

Identifikasi Daerah Rawan Longsor Berdasarkan Kecepatan Gelombang Geser (Vs30) Di Desa Salamkanci, Kecamatan Bandongan

Identification of Landslide Prone Areas Based on Shear Wave Velocity (Vs30) in Salamkanci Village, Bandongan District

Ilqia Rahma^{1*}, Dian Susri Nurhaci², Setyoadjie Prayoedhie²

¹Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang, Sekaran, Gunungpati, Semarang, Jawa Tengah 50229

²Stasiun Geofisika Kelas I Sleman, Jl. Wates Km. 8, Jitengan, Balecatur, Gamping, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55295

INFO ARTIKEL

Naskah masuk : 30 September 2022

Naskah diperbaiki : 10 Maret 2023

Naskah diterima : 15 April 2023

Kata kunci:

Mikrotremor
Kecamatan Bandongan
tanah longsor
Vs30

Keywords:

Microtremor
Bandongan District
landslide
Vs30

* Email Korespondensi:

ilqiarahma@gmail.com

ABSTRAK

Kecamatan Bandongan merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Magelang yang memiliki detail luas kawasan sebesar 45,79 km² yang memiliki riwayat bencana longsor cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi daerah rawan longsor berdasarkan parameter mikroseismik dengan menggunakan data pengukuran mikrotremor oleh BMKG Kelas I Sleman Yogyakarta. Analisis mikrotremor dilakukan menggunakan metode HVSR dengan dibantu software Geopsy. Inversi kurva H/V dilakukan menggunakan program dinver untuk mendapatkan ground profile berisi kedalaman tiap lapisan terhadap nilai kecepatan gelombang geser. Hasil penelitian memperlihatkan rentang nilai frekuensi dominan yang relatif bervariasi dan berada pada kisaran antara 1,01502 - 17,6748 Hz. Nilai amplifikasi dalam kisaran antara 2.64533 - 23.5064 dengan besar distribusi faktor amplifikasi dominan tinggi. Nilai kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter (Vs30) di daerah tersebut tergolong dominan sedang dengan rentang 209.16 – 876.90 m/s yang termasuk dalam klasifikasi tanah padat dan batuan lunak berupa lempung dan breksi. Daerah ini memiliki ketebalan sedimen yang bervariasi namun didominasi sedimen tebal dengan rentang 3.86 – 232meter. Daerah di Kecamatan Bandongan Kabupaten Magelang yang memiliki tingkat kerawanan terhadap bencana tanah longsor paling tinggi diperoleh pada titik pengukuran nomor 19 dengan risiko kerusakan yang tinggi pula.

ABSTRACT

Bandongan District is one of the sub-districts in Magelang Regency which has a detailed area of 45.79 km² which has a fairly high history of landslides. This research aims to identify landslide-prone areas based on microseismic parameters using microtremor measurement data by BMKG Class I Sleman Yogyakarta. Microtremor analysis was carried out using the HVSR method with the help of Geopsy software. The H/V curve inversion was carried out using the dinver program to obtain a ground profile containing the depth of each layer relative to the shear wave velocity value. The research results show that the range of dominant frequency values is relatively varied and is in the range between 1.01502 - 17.6748 Hz. The amplification value is in the range between 2.64533 - 23.5064 with a large distribution of dominantly high amplification factors. The value of shear wave velocity up to a depth of 30 meters (Vs30) in this area is classified as moderately dominant with a range of 209.16 – 876.90 m/s which is included in the classification of solid soil and soft rock in the form of clay and breccia. This area has varying sediment thickness but is dominated by thick sediment with a range of 3.86 – 232 meters. The area in Bandongan District, Magelang Regency which has the highest level of vulnerability to landslides is found at measurement point number 19 with a high risk of damage.

© 2023 Jurnal Stasiun Geofisika Sleman

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki potensi bencana yang besar karena letaknya berada di antara tiga lempeng besar dunia (Eurasia, IndoAustralia, Pasifik). Zona konvergen pada

batas lempeng dihasilkan dari pergerakan lempeng yang melepaskan energi yang telah terkumpul sekian lama secara tiba-tiba dan menyebabkan getaran yang menimbulkan banyak bencana, salah satunya tanah longsor [1].

Kabupaten Magelang merupakan salah satu daerah yang sering mengalami peristiwa tanah longsor. Melalui data bencana yang tersedia di website BPBD Kabupaten Magelang, telah terjadi 1.191 kasus bencana tanah longsor yang terjadi selama rentang waktu 2016 hingga pertengahan 2022. Lokasi bencana tanah longsor tersebar merata di Kabupaten Magelang. Terkhusus wilayah Kecamatan Bandongan yang memiliki total kasus tanah longsor sebanyak 49 selama enam tahun terakhir.



Gambar 1. Peristiwa tanah longsor yang terjadi di Desa Salamkanci Kecamatan Bandongan.

Kecamatan Bandongan merupakan salah satu kecamatan yang terdapat di Kabupaten Magelang. Luas Kecamatan Bandongan kurang lebih 45.79 km² dengan rentang ketinggian 300-700m DPL. Kondisi geologi Kecamatan Bandongan tersusun atas regosol kelabu dan coklat tua, andosol coklat, lithosol latosol coklat, dan latosol coklat tua kemerahan.

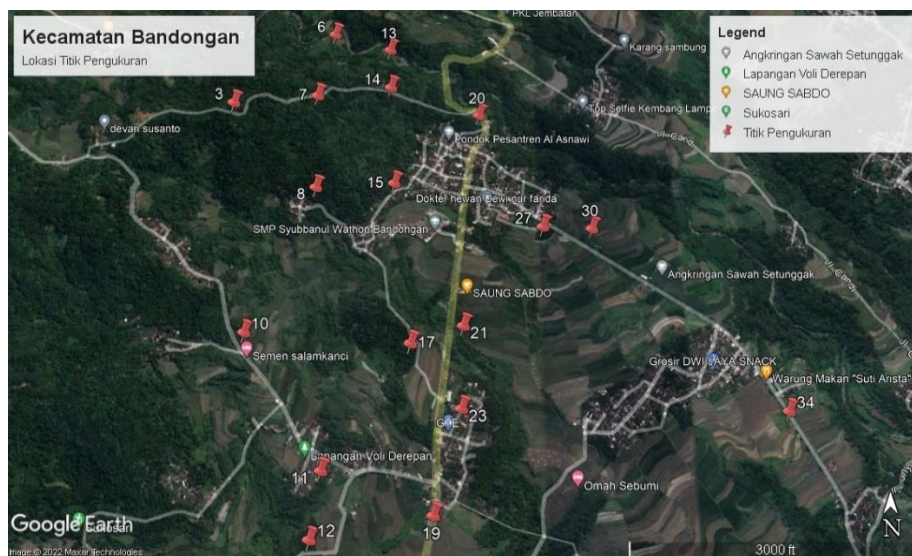
Berdasarkan data kependudukan yang didapatkan dari website Badan Pusat Statistik Kabupaten Magelang

diketahui bahwa Kabupaten Magelang mengalami pelonjakan jumlah penduduk di rentang tahun 2010 – 2021 yaitu dari total 1.181.916 jiwa mengalami peningkatan menjadi 1.305.512 jiwa [2]. Pertambahan jumlah penduduk meningkatkan kebutuhan akan tempat tinggal maupun ketersediaan ruang atau lahan bagi makhluk hidup sehingga berdampak pada ketersediaan ruang atau lahan yang semakin berkurang [3]. Penggunaan lahan yang tak terencana akan menimbulkan kerusakan lahan dan lingkungan [4].

Berdasarkan latar belakang yang telah terpapar, penulis tertarik untuk mengidentifikasi struktur dan kedalaman lapisan bawah tanah Kecamatan Bandongan menggunakan nilai kecepatan gelombang geser (V_s30). Penulis melakukan pengolahan data mikrotremor wilayah Kecamatan Bandongan karena wilayah ini diketahui sering terjadi bencana tanah longsor. Dalam penelitian ini diharapkan mampu memetakan daerah Kecamatan Bandongan yang paling rawan terjadi bencana longsor sehingga nantinya hasil penelitian dapat menjadi salah satu mitigasi dari bencana longsor hingga gempa guna meminimalisir dampak yang ditimbulkan dari bencana-bencana tersebut.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan data sekunder mikrotremor dari hasil pengukuran oleh BMKG (Stasiun Geofisika Kelas I Sleman) pada tanggal 14-15 Agustus 2018 di Desa Salamkanci dan Kedungsari, Kecamatan Bandongan, Kabupaten Magelang. Pengukuran berjumlah 18 titik dengan durasi 30 menit di masing-masing titik. Pengolahan dilakukan dengan menggunakan metode HVSR dan *Ellipticity Curve*.

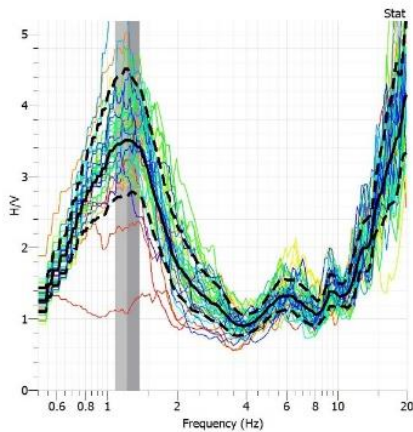


Gambar 2. Lokasi titik pengukuran mikroseismik di Kecamatan Bandongan.

Metode HVSR digunakan untuk mengestimasi frekuensi alami dan amplifikasi geologi setempat dari data mikrotremor [5]. Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) didasarkan pada asumsi bahwa perbandingan spektrum horizontal dan vertikal dari getaran permukaan merupakan fungsi perpindahan, dapat dirumuskan sebagai berikut persamaan (1).

$$T_{site} = \frac{\sqrt{(S_{North-South})^2 + (S_{East-West})^2}}{S_{Vs}} \quad (1)$$

Dengan T_{site} adalah spektrum rasio HVSR, $S_{North-South}$ adalah spektrum komponen horizontal utara-selatan, $S_{East-West}$ adalah spektrum komponen horizontal barat-timur, dan S_{Vs} adalah spektrum komponen vertikal [6]. Penerapan metode HVSR pada penelitian ini dilakukan menggunakan software geopsy dengan cara *cutting* dan *windowing* sinyal mikrotremor.

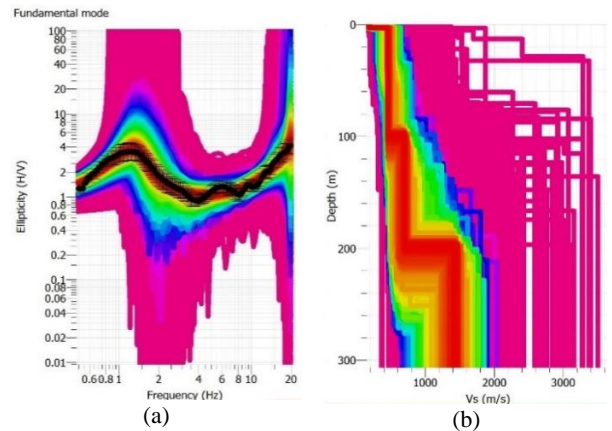


Gambar 3. Grafik frekuensi dan amplitudo H/V dari HVSR.

Inversi gelombang rayleigh adalah proses memodelkan struktur bawah permukaan untuk mendapatkan parameter-parameter elastis kurva disperse (*ellipticity curve*) yang tidak diketahui sebelumnya. Penyelesaian proses inversi bergantung pada kemampuan menentukan harga parameter yang mendekati harga data eksperimen dengan cara melakukan pengulangan (iterasi). Tingkat keakuratan dari proses ini dapat dilihat dari *error (misfit)* dan kurva *ellipticity*. Profil kecepatan gelombang geser akan dinilai akurat jika garis kurva hasil perhitungan matematis berhimpit atau mendekati garis kurva data lapangan. Selain itu, semakin kecil nilai error dari proses iterasi, maka profil kecepatan gelombang geser yang diperoleh akan semakin baik [7].

Metode *ellipticity curve* memiliki beberapa parameter yang harus ditentukan nilai awalnya untuk menentukan model bawah permukaan. Parameter-parameter tersebut antara lain, kecepatan gelombang S (V_s), kecepatan gelombang P (V_p), *poisson's ratio*, dan densitas batuan. Proses inversi kurva H/V untuk mendapatkan *ellipticity curve*, *ground profile*, nilai kecepatan gelombang geser,

serta kedalaman lapisan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan program *inver* yang terdapat di software *geopsy*.



Gambar 4. Grafik frekuensi dan amplitudo H/V dari HVSR.

Selanjutnya nilai kecepatan gelombang geser hasil inversi dapat digunakan untuk perhitungan nilai V_{s30} pada masing-masing titik pengukuran dengan menggunakan persamaan 2 [8].

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \left(\frac{h_i}{v_i} \right)} \quad (2)$$

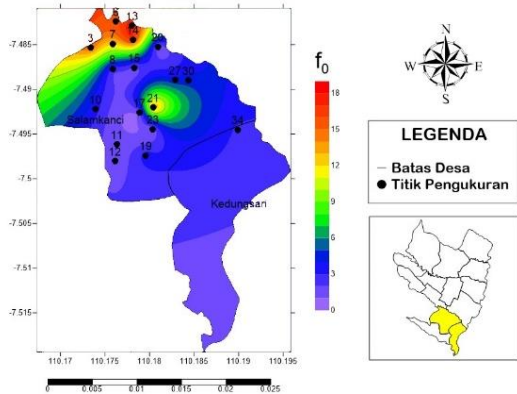
Dengan, h_i adalah ketebalan lapisan sedimen (m), V_i adalah kecepatan gelombang geser (m/s), dan N adalah jumlah lapisan dalam rentang kedalaman 30 m. nilai V_{s30} dari perhitungan persamaan tersebut dapat digunakan untuk menentukan karakteristik jenis tanah di masing-masing titik pengukuran hingga kedalaman 30 meter.

3. Hasil Dan Pembahasan

Analisis Frekuensi Dominan. Nilai frekuensi Dominan menggambarkan karakteristik kondisi lapisan sedimen. Daerah yang tersusun oleh lapisan sedimen tebal memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap bahaya bencana tanah longsor karena lapisan sedimen mudah mengalami deformasi atau perpindahan massa tanah. Mikrozonasi nilai frekuensi dominan di Kecamatan Bandongan khususnya Desa Salamkanci ditunjukkan pada Gambar 5.

Sebaran nilai frekuensi dominan dikategorikan dalam empat jenis tanah yang didasarkan pada tabel klasifikasi tanah menurut Kanai. Nilai frekuensi dominan terendah adalah 1,01502 Hz yang berada di titik 23 yang ditandai dengan kontur berwarna ungu. Sedangkan nilai frekuensi dominan tertinggi berada di titik 13 dengan besar nilai 17,6748 Hz yang ditandai dengan kontur berwarna merah. Jenis tanah I berada pada 6 titik pengukuran yaitu titik 3, 6, 7, 13, 14, dan 21 dengan rentang nilai f_0 sebesar 12,11 – 17,67 Hz menggambarkan jenis tanah berupa batuan pasir berkerikil keras (*hard sandy gravel*). Jenis tanah II berada pada 2 titik pengukuran yaitu titik 27 dan 30 dengan

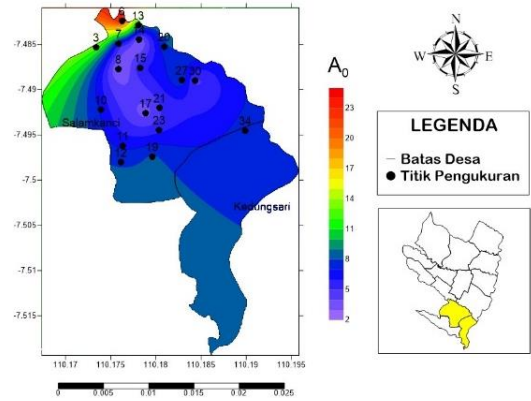
rentang nilai f_0 sebesar 4,28 – 4,55 Hz menggambarkan jenis tanah berupa pasir kerikil (*sandy gravel*), lempung keras berpasir (*sandy hard clay*), tanah liat, lempung (*loam*) dan sebagainya. Jenis tanah III berada pada 3 titik pengukuran yaitu titik 10, 19, dan 34 dengan rentang nilai f_0 sebesar 2,83 – 3,48 Hz, menggambarkan jenis tanah yang hampir sama dengan tanah jenis II dengan ketebalan sedimen yang lebih tebal. Jenis tanah IV berada pada 7 titik pengukuran yaitu titik 8, 11, 12, 15, 17, 20, dan 23 dengan rentang nilai f_0 sebesar 1,01 – 2,26 Hz menggambarkan jenis tanah berupa sedimentasi delta, top soil, lumpur, tanah lunak, humus, endapan delta atau endapan lumpur.



Gambar 5. Peta mikrozonasi Desa Salamkanci dan Kedungsari berdasarkan nilai frekuensi dominan.

Berdasarkan peta sebaran nilai frekuensi dominan pada Gambar 5, daerah penelitian sebagian besar berwarna biru tua dan ungu yang menunjukkan nilai frekuensi dominan memiliki nilai yang kecil yakni <4 Hz. Maka, dapat diinterpretasikan bahwa Kecamatan Bandongan, khususnya Desa Salamkanci ini didominasi oleh batuan dengan tingkat kekerasan yang lunak dengan sedimen yang tebal.

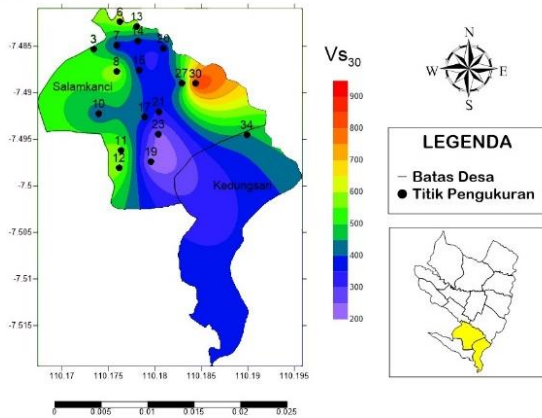
Analisis Faktor Amplifikasi. Amplifikasi merupakan penguatan amplitudo gelombang yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar medium (lapisan). Amplifikasi terjadi ketika frekuensi gelombang seismik yang terjebak di suatu lapisan sedimen memiliki nilai yang sama dengan frekuensi dominan di daerah tersebut sehingga terjadi resonansi gelombang. Pada frekuensi resonansi, gelombang seismik yang berasal dari lapisan *bedrock* akan diperbesar beberapa kali sehingga amplitudo gelombang seismik di lapisan sedimen akan semakin besar. Dengan begitu, daerah yang memiliki litologi yang lebih lunak akan mengalami penguatan atau amplifikasi gelombang yang lebih besar dibandingkan dengan daerah yang tersusun dari material yang lebih keras. Daerah yang mengalami amplifikasi tinggi berpotensi besar mengalami kerusakan.



Gambar 6. Peta mikrozonasi Desa Salamkanci dan Kedungsari berdasarkan nilai faktor amplifikasi.

Nilai faktor amplifikasi mempengaruhi kestabilan dan kesetimbangan bangunan. Ketika suatu daerah memiliki nilai faktor amplifikasi yang tinggi, maka risiko kerusakan bangunan yang ada di daerah tersebut akan semakin tinggi dan sebaliknya. Sebaran nilai amplifikasi di Desa Salamkanci termasuk dalam empat klasifikasi. Nilai terendah terdapat pada titik 8 dengan besar nilai amplifikasi 2.64533 dan ditandai dengan kontur berwarna ungu. Sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada titik 6 dengan besar nilai amplifikasi 23.5064 dan ditandai dengan kontur berwarna merah. Nilai amplifikasi yang termasuk dalam kategori rendah berada pada 2 titik pengukuran yaitu titik 8 dan 14 dengan rentang nilai amplifikasi 2.64533 – 2.99089. Nilai amplifikasi yang termasuk dalam kategori sedang berada pada 5 titik pengukuran yaitu titik 17, 30, 21, 23, dan 7 dengan rentang nilai amplifikasi 3.50603 – 5.88228. Nilai amplifikasi yang termasuk dalam kategori tinggi berada pada 8 titik pengukuran yaitu titik 15, 11, 10, 34, 12, 20, 27, dan 19 dengan rentang nilai amplifikasi 6.00531 – 8.22376. Nilai amplifikasi yang dalam kategori sangat tinggi berada pada 3 titik pengukuran yaitu titik 13, 3, dan 6 dengan rentang nilai amplifikasi 9.75222 – 23.5064. Berdasarkan analisis tersebut, maka daerah yang termasuk dalam kategori amplifikasi sangat tinggi yaitu titik 13, 3, dan 6 merupakan daerah yang memiliki tingkat kerusakan bangunan paling besar apabila terjadi peristiwa longsor dan gempa di sekitar daerah tersebut.

Analisis Vs30. Kecepatan gelombang geser (v_s) merupakan salah satu parameter penting untuk mendeskripsikan litologi bawah permukaan yang diperoleh dari pemodelan *ground profile vs* dengan metode *ellipticity curve* berdasarkan inversi kurva H/V hasil pengukuran. Layer atau lapisan material di daerah ini ditetapkan berjumlah lima dengan menggunakan linear increase pada proses inversi. Nilai dari kecepatan gelombang geser hasil inversi tersebut dapat digunakan untuk perhitungan nilai Vs30 pada masing-masing titik pengukuran dengan menggunakan persamaan 2 [8].



Gambar 7. Peta mikrozonasi Desa Salamkanci dan Kedungsari berdasarkan nilai Vs30.

Rentang nilai Vs30 yang diperoleh pada setiap titik dalam penelitian ini berkisar antara 209 – 876 m/s. Berdasarkan klasifikasi tanah yang mengacu pada SNI (1726:2019) [9], rentang nilai tersebut masuk ke dalam kelas tanah sedang (*medium soil*) hingga batuan dengan pelapukan sedang.

Berdasarkan profil tanah terhadap kecepatan gelombang geser (Vs) pada Gambar 4.b, dapat diperoleh ketebalan lapisan sedimen dengan nilai vs < 750 m/s yang didasarkan pada aturan SNI 1726:2012 yang mengasumsikan bahwa batuan dasar (*bedrock*) memiliki nilai vs ≥ 750 m/s. Desa Salamkanci memiliki kedalaman lapisan sedimen yang sangat besar dengan rentang kedalaman 3.86 – 232meter. Lapisan sedimen yang paling tebal berada pada titik pengukuran nomor 19 dengan besar kedalaman 232.53 meter.

Tabel 1. Klasifikasi site berdasarkan Vs30 di tiap titik pengukuran

Klasifikasi Site	Deskripsi	Titik Pengukuran
B	Batuan dengan pelapukan sedang	30
C	Tanah padat/keras dan batuan lunak	20, 7, 15, 14, 17, 10, 27, 34, 3, 13, 11, 12, 6, 8
D	Tanah sedang	19, 23, 21

Sesuai analisis nilai Vs30 yang telah dilakukan, daerah yang memiliki tingkat kerawanan terhadap bencana longsor berada di daerah yang memiliki nilai Vs30 paling rendah yaitu titik pengukuran nomor 19 yang berada di bagian selatan Desa Salamkanci dengan besar nilai kecepatan gelombang geser 209 m/s. Nilai tersebut menunjukkan klasifikasi tanah jenis D yaitu tanah sedang berupa tuff dan tanah pelapukan berupa lempung pasir yang mana mempunyai sifat kembang kusut (*shrinkage limit*) tinggi sehingga pada saat kemarau, tanah mengalami retak-retak dan menjadi pemicu tanah longsor. Hal ini diperkuat dengan *ground profile* yang didapatkan dari hasil inversi kurva H/V bahwa *bedrock* pada daerah tersebut ditemukan di kedalaman 232 meter. Daerah ini merupakan daerah yang memiliki ketebalan sedimen paling besar dibanding titik pengukuran lainnya. Kedalaman sedimen yang tebal di titik pengukuran nomor 19 ini sesuai dengan nilai frekuensi dominan yang didapatkan yaitu sebesar 3.48 Hz dan termasuk dalam kategori tipe II yang menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki lapisan sedimen yang cukup tebal. Nilai amplifikasi pada titik pengukuran nomor 19 termasuk dalam klasifikasi tinggi dengan besar nilai amplifikasi 8.22376, sehingga saat terdapat getaran di daerah tersebut, tingkat kerusakan yang besar akan diperoleh pada bangunan dan fasilitas di sekitarnya. Kesimpulan ini diperkuat dengan fakta bahwa daerah di sekitar titik 19 memiliki rentang kemiringan lereng sebesar 20°- 40° yang juga menjadi salah satu pendorong terjadinya tanah longsor di daerah tersebut.

4. Kesimpulan

Desa Salamkanci memiliki nilai frekuensi dominan yang didominasi oleh frekuensi rendah yang menunjukkan bahwa daerah ini memiliki lapisan sedimen yang tebal. Nilai amplifikasi Desa Salamkanci didominasi oleh klasifikasi tinggi yang menunjukkan bahwa daerah ini memiliki tingkat kerusakan cukup parah apabila terjadi getaran. Desa Salamkanci memiliki nilai Vs30 yang didominasi oleh nilai Vs30 yang termasuk dalam klasifikasi tanah padat dan batuan lunak berupa lempung dan breksi. *Ground profile* yang didapat dari proses inversi menggambarkan lapisan sedimen di daerah ini termasuk tebal. Daerah di Desa Salamkanci Kecamatan Bandongan yang memiliki tingkat kerawanan terhadap bencana tanah longsor paling tinggi diperoleh pada titik pengukuran nomor 19 dengan risiko kerusakan yang tinggi pula.

Daftar Pustaka

[1] Handayani, S., Niyartama, T. F., dan ibowo, N. B. (2019), "Studi Site Effect (Tapak Lokal) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah," *Prosiding Seminar Nasional Fisika Festival, Yogyakarta*, 92–101, 2019

[2] BPS. "Data Kependudukan di Kabupaten Magelang". Internet: <https://magelangkab.bps.go.id/>, diakses 20 September 2022.

- [3] Saputra, R. O., Wicaksono, A. P., dan Lukito, H, "Analisis Kesesuaian Lahan untuk Kawasan Permukiman di Dusun Gorangan Lor, Desa Kalisalak, Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah." *Satu Bumi*, 355–361, 2021.
- [4] Puspitarini, I., dan Jatmiko, R. H, "Pemanfaatan Citra Aster dan Sistem Informasi Geografis untuk Menentukan Lokasi Potensial Pengembangan Permukiman (di Sebagian Kabupaten Magelang, Jawa Tengah)," *Jurnal Bumi Indonesia*, 85–92, 2012.
- [5] Nakamura, Y, "Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications," *The 12th World Conference on Earthquake Engineering*, 1–8, 2000.
- [6] Satria, A., Resta, I. L., dan Muchtar, N, "Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen dan Indeks Kerentanan Seismik Kota Jambi Bagian Timur," *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 6(1), 18–30, 2020.
- [7] Patimah, S., Wibowo, N. B. dan Darmawan, D, "Analisis Litologi Bawah Permukaan Berdasarkan Ground Profiles Kecepatan Gelombang Geser dengan Metode Ellipticity Curve di Kecamatan Prambanan dan Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten," *Jurnal Fisika*, 7, 59–65, 2018.
- [8] Rusydi, M., Efendi, R., Sandra, dan Rahmawati, "Earthquake Hazard Analysis Use Vs30 Data in Palu," *The 2nd International Conference on Science (ICOS)*, 979(1), 1–10, 2018.
- [9] BSN. SNI 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta, 2019.