

ANALISA RESIKO BAHAYA SEISMIK BERDASARKAN PARAMETER KETEBALAN LAPISAN SEDIMEN DAN FAKTOR AMPLIFIKASI DI KECAMATAN PRAMBANAN DAN GANTIWARNO

SEISMIC HAZARD RISK ANALYSIS BASED ON SEDIMENT LAYER THICKNESS AND AMPLIFICATION FACTOR IN PRAMBANAN AND GANTIWARNO SUBDISTRICT

Nugroho Budi Wibowo^{1,*}, Denny Darmawan², Zahroh Utami², Yulistiani², Siti Patimah²

¹BMKG Stasiun Geofisika Yogyakarta

²Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

*email korespondensi: nugrohobudiwibowo@gmail.com

Abstrak

Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno merupakan wilayah yang terdampak gempa bumi Yogyakarta 2006. Kedua kecamatan tersebut memiliki resiko bahaya seismik. Resiko bahaya seismik dapat dikaji dengan pendekatan ketebalan lapisan sedimen dan faktor amplifikasi. Kedua parameter tersebut dapat mempengaruhi penguatan gelombang seismik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui faktor amplifikasi, ketebalan lapisan sedimen dan potensi resiko bahaya seismik di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno. Penelitian ini menggunakan 30 data mikrotremor yang dianalisis dengan metode HVSR dan *ellipticity curve*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa frekuensi dominan di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno bervariasi dari 0,7 – 9,5 Hz. Faktor amplifikasi di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno bervariasi dari 0,5 – 8,7. Ketebalan lapisan sedimen di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno bervariasi dari 4,24 – 114,45 m. Mikrozonasi resiko bahaya seismik tinggi pada Kecamatan Prambanan berada di Desa Sanggrahan dan Cucukan, sedangkan pada Kecamatan Gantiwarno berada di Desa Sawit dan Ngandong.

Kata kunci: Resiko Bahaya Seismik, Mikrotremor, HVSR, Faktor Amplifikasi, Ketebalan Lapisan Sedimen

Abstract

Prambanan and Gantiwarno Subdistrict were affected by the 2006 Yogyakarta earthquake. Both districts have seismic hazard risk. Seismic hazard risk can be analyzed by sediment layer thickness and amplification factor. Both parameters can increase seismic wave. The purpose of this research was to determine amplification factor, sediment layer thickness and risk potential of seismic hazard in Prambanan and Gantiwarno Subdistricts. This research used 30 microtremor data analyzed with HVSR method and ellipticity curve. The results showed that predominant frequency in Prambanan and Gantiwarno Subdistrict vary from 0.7 to 9.5 Hz. The amplification factors in Prambanan and Gantiwarno Subdistrict vary from 0.5 - 8.7. The sediment layer thickness in Prambanan and Gantiwarno Subdistrict varied from 4.24 - 114.45 m. Microzonation of high seismic risk in Prambanan Subdistrict is located in Sanggrahan and Cucukan villages, whereas in Gantiwarno Sub District is in Sawit and Ngandong Village.

Keywords: seismic hazard risk, microtremor, HVSR, amplification factor, sediment layer thickness

Pendahuluan

Gempabumi merupakan salah satu sumber gelombang seismik yang dapat menimbulkan kerusakan di permukaan bumi. Dampak yang ditimbulkan dari penjarangan gelombang seismik di permukaan bumi dipengaruhi oleh faktor perlapisan dan geologi setempat (*local site effect*). *Local site effect* (tapak lokal) merepresentasikan pengaruh geologi lokal terhadap getaran tanah yang terjadi akibat gempabumi. Parameter yang mempengaruhi

tapak lokal suatu daerah antara lain ketebalan lapisan sedimen dan faktor amplifikasi. Nilai faktor penguatan (amplifikasi) tanah berkaitan dengan perbandingan kontras impedansi lapisan permukaan dengan lapisan di bawahnya. Semakin besar perbandingan kontras impedansi kedua lapisan tersebut maka nilai faktor amplifikasinya juga semakin tinggi. Nilai amplifikasi yang tinggi berpotensi menimbulkan kerusakan pada bangunan yang ada di sekitarnya. Sebaran ketebalan lapisan sedimen dan faktor amplifikasi di suatu tempat bervariasi

sehingga potensi kerusakan yang terjadi akibat gempabumi tidak seragam.

Gempabumi Yogyakarta tahun 2006 merupakan gempabumi signifikan yang berdampak pada masyarakat Yogyakarta, Jawa Tengah dan sekitarnya. Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno yang terdapat di Kabupaten Klaten merupakan kecamatan yang terdampak langsung gempabumi tersebut. Jumlah bangunan rusak di Kecamatan Prambanan sebanyak 12.682 unit, korban meninggal 196 orang dan luka berat 1.655 orang. Sedangkan pada Kecamatan Gantiwarno, rumah rusak sebanyak 11.472 unit, korban meninggal 335 orang dan 2.799 orang mengalami luka (Bappeda, 2006). Berdasarkan kejadian gempabumi tersebut, perlu dilakukan kajian mengenai potensi bahaya seismik. Potensi bahaya seismik dapat dikaji dengan pendekatan ketebalan lapisan sedimen dan faktor amplifikasi. Kedua parameter tersebut mampu meningkatkan potensi resiko. Hal ini dikarenakan lapisan sedimen yang tebal mampu memperbesar amplifikasi gelombang seismik. Sedangkan faktor amplifikasi merepresentasikan nilai perbesaran gelombang seismik yang ada di suatu tempat. Parameter faktor amplifikasi dan ketebalan sedimen dapat dihasilkan dengan menggunakan data mikrotremor. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor amplifikasi, ketebalan lapisan sedimen dan potensi resiko bahaya seismik di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno.

Metode Penelitian

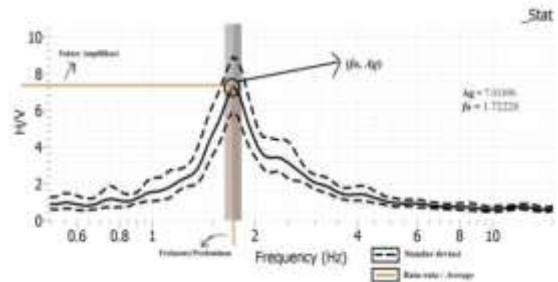
Penelitian ini menggunakan 30 data akuisisi mikrotremor di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno Kabupaten Klaten (Gambar 4). Akuisisi mikrotremor menggunakan TDS-303 portabel seismograph, kompas geologi, GPS, dan Laptop. Standar operasional pengukuran alat tersebut berdasarkan pada *SESAME European research project* [5] dengan durasi pengukuran 30 menit untuk setiap titiknya. Pengolahan data menggunakan *software NetRec, DataPro, Geopsy, Dinver* dan *Surfer*. Metode *ellipticity curve* digunakan untuk menghasilkan nilai *Vs*. Metode ini menggunakan aplikasi *dinver* dengan input kurva HV yang diperoleh dari perhitungan HVSR menggunakan *geopsy*. Kurva HV diperoleh dari persamaan HVSR sebagai berikut

$$HVSR = \frac{\sqrt{(A_{(U-S)}(f))^2 + (A_{(B-T)}(f))^2}}{(A_{(V)}(f))} \dots\dots\dots(1)$$

dimana

- $A_{(U-S)}(f)$ = Nilai Amplitudo spektrum frekuensi komponen Utara-Selatan
- $A_{(B-T)}(f)$ = Nilai Amplitudo spektrum frekuensi komponen Barat-Timur
- $(A_{(V)}(f))$ = Nilai Amplitudo spektrum frekuensi komponen Vertikal

Kurva HV yang digunakan sebagai input *ellipticity curve* seperti gambar berikut :

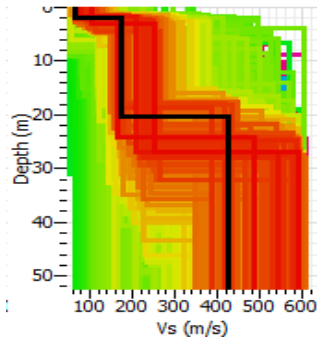


Gambar 1. Kurva HVSR sebagai Input Parameter *Ellipticity Curve*

Parameter lain yang digunakan pada metode *ellipticity curve* antara lain *Poisson's ratio, shear wave velocity* dan *density*. Hasil dari model tersebut berupa *ground profile* dari *Vs*. Model dengan *misfit* terendah akan digunakan sebagai model terbaik. Perhitungan *misfit* berdasarkan persamaan berikut [4] :

$$misfit = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \left(\frac{D_i - M_i}{\sigma_i} \right)^2} \dots\dots\dots(2)$$

- N = titik data
 - D_i = data hasil inversi
 - M_i = model struktur tanah
- Ground profile* [1] yang dihasilkan dari metode *ellipticity curve* sebagai berikut:



Gambar 2. Ground profile Vs hasil Metode Elipticity Curve dengan Garis Hitam merupakan Model Terbaik

Perhitungan V_s rata - rata berdasarkan persamaan berikut [2] :

$$V_s = \sum V_{si} \frac{H_i}{H} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan,

V_s = kecepatan gelombang geser rata - rata (m/s)

V_{si} = kecepatan gelombang geser lapisan ke- i (m/s)

H_i = ketebalan lapisan ke- i (meter)

H = ketebalan lapisan ke- i sampai ke- n (meter)

Ketebalan lapisan dihitung berdasarkan persamaan [3]:

$$fg = \frac{V_s}{4h} \dots\dots\dots(4)$$

$$h = \frac{V_s}{4fo} \dots\dots\dots(5)$$

Penentuan kriteria resiko berdasarkan klasifikasi nilai faktor amplifikasi dan ketebalan lapisan sedimen di lokasi penelitian. Kriteria yang digunakan dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Resiko Bahaya Seismik

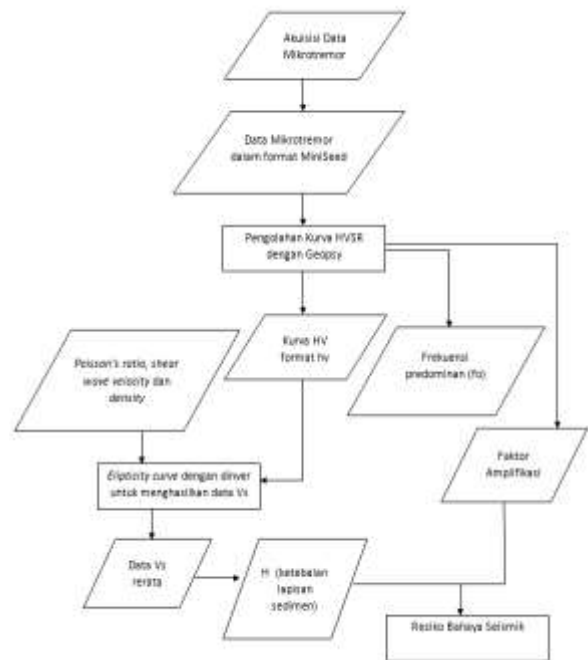
Kriteria Resiko Bahaya Seismik	A_o (Faktor Amplifikasi)	Ketebalan Lapisan Sedimen (m)	$A_o * H$ (m)
Rendah	1,8 – 2,4	4,2 – 46,7	30,9 – 218,5
Sedang	2,4 – 4,8	46,7 – 93,5	218,6 – 437,1
Tinggi	> 4,8	> 93,5	> 437,1

Hasil dan Diskusi

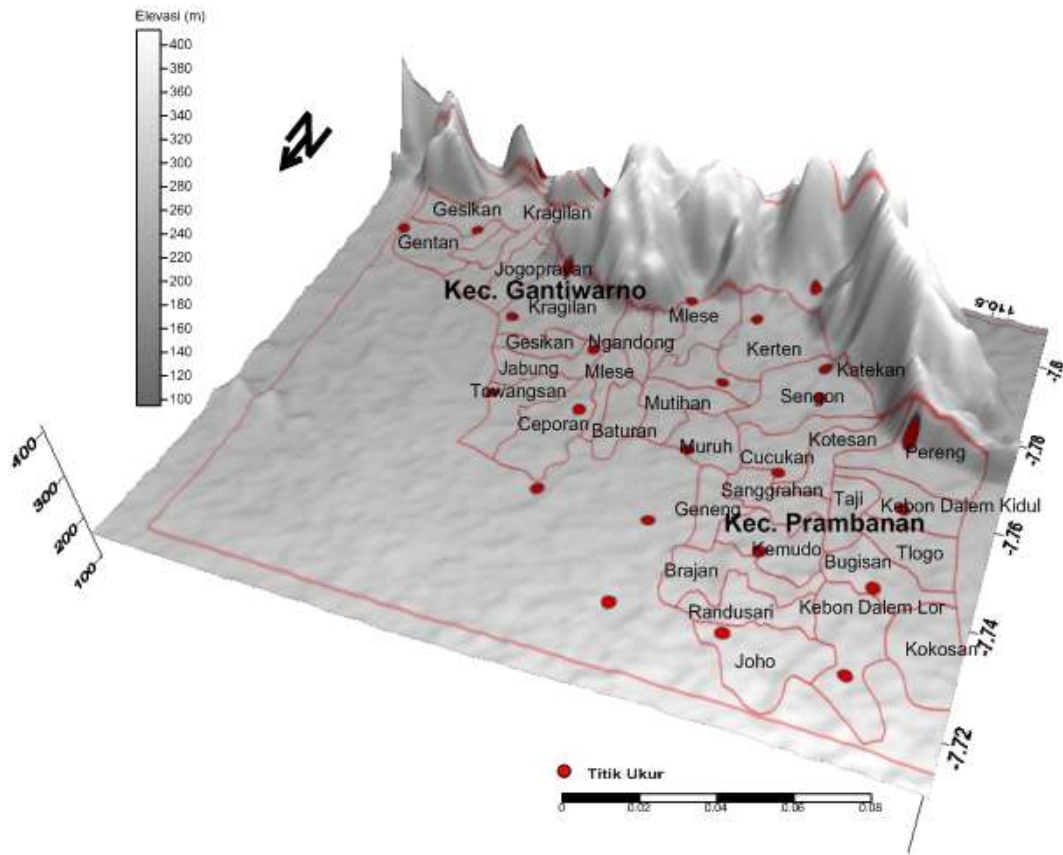
Mikrozonasi Frekuensi Predominan (f_o)

Hasil pengolahan data mikrotremor di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno dengan metode HVSr menghasilkan parameter frekuensi dominan dan faktor amplifikasi. Frekuensi dominan di lokasi penelitian bervariasi dari 0,7 – 9,5 Hz. Berdasarkan mikrozonasi frekuensi dominan (Gambar 5), distribusi frekuensi dominan mempunyai pola bertambah tinggi semakin ke selatan. Pola tersebut memiliki karakter yang sama dengan pola topografi di wilayah penelitian. Topografi Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno bagian selatan memiliki topografi yang lebih tinggi dibandingkan bagian utara.

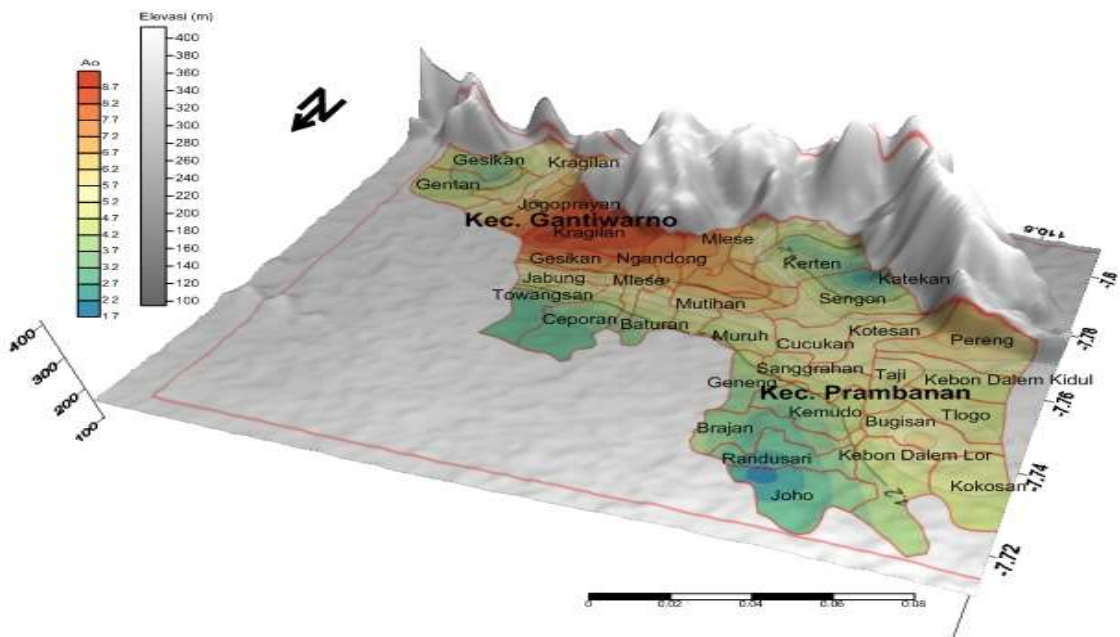
Frekuensi dominan tinggi (> 4 Hz) pada Kecamatan Gantiwarno berada di Desa Pereng, Kotesan, Sengon, Kebon Dalem Kidul dan Katekan. Sedangkan pada Kecamatan Prambanan, frekuensi dominan tinggi (> 4Hz) berada di Desa Jogoprayan dan Kragilan. Wilayah dengan frekuensi dominan yang tinggi mengindikasikan kondisi tanahnya keras



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Lokasi Penelitian dan Titik Akuisisi Mikrotremor



Gambar 5. Mikrozonasi f_0 di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno

Tabel 2. Parameter Hasil Kurva H/V dan Inversi Kurva H/V

Titik	Long	Lat	f_o (Hz)	A_o	T_o (detik)	H (meter)	V_s^* (m/s)
6	110.58	-7.81	1.25	6.11	0.80	77.53	387.67
7	110.59	-7.81	1.30	6.51	0.77	11.59	60.26
10	110.53	-7.80	5.80	7.31	0.17	4.24	98.36
11	110.52	-7.78	1.05	2.02	0.95	48.43	203.42
12	110.54	-7.79	1.20	3.25	0.83	49.82	239.15
13	110.55	-7.79	2.40	7.61	0.42	16.56	158.94
14	110.58	-7.79	4.85	8.67	0.21	15.41	298.86
15	110.60	-7.79	2.30	2.97	0.43	31.62	290.90
16	110.61	-7.79	2.90	4.77	0.34	26.84	311.33
17	110.49	-7.77	3.75	6.02	0.27	22.78	341.67
18	110.51	-7.77	9.50	6.70	0.11	9.04	343.47
19	110.52	-7.77	2.80	4.29	0.36	37.77	423.08
20	110.54	-7.77	1.20	7.39	0.83	50.42	241.99
21	110.56	-7.77	1.10	7.64	0.91	51.46	226.40
22	110.58	-7.77	2.35	9.01	0.43	27.80	261.37
25	110.49	-7.75	1.05	3.45	0.95	52.34	219.82
26	110.50	-7.75	1.26	4.60	0.79	22.08	111.30
27	110.52	-7.75	0.80	5.72	1.25	94.30	301.76
28	110.54	-7.75	1.30	4.12	0.77	41.21	214.28
29	110.56	-7.76	2.00	3.87	0.50	34.25	274.01
30	110.58	-7.75	1.05	2.86	0.95	54.01	226.84
33	110.49	-7.74	1.05	4.40	0.95	57.34	240.82
34	110.50	-7.74	1.00	6.04	1.00	38.38	153.52
35	110.52	-7.74	1.10	3.13	0.91	65.27	287.19
36	110.54	-7.74	0.85	3.35	1.18	85.28	289.94
37	110.56	-7.74	2.25	2.88	0.44	25.46	229.12
41	110.49	-7.72	1.00	4.44	1.00	41.89	167.57
42	110.50	-7.72	1.10	3.99	0.91	57.26	251.94
43	110.52	-7.72	0.85	1.80	1.18	98.62	335.30
44	110.54	-7.72	0.70	6.00	1.43	114.45	320.46

dan durasi gelombang gempa yang melewati tanah tersebut akan semakin pendek sehingga menyebabkan guncangan yang kecil dan potensi kerusakan yang rendah.

Frekuensi dominan rendah (< 2 Hz) berada pada Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno bagian Utara. Frekuensi dominan rendah berkorelasi dengan material/tanah lunak, sehingga ketika terjadi perambatan gelombang seismik durasi perambatan gelombang akan lebih lama dan mengalami penguatan gelombang. Kondisi ini mengakibatkan wilayah pada frekuensi dominan rendah berpotensi mengalami guncangan yang lebih lama dan kerusakan yang lebih tinggi.

Mikrozonasi Faktor Amplifikasi (A_o)

Faktor amplifikasi di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno bervariasi dari 0,5 – 8,7. Faktor amplifikasi menunjukkan nilai

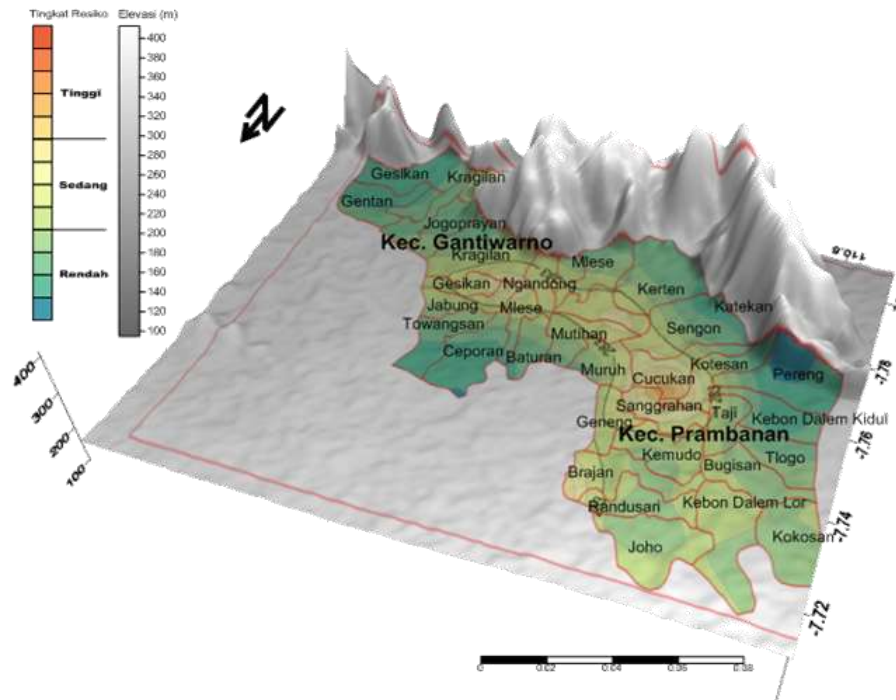
perbesaran gelombang seismik yang melewati batas dua medium. Faktor amplifikasi berhubungan dengan kontras antara nilai kecepatan gelombang geser pada batuan dasar dan lapisan sedimen. Wilayah dengan faktor amplifikasi tinggi memiliki potensi guncangan dan kerusakan yang lebih tinggi. Faktor amplifikasi tinggi (>4,8) pada wilayah penelitian terdistribusi merata di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno (Gambar 6). Nilai faktor amplifikasi tertinggi terdapat di Kecamatan Gantiwarno, yaitu di Desa Kragilan, dan Jogoprayan.

Mikrozonasi Ketebalan Lapisan Sedimen (H)

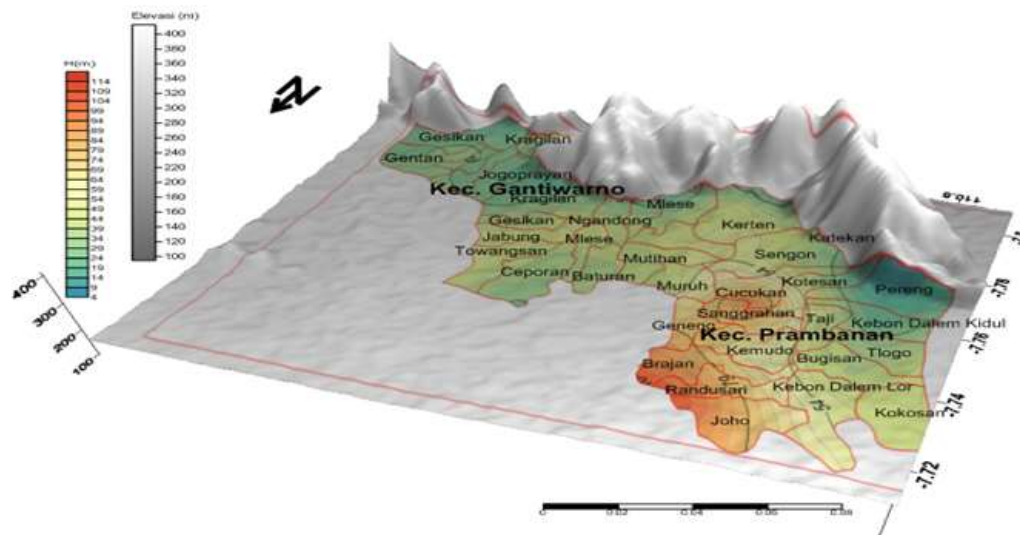
Data V_s hasil inversi kurva H/V digunakan sebagai input pada persamaan empiris perhitungan ketebalan sedimen. V_s yang digunakan dalam penelitian ini adalah V_s rerata

yang mencerminkan lapisan sedimen. Hasil perhitungan V_s rerata di wilayah penelitian bervariasi dari 60,26 – 423,08 m/s. Ketebalan lapisan sedimen bervariasi dari 4,24 – 114,45 m. Lapisan sedimen memiliki karakter material yang lunak. Kondisi ini membuat wilayah dengan lapisan sedimen yang tebal berpotensi mengalami penguatan gelombang seismik. Berdasarkan mikrozonasi ketebalan lapisan sedimen (Gambar 7), untuk wilayah Kecamatan

Prambanan bagian utara, distribusi ketebalan lapisan sedimen mengikuti pola topografi di wilayah penelitian. Lapisan sedimen yang tebal berada pada topografi yang landai dan datar, sedangkan pada topografi yang curam/perbukitan lapisan sedimen semakin tipis, sehingga potensi penguatan gelombang seismik lebih banyak terdapat di daerah penelitian dengan topografi yang landai dan datar.



Gambar 6. Mikrozonasi Ketebalan Lapisan Sedimen di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno



Gambar 7. Mikrozonasi Tingkat Resiko Bahaya Seismik di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno

Analisis Resiko Bahaya Seismik

Pada penelitian ini analisis resiko bahaya seismik didasarkan pada potensi resiko bahaya seismik yang diakibatkan oleh faktor amplifikasi dan ketebalan lapisan sedimen. Wilayah dengan faktor amplifikasi tinggi dan lapisan sedimen yang tebal memiliki resiko tinggi terhadap gelombang gempabumi. Tabel 1 merupakan kriteria resiko bahaya seismik yang didasarkan pada data hasil pengukuran di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno. Proses perhitungan mengacu pada hasil perkalian antara ketebalan lapisan sedimen dengan faktor amplifikasi. Kriteria resiko rendah dengan nilai $<218,5$ terdistribusi di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno bagian selatan, dengan karakter mengikuti pola topografi yang semakin curam di bagian selatan. Pada Kecamatan Prambanan, wilayah yang berada pada kriteria resiko rendah yaitu Desa Kebon Dalem Kidul, Kotesan, Pereng, Cucukan dan Sengon.

Sedangkan pada Kecamatan Gantiwarno wilayah yang berada pada kriteria resiko rendah yaitu Desa Katekan, Kerten, Mlese, Gesikan, Kragilan, Gentan dan Jogoprayan. Wilayah dengan resiko bahaya seismik sedang dengan nilai 218,6-437,1. Kategori ini merupakan kombinasi faktor amplifikasi dan ketebalan lapisan sedimen yang saling melemahkan. Wilayah dengan faktor amplifikasi tinggi namun lapisan sedimen relatif tipis merupakan wilayah dalam kategori resiko sedang. Wilayah dengan resiko sedang berada pada bagian tengah dan utara dari Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno. Wilayah pada Kecamatan Prambanan yang berada pada resiko sedang, yaitu Desa Joho, Randusari, Kebon Dalem Lor, Kokosan, Bugisan, dan Tlogo. Sedangkan pada Kecamatan Gantiwarno yang berada pada kriteria sedang, yaitu Mutihan, Muruh, Baturan, Jabung, Towangsari, dan Kragilan.

Kriteria resiko tinggi pada penelitian ini, yaitu $>437,1$ dengan kombinasi faktor amplifikasi dan ketebalan lapisan sedimen yang saling menguatkan. Hasil mikrozonasi wilayah dengan resiko bahaya seismik tinggi berada di bagian tengah Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno. Pada Kecamatan Prambanan berada di Desa Sanggrahan dan Cucukan, sedangkan pada Kecamatan Gantiwarno berada di Desa

Sawit dan Ngandong. Kawasan dengan potensi resiko bahaya seismik tinggi mengindikasikan wilayah tersebut mengalami penguatan gelombang gempabumi, sehingga untuk mengantisipasi tersebut, maka pembangunan rumah di kawasan dengan resiko bahaya seismik tinggi menggunakan bangunan tahan gempa.

Simpulan

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa frekuensi dominan di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno antara 0,7-9,5 Hz. Faktor amplifikasi di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno antara 0,5-8,7. Ketebalan lapisan sedimen di Kecamatan Prambanan dan Gantiwarno antara 4,24-114,45 m. Mikrozonasi resiko bahaya seismik tinggi pada Kecamatan Prambanan berada di Desa Sanggrahan dan Cucukan, pada Kecamatan Gantiwarno berada di Desa Sawit dan Ngandong.

Pustaka

- [1] Castellaro, S. and Mulargia, F. (2009), Vs30 Estimates Using Constrained H/V Measurements, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 99, No. 2A, 761-773.
- [2] Theina Soe Pyi *et al.* (2015), Estimation of S-wave velocity structure for sedimentary layered media using Microtremor array measurements in Palu, Indonesia, *Procedia Environmental Sciences* 28, 595-605.
- [3] Z.L. Kyaw *et al.* (2015). Seismic Behaviors Estimation of the Shallow and Deep Soil Layers Using Microtremor Recording and EGF Technique in Yogyakarta City, Central Java Island. *Procedia Earth and Planetary Science* 12, 31 - 46.
- [4] Hobiger, M. (2011), Polarization of surface waves: Characterization, inversion and application to seismic hazard assessment, Universite de Grenoble, Perancis.
- [5] SESAME. 2004. *Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation.*