

Analisis Spasial Tingkat Resiko Gempabumi Berdasarkan Karakteristik Dinamika Tanah Di Kecamatan Bumiayu, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah

Murdiantoro R.A⁽¹⁾, Aeni K⁽²⁾

^{(1),(2)} Prodi Teknik Elektro Universitas Peradaban

*)E-mail : randi.adzin.m@gmail.com

ABSTRAK

Keberadaan sesar Bumiayu menjadikan Kecamatan Bumiayu dan sekitarnya sebagai daerah rawan potensi bahaya gempabumi. Daerah Bumiayu didominasi Endapan Aluvial yang dapat meningkatkan resiko gempabumi. Tingkat kepadatan penduduk dan nilai substansial ekonomi mengharuskan adanya upaya mitigasi guna memperkecil tingkat resiko akibat gempabumi. Penelitian ini menggunakan pengukuran mikrotremor di Kecamatan Bumiayu, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah untuk memetakan karakteristik dinamika tanah. Pengukuran ini menginterpretasikan kondisi lapisan sedimen permukaan dengan memanfaatkan getaran mikro dari alam. Kelebihan pengukuran mikrotremor yaitu sederhana, cepat dan lebih murah jika dibandingkan dengan metode geoteknik dan metode geofisika lainnya. Analisis data pengukuran mikrotremor menggunakan metode HVSr melalui software *Geopsy*. Hasil analisis HVSr yang berupa frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) digunakan untuk menghitung parameter karakteristik dinamika lainnya seperti nilai indeks kerentanan seismik (K_g), percepatan getaran tanah maksimum di batuan dasar (α), nilai *ground shear strain* (γ). Hasil penelitian menunjukan wilayah barat Kecamatan Bumiayu mempunyai tingkat kerentanan seismik yang tinggi dibandingkan wilayah timur. Hal ini ditunjukkan dengan nilai f_0 dan K_g yang tinggi. Sebaran nilai f_0 berkisar antara 0,5-2,8 ,nilai K_g antara 3,1 – 6,3. Sebaran nilai percepatan getaran tanah maksimum di batuan dasar (α) berkisar 23,3 – 25,3 gal dan nilai *ground shear strain* (γ) 0,0000743 – 0,0010.

Kata Kunci: Gempabumi, Karakteristik Dinamika tanah, HVSr, Mikrotremor, Bumiayu.

ABSTRACT

The existence of the Bumiayu fault makes Bumiayu District and its surroundings as an area prone to potential earthquake hazards. The Bumiayu region can issue alluvial deposits which can increase the risk of earthquakes. The level of population density and substantial economic value that gives rise to the importance of mitigation This study uses microtremor measurements in Bumiayu District, Brebes Regency, Central Java to map the characteristics of soil dynamics. This measurement interprets the effect of the sedimentary layer by utilizing micro vibrations from nature. The advantages of microtremor measurements are simple, fast and cheaper when compared to geotechnical methods and other geophysical methods. Analysis of microtremor measurement data using the HVSr method through Geopsy software. The results of HVSr analysis consisting of dominant frequency (f_0) and amplification factor (A_0) are used to calculate other dynamic characteristic parameters such as seismic rating index (K_g), acceleration of maximum ground vibration in the runway (α), ground shear strain value (γ). The results showed the western region of Bumiayu District had a higher rate of seismic renewal than the eastern region. This is indicated by the high f_0 and K_g values. Distribution of f_0 values between 0.5-2.8, K_g values between 3.1 - 6.3. The distribution of the value of the maximum ground vibration acceleration (α) increased from 23.3 - 25.3 gal and the value of the ground shear strain (γ) 0.0000743 - 0.0010

Keywords: Earthquake, Soil Dynamics Characteristics, HVSr, Microtremor, Bumiayu

1. Pendahuluan

Sesar adalah celah pada permukaan bumi yang terletak pada perbatasan antara dua lempeng tektonik. Aktivitas sesar dapat memicu timbulnya gempabumi tektonik. Sesar Bumiayu terletak di perbatasan Jawa Tengah dan Jawa Barat merupakan sesar naik dengan kemiringan sebesar 90° dan *slip rate* 2 mm/tahun [1]. Sesar ini berupa segmen patahan dengan skala kecil. Sesar ini tidak menimbulkan gempabumi dengan

magnitudo besar namun tetap berpotensi dirasakan getarannya jika terjadi pergeseran sesar. Sabtu, 13 Juli 2013, Aktivitas sesar Bumiayu menyebabkan gempabumi dengan kekuatan 4.7 SR dan kedalaman 10 km dengan skala III MMI [2]. Beberapa daerah terdampak gempabumi tidak semata disebabkan oleh besarnya magnitude dan dekatnya daerah tersebut dengan pusat gempa, tetapi karena karakteristik dinamik tanah setempat atau lebih dikenal sebagai efek tapak lokal (*site effect*). Karakteristik dinamika tanah pada

suatu wilayah umumnya bervariasi secara lateral, sehingga pendekatan paling ideal untuk penilaian resiko terhadap bahaya guncangan gempabumi adalah pemetaan secara *in situ* [3].

Mikrotremor merupakan getaran konstan alamiah yang disebabkan oleh aktivitas manusia dan faktor alam seperti angin dan gelombang laut. Beberapa penelitian menggunakan Metode mikrotremor / HVSr untuk mengetahui kondisi geologi permukaan [4], ketebalan lapisan sedimen permukaan [5], karakteristik dinamika tanah [6]. Metode HVSr merupakan metode yang sangat sederhana, mudah diaplikasikan dan dapat digunakan dalam pemetaan secara lateral dengan biaya yang lebih murah dibandingkan metode lainnya [7].

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran tingkat resiko gempabumi di Kecamatan Bumiayu sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun tata ruang dan pengembangan wilayah Kecamatan Bumiayu.

Tabel 1.1. Hubungan *ground shear strain* terhadap kondisi dan sifat dinamika tanah permukaan [11]

Nilai GSS	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
Kondisi tanah	Hanya rambatan gelombang, getaran		Rekahan, penurunan tanah	Longsor, kompaksi tanah, likuifaksi		
Sifat dinamik a tanah	Elastis		Elastis-plastis	Runtuh		
			Terjadi berulang, terjadi secara cepat (efek akumulasi)			

Metode HVSr adalah sebuah teknik eksperimental yang digunakan untuk menganalisis karakter dari batuan sedimen lunak [8]. Metode ini sangat efektif untuk menentukan frekuensi dominan batuan sedimen yang memiliki kontras impedansi dengan batuan dasar yang keras. Hasil analisis data mikrotremor menggunakan metode HVSr adalah nilai faktor amplifikasi (A_0) dan nilai frekuensi dominan (f_0) yang diperoleh dari puncak spektrum. Frekuensi dan faktor amplifikasi tersebut merupakan parameter yang mencerminkan karakteristik dinamik lapisan tanah permukaan [9].

Indeks kerentanan seismik (K_g) adalah parameter yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempabumi. Indeks kerentanan seismik diperoleh dengan mengkuadratkan faktor amplifikasi dibagi frekuensi resonansi dan dinyatakan dengan persamaan :

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (2.1)$$

dengan K_g = indeks kerentanan seismik, A_0 = faktor amplifikasi, f_0 = frekuensi dominan (Hz).

Percepatan getaran tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration* / PGA) merupakan nilai terbesar dari percepatan getaran tanah yang pernah dialami di suatu tempat karena gempabumi [10]. Persamaan empiris yang dirumuskan oleh Fukushima dan Tanaka (1990) digunakan untuk menghitung percepatan gerakan tanah di batuan dasar.

$$\text{Log}(a_b) = 1,3 + 0,41M - \log(R, 32.10^{0,42M}) - 0,0034R \quad (2.2)$$

dengan a_b = percepatan gerakan tanah di batuan dasar (gal), M = magnitudo momen (M_w), R = jarak hiposenter ke stasiun (km).

Ground shear-strain merupakan parameter yang menunjukkan besar regangan maksimum yang dialami tanah permukaan jika terjadi gempabumi. Regangan maksimum dapat mengakibatkan perubahan struktur tanah atau deformasi tanah. Nilai *ground shear-strain* memiliki hubungan linear dengan deformasi tanah. Apabila nilai *ground shear-strain* suatu daerah tinggi, maka daerah tersebut rawan mengalami deformasi tanah.

$$\gamma = K_g \times \alpha \times 10^{-6} \quad (2.3)$$

dengan K_g = indeks kerentanan seismik, α = nilai PGA di batuan dasar, 10^{-6} = tetapan untuk mengestimasi nilai *strain* pada satuan 10^{-6} pada lapisan tanah permukaan.

2. Metodologi

Pada penelitian ini, analisis spasial tingkat resiko bahaya gempabumi berdasarkan karakteristik dinamika tanah diperoleh dari nilai indeks kerentanan seismik hasil pengukuran mikrotremor. Pemetaan tingkat potensi rekahan tanah berdasarkan nilai *ground shear strain* (γ) yang dihitung dari nilai indeks kerentanan seismik hasil analisis mikrotremor dan nilai percepatan getaran tanah maksimum (α) di batuan dasar sedangkan jenis pergerakan tanah yang mungkin terjadi ditentukan berdasarkan jenis klasifikasi *ground shear strain* (γ) yang dikemukakan oleh Ishihara [11]. Titik pengukuran meliputi Kecamatan Bumiayu, Kab. Brebes sebanyak 20 titik. Pengukuran mikrotremor menggunakan seismometer 3 komponen tipe TDL-3035 dengan durasi pengukuran 30 menit yang kemudian diolah menggunakan metode HVSr.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran menggunakan metode mikrotremor untuk memetakan karakteristik dinamika tanah telah dilakukan sebanyak 20 titik tersebar di 15 desa di kecamatan Bumiayu.

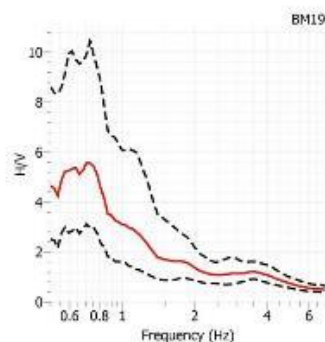
Hasil pengukuran berupa karakteristik dinamika tanah adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1. Hasil pengolahan data dengan metode HVSR pada daerah penelitian

No	Titik	KOORDINAT (UTM)			HVSR				
		X	Y	Elevasi	jumlah	Peak	Kg	Ab	γ
		(m)	(m)	(m)	windows	Freq(Hz)	Amp		
1	BM01	-7,26597	109,01574	189	103	1,1	3,5	11,13636	24,03712
2	BM02	-7,27084	109,02811	259	100	1,5	3,04	6,161067	23,80129
3	BM03	-7,25545	109,01734	188	93	1	3,3	10,89	23,86157
4	BM04	-7,25664	109,02943	227	104	1,9	4,1	8,847368	23,58897
5	BM05	-7,24342	109,03071	307	95	1,6	2,3	3,30625	23,38823
6	BM06	-7,24376	109,01671	223	55	2,5	2,8	3,136	23,7224
7	BM07	-7,2291	109,02976	274	97	0,9	2,1	4,9	23,223
8	BM08	-7,22532	109,01582	283	36	2,8	4,7	7,889286	23,49598
9	BM09	-7,24186	109,00540	221	93	1,7	3,4	6,8	23,96491
10	BM10	-7,237	108,95973	108	38	0,5	3,1	19,22	24,99058
11	BM11	-7,24292	108,97340	155	83	0,8	3,2	12,8	24,74602
12	BM12	-7,25144	108,98612	147	40	0,7	2,7	10,41429	24,55828
13	BM13	-7,25379	109,00536	174	103	1	2,3	5,29	24,12652
14	BM14	-7,26859	108,98969	126	90	2,4	3,5	5,104167	24,7193
15	BM15	-7,26857	109,00184	151	85	0,9	6,3	44,1	24,40839
16	BM16	-7,28811	108,99625	141	95	0,6	2,5	10,41667	24,80281
17	BM17	-7,28864	108,97646	120	60	1,2	5,1	21,675	25,30484
18	BM18	-7,26961	108,97330	118	94	0,8	5,3	35,1125	25,12372
19	BM19	-7,25195	108,96027	104	75	0,7	5,4	41,65714	25,19491
20	BM20	-7,25077	108,96976	115	104	0,6	4,6	35,26667	24,94612

1. Frekuensi Dominan dan faktor amplifikasi

Puncak kurva analisis data HVSR menghasilkan frekuensi dominan dan amplifikasi. Rentang nilai frekuensi dominan berkisar antara 0,5 – 2,8.



Gambar 3.1. Kurva HVSR di titik pengukuran 19.

Nilai terkecil ada di desa Kalinusu dan terbesar ada di desa Penggarutan. Semakin kecil frekuensi dominan menandakan daerah tersebut memiliki lapisan sedimen yang tebal, hal ini juga berlaku sebaliknya. Semakin tebal lapisan sedimen akan semakin besar resiko terjadi guncangan saat terjadi gempabumi. Hal , ini berkaitan dengan amplifikasi tanah. Nilai amplifikasi berkisar antara 2,1 – 6,3. Nilai terkecil ada di desa Penggarutan dan terbesar ada di desa Laren. Semakin besar amplifikasi maka semakin tinggi rentan suatu daerah terkena dampak gempabumi. Amplifikasi dipengaruhi oleh perbedaan densitas batuan dasar dengan batuan sedimen pada batas antara kedua batuan. Semakin besar kontras densitas maka semakin besar nilai amplifikasi. Nilai periode dominan dan amplifikasi dianalisis untuk mendapatkan nilai indeks kerentanan

seismik. Nilai indeks kerentanan seismik mewakili karakteristik dinamis tanah suatu daerah.

2. Indeks Kerentanan Seismik

Nilai indeks kerentanan Seismik diperoleh dari nilai frekuensi dominan dan amplifikasi. Rentang nilai indeks kerentanan tanah berkisar antara 3,1 – 44,1. Daerah dengan kerentanan tinggi berada di desa Laren tepatnya di titik pengukuran BM15 lapangan Bulak dukuh Karangdawa. Hal ini karena daerah tersebut memiliki nilai amplifikasi yang besar dan frekuensi dominan yang kecil sehingga secara matematis didapatkan nilai indek kerentanan yang besar. Titik pengukuran BM15 memiliki kontur yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah sekitarnya dan berupa lapangan. Jadi, jika terjadi gempabumi dengan kekuatan yang besar daerah ini memiliki potensi kerusakan yang lebih parah dibandingkan daerah lain di kecamatan Bumiayu. Kerusakan dapat berupa rekahan tanah namun karena titik pengukuran berada di area lapangan dan persawahan maka tidak akan berdampak pada kerusakan bangunan. Pada peta, daerah yang berwarna hijau merupakan daerah dengan indeks kerentanan seismik kecil. Hal ini karena elevasi daerah tersebut lebih tinggi dan memiliki nilai periode dominan yang besar.

3. Percepatan Batuan Dasar (PGA)

Perhitungan PGA menggunakan persamaan dari Fukushima & Tanaka dari data gempa Tasik tahun 2017 dengan kekuatan 6,9 SR versi BMKG. Data ini digunakan karena perambatan energi gempa terasa sampai ke Kecamatan Bumiayu dan menyebabkan bangunan rusak di desa Pruwatan dan Kalinusu. Hasil perhitungan menunjukan nilai PGA berada di rentang 23,3 – 25,3 gal.

Warna biru pada lampiran 2 artinya daerah tersebut memiliki nilai PGA kecil, ketika terjadi gempabumi tidak akan terasa guncangannya. Sedangkan warna merah artinya PGA di suatu daerah besar sehingga potensi guncangan lebih besar. Nilai PGA digunakan untuk menghitung nilai ground shear strain.

4. Ground Shear Strain

Rentang nilai ground shear strain berkisar antara 0,0000743 – 0,0010. Pada lampiran 3, warna merah menunjukan nilai ground shear strain rendah. Berdasarkan tabel Ishihara (Tabel 1) maka daerah dengan nilai ground shear strain rendah hanya akan merasakan penjarangan gelombang gempa tanpa merusak apapun diatas permukaan karena sifat dinamik tanahnya yang elastis. Jadi, daerah sebelah timur kecamatan Bumiayu memiliki potensi guncangan atau potensi kerusakan yang kecil apabila terjadi gempabumi. Sedangkan daerah sebelah barat memiliki nilai ground

shear strain lebih tinggi yang ditandai dengan warna biru pada peta. Daerah dengan nilai ground shear strain dengan rentang nilai 0,0010 akan mengalami rekahan tanah dan penurunan tanah karena sifat tanahnya yang elastis-plastis. Jadi nilai ground shear strain dapat dipakai untuk menunjukkan potensi kerusakan atau tingkat resiko jika terjadi gempabumi.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukan wilayah barat Kecamatan Bumiayu mempunyai tingkat kerentanan seismik yang tinggi dibandingkan wilayah timur. Hal ini ditunjukan dengan nilai f_0 dan K_g yang tinggi. Sebaran nilai f_0 berkisar antara 0,5 – 2,8. Nilai K_g antara 3,1 – 6,3. Sebaran nilai percepatan getaran tanah maksimum di batuan dasar (α) berkisar 23,3 – 25,3 gal. Nilai *ground shear strain* (γ) 0,0000743 – 0,0010.

Saran

Studi komparatif diperlukan untuk mempelajari struktur bawah permukaan Kecamatan Bumiayu seperti penggunaan metode seismik refraksi MASW. Studi komparatif diharapkan mampu menunjang hasil penelitian mikrotremor agar menjadi pedoman perancangan RTRW Kecamatan Bumiayu.

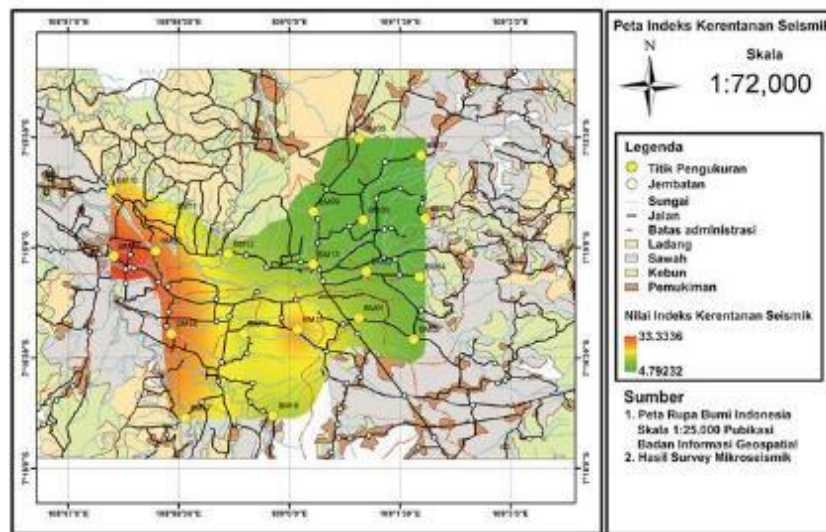
Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DRPM KEMENRISTEKDIKTI atas pendanaan pada penelitian ini.

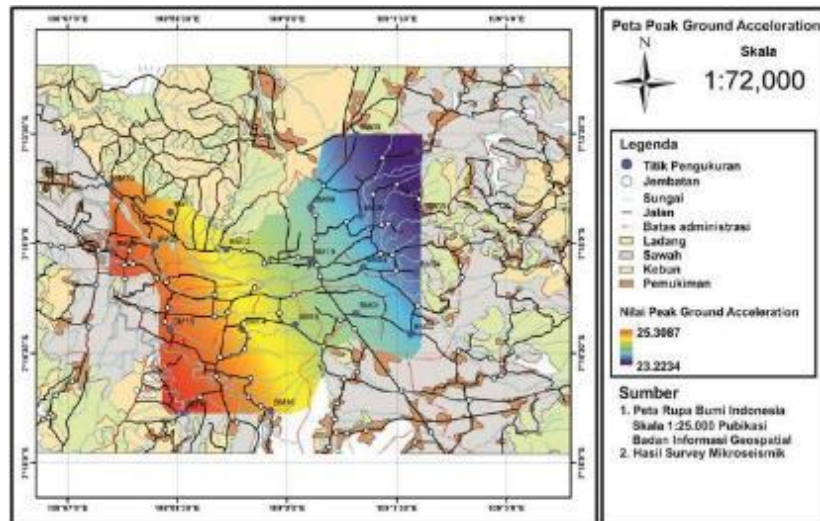
Referensi

- [1]. Kertapati, E.K., 2006, Aktivitas Gempabumi di Indonesia, Bandung, Pusat Suvei Geologi.
- [2]. Rahmawati, T.R.R, 2016, Tak Butuh Magnitudo Besar Untuk Bisa Merasakan Gempabumi, Laporan BMKG, Semarang.
- [3]. Marjiyono, 2010, Estimasi Karakteristik Dinamik Tanah dari Data Mikrotremor Studi Kasus Wilayah Kota Bandung, *Tesis*, Program Studi Geofisika Terapan, ITB, Bandung.
- [4]. Nakamura, Y., 1989. *A Method for Dynamic Characteristic Estimation of*. s.l., QR Railway Technical.
- [5]. Seht, M. & Wohlenberg, J., 1999. Microtremor Used To Map Thickness Of Soil. *Bulletin of the Seismological Society of America*.
- [6]. Meidji, I.U., 2014, Kajian Karakteristik Dinamika Tanah Terhadap Resiko Kerawanan Seismik dan Dampaknya Terkait Rencana Tata Ruang Wilayah di Kota Mataram Bagian Timur, *Tesis*, Program Studi S2 Ilmu Fisika Jurusan Fisika FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [7]. Saito, A. S. H. H. O. a. M. Y., 2006. *Analysis Of Ground Motion Based On Microtremor Characteristics In Kagawa Prefecture Japan*, London: IAEG, 590: The Geologi Society of London.
- [8]. Sesame, 2004. *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibration measurements and interpretation*, European Commision-Research General Directorate: SESAME European Research Project.
- [9]. Nakamura, Y., 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and its Applications*. New Zealand, Proc XII World Conf. Earthquake Engineering.
- [10]. Broptospito, K., Prasetya, T. & Widigdo, F., 2006. Percepatan Getaran Tanah Maksimum Daerah Istimewa Yogyakarta 1943-2006. *Jurnal Geofisika*, Volume 1
- [11]. Ishihara, K., 1982. , *Evaluation of Soil Properties for Use in Earthquake Response Analysis*. s.l., Proc. Int. Symp. On Numerical Model in Geomech.

Lampiran 1. Peta Indeks Kerentanan Seismik Kecamatan Bumiayu



Lampiran 2. Peta Percepatan Batuan Dasar Kecamatan Bumiayu



Lampiran 3. Peta Ground shear strain kecamatan Bumiayu. Peta ini juga sebagai penanda tingkat resiko jika terjadi gempabumi.

