{\circ}42'LS-114^{\circ}15'BT$. Untuk mengantisipasi agar tidak timbul korban jiwa serta kerugian akibat terjadinya gempabumi maka diperlukan studi mengenai percepatan gempa, resiko gempa serta pemetaan daerah rawan terkena bencana gempabumi. Studi untuk mengetahui resiko gempabumi salah satunya menggunakan percepatan getaran tanah maksimum dengan metode Donovan. Selain metode Donovan ada metode lain yang dapat digunakan untuk menghitung percepatan getaran tanah, salah satunya yaitu metode Kanai. Percepatan getaran tanah dapat dihitung dari data hasil pengukuran mikrotremor

yang dilakukan di Kecamatan Arjosari. Berdasarkan data hasil pengukuran mikrotremor di lapangan tersebut, dapat dilakukan pendekatan dengan metode Kanai.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai Desember 2015. Pengambilan data dilakukan selama 5 hari pada tanggal 12 Juni sampai 17 Juni 2015. Pengambilan data primer dilakukan di 24 titik lokasi pada wilayah Kecamatan Arjosari. Data mikrotremor yang diambil terletak pada koordinat geografis $8,02^{\circ}LS - 8,15^{\circ}LS$ dan $111,08^{\circ}BT - 111,22^{\circ}BT$ seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Area Penelitian

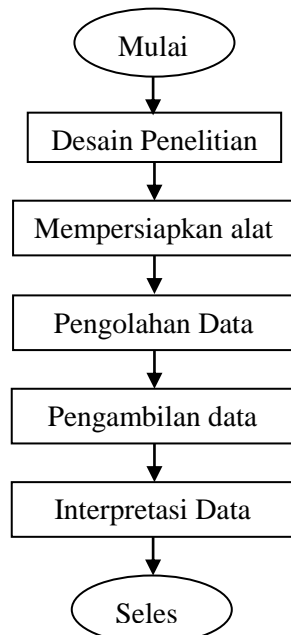
Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Perangkat keras: Seismometer dengan *sensor Lennartz* tipe LE-3D/20s, Datalogger, GPS, Kompas dan *datasheet* SESAME.
2. Perangkat lunak: *Global Mapper 13*, *Surfer 10*, *Sesarray Geopsy*, *MATLAB R2013a*, *Map Source*, dan *Google Earth*.

Metode Penelitian

Metode Penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Teknik Pengambilan Data

1. Desain survei dan koordinat pengambilan data

Pada tahap ini dilakukan survei lapangan awal untuk mencari informasi terkait sesar Grindulu di Kabupaten Pacitan yang kemudian peta sesar Grindulu digabungkan dengan peta administrasi Pacitan. Membuat desain survei dengan jarak antar titik 2 km sebanyak 24 titik. Desain survei dimasukkan ke dalam GPS yang berfungsi sebagai navigator untuk menemukan titik yang dituju.

2. Survei lokasi

Setelah titik lokasi ditentukan, dilakukan survei lokasi pada semua titik lokasi pengambilan data. Survei lokasi menggunakan acuan dari GPS dan peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) wilayah Kecamatan Arjosari dengan skala 1:25.000.

3. Pengukuran mikrotremor pada setiap titik lokasi

Pengukuran mikrotremor dilakukan di setiap titik lokasi selama ±35 menit dengan *sampling* frekuensi masukan 100

Hz. Pengukuran diusahakan untuk tidak dilakukan di dekat bangunan, gedung dan pohon yang tinggi karena jika terdapat tiupan angin yang kencang akan mempengaruhi hasil analisis HVSR. Saat pengambilan data diharapkan peneliti mengurangi aktivitas gerakan karena getaran dari gerakan juga akan tercatat sebagai gangguan dan mempengaruhi hasil analisis HVSR.

Teknik Analisis Data

1. Filter gelombang tanpa noise dengan software *Sesarray Geopsy*

Filter gelombang tanpa *noise* (*windowing*) dilakukan dengan *software Sesarray Geopsy* untuk semua titik yang dilakukan pengukuran. Proses analisis dengan metode HVSR dilakukan pada setiap *window* yang ada.

2. Analisis data mikrotremor dengan *Fast Fourier Transform* (FFT)

Analisis data mikrotremor yang telah difilter dilakukan dengan algoritma *Fast Fourier Transform* (FFT) dalam program *radix* dengan *software* MATLAB R2014a.

Selanjutnya dilakukan penghalusan data (*smoothing*) dengan Konno & Ohmachi (1995) seperti pada persamaan (1):

$$W(\omega; \omega_0) = \left[\frac{\log_{10}\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right) b^{-4}}{\log\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right) b} \right] \quad (1)$$

dengan f adalah frekuensi, f_c adalah frekuensi pusat, b adalah *bandwidth coefficient*. Data yang telah *dismoothing*, dianalisis dengan metode HVSR, sehingga akan diperoleh kurva HVSR yang menunjukkan nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi (A).

3. Analisis Percepatan Getaran Tanah

Percepatan getaran tanah diperoleh dengan menggunakan metode Kanai seperti pada persamaan (Douglas, 2004):

$$\alpha = \frac{a_1}{\sqrt{T_G}} 10^{a_2 M - P \log R + Q} \quad (2)$$

$$P = a_3 + a_4 / R \quad (3)$$

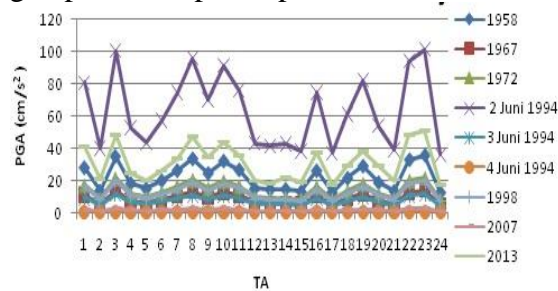
$$Q = a_5 + a_6 / R \quad (4)$$

dengan α dalam cm/s^2 , T_G adalah periode dominan di setiap titik, M adalah magnitudo gempa (SR), R adalah jarak hiposenter, $a_1 = 5$, $a_2 = 0,61$, $a_3 = 1,66$, $a_4 = 3,60$, $a_5 = 0,167$, $a_6 = -1,83$.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Karakteristik mikrotremor di sekitar jalur sesar Grindulu dapat memberikan informasi tentang bahaya seismik di daerah yang dilewati jalur sesar terutama di Kecamatan Arjosari. Dengan mengetahui bahaya seismik, maka dapat disesuaikan kekuatan bangunan yang akan dibangun terhadap kekuatan gempabumi yang terjadi di Kecamatan Arjosari. Karakteristik mikrotremor di Kecamatan Arjosari dapat dilihat pada peta pemodelan frekuensi predomnan tanah, peta pemodelan periode predomnan tanah, dan peta pemodelan faktor amplifikasi.

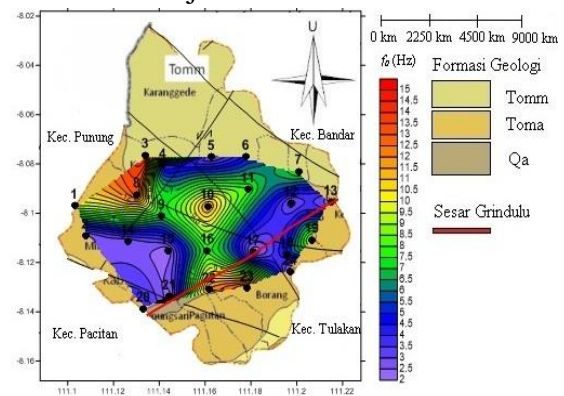
Perhitungan PGA menggunakan metode Kanai yang mengacu pada gempabumi merusak dan signifikan dengan magnitudo di atas 5 SR yang terjadi dari tahun 1958 sampai tahun 2013. Selanjutnya dilakukan plot grafik yang menunjukkan nilai PGA pada setiap data gempa di setiap titik penelitian.



Gambar 3. Grafik Nilai PGA dari 9 data gempa di Kecamatan Arjosari

Dilihat dari Gambar 3, dapat diketahui bahwa nilai PGA tertinggi merupakan nilai PGA dengan data gempabumi pada 2 Juni 1994 di Banyuwangi. Gempabumi tersebut berepisenter di $-10,48^\circ\text{LS}$ sampai $112,83^\circ\text{BT}$ pada kedalaman 18 km dengan kekuatan 7,8 SR. Berdasarkan

kedalamannya, gempabumi ini termasuk gempabumi dengan kedalaman dangkal yaitu kurang dari 30 km. Kecamatan Arjosari merupakan salah satu kecamatan di Pacitan, Jawa Timur yang terdampak gempabumi tersebut sehingga data gempabumi 2 Juni 1994 dapat digunakan untuk menentukan nilai PGA di Kecamatan Arjosari.

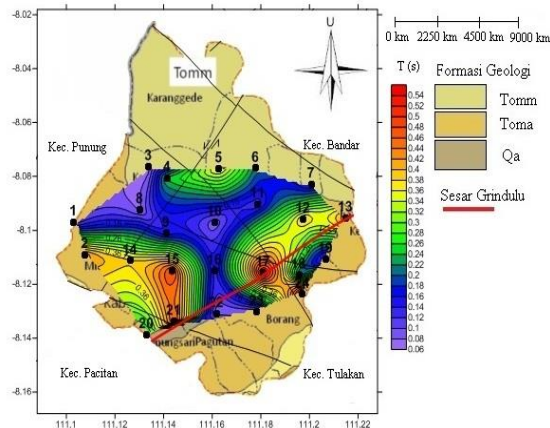


Gambar 4. Peta pemodelan frekuensi predomnan di Kecamatan Arjosari

Pada Gambar 4, frekuensi predomnan terendah terdapat di TA 24 yang berada di Desa Borang bagian Timur dengan nilai 1,78 Hz. TA 24 berada pada formasi Arjosari (Toma) yang terdiri dari konglomerat aneka bahan, batupasir, batulanau, batulempung, batupasir kerikilan berbatu apung, sisipan breksi gunung api dan tuf. Dilihat dari formasi geologinya menunjukkan bahwa pada formasi tersebut memiliki lapisan sedimen yang tebal. Keadaan geologi TA 24 saat dilakukan pengukuran mikrotremor berada di perbukitan dengan ketinggian 206 m dari permukaan laut dengan kondisi tanah keras dan berbatu.

Frekuensi predomnan tertinggi pada TA 3 berada pada Desa Karangrejo bagian Utara dengan nilai 14,88 Hz. TA 3 berada pada formasi Mandalika yang terdiri dari breksi gunungapi, lava andesit, basal, trakit, dasit dan tuf, sisipan batupasir dan batulanau. Dilihat dari formasi geologinya menunjukkan bahwa pada formasi tersebut terdapat lapisan sedimen yang tipis. Keadaan geologi TA 3 saat dilakukan pengukuran yaitu perbukitan di Desa

Karangrejo dengan ketinggian 116 m. Kondisi tanah TA 3 merupakan tanah yang lunak dan tipe tanah kering.



Gambar 5. Peta pemodelan peridepredominan di Kecamatan Arjosari

Nilai periode dominan yang diperoleh dari getaran seismik pada lapisan tanah dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat lapisan tanah. Periode dominan tertinggi pada TA 24 dengan nilai 0,56 detik dan periode terendah pada TA 3 dengan nilai 0,06 detik.

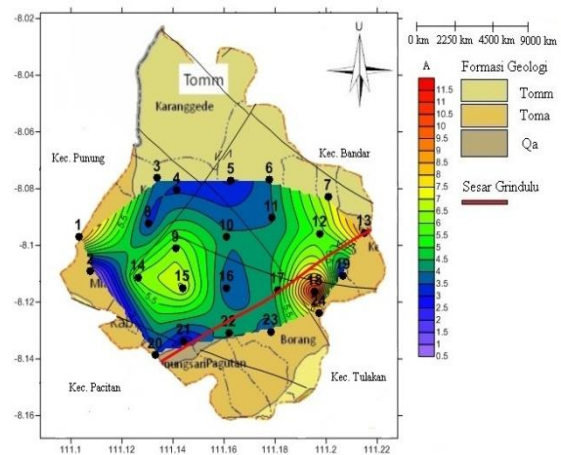
Kawasan Desa Sedayu bagian Barat (TA 1), Desa Karangrejo bagian Utara (TA 3), Desa Kedungbendo Utara (TA 7), Desa Karangrejo bagian Selatan (TA 8), Desa Gayuhan (TA 9), Desa Temon bagian Barat-Selatan (TA 10), Desa Temon Timur-Selatan (TA 11), Desa Gembong Utara (TA 16), Desa Kedungbendo (TA 19), Desa Gembong bagian Selatan (TA 22), dan Desa Borang bagian Barat (TA 23) termasuk jenis tanah I/A yang terdiri dari batuan tersier atau lebih tua.

Kawasan Desa Karangrejo bagian tengah (TA 4), Desa Temon bagian Timur-Utara (TA 6), Desa Kedungbendo bagian Selatan (TA 18), dan Desa Gunungsari (TA 20) termasuk dalam kriteria jenis tanah II/A yang terdiri dari batuan alluvial dengan ketebalan 5 m.

Klasifikasi jenis tanah pada Desa Temon bagian Barat-Utara (TA 5), Desa Kedungbendo (TA 12), dan Desa Sedayu bagian Selatan (TA 14) termasuk jenis

III/B berupa batuan alluvial yang hampir sama dengan tanah jenis II, hanya dibedakan oleh adanya formasi yang belum diketahui.

Kawasan Desa Mlati (TA 2), Desa Mangunharjo (TA 13), Desa Jatimalang (TA 15), Desa Gegeran (TA 17), Desa Pagutan (TA 21), dan Desa Borang bagian Timur (TA 24) merupakan jenis tanah IV/C yang merupakan batuan alluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta, *top soil*, lumpur, tanah lunak, humus, endapan lumpur dengan kedalaman 30 m.



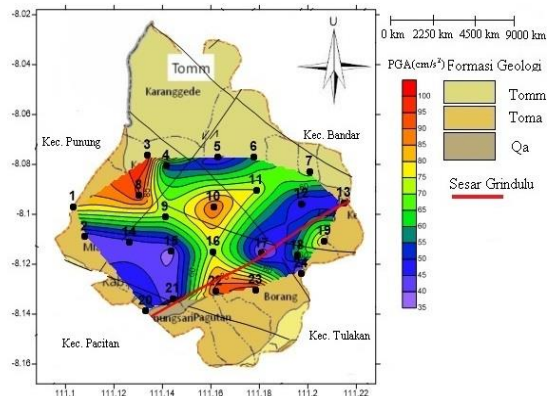
Gambar 6. Peta pemodelan faktor amplifikasi di Kecamatan Arjosari

Faktor amplifikasi (A_0) merupakan faktor pembesaran percepatan gempabumi yang terjadi pada permukaan tanah akibat jenis tanah tertentu. Batuan sedimen dapat memperkuat gerakan tanah selama gempabumi, sehingga rata-rata kerusakan yang diakibatkan lebih parah dibandingkan dengan lapisan keras.

Pada Gambar 6, faktor amplifikasi terendah pada TA 2 di Desa Mlati dengan nilai 0,22. Kondisi saat pengukuran mikrotremor berada di dekat sungai kecil. Kondisi tanah kering, tanah keras dan berbatu. Lokasi yang memiliki nilai faktor amplifikasi rendah memiliki tanah yang keras dan sedimen tipis. Faktor amplifikasi tertinggi pada TA 18 di Desa Kedungbendo bagian Selatan dengan nilai 11,73. Pengukuran mikrotremor pada TA 18 berjarak 10 m dari sungai dan bendungan. Kondisi tanah basah dan lunak

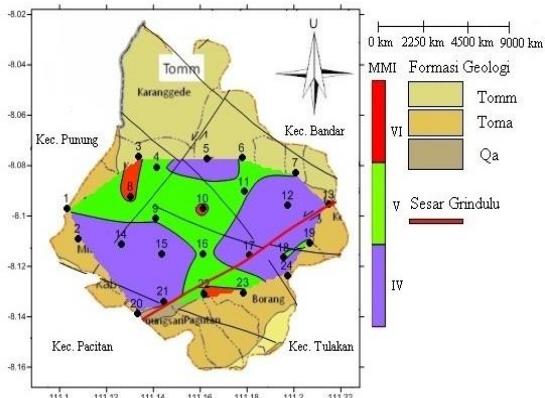
menyebabkan TA 18 memiliki nilai faktor amplifikasi tinggi.

Nilai percepatan getaran tanah (PGA) di Kecamatan Arjosari saat terjadi gempa bumi di Banyuwangi berkisar antara $35,891 \text{ cm/s}^2$ sampai $100,785 \text{ cm/s}^2$. Nilai tersebut diperoleh dari pengukuran mikrotremor di Kecamatan Arjosari dan dari hasil analisis data.



Gambar 7. Peta pemodelan percepatan getaran tanah di Kecamatan Arjosari

Berdasarkan Gambar 7, Lokasi TA 22, dan TA 23 yang memiliki nilai PGA tinggi berada di dekat sesar Grindulu. Namun tidak semua titik yang berada di dekat sesar Grindulu bernilai PGA tinggi. TA 3, TA 8, dan TA 10 juga bernilai tinggi meskipun jauh dari sesar Grindulu. Hal ini disebabkan oleh gempa bumi di Banyuwangi bukan berasal dari pengaruh langsung sesar Grindulu, sehingga dalam penelitian ini, sesar Grindulu tidak memiliki pengaruh secara langsung terhadap hasil perhitungan nilai PGA.



Gambar 8. Peta pemodelan skala MMI di Kecamatan Arjosari

Berdasarkan Gambar 8, Desa Mlati (TA 2), Desa Temon bagian Barat-Utara (TA 5), Desa Kedungbendo (TA 12), Desa Mangunharjo (TA 13), Desa Sedayu bagian Selatan (TA 14), Desa Jatimalang (TA 15), Desa Gegeran (TA 17), Desa Pagutan (TA 21), dan Desa Borang bagian Timur (TA 24) termasuk dalam skala IV MMI.

Desa Sedayu bagian Barat (TA 1), Desa Karangrejo bagian tengah (TA 4), Desa Temon bagian Timur-Utara (TA 6), Desa Kedungbendo Utara (TA 7), Desa Gayuhan (TA 9), Desa Temon Timur-Selatan (TA 11), Desa Gembong Utara (TA 16), Desa Kedungbendo bagian Selatan (TA 18), dan Desa Kedungbendo (TA 19) dan Desa Gunungsari (TA 20) termasuk dalam skala V MMI.

Desa Karangrejo bagian Utara (TA 3), Desa Karangrejo bagian Selatan (TA 8), Desa Temon bagian Barat-Selatan (TA 10), Desa Gembong bagian Selatan (TA 22), dan Desa Borang bagian Barat (TA 23) termasuk dalam skala VI MMI.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai percepatan getaran tanah maksimum (PGA) di Kecamatan Arjosari menggunakan metode Kanai berkisar antara $35,891 \text{ cm/s}^2$ sampai $100,785 \text{ cm/s}^2$. Dari hasil pemodelan nilai PGA dapat disimpulkan bahwa daerah di Kecamatan Arjosari yang memiliki potensi resiko gempa bumi tertinggi berada di Desa Borang bagian Barat (TA 23) yaitu $100,785 \text{ cm/s}^2$. Nilai PGA terendah berada di Desa Borang bagian Timur (TA 24) yaitu $35,891 \text{ cm/s}^2$.
2. Nilai intensitas gempa bumi dalam skala MMI di Kecamatan Arjosari berdasarkan analisis PGA dengan

menggunakan persamaan Wald (1999) berkisar antara IV MMI sampai VI MMI.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, warga dan pemerintah di Kecamatan Arjosari diharapkan membuat perencanaan bangunan tahan gempa bumi. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan melanjutkan penelitian ini di sekitar Kecamatan Arjosari salah satunya di Kecamatan Tegalombo.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, C. I., Magetsari, dan Purwanto. (2003). *Analisis Dinamik Tegangan Purba pada Satuan Batuan Paleogen-Neogen di Daerah Pacitan dan Sekitarnya, Provinsi Jawa Timur, Ditinjau dari Studi Sesar Minor dan Kekar Tektonik*. Bandung: ITB Sains & Tek. Vol 35, No.2
- Abuzadan.(2014). *Peta Kabupaten Pacitan*. Solo: UNS
- Douglas. (2004). *Ground Motion Estimation Equation 1964-2003*. London: South Kensington Campus Press
- Edwiza, Dazdan Sri Novita. (2008). *Pemetaan Percepatan Tanah Maksimum dan Intensitas Seismik Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Kanai*, Padang: Universitas Andalas.
- Hadi, ArifIsmul., Muhammad Farid, dan Yulian Fauzi. (2012). *Pemetaan Percepatan Getaran Tanah dan Indeks Kerentanan Seismik Akibat Gempabumi untuk Mendukung Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Bengkulu*. Bengkulu: Ilmu Fisika Universitas Bengkulu
- Handewi Istiqorini, dan Daeng Sujito. (2014). *Analisis Percepatan Getaran Tanah Maksimum dan Intensitas Gempabumi Tektonik wilayah Jawa Timur menggunakan metode Donovan*. Malang: UNM
- Hidayat Edi, dkk. (2012). *Kajian Tektonik Aktif Patahan Grindulu untuk Mendukung Mitigasi Bencana Gempabumi dan Gerakan Tanah di Wilayah Pacitan*. LIPI
- Ibrahim, Gunawan dan Subardjo.(2005). *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika
- Konno, Katsuki. (1998). *Amplification Factors Estimated From Spectral ratio Between Horizontal And Vertical Component of Microtremor*. Tokyo: Shibaura Institute of Technology
- Simmons *et al.*, (2007). *A decade of GPS in Southeast Asia: Resolving Sundaland motion and boundaries*: Journal of Geophysical Research, v.112, B06420