

Mikrozonasi Nilai Frekuensi Predominan dan Faktor Amplifikasi Menggunakan Metode Mikrotremor di Desa Pacarejo Bagian Timur, Semanu, Gunung Kidul

Microzonation of Predominant Frequency Values and Amplification Factors Using the Microtremor Method in Eastern Pacarejo, Semanu, Gunung Kidul

Fadila Uswatun Hasanah^{1*}, Dwi Budi Susanti²

¹Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Jl. Colombo No.1, Sleman, D.I. Yogyakarta, 55281

²Stasiun Geofisika Kelas I Sleman, Jl. Wates Km. 8 Jintengan, Balecatur, Gamping, Sleman, Yogyakarta, 55294

INFO ARTIKEL

Naskah masuk : 30 Desember 2024

Naskah diperbaiki : 7 Januari 2025

Naskah diterima : 18 Januari 2025

Kata kunci:

gempabumi

mikrotremor

HVSR

mikrozonasi

Keywords:

earthquake

microtremor

HVSR

Microzonation

*Email Korespondensi
fadilauswatunhasanah90@gmail.com

ABSTRAK

Gempabumi merupakan bencana yang sering terjadi di Indonesia khususnya Daerah Istimewa Yogyakarta. Hal itu dikarenakan terdapat zona subduksi antara Lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia yang berada di sisi selatan Pulau Jawa. Salah satu gempabumi yang mengabikatkan kerusakan bangunan di Gunung Kidul, Yogyakarta adalah kasus gempabumi Yogyakarta pada tanggal 30 Juni 2023 dengan kekuatan M6,0. Berdasarkan kondisi di lapangan, Desa Pacarejo, Semanu, Gunung Kidul merasakan dampak gempabumi dengan skala intensitas IV – VI MMI. Adanya perbedaan skala intensitas di wilayah yang skalanya relatif kecil yaitu tingkat desa, menjadikan adanya anomali skala intensitas di kawasan Desa Pacarejo, Semanu, Gunungkidul. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mengetahui persebaran nilai frekuensi predominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) di Desa Pacarejo Bagian Timur, Semanu, Gunung Kidul menggunakan data mikrotremor dan metode HVSR. Persebaran nilai frekuensi predominan (f_0) di daerah penelitian memiliki kisaran nilai 1,2 – 6,7 Hz yang termasuk dalam kategori rendah – tinggi, sedangkan persebaran nilai faktor amplifikasi (A_0) berkisar antara 1,2 – 3,4 yang termasuk dalam kategori rendah – sedang.

ABSTRACT

Earthquakes are disasters that often occur in Indonesia, especially in the Special Region of Yogyakarta. This is because a subduction zone exists between the Indo-Australian Plate and the Eurasian Plate, located on the southern side of Java Island. One of the earthquakes that caused building damage in Gunung Kidul, Yogyakarta, was the Yogyakarta earthquake on June 30, 2023, with a magnitude of M6.0. Based on field conditions, Pacarejo Village, Semanu, Gunung Kidul, felt the impact of an earthquake with an intensity scale of IV - VI MMI. The difference in intensity scale in areas with a relatively small scale, namely the village level, resulted in an anomaly in the intensity scale in the Pacarejo Village area, Semanu, Gunungkidul. Therefore, a study was conducted to determine the distribution of predominant frequency values (f_0) and amplification factors (A_0) in the Eastern Pacarejo Village, Semanu, Gunung Kidul, using microtremor data and the HVSR method. The distribution of predominant frequency values (f_0) in the research area has a range of values of 1.2 – 6.7 Hz, which is included in the low-high category, while the distribution of amplification factor values (A_0) ranges from 1.2 – 3.4, which is included in the low-medium category.

© 2024 Jurnal Stasiun Geofisika Sleman

1. Pendahuluan

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng aktif dunia, salah satunya lempeng Indo-Australia yang menumbuk lempeng Eurasia sehingga menyebabkan

adanya zona subduksi di sisi selatan sepanjang Pulau Jawa dengan pergerakan ke arah timur laut sebesar 69.42-72.55 mm/tahun [1]. Adanya zona subduksi ini menjadikan wilayah Indonesia khususnya Pulau Jawa sebagai wilayah dengan aktivitas tektonik dan vulkanik

aktif dengan tingkat seismisitas atau kegempaan tinggi [2]. Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu provinsi di Pulau Jawa yang berada pada jalur tektonik aktif. Akibat yang dirasakan oleh masyarakat yang tinggal di daerah dengan jalur tektonik aktif adalah sering terjadi gempabumi baik diakibatkan oleh tumbukan antarlempeng atau pergerakan sesar aktif. Salah satu kejadian gempabumi yang diakibatkan oleh adanya aktivitas pergerakan lempeng subduksi terjadi pada tanggal 30 Juni 2023 yang tercatat oleh sebagian besar stasiun pengamatan gempabumi di seluruh Indonesia. Gempabumi tektonik 30 Juni 2023 pukul 19:57 WIB memiliki kekuatan M6,0 titik pusat episenter terletak pada koordinat $8,75^{\circ}$ LS dan 110° BT tepatnya 102 km Barat Daya Bantul-DIY pada kedalaman 67 km. Gempabumi ini dirasakan oleh hampir seluruh wilayah di D.I. Yogyakarta dengan skala intensitas IV MMI. Salah satu kabupaten yang mengalami dampak adanya gempabumi ini adalah Kabupaten Gunung Kidul [3].

Kabupaten Gunung Kidul terletak di bagian tenggara Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Secara administratif, Kabupaten Gunung Kidul terbagi menjadi 18 kecamatan yang meliputi 144 desa dan 1.431 padukuhan. Jumlah penduduk Kabupaten Gunung Kidul tahun 2018 tercatat 765,284 jiwa [4]. Berdasarkan data BPBD Gunung Kidul, dampak yang diakibatkan oleh guncangan dari gempabumi tersebut adanya korban jiwa sebanyak 7 orang dengan status rawat jalan dan kerusakan bangunan sebanyak 136 bangunan yang tersebar di Kabupaten Gunung Kidul. Kecamatan Semanu mengalami kerusakan paling banyak sejumlah 77 bangunan rusak akibat gempabumi. Rincian jumlah kerusakan bangunan setiap kecamatan di Kabupaten Gunung Kidul ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kerusakan Bagunan Akibat Gempabumi setiap Kecamatan di Kabupaten Gunung Kidul

No	Kecamatan	Jumlah Kerusakan Bangunan
1	Girisubo	2
2	Karangmojo	2
3	Nglipar	2
4	Paliyan	31
5	Panggang	1
6	Patuk	1
7	Playen	3
8	Ponjong	16
9	Purwosari	3
10	Saptosari	13
11	Semanu	37
12	Tanjungsari	8
13	Tepus	3
14	Wonosari	14
Jumlah		136

Desa Pacarejo yang merupakan salah satu desa di Kecamatan Semanu juga mengalami dampak akibat gempabumi yang terjadi. Beberapa rumah warga di Desa Pacarejo mengalami kerusakan yang cukup parah. Hasil survei lapangan yang dilakukan oleh BMKG, dampak gempabumi dirasakan oleh warga di Desa Pacarejo

dengan skala intensitas IV – VI MMI [3]. Adanya perbedaan skala intensitas di wilayah yang skalanya relatif kecil yaitu tingkat desa, menjadikan Desa Pacarejo, Semanu, Gunung Kidul terdapat anomali skala intensitas gempabumi. Skala intensitas gempabumi bersifat kualitatif, yang berarti skala intensitas bergantung pada kondisi lokasi yang sebenarnya dimana efek gempa dirasakan [5]. Besar kecilnya skala intensitas MMI yang dirasakan oleh masyarakat di suatu wilayah dapat disebabkan karena faktor magnitudo, kedalaman gempa, jarak hiposenter, durasi getaran, kondisi geologi, dan kualitas bangunan [6]. Kerusakan akibat gempabumi di Desa Pacarejo berada pada Formasi Wonosari dan berada di kawasan Karst Gunung Kidul dengan klasifikasi *site class* yang mengacu pada data Badan Geologi tahun 2022 berupa tanah sedang hingga tanah keras [7].

Berdasarkan uraian di atas, maka diperlukan adanya kajian penelitian menggunakan metode mikrotremor untuk mengetahui persebaran nilai frekuensi predominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) di Desa Pacarejo bagian Timur, Semanu, Gunung Kidul sebagai langkah awal karena adanya anomali skala intensitas gempabumi pada kasus gempabumi yang terjadi pada tanggal 30 Juni 2023.

Gempabumi. Gempabumi adalah peristiwa berguncangnya bumi secara tiba-tiba karena pergeseran batuan akibat adanya pelepasan energi yang berasal dari dalam bumi. Akumulasi energi yang dihasilkan karena adanya aktivitas seismik akan terlepas dan memancarkan gelombang ke segala arah sehingga efek yang dirasakan oleh seseorang yang ada di permukaan berupa getaran atau guncangan [8]. Berdasarkan sumber terjadinya gempa, gempabumi dibedakan menjadi gempabumi tektonik dan gempabumi vulkanik. Gempabumi tektonik merupakan gempabumi yang disebabkan oleh aktivitas tektonik dari dalam bumi, seperti tumbukan lempeng akibat adanya zona subduksi atau sesar aktif. Hampir 90% gempabumi yang terjadi di Indonesia adalah gempa tektonik. Sedangkan gempabumi vulkanik adalah gempabumi yang terjadi karena adanya aktivitas magma baik sebelum, saat, atau pasca terjadi erupsi gunung api. Tekanan tinggi yang diakibatkan oleh aliran magma akan meimbulkan gempa-gempa kecil. Kekuatan gempabumi vulkanik sangat lemah dibanding gempabumi tektonik, karena getaran yang diakibatkan oleh gempabumi vulkanik hanya dirasakan oleh masyarakat yang berada di sekitar gunung api [9].

Gempabumi memiliki parameter untuk memberikan informasi kejadian gempabumi. Parameter gempabumi antaralain: waktu kejadian/origin time, kedalaman gempabumi, hiposenter, episenter, kekuatan gempa/magnitudo, dan skala intensitas gempabumi [10]. Gempabumi tidak dapat diprediksi kapan dan dimana terjadinya, sehingga apabila gempabumi terjadi dapat menimbulkan efek kerusakan di permukaan. Tingkat kerusakan atau dampak yang ditimbulkan adanya gempabumi dinyatakan dalam skala MMI. Skala intensitas gempabumi MMI bersifat kualitatif, sehingga skala ini sangat subjektif bergantung pada kondisi lokasi yang terdampak gempabumi. Badan Meteorologi Klimatologi

dan Geofisika (BMKG) telah menetapkan satuan skala Intensitas Gempabumi (SIG BMKG) berdasarkan tipikal budaya dan bangunan yang ada di Indonesia seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 [11].

Tabel 2. Skala Intesitas Gempabumi (SIG) BMKG

Skala SIG BMKG	Skala MMI	Deskripsi Sederhana	Deskripsi Rinci
I	I – II	Tidak Dirasakan (<i>Not Felt</i>)	Tidak dirasakan atau dirasakan hanya oleh beberapa orang tetapi terekam oleh alat.
II	III – V	Dirasakan (<i>Felt</i>)	Dirasakan oleh orang banyak tetapi tidak menimbulkan kerusakan. Benda-benda ringan yang digantung bergoyang dan jendela kaca bergetar.
III	VI	Kerusakan Ringan (<i>Slight Damage</i>)	Bagian non struktur bangunan mengalami kerusakan ringan, seperti retak rambut pada dinding, genteng bergeser ke bawah dan sebagian berjatuhan.
IV	VII – VIII	Kerusakan Sedang (<i>Moderate Damage</i>)	Banyak Retakan terjadi pada dinding bangunan sederhana, sebagian roboh, kaca pecah. Sebagian plester dinding lepas. Hampir sebagian besar genteng bergeser ke bawah atau jatuh. Struktur bangunan mengalami kerusakan ringan sampai sedang.
V	I – XII	Kerusakan Berat (<i>Heavy Damage</i>)	Sebagian besar dinding bangunan permanen roboh. Struktur bangunan mengalami kerusakan berat. Rel kereta api melengkung.

Gelombang Seismik. Gelombang seismik adalah gelombang elastis yang merambat di dalam bumi dan permukaan bumi. Gelombang seismik bersumber dari aktivitas seismik berupa gangguan atau proses geologi seperti gempabumi, erupsi gunung berapi, longsor, dan sebagainya [2]. Gelombang seismik termasuk gelombang mekanik karena membutuhkan medium untuk merambat agar gelombang dapat berisolasi. Oleh karena itu, sifat penjalaran gelombang seismik akan bergantung juga pada elastisitas medium rambat yang dilewatinya [12]. Tipe gelombang berdasarkan penjalarannya dibagi menjadi dua yaitu gelombang badan (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*). Gelombang badan merupakan

gelombang yang merambat melalui interior dalam bumi. Sedangkan gelombang permukaan merambat melalui permukaan bumi [13]. Gelombang badan dibedakan menjadi Gelombang Primer (*P Waves*) dan Gelombang Sekunder (*S Waves*). Gelombang permukaan merupakan gelombang yang merambat di atas permukaan bumi dengan frekuensi rendah dan amplitudo tinggi. Oleh karena itu, gelombang permukaan ini memiliki waktu tiba yang lambat namun mengakibatkan efek kerusakan di permukaan bumi. Gelombang permukaan dibedakan menjadi Gelombang Reyleigh (*Reyleigh Waves*) dan Gelombang Cinta (*Love Waves*) [13].

Getaran yang dihasilkan oleh gempabumi akan dideteksi dan direkam getarannya oleh instrumen alat ukur yang dinamakan seismograf. Getaran akan ditangkap dan direkam oleh sensor dan menghasilkan data analog berupa sinyal getaran. Penelitian yang dilakukan juga menggunakan alat seismograf untuk mengukur getaran tanah di lokasi penelitian. Data yang diperoleh pada saat penelitian berupa sinyal mikrotremor. Sinyal mikrotremor adalah getaran alami tanah yang bersifat kontinyu dengan amplitudo rendah yang disebabkan oleh getaran mikro di bawah permukaan karena adanya faktor alam atau buatan [14]. Sinyal mikrotremor terdiri dari dua komponen horizontal (*East – West* dan *North – East*) dan satu komponen vertikal (*Up – Down*).

Metode HVSR. Metode HVSR merupakan perbandingan antara spektrum pada komponen horizontal terhadap komponen vertikal yang terekam pada gelombang mikrotremor. Metode HVSR dapat digunakan untuk interpretasi karakteristik tanah. Beberapa hasil metode HVSR yang dapat diinterpretasikan adalah jenis tanah dan ketebalan lapisan sedimen sebagai fungsi frekuensi predominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) [15]. Kegunaan metode HVSR, selain mengetahui ketebalan lapisan sedimen juga dapat mengetahui kedalaman *bedrock*. Metode ini menghasilkan *output* berupa kurva H/V yang menunjukkan nilai frekuensi predominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0).

Mikrozonasi. Mikrozonasi adalah pembagian zona berdasarkan parameter tertentu yang memiliki karakteristik. Penelitian ini memuat mikrozonasi frekuensi predominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) di Desa Pacarejo bagian timur, Semanu, Gunung Kidul.

Frekuensi Predominan. Frekuensi predominan (f_0) adalah frekuensi yang sering muncul dan diakui sebagai nilai frekuensi dominan dari suatu wilayah tertentu, selain itu frekuensi predominan dapat menunjukkan jenis serta karakteristik lapisan tanah atau batuan di wilayah tersebut.

Hubungan frekuensi predominan dengan ketebalan sedimen dinyatakan dalam persamaan

$$f_0 = \frac{V_s}{4h} \quad (1)$$

Dengan f_0 adalah frekuensi predominan (Hz), V_s adalah kecepatan gelombang geser (m/s), dan h adalah ketebalan lapisan sedimen (m).

Faktor Amplifikasi. Faktor amplifikasi (A_0) adalah perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan sedimen. Gelombang seismik akan mengalami perbesaran ketika merambat ke medium yang lebih lunak dibandingkan medium awal yang dilalui.

Faktor amplifikasi dapat dipengaruhi oleh tingkat deformasi suatu batuan, seperti pelipatan, pelapukan, atau pesesaran yang mengubah sifat batuan. Pada batuan yang sama, nilai amplifikasi juga bisa berbeda tergantung tingkat deformasi pelapukan pada batuan tersebut. Persamaan nilai amplifikasi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$A_0 = \frac{v_b}{v_s} \quad (2)$$

Dengan A_0 adalah faktor amplifikasi, v_b adalah kecepatan gelombang seismik batuan dasar (m/s), dan v_s adalah kecepatan rambat gelombang batuan lunak (m/s).

Geologi Daerah Penelitian. Kondisi geologi Desa Pacarejo tersusun dari Formasi Wonosari [16]. Formasi Wonosari terbentuk pada periode pascavulkanik yang berumur Miosen Tengah hingga Pliosen Akhir. Oleh karena itu, Formasi Wonosari terdiri dari sebagian besar batugamping atau limestone. Lingkungan pengendapan Formasi Wonosari berada di laut yang dangkal, sinar matahari yang cukup sehingga pertumbuhan batugamping besar – besaran mencapai ketebalan 800 m di bawah permukaan bumi. Proses pengendapan Formasi Wonosari berada di aliran laut yang stabil sehingga proses pengendapannya berlapis stabil [17].

Kondisi geologi bawah permukaan sangat berpengaruh terhadap tingkat kerusakan bangunan di suatu wilayah akibat adanya gempabumi (Ipranto, 2010). Beberapa parameter yang dapat mengimplementasi kondisi geologi bawah permukaan antara lain frekuensi predominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0). Frekuensi predominan (f_0) dapat menunjukkan jenis, karakteristik tanah dan ketebalan lapisan sedimen di daerah tersebut. Sedangkan faktor amplifikasi (A_0) berhubungan dengan perbesaran gelombang seismik akibat adanya perubahan antar lapisan tanah atau batuan yang dilalui oleh gelombang tersebut. Untuk mengetahui nilai frekuensi predominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) dapat dilakukan pengukuran menggunakan metode mikrotremor.

2. Metode Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian. Penelitian dengan menggunakan pengukuran sinyal mikrotremor dilakukan pada tanggal 22-23 Februari 2024. Sebelum melakukan penelitian dilakukan studi literatur, diskusi, pembuatan desain survei, survei tempat penelitian, menentukan pengambilan data, hingga akhirnya melakukan akuisisi

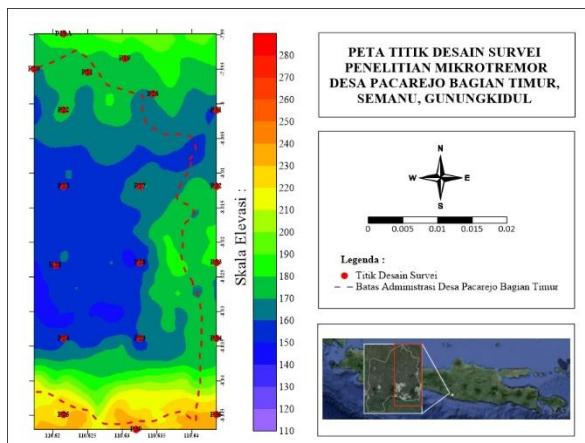
data sesuai titik yang telah ditentukan. Data yang diperoleh adalah data primer berupa pengukuran sinyal mikrotremor secara langsung sebanyak 19 titik penelitian dengan jarak antar titik penelitian sejauh ± 1.25 km. Titik penelitian dilakukan secara menyeluruh di Desa Pacarejo Bagian Timur dengan koordinat geografis $110^{\circ}37'35.04''$ – $110^{\circ}38'38.5''$ BT dan $7^{\circ}59'29''$ – $8^{\circ}2'48.7''$ LS.

Instrumen Penelitian. Pada penelitian ini digunakan instrumen penelitian dari perangkat keras dan perangkat lunak. Tabel 3 merupakan rincian instrumen penelitian yang digunakan.

Tabel 3. Instrumen Penelitian

No	Perangkat	Kegunaan	
		Perangkat Keras	Perangkat Lunak
1	Global Positioning System (GPS)	digunakan untuk mengetahui dan menandai titik koordinat penelitian.	
2	Kompas	penentu arah mata angin saat pemasangan seismometer.	
3	Digital Portable Seismograph merek Taurus	digunakan untuk mengukur sinyal gerakan tanah dan memantau aktivitas seismik pada setiap titik penelitian. Dilengkapi dengan seismometer, digitizer, antena GPS, dan satu perangkat kabel penghubung.	
4	Sumber tegangan	accu digunakan sebagai sumber tegangan alat ukur.	
5	Papan dada dan alat tulis	digunakan untuk menulis kondisi di <i>logsheet</i> .	
6	Jas hujan ponco	digunakan untuk alas seperangkat alat ukur kecuali sensor.	
7	Laptop	digunakan untuk mengunduh, menyimpan, dan mengolah data sinyal mikrotremor.	
8	Kertas	digunakan untuk mencatat serta menandai titik lokasi yang sudah dilakukan akuisisi data.	
9	Logsheet	digunakan untuk mencatat informasi selama akuisisi data berlangsung.	
Perangkat Lunak			
10	Sessaray Geopsy	digunakan untuk memilih sinyal tanpa <i>noise</i> dari data mikrotremor pada saar proses <i>windowing</i> .	
11	Surfer	untuk membuat peta desain survei dan peta mikrozonasi.	
12	Google Earth	digunakan untuk memperkirakan kondisi lokasi penelitian dan penentuan titik akuisisi data sebelum dilakukan survei lapangan.	
13	Avenza Maps	digunakan untuk meng-upload peta raster desain survei sehingga saat akuisisi data dapat menemukan titik penelitian dengan tepat.	
14	Microsoft Excel	digunakan untuk mengolah data.	
15	Microsoft Word	digunakan untuk <i>drafting</i> hasil penelitian.	

Tahap Pengambilan Data. Sebelum dilakukan pengambilan data ke lokasi penelitian, dilakukan tahap survei terlebih dahulu dengan membuat peta desain survei. Pembuatan peta desain survei menggunakan metode *grid* dengan spasi ± 1.25 km yang tersebar di Desa Pacarejo Bagian Timur dan sekitarnya, hal itu dikarenakan agar peta mikrozonasi yang dihasilkan tidak mengalami ekstrapolasi sehingga dapat mencakup seluruh daerah penelitian. Titik survei sejumlah 19 titik, pada bagian atas daerah penelitian dibuat lebih rapat karena lokasi tersebut merupakan kawasan pengembangan Kampus Universitas Negeri Yogyakarta seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



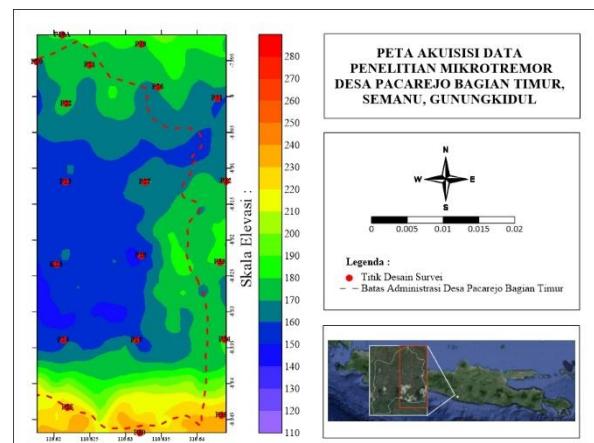
Gambar 1. Peta Desain Survei

Setelah tahap pembuatan desain survei selesai, dilakukan survei lapangan mendatangi setiap titik penelitian hal itu dilakukan untuk mengetahui lokasi dan kondisi di sekitar titik penelitian. Selain mengacu pada desain survei, penentuan lokasi dan pengukuran juga mempertimbangkan persyaratan teknis menurut SESAME 2004 yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tahap pengambilan data dilakukan pada setiap titik penelitian. Pengukuran sinyal mikrotremor dilakukan dengan *frequency sampling* 100 Hz selama ± 30 menit sesuai dengan durasi waktu yang disarankan oleh SESAME 2004. Titik penelitian mengacu pada desain survei, dihasilkan sejumlah 19 titik untuk akuisisi data. Terdapat beberapa titik akuisisi data yang mengalami pergeseran dari titik desain survei yang sudah ditentukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Hal ini dikarenakan lokasi yang berada di tengah sawah, bangunan rumah warga, perbukitan yang susah dijangkau, dan adanya sumber getar atau aktivitas pertambangan.

Tabel 4. Persyaratan Teknis Survei Mikrotremor

Jenis Parameter	Saran yang Dianjurkan
Durasi Pencatatan	f_g minimum yang diharapkan (Hz)
	0,2
	0,5
	1
	2
	5
	10
Coupling soil-sensor alami (in situ)	Durasi pencatatan minimum yang disarankan (menit)
Coupling soil-sensor buatan atau (artifisial)	Sensor langsung di permukaan tanah. Hindari menempatkan sensor seismograf pada permukaan tanah lunak
Keberadaan Bangunan atau pohon	Hindari lempengan yang terbuat dari material lunak seperti karet atau busa. Pada kemiringan yang curam / sulit mendapatkan kedataran sensor yang baik, pasang sensor dalam timbunan pasir atau wadah yang diisi pasir
Kondisi Cuaca	Apabila ada angin $> \pm 5$ m/det, hindari pengukuran dekat dengan bangunan, gedung bertingkat, dan pohon yang tinggi. Hindari pengukuran di tempat parkiran, pipa air dan gorong-gorong.
Gangguan	Lindungi sensor dari angin, hindari pengukuran pada saat hujan lebat
	Hindari pengukuran mikrotremor dekat dengan mesin, industri, pompa air, generator yang sedang beroperasi. Jika terdapat sumber getar <i>transient</i> , tingkatkan durasi pengukuran untuk memberikan jendela yang cukup untuk analisis setelah gangguan tersebut hilang



Gambar 2. Titik Akuisisi Data

Teknik Analisis Data. Sinyal mikrotremor yang dihasilkan dari akuisisi data kemudian akan diolah menggunakan *software* Sesarray Geopsy untuk dilakukan tahap *windowing*. Tahap *windowing* atau pemilihan sinyal mikrotremor adalah *picking* data sinyal yang tidak ada sinyal *noise* (gangguan). Panjang waktu *window* (*length window*) yang dipilih adalah 20 detik. Jumlah minimum *window* yang diperbolehkan adalah sebanyak 10 *window* pada setiap titik pengukuran sesuai dengan syarat yang telah ditetapkan oleh SESAME European Research Project 2004. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan metode HVSR, proses penghalusan data dilakukan dengan metode Konno-Ohmachi dengan konstanta *smoothing* 40. Hasil pengolahan data akan menghasilkan Kurva H/V, dari kurva tersebut dapat diketahui nilai frekuensi predominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) pada setiap titik pengukuran, seperti terlihat pada Gambar 18. Langkah selanjutnya yaitu membuat mikrozonasi frekuensi predominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) menggunakan *software* Surfer. Nilai yang dihasilkan berupa f_0 dan A_0 kemudian dicatat dalam Microsoft Excel dan kemudian dilakukan tahap pembuatan peta mikrozonasi.

Mikrozonasi adalah pemetaan persebaran nilai dari suatu parameter. Dalam penelitian ini menggunakan *software* Surfer dengan metode *gridding* dengan meng-*input* file Microsoft Excel yang akan menampilkan peta kontur. Parameter yang masuk dalam file Microsoft Excel yaitu nama titik penelitian, koordinat titik akuisisi data, serta nilai f_0 dan A_0 yang diperoleh dari kurva H/V. Melalui hasil mikrozonasi yang telah dibuat, kemudian dianalisis persebaran nilai parameter f_0 dan A_0 .

3. Hasil Dan Pembahasan

Hasil penelitian ini berupa pemetaan nilai frekuensi predominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) di Desa Pacarejo Bagian Timur, Semanu, Gunungkidul. Nilai f_0

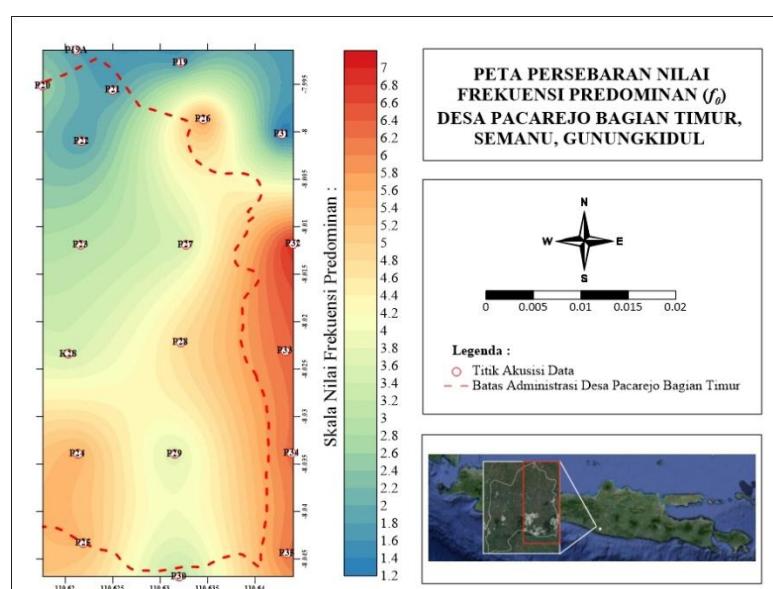
dan A_0 didapatkan dari kurva H/V hasil pengolahan sinyal mikrotremor menggunakan *software* Geopsy. Nilai f_0 dan A_0 dapat merepresentasikan karakteristik dinamis lapisan tanah pada suatu titik pengukuran. Sumbu horizontal kurva H/V adalah f_0 , sedangkan sumbu vertical berupa puncak kurva H/V yang merupakan A_0 .

Frekuensi Predominan (f_0). Nilai frekuensi predominan (f_0) dapat merepresentasikan kondisi fisik tanah berupa tebal atau tipisnya lapisan sedimen pada titik tertentu. Frekuensi predominan (f_0) memiliki hubungan dengan ketebalan sedimen (h), apabila nilai f_0 rendah maka h suatu daerah tebal dengan kondisi tanah permukaan relatif lunak. Sedangkan apabila nilai f_0 tinggi menggambarkan h suatu titik lokasi tipis dengan kondisi tanah permukaan relatif keras.

Nilai f_0 Desa Pacarejo bagian timur memiliki rentang nilai 1,2 – 7 Hz yang telah diklasifikasikan menurut Klasifikasi Kanai yang ditunjukkan pada Tabel 5. Pemodelan mikrozonasi nilai f_0 di Desa Pacarejo bagian timur ditampilkan pada Gambar 3.

Tabel 5. Klasifikasi Tanah berdasarkan Nilai Frekuensi Predominan di Desa Pacarejo Bagian Timur

Klasifikasi	Klasifikasi Tanah	Frekuensi Predominan	Titik Penelitian
Tinggi	Jenis I	6,67 – 6,96	P32
	Jenis II	4,1 – 6,67	P24, P25, P26, P28, P33, P34, P35
	Sedang	2,51 – 4	K28, P20, P23, P27, P29, dan P30
Rendah	Jenis III	1,20 – 2,50	P19, P19A, P21, P22, dan P31
	Jenis IV	0,005 – 0,02	



Gambar 3. Peta Persebaran Nilai Frekuensi Predominan Desa Pacarejo bagian timur, Semanu, Gunungkidul

Berdasarkan klasifikasi persebaran nilai dan pemodelan peta mikrozonasi pada Tabel 5 dan Gambar 3, nilai frekuensi predominan (f_0) yang tersebar memiliki klasifikasi rendah hingga tinggi. Nilai f_0 rendah berada pada rentang nilai 1,20 – 2,50 Hz yang tersebar di wilayah utara daerah penelitian. Daerah dengan nilai f_0 rendah memiliki kondisi permukaan tanah yang lunak dan sedimen yang tebal. Kondisi wilayah dengan nilai

frekuensi predominan rendah berada di wilayah pemukiman dengan tanah permukaan yang cukup lunak dan lapisan sedimen dibawahnya berupa batugamping yang tebal. Nilai f_0 paling rendah dengan nilai 1,2 Hz berada di timur laut daerah penelitian tepatnya di titik P31. Kondisi lapangan di titik P31 dapat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi Lapangan di Titik P31

Nilai f_0 sedang berada pada rentang nilai 2,51 – 6,67 yang tersebar di sebagian besar wilayah selatan dan timur daerah penelitian. Kondisi wilayah yang memiliki nilai frekuensi predominan sedang berada pada elevasi yang tinggi, dengan permukaan tanah yang cukup keras sehingga dimungkinkan batuan yang ada di bawah permukaan masih segar dan keras.

Nilai f_0 tinggi berada pada rentang nilai 6,67 – 6,96 Hz yang hanya terdapat satu titik berlokasi di wilayah timur laut daerah penelitian yaitu Desa Tambakrejo tepatnya pada titik P32. Kondisi lapangan pada titik P32 ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kondisi Lapangan di Titik P32

Berdasarkan kondisi geologi daerah penelitian tersusun oleh Formasi Wonosari yang dominan terdiri dari batugamping (*limestone*), hasil pengolahan data yang dilakukan sudah sesuai dengan kondisi geologi daerah setempat. Batugamping (*limestone*) merupakan batuan sedimen, sehingga tingkat kepadatan batuan sedimen

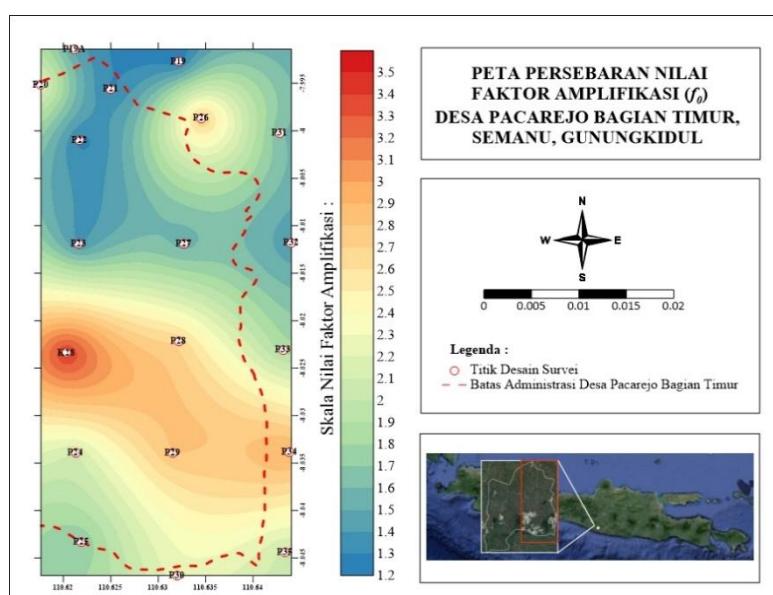
relatif rendah – tinggi tergantung jenis batuan yang ada di lokasi titik penelitian. Hal ini selaras dengan hasil frekuensi predominan (f_0) yang rentang nilainya sebagian besar termasuk pada jenis I – III dengan klasifikasi tanah rendah – sedang.

Faktor Amplifikasi (A_0).

Kerusakan bangunan akibat gempa selain dipengaruhi oleh kekuatan gempa itu sendiri juga dipengaruhi oleh amplifikasi dari lapisan *bedrock* dengan permukaan tanah. Faktor amplifikasi (A_0) merepresentasikan sifat fisik batuan dalam hal tingkat kekerasannya, semakin tinggi nilai amplifikasi maka sedimennya semakin lunak, begitupun sebaliknya apabila amplifikasi rendah maka semakin keras lapisan sedimennya. Oleh karena itu, suatu daerah dengan nilai A_0 besar dapat berpotensi mengalami kerusakan bangunan saat terkena guncangan gempabumi. Distribusi nilai A_0 di lokasi penelitian berkisar antara 1,2 – 3,5 yang telah diklasifikasikan yang ditunjukkan pada Tabel 5. Pemodelan peta mikrozonasi nilai A_0 di Desa Pacarejo bagian timur ditampilkan pada Gambar 6.

Tabel 6. Klasifikasi berdasarkan Nilai Faktor Amplifikasi di Desa Pacarejo Bagian Timur

Klasifikasi	Zona	Faktor Amplifikasi	Lokasi Titik Penelitian
Rendah	I	< 3	P19, P19A, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P34, dan P35
Sedang	II	$3 \leq A_0 < 6$	K28
Tinggi	III	$6 \leq A_0 < 9$	-
	IV	$A_0 \geq 9$	-



Gambar 6. Peta Persebaran Nilai Faktor Amplifikasi di Desa Pacarejo bagian timur, Semanu, Gunungkidul

Berdasarkan klasifikasi A_0 pada Tabel 6, persebaran nilai A_0 di lokasi penelitian sebagian besar berada pada zona rendah, dan terdapat satu titik berada pada zona sedang.

Nilai A_0 rendah berada pada rentang nilai 1,23 – 3 Hz yang tersebar sebagian besar di wilayah utara daerah penelitian. Hal ini dimungkinkan karena kondisi geologi daerah penelitian memiliki lapisan sedimen berupa batugamping yang sangat tebal, sehingga nilai amplifikasi antara lapisan *bedrock* dan lapisan sedimen di atasnya sangat kecil. Nilai A_0 sedang terdapat di satu titik dengan nilai 3,44 di Dusun Gemplok, Pacarejo yang berada di barat bagian tengah daerah penelitian.

Hasil nilai A_0 di Desa Pacarejo bagian timur sesuai dengan kondisi geologi karena masih dalam formasi penyusun yang sama yaitu Formasi Wonosari. Nilai amplifikasi akan berhubungan dengan penguatan gelombang gempabumi, pengontrol utama adanya tingkat respon penguatan gelombang gempa bumi yaitu jenis batuan, berat jenis, dan ketebalan batuan di daerah penelitian. Nilai amplifikasi bisa bertambah jika batuan telah mengalami deformasi

(pelupukan, pelipatan atau pesesaran) yang mengubah sifat fisik batuan. Pada titik lokasi yang memiliki nilai faktor amplifikasi (A_0) sedang dapat dimungkinkan batuan penyusunnya memiliki tingkat kepadatan batuan yang rendah karena sudah mengalami proses pelarutan batuan (karstifikasi) dan pelapukan.

4. Kesimpulan

Persebaran nilai frekuensi predominan (f_0) di daerah penelitian memiliki kisaran nilai 1,2 – 6,69 Hz yang termasuk dalam kategori rendah – tinggi, sedangkan persebaran nilai faktor amplifikasi (A_0) berkisar antara 1,2 – 3,44 yang termasuk dalam kategori rendah – sedang. Distribusi nilai f_0 rendah ($< 2,5$ Hz) tersebar di utara daerah penelitian. Distribusi nilai f_0 sedang (2,5 – 6,67 Hz) tersebar di sebagian besar selatan dan timur daerah penelitian. Distribusi nilai f_0 tinggi ($> 6,67$ Hz) terdapat satu titik berada di sisi timur dengan nilai yang tidak terlalu tinggi yaitu 6,69 Hz. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai f_0 di daerah penelitian termasuk dalam klasifikasi tanah jenis

I – IV. Distribusi nilai A_0 rendah (< 3) tersebar di hampir seluruh daerah penelitian. Distribusi nilai A_0 sedang (3 – 6) terdapat satu titik dengan nilai A_0 3,4 terletak di bagian barat tengah daerah penelitian . Klasifikasi nilai faktor A_0 di daerah penelitian termasuk dalam kategori rendah – sedang.

Saran

Penelitian ini perlu dikembangkan dan ditindaklanjuti dengan menggunakan metode lain agar hasil penelitian dapat dibandingkan sehingga dapat diperoleh hasil yang mewakili daerah penelitian.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Stasiun Geofisika Kelas 1 Sleman BMKG Yogyakarta sebagai institusi yang telah memberi kesempatan untuk melaksanakan Praktik Kerja Lapangan dan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Lubis, A. M. (2020). Telaah Ulang Pergerakan Lempeng Tektonik Indo-Australia Dengan Menggunakan Data Gps Tahun 1994-2016. *Journal Online of Physics*, 5(2), 12-16. <https://doi.org/10.22437/jop.v5i2.9751>.
- [2] Ambarsari, Deviana (2017) Analisis Mikrotremor Dengan Metode HVSR Untuk Mikrozonasi Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta. *Undergraduate thesis*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.<http://repository.its.ac.id/id/eprint/45998>.
- [3] Bidang Seismologi Teknik, BMKG (2023). Ulasan Guncangan tanah Akibat Gempabumi Barat Daya Bantul DIY 30 Juni 2023. https://cdn.bmkg.go.id/Web/Ulasan_gempabumi_30_juni_2023_195741WIB_M6.0-rev2.pdf. Diakses pada 28 Juni 2024.
- [4] Pemerintahan Kabupaten Gunungkidul (2018). Kedudukan Kabupaten Gunungkidul. <https://gunungkidulkab.go.id/D-9055270d7eb02ff5b8d46a5f9a41f4f-NR-100-0.html#:~:text=Secara%20administratif%2C%20Kabupaten%20Gunungkidul%20terbagi,kawasan%20pedalaman%20maupun%20kawasan%20terpencil>. Diakses pada 27 Juni 2024.
- [5] Arifudin, A. M. (2021). Kecepatan Gelombang Geser (V_s) dan Ketebalan Sedimen (h) di Kabupaten Klaten dari Data Mikrotremor. *Teknisia*, 26(1), 52–60. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol26.iss1.art6>.
- [6] Irsyam, M., Sengara, I.W., Aldiamar, F., 2010. Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Gempa Indonesia 2010. Institut Teknologi Bandung.
- [7] Badan Geologi (2022). ATLAS Tapak Lokal (Vs30) Indonesia.<https://geologi.esdm.go.id/publikasi/lapor-an-dan-buku/atlas-tapak-lokal-vs30-indonesia-berdasarkan-klasifikasi-geomorfologi-teknik>. Diakses pada 24 Juni 2024.
- [8] Saefurohmah, M., Susanti, D. B., & Effendi, M. (2024). Analisis Perbandingan Waktu Peluruhan Gempa Bumi Menggunakan Metode Omori dan Mogi 1 dengan Software Peluruhan V2.0. *Jurnal Stasiun Geofisika Sleman*, 2(1), 07–13.
- [9] Nandi (2006). Gempa Bumi. *Jurnal Pendidikan Geografi*, UPI. http://file.upi.edu/Direktori/FPIPS/JUR._PEND._GEOGRAFI/197901012005011-NANDI/geologi%20lingkungan/GEMPA_BUMI.pdf_suplemen_Geologi_Lingkungan.pdf.
- [10] Ghofur, M. A., Sukarsa, I. K., Darsono, R. (2021). Pemetaan Tingkat Bahaya Bencana Gempabumi Di Wilayah Banyuwangi Berdasarkan Percepatan Tanah Maksimum. *Buletin Fisika* Vol 23 (43-50).
- [11] BMKG. Skala Intensitas Gempabumi (SIG) BMKG. <https://www.bmkg.go.id/gempabumi/skala-gempabumi.bmkg#:~:text=SIG%20adalah%20Skala%20Intensitas%20Gempabumi,budaya%20atau%20bangunan%20di%20Indonesia>. Diakses pada 5 Jui 2024.
- [12] Addawiyah, R. (2017). Mikrozonasi Percepatan Getaran Maksimum Menggunakan Metode kanai (1966) dan Intensitas Gempabumi di Kawasan Jalur Sesar Opak. S1 thesis, UNY. <http://eprints.uny.ac.id/id/eprint/48880>.
- [13] Telford, W., M. (2004). *Applied Geophysics* (2nd ed). Cambridge University Press, New York.
- [14] SESAME. 2004. *Guidelines for the Implementation Of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations*. Europe: SESAME European Research Project.
- [15] Nakamura, Y., 2000. Clear Identification Of the Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications. *Roc XII World Conf. Earthq. Eng.* N. Z. 2656.
- [16] Umam, Z. A. (2016). Studi Diagenesa dan Fasies Batuan Karbonat terhadap Perkolasi Air Tanah untuk Penentuan Akuifer Daerah Pacarejo, Semanu, Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Seminar Nasional Kebumian Ke-9 (hal. 318-324). Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- [17] Sistem Informasi Kalurahan Pacarejo. (2018) Tata Ruang Desa Pacarejo. <https://pacarejo.id/>. Diakses pada Juni 2024.