

Identifikasi Sebaran Nilai Frekuensi Dominan dan Faktor Amplifikasi Menggunakan Metode Mikrotremor Pada Kawasan Tanah Longsor di Dusun Benge, Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo, Wonogiri

Identification of the Distribution of Dominant Frequency Values and Amplification Factor Using the Microtremor Method in the Landslide Area in Benge Hamlet, Dlepih Village, Tirtomoyo District, Wonogiri

Salma Khoirunnisa^{1*}, Fathunajah Elsha Christalianingsih¹, Wuri Handayani²
Thaqibul Fikri Niyartama¹, Nugroho Budi Wibowo^{1,2}

¹Prodi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281

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

INFO ARTIKEL

Naskah masuk : 30 Desember 2024
Naskah diperbaiki : 10 April 2025
Naskah diterima : 20 April 2025

Kata kunci:
Mikrotremor
HVSr
frekuensi dominan
faktor amplifikasi

Keywords:
Microtremor
HVSr
dominant frequency
amplification factor

ABSTRAK

Indonesia, sebagai negara yang terletak pada pertemuan tiga lempeng, memiliki risiko tinggi terhadap bencana tanah longsor. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sebaran nilai frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) di Dusun Benge, Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo, Wonogiri, menggunakan metode mikrotremor. Pengukuran mikrotremor dilakukan di 60 titik dengan interval jarak 50-200 meter. Data yang diperoleh, diolah menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)* untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan dan amplifikasi. Hasil pengolahan kemudian direpresentasikan dalam bentuk peta kontur. Nilai frekuensi dominan berkisar antara 0.5 hingga 12.73 Hz, dengan titik tertinggi terdapat pada Formasi Nglanggran. Faktor amplifikasi bervariasi antara 0.8 hingga 15. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai karakteristik geologis kawasan longsor dan potensi risiko yang ada, yang diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan mitigasi bencana yang lebih efektif.

ABSTRACT

Indonesia, a country situated at the meeting point of three tectonic plates, has a high risk of landslides. This research aims to identify the distribution of dominant frequency (f_0) and amplification factor (A_0) values in Benge Hamlet, Dlepih Village, Tirtomoyo District, Wonogiri, using the microtremor method. Microtremor measurements were conducted at 60 points, spaced at intervals of 50-200 meters. The data obtained was processed using the Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (HVSr) method to determine the dominant frequency and amplification values. The processing results are then represented in the form of a contour map. The dominant frequency values range from 0.5 to 12.73 Hz, with the highest point found in the Nglanggran Formation. The amplification factor ranges from 0.8 to 15. This research provides a deeper understanding of the geological characteristics of landslide areas and the potential risks that exist, which is expected to serve as a basis for more effective disaster mitigation planning.

© 2025 Jurnal Stasiun Geofisika Sleman

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak pada pertemuan tiga lempeng, yaitu lempeng India-Australia yang cenderung bergerak ke Utara, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik yang cenderung bergerak ke arah Barat Laut. Dampak interaksi ini memberikan pengaruh besar terhadap tatanan tektonik di Indonesia [1], salah satunya menjadikan wilayah Indonesia memiliki rangkaian pegunungan dengan kemiringan yang terjal, struktur geologi yang kompleks dan litologi yang beragam [2]. Hal

ini menyebabkan Indonesia menjadi salah satu wilayah dengan kejadian gerakan tanah yang tinggi. Bencana ini dapat menyebabkan kerusakan seperti rusaknya fasilitas umum, lahan pertanian, dan dapat menghambat aktivitas masyarakat [3]

Salah satu wilayah di Indonesia yang pernah terdampak bencana gerakan tanah atau tanah longsor yaitu Dusun Benge. Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Wonogiri, wilayah ini terdampak Bencana tanah longsor pada tahun 2017

dan memakan 2 korban jiwa. Wilayah ini terletak di Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo dan berada pada rangkaian Pegunungan Seribu yang terbentang memanjang di sepanjang Pantai Selatan. Wilayah ini juga berada pada kawasan yang tersusun atas lereng-lereng yang curam [4]. Hal tersebut menjadi pemicu hilangnya kestabilan lereng sehingga mengakibatkan terjadinya tanah longsor.

Tanah longsor, menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi 2005 adalah gerakan tanah yang didefinisikan sebagai massa tanah atau material campuran kerikil, lempung, pasir, dan kerakal serta bongkah dan lumpur yang bergerak sepanjang lereng karena adanya gaya gravitasi bumi [5]. Proses terjadinya tanah longsor dapat disebabkan oleh banyak faktor seperti kondisi geologi regional yaitu formasi penyusun bawah permukaan. Informasi bawah permukaan pada suatu wilayah dapat diketahui dengan melakukan pengukuran menggunakan metode mikrotremor. Berdasarkan hasil pengolahan menggunakan metode ini maka akan diperoleh nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi tanah (A_0). Kedua parameter tersebut dapat menunjukkan karakteristik batuan penyusun bawah permukaan.

Mikrotremor. Mikrotremor merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik bawah permukaan. Salah satu metode mikrotremor yang sering digunakan ialah metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)*. Metode *HVSr* menghasilkan 2 parameter nilai yaitu nilai frekuensi dominan dan faktor Amplifikasi. Amplifikasi merupakan nilai perbesaran gelombang seismik akibat adanya perbedaan antar lapisan batuan. Nilai Amplifikasi juga dapat digunakan untuk memahami kondisi geologi seperti persebaran formasi di wilayah penelitian. Frekuensi dominan merupakan nilai frekuensi yang sering muncul pada lapisan batuan di suatu wilayah yang dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batuan tersebut [6]. Frekuensi dominan memiliki hubungan berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan sedimen. Nakamura (1997) menyatakan bahwa nilai frekuensi dominan dapat ditentukan menggunakan persamaan:

$$f_0 = \frac{V_s}{4A_0H} \quad (1.)$$

Dengan:

f_0 = Frekuensi dominan

v_s = Kecepatan gelombang geser

H = Ketebalan lapisan lapuk

Geologi daerah Penelitian. Daerah penelitian ini berada pada wilayah perbukitan dengan lereng yang curam. Apabila dilihat dari Peta Geologi Lembar Ponorogo, wilayah ini terdiri atas 2 formasi, yaitu Formasi Nglanggran dan Formasi Semilir. Formasi Nglanggran

tersusun atas runtunan batuan gunungapi yaitu andesit-basalt yang disusun oleh breksi gunung api dan batupasir. Sementara formasi semilir terdiri runtunan turbidit yang dikendalikan oleh breksi berbatuapung dan batupasir kerikilan, batupasir dan batulempung. Sementara Formasi Semilir tersusun atas Runtunan turbidit yang dikendalikan oleh breksi berbatuapung dan batupasir kerikilan, batupasir dan batulempung. Sebagian dari breksi berbatuapung terkloritkan sehingga berwarna kehijauan, terutama batuapung yang terdiri dari dasit dan sedikit andesit, basal dan batupasir dengan tebal lapisan beragam, antara 1-5 m. Batupasir kerikilan dan batupasir tersusun atas komponen andesit, basal, batupasir dan sedikit batuapung; berstruktur perlapisan bersusun dan perarian sejajar. Batulempung berwarna coklat hingga kelabu, tebal rata-rata 30 cm berstruktur konvolut.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode mikrotremor dengan tujuan mengetahui nilai frekuensi dominan (f_0) dan nilai faktor Amplifikasi (A_0) serta dapat mengidentifikasi persebaran nilai frekuensi dominan (f_0) dan nilai faktor amplifikasi (A_0) berdasarkan peta kontur di Dusun Benge, Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri.

2. Metode Penelitian

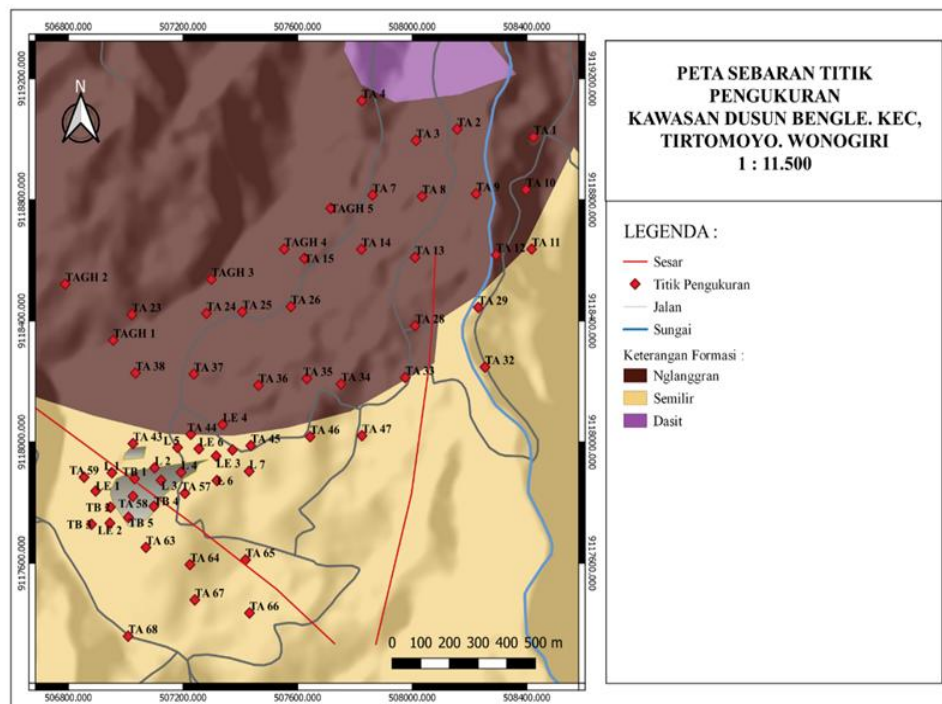
Pengukuran Mikrotremor dilakukan di Dusun Benge, Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri dengan batas koordinat $111^\circ 3' 20.17''$ BT - $111^\circ 4' 57.97''$ BT, dan $7^\circ 59' 24.03''$ LS - $7^\circ 57' 54.04''$ LS. Dilakukan pengukuran di 60 titik dengan interval jarak 50-200 meter. Pengukuran dilakukan sesuai dengan desain survei yang telah tertampil pada Gambar 1.

Alat. Alat yang digunakan dalam selama penelitian berlangsung dibagi menjadi dua jenis yaitu perangkat dan perangkat lunak. Perangkat keras merupakan alat alat yang diperlukan pada saat pengambilan data lapangan, sedangkan perangkat lunak digunakan dalam proses pengolahan data lapangan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. dan Tabel 2.

Bahan. Pada penelitian ini menggunakan data mikrotremor primer hasil akuisisi data Kuliah Lapangan mahasiswa bidang minat Geofisika angkatan 2021 di Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri. Berikut bahan yang diperlukan dalam penelitian :

1. Data mikrotremor berupa data data primer hasil pengukuran.
2. Peta Geologi Lembar Ponorogo [7]
3. Peta Digital Elevation Model (DEM) daerah penelitian.

Pengukuran ini mencakup 2 formasi geologi yaitu formasi Semilir dan formasi Nglanggran. Data hasil pengukuran ini kemudian diolah menggunakan metode HVSr sesuai dengan diagram alir pada gambar 2.



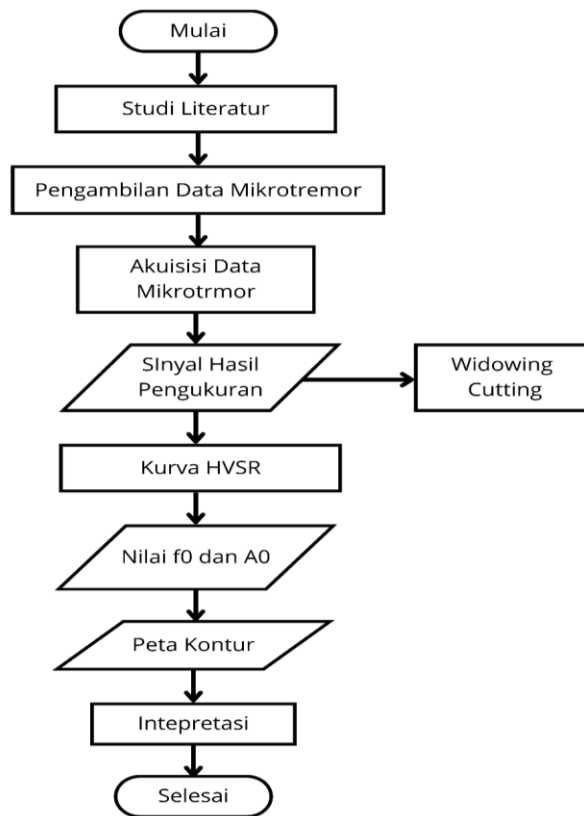
Gambar 1. Desain Survey Penelitian

Tabel 1. Perangkat Keras

No.	Nama	Jumlah	Fungsi
1	Sensor Seismometer LE-3Dlite	1	Mengukur getaran tanah pada tiap titik pengukuran.
2	Portable Seismograph Taurus Global	1	Merekam getaran tanah yang ditangkap oleh sensor seismometer.
3	Posiotioning System (GPS)	1	Mengetahui posisi titik pengukuran
4	Aki	1	Sumber arus
5	Kabel Konektor	1	Menghubungkan digitizer dengan sensor seismometer.
6	Kompas	1	Menentukan arah saat memasang sensor seismometer
7	Log Sheet	1	Mencatat data akuisisi mikrotremor.

Tabel 2. Perangkat Lunak

No.	Nama	Fungsi
1	Google Earth	Mengetahui gambaran daerah penelitian dan menentukan titik penelitian
2	Software Sesarray Geopsy	Untuk mengolah data sinyal mikrotremor untuk memperoleh kurva h/v sebagai fungsi frekuensi dominan
3	Software Global Mapper	Membantu proses register peta
4	Software Surfer 12	Membantu menginterpretasikan data nilai frekuensi dominan menjadi peta kontur
5	Microsoft Excel	Mengolah data matematis.



Gambar 2. Diagram Alir

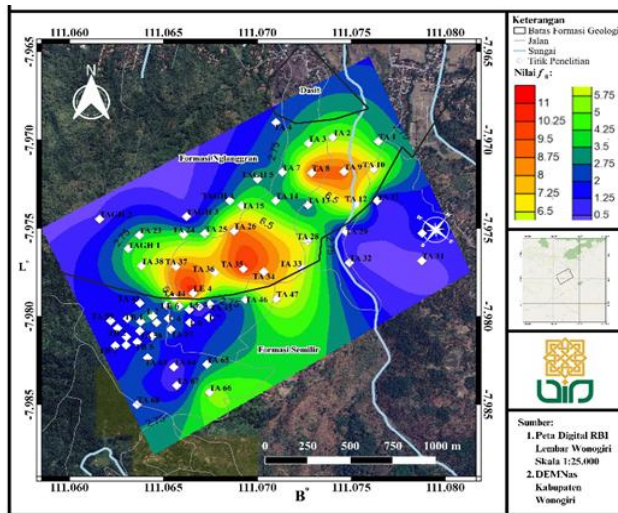
Metode *HVSR* merupakan perbandingan antara komponen horizontal dan vertikal terhadap kurva eliptisitas pada gelombang Rayleigh. Pengolahan *HVSR* dilakukan untuk mendapatkan rasio spektrum *Horizontal to Vertical (H/V)* yang diolah menggunakan software *Geopsy*. Data yang didapatkan saat pengukuran berupa data dalam spektrum sinyal yang memiliki 3 komponen, yaitu komponen *North - South*, komponen *East - West*, dan komponen *Up - Down*. Data sinyal tersebut kemudian dilakukan proses *Windowing Cutting* yang bertujuan untuk memilih data dengan menghilangkan *noise* yang terekam. Selanjutnya pada hasil pengolahan data akan dilakukan analisis spektrum fourier untuk mengubah domain waktu menjadi domain frekuensi. Metode *HVSR* menghasilkan spektrum kurva *H/V* yang menunjukkan nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi.

Nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi yang telah didapatkan dari kurva *H/V* akan direkap ke dalam software *Excel*. Setelah direkap, nilai nilai tersebut kemudian akan dibuat kontur pada software *Surfer*. Pada software tersebut akan tertampil menu *worksheet* dengan nilai x yaitu longitude, y latitude, dan z adalah nilai frekuensi dominan atau nilai faktor amplifikasi. Nilai nilai tersebut kemudian akan membentuk sebuah peta kontur.

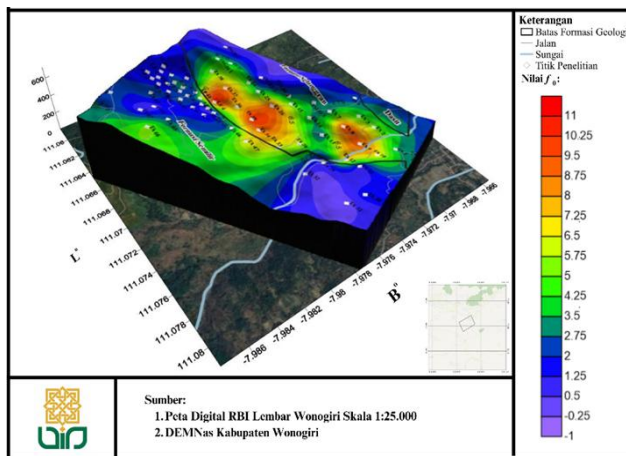
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data mikrotremor dengan menggunakan metode *HVSR* didapatkan data berupa kurva *H/V*. Kurva yang reliable tersebut menunjukkan nilai amplifikasi dan frekuensi yang diolah lebih lanjut menjadi peta kontur.

Frekuensi Dominan (f_0). Nilai frekuensi dominan merupakan hasil dari proses pengolahan kurva *H/V* menggunakan software *geopsy*. Persebaran nilai frekuensidominan di Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri dapat dilihat pada Gambar 3 Pada wilayah ini, sebaran nilai frekuensi dominan berada pada rentang nilai 0.5 s.d 12.7298 Hz. Gambar 4 menunjukkan informasi bahwa sebaran nilai frekuensi tertinggi berada pada titik pengukuran LE6 yang ditandai dengan warna merah. Nilai frekuensi dominan yang rendah berada pada titik pengukuran TA11 yang ditandai dengan warna biru. Titik pengukuran yang memiliki nilai frekuensi dominan yang tinggi berada pada Formasi Nglanggran, sementara titik-titik yang memiliki frekuensi dominan rendah berada pada Formasi Semilir.



Gambar 3. Peta 2D Sebaran Nilai Frekuensi Dominan pada Kawasan Tanah Longsor Dusun Benge



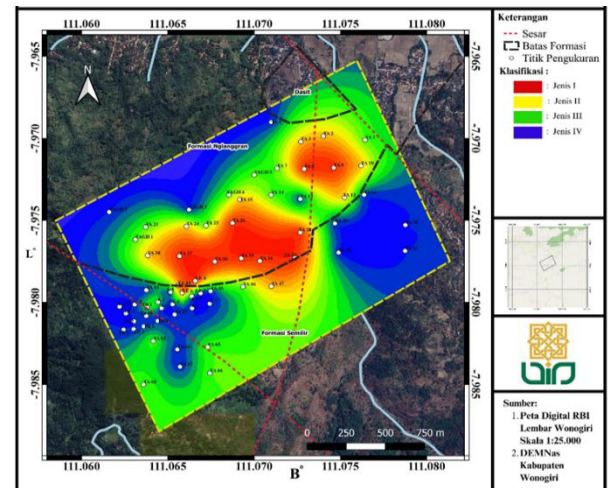
Gambar 4. Peta 3D Sebaran Nilai Frekuensi Dominan pada Kawasan Tanah Longsor Dusun Benge

Dari hasil pengolahan tersebut maka dilakukan pengelompokkan klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan. Menurut Kanai (1998), Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan dibagi menjadi 4 jenis sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

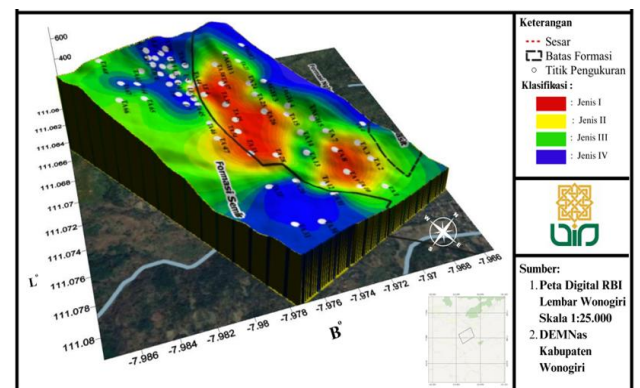
Peta klasifikasi nilai frekuensi dominan dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 yang menunjukkan informasi bahwa pada Formasi Nglanggran didominasi oleh klasifikasi jenis I yang berarti kondisi bawah permukaan tersusun atas sebagian besar batuan keras dengan lapisan sedimen yang tipis. Sedangkan pada Formasi Semilir didominasi oleh jenis III s.d IV dimana jenis ini menandakan bahwa kondisi bawah permukaan tersusun atas batuan lunak dengan lapisan sedimen yang relatif lebih tebal.

Tabel 3. Klasifikasi tanah berdasarkan data frekuensi dominan

No.	Klasifikasi Tanah	Frekuensi Dominan (Hz)	Titik Pengukuran
1.	Jenis I	6,7 s.d 20	TA2, TA9, TA8, TA3, TA28, TA26, TA33, TA34, TA35, TA36, LE4, TA44, LE6, TA37, TA24, TA38, TA47
2.	Jenis II	4 s.d 6,7	TA10, TA12, TA15, TA25, TA24, TA38, TA46
3.	Jenis III	2,5 s.d 4	TA1, TA7, TAGH5, TAGH4, TA14, TA23, L2, TB1, TA63, TA65, TA66, TA68, TA4, TA11, TA29, TA32, TA30, TA31, TA13, TAGH3, TAGH2, TA59, LE1, TB2, TB3, LE2, TB5, TA58, TB4, TA57, L6, LE3, L7, TA64, TA67
4.	Jenis IV	< 2,5	

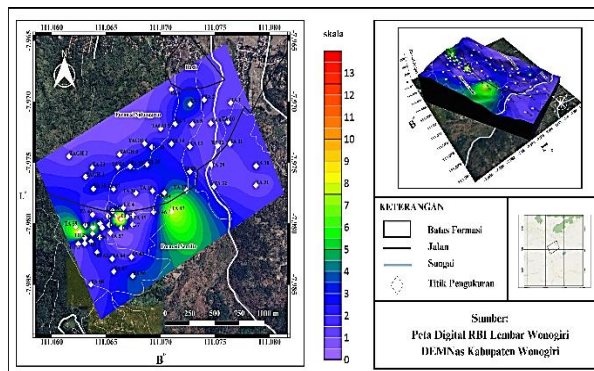


Gambar 5. Peta 2D Klasifikasi Tanah pada Kawasan Tanah Longsor Dusun Benge



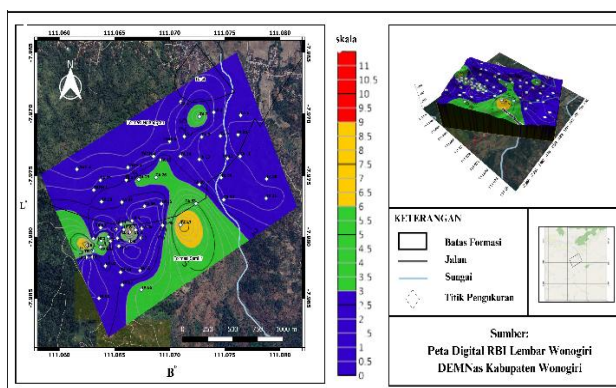
Gambar 6. Peta 3D Klasifikasi Tanah pada Kawasan Tanah Longsor Dusun Benge

Amplifikasi Dominan (A_0). Pada pengolahan data *HVSR* diperoleh juga nilai Amplifikasi (A_0). Faktor Amplifikasi (A_0) yaitu perbandingan kontras impedansi antara lapisan sedimen dipermukaan dan bedrock yang ada dibawahnya [8]. Faktor amplifikasi juga berkaitan dengan potensi kerusakan, semakin besar faktor amplifikasi semakin besar pula kerusakannya [9] Nilai faktor Amplifikasi di kawasan longsor Dusun Dlepih berada pada rentang 0.8 – 15. Nilai amplifikasi yang diperoleh pada setiap titik pengukuran kemudian dibuat peta persebaran nilai amplifikasi. Peta ini merupakan hasil dari pengolahan data sebanyak 60 titik yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta Persebaran Nilai Faktor Amplifikasi pada Kawasan Longsor Dusun Benge

Nilai nilai yang diperoleh tersebut kemudian diklasifikasikan menjadi 4 zona yaitu rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Nilai rendah ditandai dengan warna biru, sedang ditandai dengan warna hijau, tinggi ditandai dengan warna kuning, dan sangat tinggi ditandai dengan warna merah. Persebaran nilai tersebut dapat dilihat pada peta kontur klasifikasi faktor amplifikasi yang tertampil di gambar 8 dan pada Tabel 4.



Gambar 8. Peta Klasifikasi Persebaran Nilai Faktor Amplifikasi pada Kawasan Longsor Dusun Benge

Tabel 4. Klasifikasi nilai Faktor Amplifikasi [10]

Zona	Klasifikasi	Nilai Amplifikasi	Titik Pengukuran
1	Rendah	$A < 3$	L1, L3, L4, L5, L6, L7, LE2, LE4, LE5, LE4, LE5, LE6, TA1, TA10, TA11, TA12, TA14, TA2, TA23, TA24, TA28, TA29, TA30, TATA30, TA31, TA32, TA35, TA36, TA37, TA4, TA43, TA45, TA47, TA 57. TA63, TA54, TA65, TA67, TA68, TA7, TA8, TA9, TAGH1, TAGH2, TAGH3, TAGH4, TAGH5, TB2, TB3
2	Sedang	$3 \leq A < 6$	L2, TA25, TA26, TA3, TA33, TA38, TA 58, TA66
3	Tinggi	$6 \leq A < 9$	TA47, TB1
4	Sangat Tinggi	$A \geq 9$	LE1, LE3

Nilai faktor amplifikasi tertinggi berada pada titik LE3 yang ditandai warna merah dengan nilai faktor amplifikasi sebesar 15.01. Sementara nilai faktor amplifikasi yang rendah berada pada titik pengukuran L1 yang ditandai dengan warna biru. Nilai amplifikasi yang tinggi mengindikasikan jika area di sekitar titik pengukuran akan mempunyai potensi kerusakan yang lebih tinggi dibanding area lain apabila terjadi bencana gerakan tanah. Selain itu, nilai amplifikasi yang tinggi menunjukkan lapisan sedimen yang lunak dibandingkan lapisan dibawahnya (*bedrock*). *Bedrock* merupakan lapisan yang kedap air sehingga apabila terjadi hujan, air akan terakumulasi di lapisan sedimen dan bisa menyebabkan longsor [11]. Nilai amplifikasi dengan klasifikasi rendah rata rata berada pada titik dengan lokasi pengukuran pada formasi Nglanggran dan Nilai amplifikasi dengan klasifikasi sangat tinggi yaitu LE1 dan LE3 berada pada titik dengan lokasi pengukuran di Formasi Semilir dan masih berada pada area longsor.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut: Persebaran nilai frekuensi dominan berkisar antara 0.5 hingga 12.73 Hz, dengan titik pengukuran yang menunjukkan frekuensi tertinggi terletak pada Formasi Nglanggran dan frekuensi terendah pada Formasi Semilir. Klasifikasi tanah berdasarkan frekuensi dominan menunjukkan bahwa sebagian besar area dengan frekuensi tinggi terdiri dari batuan keras, sedangkan area dengan frekuensi rendah terdiri dari lapisan sedimen yang lebih tebal. Sementara persebaran nilai faktor amplifikasi berkisar antara 0.8 hingga 15, dengan zona klasifikasi dari rendah hingga sangat tinggi. Titik pengukuran dengan amplifikasi tertinggi yaitu 15.01 menunjukkan potensi kerusakan yang signifikan jika terjadi bencana gerakan tanah.

Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkaji lebih lanjut mengenai indeks kerentanan tanah pada wilayah penelitian agar dapat diketahui wilayah mana saja yang rentan akan bencana sehingga upaya untuk memitigasi bisa lebih efektif.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Stasiun Geofisika kelas I Sleman. Selain itu, ucapan terimakasih diberikan kepada pembimbing dan semua teman teman yang telah terlibat dalam proses pengambilan data yang dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1] S. Khoirunnisa, N. B. Wibowo, H. Rosyida, I. Khaerunnisa, D. Jannah, F. E. C. and I. M. S. A., "ANALISIS KEBERADAAN MANIFESTASI PANAS BUMI MENGGUNAKAN FAULT FRACTURE DENSITY (FFD) DI KECAMATAN TEMPURAN, KABUPATEN MAGELANG," *KURVATEK*, vol. 9, no. 1, pp. 63-72, 2024.
- [2] N. F. Mentari, D. B. Susanti and Andi, "Analisis Indeks Kerentanan Seismik di Desa Kalongan, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang Menggunakan Metode HVSR," *Jurnal Stasiun Geofisika Sleman*, vol. 1, no. 2, pp. 06-11, 2023.
- [3] I. E. Pratiwi and W. Handayani, "Analisis Litologi dan Zona Gerakan Tanah Menggunakan Metode Mikrotremor Di Desa Kalongan, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang," *Jurnal Stasiun Geofisika Sleman*, vol. 2, no. 1, pp. 01-06, 2024.
- [4] F. E. CHRISTALIANINGSIH, I. KHAERUNISSA, I. M. S. ARIYANI, H. ROSYIDA, D. M. JANNAH, S. KHOIRUNISSA and N. B. WIBOWO, "ZONASI KERENTANAN PERGERAKAN TANAH MENGGUNAKAN METODE SCORING DAN PEMBOBOTAN DI KECAMATAN TIRTOMOYO, KABUPATEN WONOGIRI, PROVINSI JAWA TENGAH," *JlIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, vol. 08, no. 02, pp. 78-79, 2024.
- [5] H. Rosyida, N. B. Wibowo, I. Khaerunnisa, I. M. S. A., D. M. Jannah, F. E. C. and S. Khoirunnisa, "Analisis kolerasi dan determinasi antara fault fracture density (FFD) dengan bencana tanah longsor kabupaten Simalungun, Sumatera Utara," *Jurnal Teras Fisika*, vol. 6, no. 2, pp. 39-43, 2023.
- [6] L. Hamimu, L. O. I. Juarzan and N. I. Pathiasari, "Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) di Daerah Perbukitan," *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*, vol. 6, no. 1, pp. 001-015, 2024.
- [7] Sampurno and H. Samodra, Peta geologi lembar Ponorogo, Jawa, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, 1997.
- [8] Y. Nakamura, Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique: Its Applications, Japan: System and Data Research, 2000.
- [9] A. S. Rahman, H. Nugroho, d. Permana, S. Oriza, A. Riyanto, R. K. Sirait, Y. D. Persada, L. Ristiyono, C. Nurhafizah, W. E. B. Sinuraya, D. Mandoza and M. H. Ginting, "ANALISIS NILAI PERIODE DOMINAN TANAH DAN AMPLIFIKASI AKIBAT GEMPABUMI TARUTUNG M5.8 01 OKTOBER 2022 TERHADAP KERUSAKAN INFRASTRUKTUR BERDASARKAN METODE HVSR," *BULETIN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA*, vol. 4, no. 2, pp. 28-33, 2023.
- [10] M. Demulawa and I. Daruwati, "Analisis Frekuensi Natural Dan Potensi Amplifikasi Menggunakan Metode HVSR," *EDU RESEARCH*, vol. 10, no. 1, pp. 59-63, 2021.
- [11] G. D. A. G. Pertiwi, N. B. Wibowo and D. Darmawan, "Identifikasi Daerah Longsor Kecamatan Bagelen menggunakan Metode Mikrotremor," *Wahana Fisika*, vol. 3, no. 2, pp. 102-110, 2018.