



Analisis Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* di SMP Negeri 1 Samigaluh dan Sekitarnya

Minami Candrika Hamada^{1*}, Thaقيبul Fikri Niyartama¹, Nugroho Budi Wibowo^{1,2}, Andi¹

¹ Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta, Indonesia

² Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Stasiun Geofisika Kelas I Sleman, Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: : minamicandrikah@gmail.com

Abstrak

Desa Gerbosari, Kecamatan Samigaluh, memiliki kondisi morfologi perbukitan dengan kemiringan curam yang secara alamiah rentan terhadap gerakan tanah, terutama daerah SMP Negeri 1 Samigaluh dan sekitarnya. Kondisi kerentanan gerakan tanah berpotensi meningkat secara signifikan akibat gelombang seismik saat terjadi gempa bumi, yang dapat memicu ketidakstabilan bawah permukaan. Oleh karena itu, diperlukan kajian tingkat kerentanan seismik sebagai landasan teknis dalam mendukung upaya mitigasi bencana. Kajian ini dilakukan melalui analisis parameter mikrotremor meliputi nilai amplifikasi (A_0), frekuensi dominan (f_0), dan indeks kerentanan seismik (K_g). Data dikumpulkan menggunakan metode mikrotremor selama 30 menit di 26 titik pengukuran dan diolah menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) untuk menghasilkan model 2D berupa peta distribusi ketiga parameter. Hasil penelitian menunjukkan nilai amplifikasi berkisar antara 1,30 hingga 7,72 kali penguatan, frekuensi dominan berkisar 0,58 Hz hingga 9,09 Hz, dan indeks kerentanan seismik antara 0,61 hingga 27,62. Daerah dengan nilai amplifikasi dan indeks kerentanan tinggi memiliki potensi guncangan lebih besar saat terjadi gempa. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar penyusunan peta mikrozonasi dan mitigasi bencana di wilayah Gerbosari.

Kata kunci: Mikrotremor, Nilai Amplifikasi (A_0), Frekuensi Dominan (f_0), Indeks Kerentanan Seismik (K_g), Metode HVSr

Abstract

Gerbosari Village, Samigaluh District, has hilly morphological conditions with steep slopes that are naturally susceptible to ground movement, especially around SMP Negeri 1 Samigaluh and its surroundings. This vulnerability to ground movements is potentially amplified by seismic waves during earthquakes, which can trigger subsurface instability. Therefore, a study on the level of seismic vulnerability is necessary as a technical basis to support disaster mitigation efforts. This study aims to analyze the amplification values (A_0), the predominant frequency (f_0), and the seismic vulnerability index (K_g). The data were collected using 30-minute microtremor measurements at 26 measurement points and processed using the Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method to produce 2D distribution maps of the three parameters. The results of the study showed that the amplification values range from 1.30 to 7.72 times amplification, the predominant frequency ranges from 0.58 Hz to 9.09 Hz, and the seismic vulnerability index ranges from 0.61 to 27.62. Areas with high amplification values and vulnerability indices have greater potential for ground shaking during an earthquake. Therefore, the results of this study are expected to be the basis for the preparation of microzonation and disaster mitigation maps in the Gerbosari area.

Keywords: Microtremor, Amplification Value (A_0), Predominant Frequency (f_0), Seismic Vulnerability Index (K_g), HVSr Method

PENDAHULUAN

Gerakan massa tanah atau batuan yang berpindah

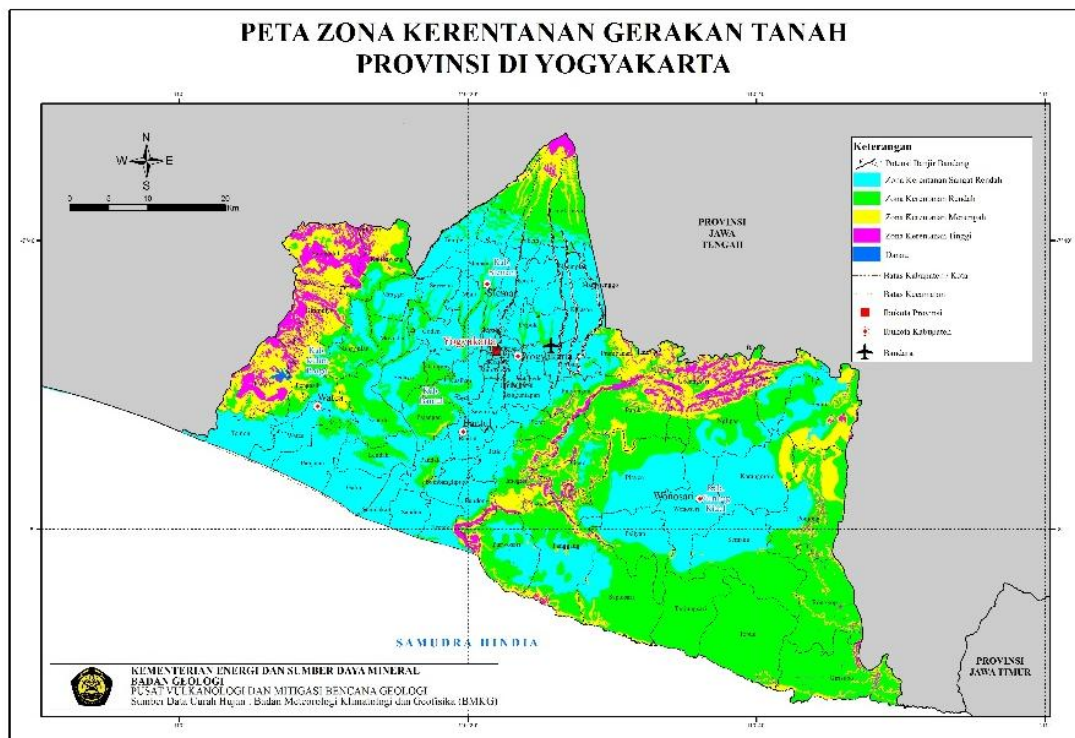
dari posisi aslinya, baik secara vertikal, horizontal, maupun miring, termasuk fenomena

^{1*)} Korespondensi: minamicandrikah@gmail.com

Diajukan : 25 November 2025

Diterima : 14 April 2026

Diterbitkan : 30 Oktober 2026



Gambar 1. Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Provinsi D.I. Yogyakarta (PVMBG, 2026)

rayapan dan longsor merupakan definisi dari gerakan tanah (Panglar, 1986). Fenomena ini juga dipahami sebagai proses geologi yang dipicu oleh interaksi antara struktur geologi, geomorfologi, hidrogeologi, serta pola penggunaan lahan yang memicu pergerakan lereng (Pasla, 2022). Selain itu, karakteristik material dan pengaruh iklim serta vegetasi juga turut menentukan pergerakan material penyusun lereng (Glade dkk., 2005). Dengan demikian, Naryanto (2017) membagi dua faktor penyebab gerakan tanah secara umum, yaitu faktor pengontrol yang bersifat internal seperti struktur batuan dan kemiringan lereng dan faktor pemicu eksternal seperti hujan lebat, vegetasi, dan erosi.

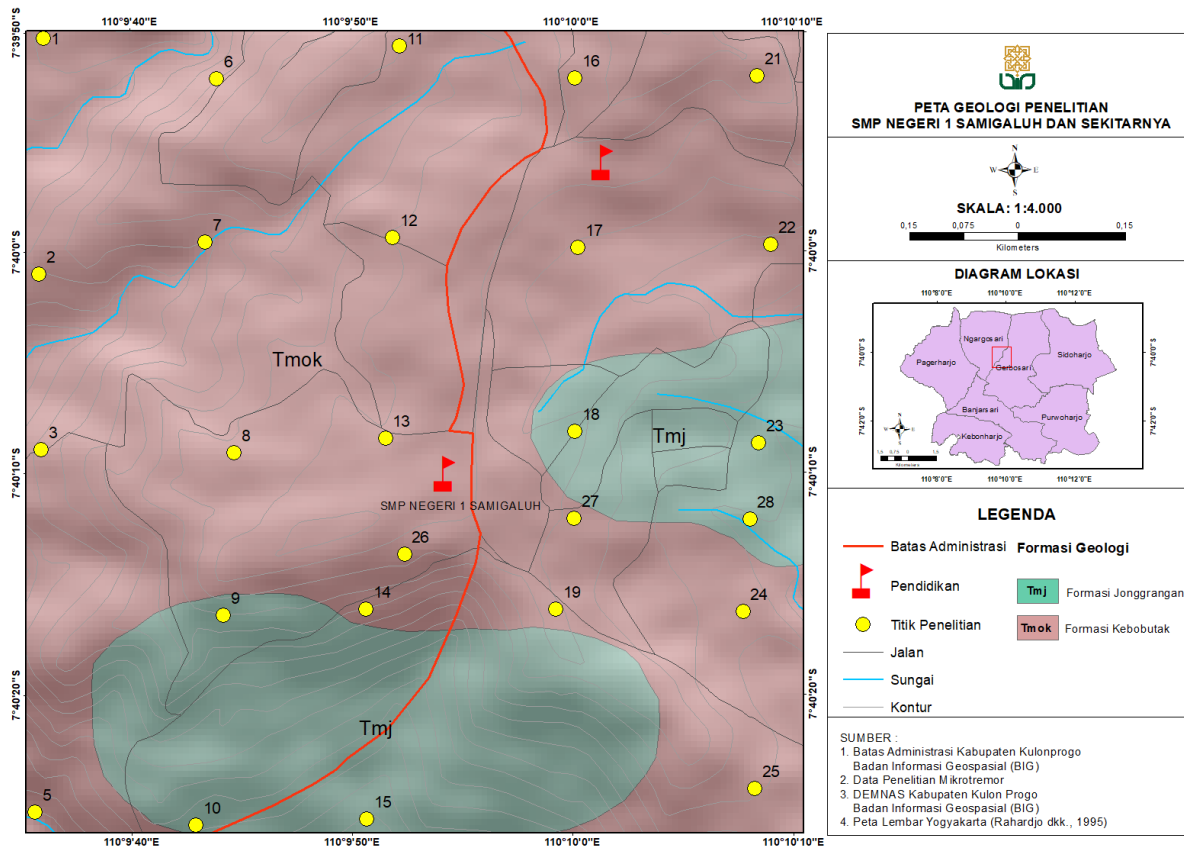
Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, merupakan salah satu wilayah dengan tingkat kerawanan tanah longsor yang tinggi akibat topografi perbukitan dengan ketinggian 0–1.000 m di atas permukaan laut. Berdasarkan laporan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD, 2021), tercatat 155 kejadian bencana alam sepanjang tahun 2021, termasuk tanah longsor yang melanda 11 kecamatan, dengan total kerugian mencapai Rp2,7 miliar dan enam korban jiwa. Kecamatan Samigaluh menjadi salah satu wilayah dengan

kerentanan tertinggi, ditandai dengan peta intensitas longsor berwarna merah (PVMBG, 2026).

Secara regional, wilayah Kulon Progo yang memiliki stratigrafi tersusun atas Formasi dari yang tertua hingga yang termuda, yaitu Formasi Nanggulan, Kebobutak, Jonggrangan, dan Sentolo, dicirikan dengan batuan vulkanik kuartar serta batuan terobosan (Rahardjo dkk., 1995; Husein dkk., 2007, dalam Khayati dkk., 2022).

Kondisi geologi ini berpadu dengan morfologi Pegunungan Menoreh. Berdasarkan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG, 2026), Samigaluh terletak di Zona Kerentanan Rendah sampai Tinggi dan didominasi oleh Zona Kerentanan Tinggi (Gambar 1).

Penelitian terdahulu seperti yang dilakukan oleh Khayati dkk. (2022), Nur dan Hartantyo (2021), Prameswari dan Katriani (2022), Syahputri dan Sismanto (2020), Widyadarsana dan Hartantyo (2021) menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* untuk mengidentifikasi zona kerentanan tanah di Kecamatan Samigaluh yang berkorelasi dengan potensi tanah longsor dan gerakan tanah. Sejalan dengan kajian



Gambar 2. Peta Geologi Penelitian SMP Negeri 1 Samigaluh dan Sekitarnya
Sumber: diolah dari Peta Geologi Lembar Yogyakarta (Rahardjo dkk., 1995), DEMNAS (Badan Informasi Geospasial [BIG], 2026), Peta Administrasi Kabupaten Kulon Progo (BIG, 2026).

tersebut, penelitian ini menerapkan metode HVSR untuk mengetahui karakteristik struktur bawah permukaan pada formasi penyusunnya. Lokasi penelitian berada di Dusun Clumprit, Desa Gerbosari, Kecamatan Samigaluh, yang tersusun oleh Formasi Kebobutak (Tmok) dan Formasi Jonggrangan (Tmj), ditunjukkan pada Gambar 2. Karakteristik fisik kedua formasi ini menciptakan kontras impedansi yang cukup mencolok.

Trianda dkk. (2018) menjelaskan bahwa Formasi Kebobutak (Tmok) diendapkan secara selaras dengan Formasi Nanggulan, diperkirakan berumur Oligosen–Miosen dan memiliki ketebalan 600 m. Formasi ini tersusun oleh lapili tuf, breksi andesit, tuf aglomerat, dan aliran lava serta batupasir vulkanik yang tersingkap sedangkan Formasi Jonggrangan diperkirakan berumur Miosen–Pliosen. Letak Formasi ini tidak selaras dengan Formasi Kebobutak. Ketebalan mencapai 2540 m, tersusun atas konglomerat, tufan, napal, batupasir gampingan dengan sisipan lignit, batugamping sisipan dan batugamping

koral, bagian atasnya terdiri dari batugamping kelabu bioherm diselingi napal dan batugamping berlapis. Fosil yang ditemukan pada formasi ini antara lain foraminifera, pelecypoda, dan gastropoda.

Hal ini berdampak langsung pada salah satu bangunan sekolah yaitu SMP Negeri 1 Samigaluh ditunjukkan pada Gambar 3. Pergerakan tanah tersebut menyebabkan kerusakan struktural, penurunan permukaan tanah, serta berpotensi meluas ke permukiman penduduk di sekitarnya. Untuk memahami karakteristik bawah permukaan, dilakukan analisis menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) atau dikenal sebagai teknik Nakamura (Nakamura, 1989).

METODOLOGI

Secara geografis, wilayah penelitian terletak pada koordinat $7^{\circ}39'50,34''$ – $7^{\circ}40'12,14''$ LS dan $110^{\circ}9'36,16''$ – $110^{\circ}10'8,13''$ BT dengan luas 1×1 km² yang memuat 25 titik data primer dan 3 titik data sekunder. Area kajian ini mencakup



Gambar 3. Fenomena Gerakan Tanah di SMP Negeri 1 Samigaluh
Sumber: Putri Dharyuuni (2022) dalam Hamada (2023)

wilayah di sekitar SMP Negeri 1 Samigaluh yang diperluas hingga meliputi kawasan yang terdampak langsung fenomena gerakan tanah ditunjukkan pada Gambar 2.

Pengukuran dengan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)* atau metode mikrotremor menggunakan alat berupa sensor seismometer LE-3DLITE yang dihubungkan dengan beberapa alat seperti digitizer, GPS, aki, dan laptop serta kompas geologi (Gambar 4).



Gambar 4. Proses Pengukuran Data Mikrotremor menggunakan a) seismometer, b) aki, dan c) digitizer

Data yang diperoleh akan diolah dengan perangkat lunak *Geopsy* untuk menghasilkan nilai parameter yang akan digunakan untuk analisis data. Durasi pengukuran berkisar 30–45 menit mengacu pada standar operasional *SESAME European Research Project* (SESAME, 2004).

2.1 Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)*

Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)* berlandaskan gagasan bahwa perpindahan memengaruhi rasio sentral horizontal dan vertikal yang berasal dari getaran permukaan (Nakamura, 1989). Melalui metode ini dihasilkan parameter seismik berupa faktor amplifikasi (A_0), frekuensi dominan (f_0), dan indeks kerentanan (K_g) untuk menganalisis kerentanan wilayah

kajian terhadap gerakan tanah. Nakamura (1989) membuat persamaan *HVSr* sebagai berikut:

$$HVSr = T_{site} = \frac{S_{HS}}{S_{VS}} = \frac{\sqrt{(S_{NS})^2 + (S_{EW})^2}}{S_{VS}} \quad (1)$$

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Frekuensi Predominan Mikrotremor oleh Kanai (Arifin dkk., 2014)

Klasifikasi tanah		Frekuensi	Klasifikasi Tanah Kanai	Deskripsi Tanah
Tipe	Jenis	Predominan (Hz)		
I	IV	< 2,5	Batuan aluvial yang terbentuk dari sedimentasi delta. <i>Top soil</i> , lumpur kedalaman 30 m atau lebih	Ketebalan permukaan sedimen sangat tebal
II	III	2,5–4,0	Batuan aluvial dengan ketebalan sedimen > 5 m, terdiri dari <i>sandy-gravel</i> , <i>sandy hard clay</i> , loam	Ketebalan permukaan sedimen masuk dalam kategori tebal, sekitar 10–30 m
III	II	4,0–10,0	Batuan aluvial dengan ketebalan 5 m terdiri dari <i>sandy-gravel</i> , <i>sandy hard clay</i> , loam	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori menengah, 5–10 m
IV	I	6,67–20,0	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>hard sandy</i> , gravel	Ketebalan permukaan sedimen tipis didominasi batuan keras

Keterangan:

S_{NS} = Komponen horizontal Utara-Selatan

S_{EW} = Komponen horizontal Timur-Barat

T_{site} = Nilai puncak dari kurva HVSr

2.2 Nilai Frekuensi Predominan (f_0)

Nilai frekuensi predominan (f_0) merupakan nilai yang sering muncul dan dianggap sebagai nilai frekuensi lapisan yang dapat menunjukkan karakteristik batuan. Klasifikasi frekuensi predominan (f_0) dapat dilihat pada Tabel 1.

2.3 Nilai Faktor Amplifikasi (A_0)

Faktor amplifikasi merupakan perbedaan perbesaran gelombang seismik antara lapisan lunak dan lapisan yang lebih keras (Sitorus dkk., 2017). Klasifikasi nilai faktor amplifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi Nilai Faktor Amplifikasi (Setiawan, 2009)

Zona	Klasifikasi	Nilai Faktor A_0
1	Rendah	$A_0 < 3$
2	Sedang	$3 \leq A_0 < 6$
3	Tinggi	$6 \leq A_0 < 9$
4	Sangat Tinggi	$A_0 \geq 9$

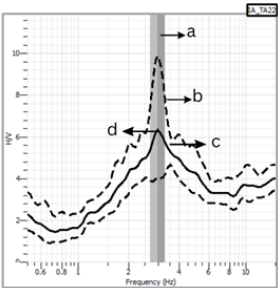
2.4 Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Parameter lain yang berdasarkan perhitungan dari faktor amplifikasi dan frekuensi predominan yaitu indeks kerentanan seismik. Indeks kerentanan seismik berkaitan dengan sifat kerentanan wilayah penelitian. Semakin besar nilai indeks kerentanan seismik maka semakin besar pula kerentanan wilayah tersebut. Indeks kerentanan seismik dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut (Wibowo & Huda, 2020):

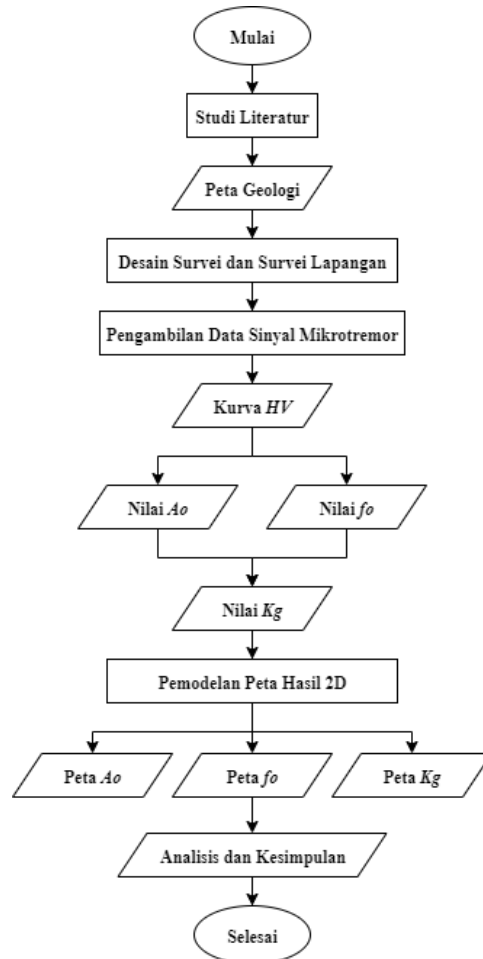
$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \tag{2}$$

Keterangan:

K_g = Indeks kerentanan seismik.



Gambar 5. Kurva H/V a) Tiang warna abu-abu adalah nilai frekuensi predominan (f_0), b) kurva putus-putus adalah nilai standar deviasi, c) kurva hitam adalah nilai H/V, dan d) nilai puncak kurva hitam adalah nilai amplifikasi (A_0)



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

Data sinyal mikrotremor hasil pengukuran di lapangan, diproses menggunakan perangkat lunak *Geopsy*. Tahapan ini meliputi proses *filtering* dan *windowing* untuk menghapus gangguan (*noise*) pada sinyal untuk menghasilkan kurva H/V. Nilai puncak yang dihasilkan berupa nilai amplifikasi (A_0) dan nilai frekuensi dominan (f_0). Gambar kurva H/V ditunjukkan pada Gambar 5.

Setelah mendapatkan nilai tersebut, nilai-nilai hasil pengukuran dimodelkan dalam Peta 2D menggunakan perangkat lunak *ArcGIS*. Adapun untuk mencapai tujuan penelitian, tahapan penelitian dimulai dari studi literatur hingga analisis dan kesimpulan ditunjukkan oleh Gambar 6.

PEMBAHASAN

Kondisi Geologi

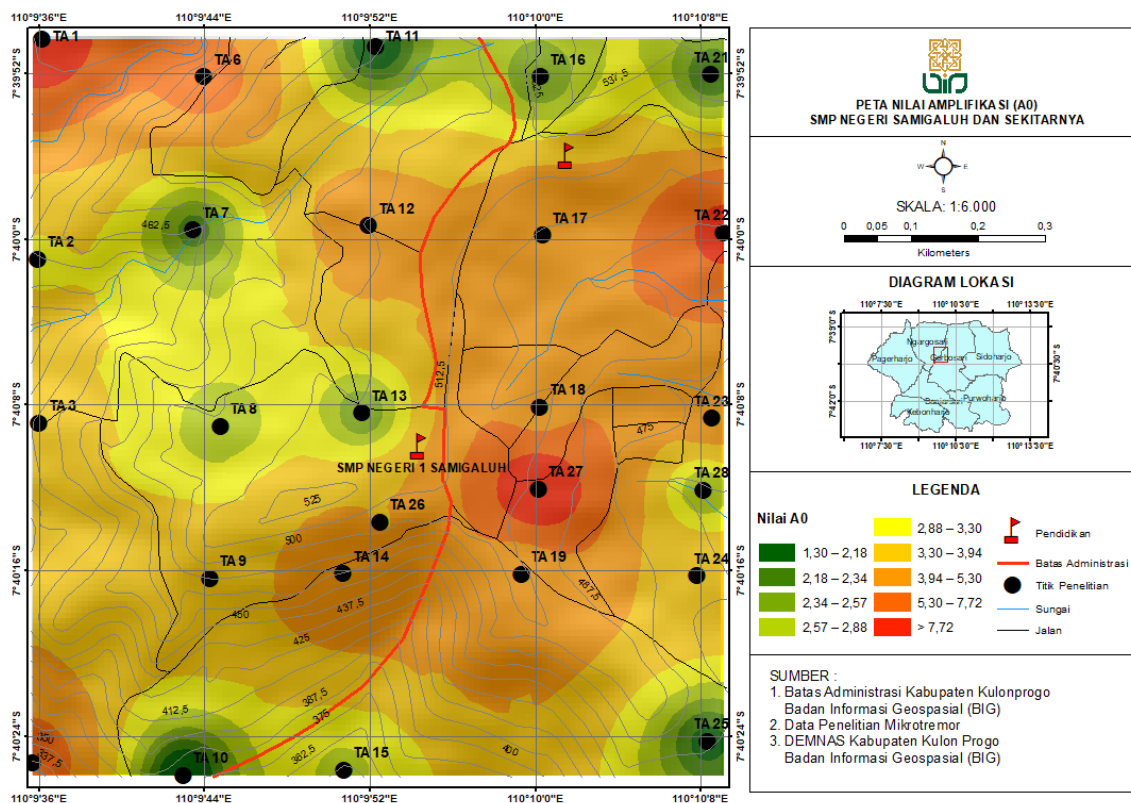
Mengacu pada Rahardjo dkk. (1995), formasi di area kajian terdiri atas Formasi Kebobutak

(Tmok) dan Formasi Jonggrangan (Tmj). Formasi Kebobutak tersusun atas breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat dan sisipan aliran lava andesit. Formasi Jonggrangan (Tmj) tersusun atas batupasir dengan sisipan lignit, napal pasir, batulempung dengan konkresi limonit, sisipan napal dan batugamping, batupasir dan tuf. Area kajian mencakup dua formasi tersebut dengan dominan Formasi Kebobutak.

Persebaran Nilai Faktor Amplifikasi (A_0)

Tingkat amplifikasi tanah dipengaruhi oleh kontras impedansi antara lapisan lunak dan batuan keras mengacu pada pendekatan Nakamura (1989) bahwa kurva H/V menunjukkan puncak yang bersesuaian antara frekuensi dominan dan nilai amplifikasi (Wibowo dkk., 2023).

Nilai faktor amplifikasi (A_0) pada daerah penelitian menunjukkan nilai yang bervariasi dengan kisaran antara 1,30 dan 7,72 kali



Gambar 7. Peta Nilai Amplifikasi (A_0). Warna oranye hingga merah menginterpretasikan nilai $A_0 > 3$. Titik hitam di peta adalah titik pengukuran untuk data mikrotremor di area penelitian. Peta dasar menggunakan Peta Geologi Lembar Yogyakarta (Rahardjo dkk., 1995), DEMNAS (BIG, 2026), dan Peta Administrasi Kabupaten Kulon Progo (BIG, 2026).

penguatan, seperti terlihat pada Gambar 7. Berdasarkan hasil analisis nilai faktor amplifikasi, daerah penelitian terbagi menjadi tiga zona utama, yaitu zona nilai amplifikasi rendah ($A_0 < 3$), sedang ($3 \leq A_0 < 6$) dan tinggi ($6 \leq A_0 < 9$). Pola persebaran nilai A_0 diinterpretasikan dalam bentuk peta kontur berwarna, dengan warna hijau tua hingga kuning menunjukkan amplifikasi rendah, sedangkan warna kuning hingga merah menunjukkan amplifikasi sedang hingga tinggi.

Zona amplifikasi rendah ($A_0 < 3$)

Zona dengan nilai amplifikasi rendah didominasi oleh wilayah bagian utara, selatan, barat serta tenggara yang diinterpretasikan pada warna hijau tua hingga kuning. Terdapat 9 titik penelitian pada zona amplifikasi rendah dengan nilai A_0 berkisar 1,30–2,80. Secara geologi, wilayah ini termasuk dalam Formasi Kebobutak (Tm_{ok}), yang tersusun oleh breksi vulkanik, tuf, lava, andesit dan batupasir tufan (Rahardjo dkk.,

1995). Rendahnya nilai faktor amplifikasi mengindikasikan bahwa kontras impedansi tidak begitu mencolok antara lapisan batuan atas dan bawahnya, sehingga memiliki risiko kerentanan bencana yang rendah dibandingkan zona lain.

Zona amplifikasi sedang ($3 \leq A_0 < 6$)

Zona amplifikasi sedang terlihat pada wilayah bagian tengah dan timur, diperlihatkan oleh warna kuning hingga oranye muda. Terdapat 14 titik dengan nilai berkisar 3,30 – 5,30. Sebagian besar titik berada di antara Formasi Kebobutak dan Formasi Jonggrangan (Tm_j). Formasi Jonggrangan tersusun oleh batugamping, batupasir, dan napal (Rahardjo dkk., 1995). Kombinasi antara sedimen lunak di Formasi Jonggrangan dan batuan Formasi Kebobutak menghasilkan zona transisi amplifikasi sedang. Kontras impedansi di zona penelitian ini meningkat.

Menariknya, hasil pengamatan di lapangan, pada sekitar titik 5 ditemukan sebuah sisipan lava andesit dan batuan aglomerat (Gambar 8). Kedua batuan ini bersifat keras dan kompak sehingga gelombang seismik merambat lebih cepat dengan penguatan yang kecil.



Gambar 8. Sebelah kiri merupakan sisipan lava andesit dan sebelah kanan batuan aglomerat

Namun, titik 5 menunjukkan nilai yang cukup tinggi yang diinterpretasikan dengan warna merah, hal ini karena area tersebut merupakan area sungai yang tersusun atas sebagian material lunak sehingga memengaruhi kontras impedansi antarlapisan. Kondisi sungai yang cukup deras juga berpengaruh pada saat pengukuran karena alat memiliki sensitivitas besar terhadap noise, sehingga hasil yang ditunjukkan memiliki nilai yang tinggi.

Zona amplifikasi tinggi ($6 \leq A_0 < 9$)

Zona ini ditunjukkan oleh warna oranye tua hingga merah yang berkonsentrasi di bagian timur hingga barat laut. Titik tertinggi terdapat pada nilai 7,72 diikuti oleh nilai 6,82 dan 6,40. Berdasarkan Peta Geologi Lembar Yogyakarta (Rahardjo dkk., 1995), titik 27 berada pada zona kontak perbatasan antara Formasi Kebobotak (Tm_{ok}) dan Formasi Jonggrangan (Tm_j). Lokasi ini memiliki karakteristik transisi litologi sehingga menunjukkan adanya kontras impedansi yang tinggi antarlapisan. Tingginya nilai amplifikasi pada titik-titik penelitian juga dipengaruhi oleh topografi. Lokasi titik tersebut berada di dasar lereng, tempat material hasil erosi dari ketinggian terakumulasi. Kondisi geomorfologis ini umumnya mendorong akumulasi material lepas di wilayah yang lebih

rendah (Panzera dkk., 2012). Variasi topografi lokal dapat secara substansial mengubah perilaku gelombang seismik melalui mekanisme seperti refleksi dan difraksi (Geli dkk., 1988).

Nilai Frekuensi Predominan (f_0)

Peta persebaran nilai frekuensi dominan menunjukkan nilai bervariasi yaitu berkisar 0,58 – 9,09 Hz dengan skala warna hijau tua untuk nilai rendah hingga merah untuk nilai tinggi ditunjukkan pada Gambar 9. Terlihat pola zonasi nilai frekuensi dominan rendah ($< 2,5$ Hz) mendominasi dan menunjukkan sedimen yang tebal, sedangkan nilai frekuensi dominan tinggi mendominasi area tertentu ($> 6,67$ Hz) yang terdapat pada area lapisan sedimen tipis atau batuan keras.

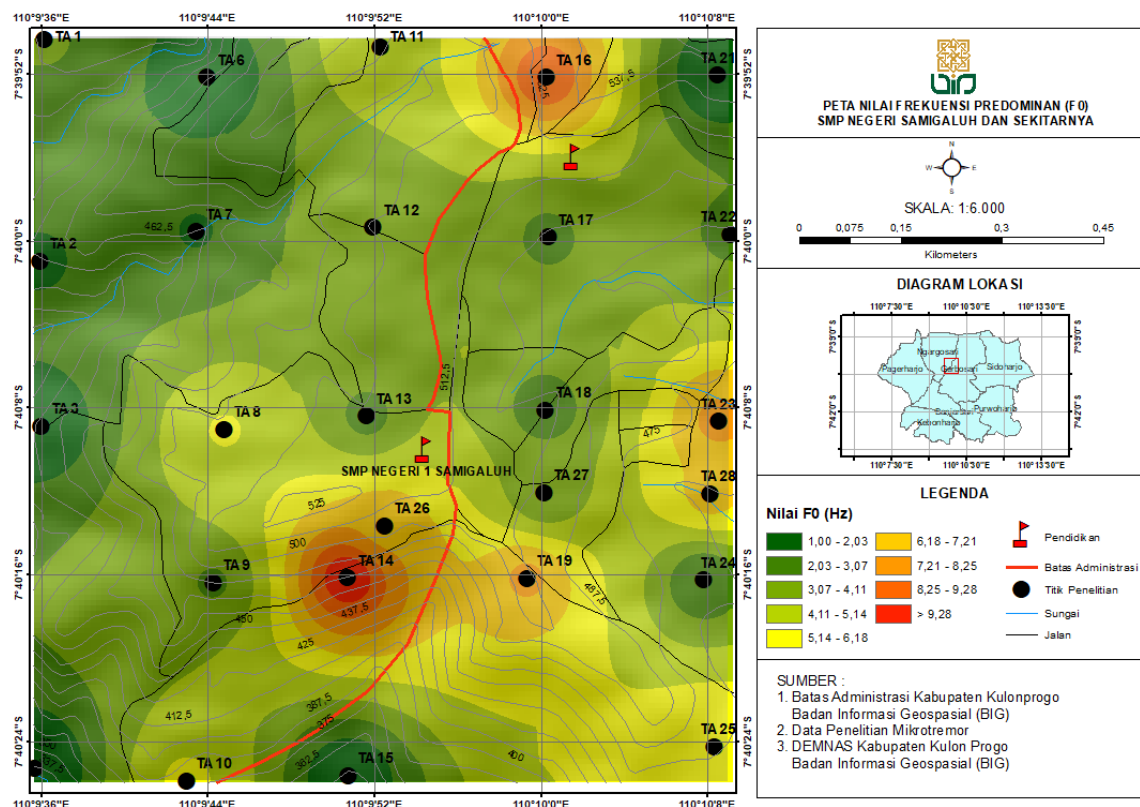
Nilai frekuensi dominan rendah hingga menengah

Berdasarkan klasifikasi Kanai (Tabel 1), wilayah dengan nilai frekuensi dominan rendah ($< 2,5$ Hz) masuk ke dalam Tipe I (Jenis IV), dan nilai ini mengindikasikan bahwa area penelitian tersebut memiliki lapisan sedimen permukaan tebal (> 30 m). Pada Formasi Jonggrangan, nilai frekuensi dominan rendah berasosiasi dengan lapisan akumulasi material lunak. Beberapa bagian Formasi Kebobotak yang memiliki nilai rendah terdapat penutupan permukaan oleh sedimen di atas batuan keras sehingga menyebabkan penurunan nilai frekuensi dominan.

Sementara itu, area penelitian dengan nilai frekuensi dominan menengah (2,5 – 6,67 Hz) masuk dalam Tipe II dan III yang mengindikasikan adanya ketebalan sedimen menengah (5 – 30 m). Peningkatan frekuensi ini mengindikasikan respon getaran lebih cepat di lapisan sedimen yang lebih dangkal.

Nilai frekuensi dominan tinggi ($> 6,67$ Hz)

Nilai frekuensi dominan ini memiliki persebaran nilai di area tertentu. Nilai berkisar 7,50 Hz pada TA19 hingga 9,09 Hz pada TA16.. Nilai yang tinggi menunjukkan adanya lapisan sedimen yang relatif tipis atau permukaan tersusun atas batuan keras. Kondisi ini mengindikasikan bahwa gelombang seismik di area tersebut cenderung beresonansi pada frekuensi tinggi akibat ketebalan sedimen yang



Gambar 9. Peta Nilai Frekuensi Predominan (f_0). Warna oranye hingga merah menginterpretasikan nilai $f_0 > 7$. Titik hitam di peta adalah titik pengukuran untuk data mikrotremor di area penelitian. Peta dasar menggunakan Peta Geologi Lembar Yogyakarta (Rahardjo dkk., 1995), DEMNAS (BIG, 2026), dan Peta Administrasi Kabupaten Kulon Progo (BIG, 2026)

tipis. Menurut klasifikasi Kanai (Tabel 1), area penelitian termasuk Tipe IV (Jenis I), Menurut klasifikasi Kanai (Tabel 2), area penelitian termasuk Tipe IV (Jenis I), yang

penelitian berdasarkan respons dinamis tanah, khususnya pada area yang tersusun atas Formasi Jongggrangan., mengindikasikan bahwa lapisan sedimen di atas batuan relatif tipis. Menariknya, nilai frekuensi tinggi ini ditemukan di titik-titik penelitian yang bervariasi, seperti di titik sepanjang jalan besar, area pemukiman, perkebunan serta lereng yang berdekatan dengan rumah warga yang retak akibat gempa. Proses pemadatan tanah akibat infrastruktur dan bangunan turut berperan dalam memengaruhi lapisan tanah. Meskipun didominasi batuan dasar dangkal, zona ini memiliki potensi mengalami kerusakan ketika menerima gelombang seismik, mengingat topografi kawasan penelitian yang

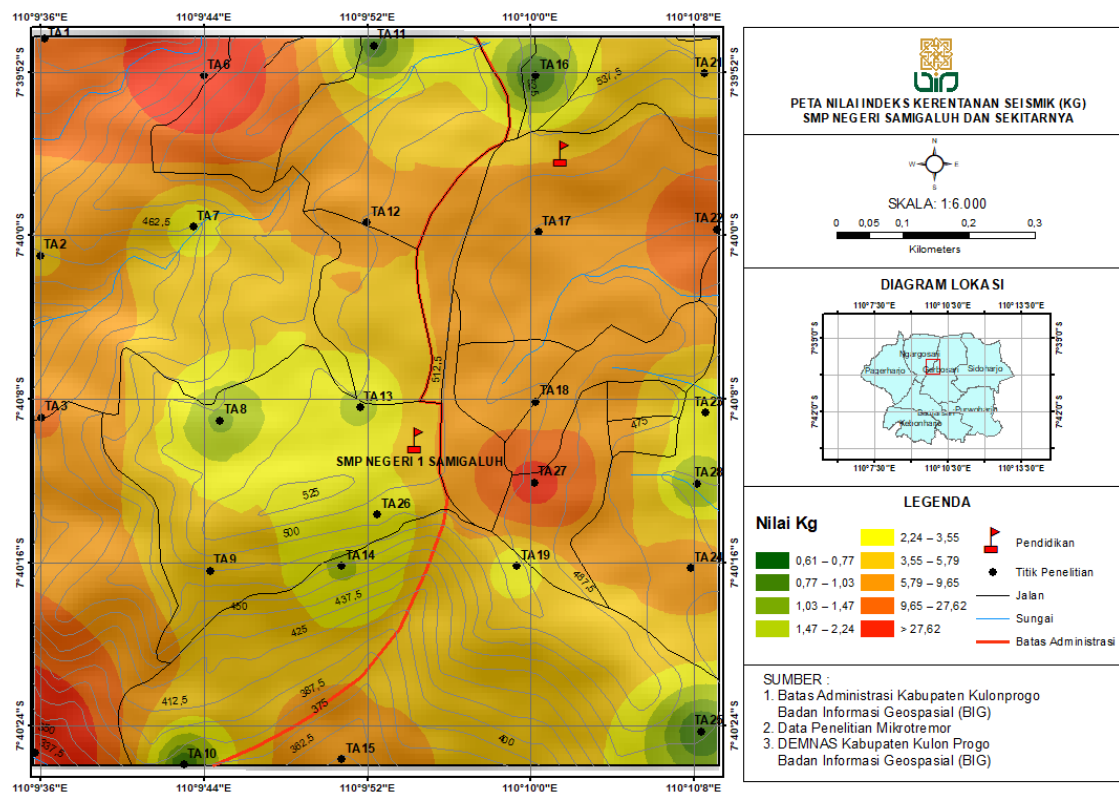
mengindikasikan bahwa lapisan sedimen di atas batuan relatif tipis. Kondisi ini menunjukkan karakteristik bawah permukaan wilayah

tinggi dan terjal, sehingga meningkatkan risiko ketidakstabilan lereng.

Nilai Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Hubungan antara nilai amplifikasi dan frekuensi dominan menghasilkan sebuah parameter lain yaitu nilai indeks kerentanan seismik. Daerah dengan nilai amplifikasi yang tinggi dan nilai frekuensi dominan rendah akan menghasilkan kerentanan seismik yang tinggi. Nilai hasil pengolahan dari indeks kerentanan seismik dihasilkan bervariasi yaitu mulai dari 0,61 hingga 27,62 yang berkonsentrasi di bagian barat laut hingga barat daya wilayah penelitian. Persebaran nilai K_g pada daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 10.

Pada area sekitar SMP Negeri 1 Samigaluh diinterpretasikan dengan warna oranye hingga



Gambar 10. Peta Nilai Indeks Kerentanan Seismik (K_g). Warna oranye hingga merah menginterpretasikan nilai $K_g > 3$. Titik hitam di peta adalah titik pengukuran untuk data mikrotremor di area penelitian. Peta dasar menggunakan Peta Geologi Lembar Yogyakarta (Rahardjo dkk., 1995), DEMNAS (BIG, 2026), dan Peta Administrasi Kabupaten Kulon Progo (BIG, 2026).



Gambar 11. Sebelah kiri merupakan rumah warga yang retak di sebelah SMP Negeri 1 Samigaluh dan sebelah kanan merupakan rumah warga yang retak di titik 26.

merah, hal ini menandakan bahwa kerentanan di sekitar sekolah tersebut cukup tinggi. Posisi sekolah satu jalur linier dengan titik 26, dan pada sekitar jalur ini ditemukan retakan pada jalan dan rumah warga (Gambar 11). Selain itu, kondisi

topografi yang tinggi dan cenderung terjal di sepanjang jalur ini memicu penguatan gelombang yang signifikan, yang dibuktikan dengan ditemukannya kerusakan fisik di area penelitian. Semakin tinggi nilai amplifikasi suatu daerah maka semakin besar indeks kerentanan seismik,

sehingga tingkat kerentanan deformasi tanah juga semakin tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis mikrotremor menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) di wilayah sekitar SMP Negeri 1 Samigaluh, diperoleh nilai faktor amplifikasi (A_0) berkisar antara 1,30 hingga 7,72 kali penguatan, terbagi menjadi tiga zona amplifikasi, yaitu zona amplifikasi rendah, sedang, dan tinggi. Persebaran nilai zona amplifikasi rendah umumnya berada di Formasi Kebobutak (Tmok), sedangkan zona amplifikasi sedang hingga tinggi banyak ditemukan di zona perbatasan Formasi Jonggrangan meskipun secara keseluruhan persebaran nilai amplifikasi bervariasi. Nilai frekuensi dominan (f_0) berada pada rentang 0,58 hingga 9,09 Hz, menunjukkan variasi ketebalan sedimen, yaitu frekuensi rendah mengindikasikan sedimen tebal sedangkan frekuensi tinggi menunjukkan lapisan sedimen lebih tipis serta batuan dasar yang relatif lebih dangkal. Hasil nilai indeks kerentanan seismik (K_g) bervariasi yaitu 0,61 hingga 27,62 dengan persebaran nilai berkonsentrasi ke arah barat laut hingga barat daya, termasuk area sekitar SMP Negeri 1 Samigaluh yang diinterpretasikan dengan warna oranye hingga merah.

Hal ini mengindikasikan bahwa wilayah penelitian memiliki tingkat kerentanan seismik sedang, dengan kerentanan yang lebih tinggi pada beberapa lokasi, khususnya di bagian barat laut hingga barat daya wilayah penelitian. Selain itu, topografi daerah penelitian yang relatif terjal berpotensi memperkuat getaran seismik yang diterima ketika terjadi gempa bumi, sehingga dapat meningkatkan risiko deformasi tanah maupun ketidakstabilan lereng. Oleh karena itu, area penelitian memerlukan perhatian lebih dalam upaya mitigasi bencana gerakan tanah, khususnya di sekitar SMP Negeri 1 Samigaluh untuk meminimalkan potensi kerugian material yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga dan BMKG atas dukungan data, fasilitas, dan bantuan selama penelitian ini berlangsung. Terima kasih juga disampaikan kepada para reviewer atas masukan dan saran yang telah membantu dalam penyempurnaan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S. S., Mulyanto, B. S., Marjiyono, & Setianegara, R. (2014). Penentuan zona rawan guncangan bencana gempa bumi berdasarkan analisis nilai amplifikasi HVSr mikrotremor dan analisis periode dominan daerah Liwa dan sekitarnya. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 2(1), 30–40. <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/geo/article/view/217>
- Badan Informasi Geospasial. (2026). *DEMNAS* [Data set]. Retrieved April 11, 2022, from <https://geoportal.big.go.id/#/>
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kabupaten Kulon Progo. (2021). *Statistik kejadian bencana BPBD tahun 2021*. <https://bpbd.kulonprogokab.go.id/detil/543/kejadian-bencana-2021>
- Geli, L., Bard, P.-Y., & Jullien, B. (1988). The effect of topography on earthquake ground motion: A review and new results. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 78(1), 42–63. <https://doi.org/10.1785/BSSA0780010042>
- Glade, T., Anderson, M., & Crozier, M. J. (2005). *Landslide hazard and risk*. John Wiley & Sons.
- Hamada, M. C. (2023). *Analisis kecepatan gelombang geser (V_s) pada zona kerentanan gerakan tanah dengan metode ellipticity curve di Desa Ngargosari dan Gerbosari, Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta].
- Khayati, N. N., Sudarmaji, & Hartantyo, E. (2022). The effect of weathered layer thickness and slope on potential areas of landslides in Gerbosari Village, Samigaluh District, Kulonprogo Regency, Indonesia. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 7(3), 1–8. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2022.7.3.9161>
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristic estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of RTRI*, 30(1), 25–33.
- Naryanto, H. S. (2017). Analisis kejadian bencana tanah longsor tanggal 12 Desember 2014 di Dusun Jemblung, Desa Sampang, Kecamatan Karangobar, Kabupaten

- Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Alami*, 1(1), 1–10.
- Nur, R., & Hartantyo, E. (2021). Penentuan area potensi tanah longsor berdasarkan analisis mikrotremor di Dusun Jeruk dan sekitarnya Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo. *POSITRON*, 11(2), 77–85. <https://doi.org/10.26418/positron.v11i2.46833>
- Panglular, D. (1986). *Petunjuk penyelidikan dan penanggulangan gerakan tanah (longsor)* (S. Sulastri, A. Rachlan, B. Mustofa, Suherman, G. J. Fernandez, & D. Suroso, Eds.). Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum.
- Panzer, F., D'Amico, S., Lotteri, A., Galea, P., & Lombardo, G. (2012). Seismic site response of unstable steep slope using noise measurements: The case study of Xemxija Bay area, Malta. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 3421–3431. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-3421-2012>
- Pasla, F. R. (2022). Kajian gerakan tanah dan penanggulangannya pada ruas jalan Worotican-Poopo-Sinisir Propinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 12(1), 81–98. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jime/article/view/40790>
- Prameswari, H. H., & Katriani, L. (2022). Identification of subsurface lithology using microtremor method in Sebadut Hill Purwoharjo Village Samigaluh District. *Jurnal Ilmu Fisika dan Terapannya*, 9(1), 54–59. <https://doi.org/10.21831/jifta.v9i1.17979>
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. (2026). *Peta zona kerentanan gerakan tanah D.I. Yogyakarta* [Map]. Portal MBG. <https://vsi.esdm.go.id/portalmbg/>
- Putri Dharyuuni, I. D. (2022). *Analisis potensi pergerakan tanah dengan pendekatan ground shear strain berdasarkan pengukuran mikrotremor di SMP Negeri 1 Samigaluh Kabupaten Kulon Progo* [Skripsi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta].
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, & Rosidi, H. M. D. (1995). *Peta geologi lembar Yogyakarta* [Map]. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- SESAME. (2004). *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations: Measurements, processing and interpretation*. SESAME European Research Project.
- Setiawan, J. J. H. (2009). *Mikrozonasi seismitas daerah Yogyakarta dan sekitarnya* [Tesis, Institut Teknologi Bandung].
- Sitorus, N., Purwanto, S., & Utama, W. (2017). Analisis nilai frekuensi natural dan amplifikasi Desa Olak Alen Blitar menggunakan metode mikrotremor HVSR. *Jurnal Geosaintek*, 3(2), 89–92. <https://iptek.its.ac.id/index.php/geosaintek/article/view/2962>
- Syahputri, A., & Sismanto, S. (2020). Identifikasi potensi tanah longsor menggunakan metode mikrotremor di Dusun Tegalsari Desa Ngargosari Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Fisika Indonesia*, 24(2), 66–71. <https://doi.org/10.22146/jfi.v24i2.53636>
- Trianda, O., Prastowo, R., & Novitasari, S. (2018). Identifikasi ketebalan lapisan lapuk di daerah Kalirejo, Kulonprogo berdasarkan pengukuran mikrotremor dalam upaya mitigasi tanah longsor. In *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XIII Tahun 2018 (ReTII)* (pp. 246–253).
- Wibowo, N. B., Fathani, T. F., Pramumijoyo, S., & Marliyani, G. I. (2023). Microzonation of seismic parameters in geological formation units along the Opak River using microtremor measurements. *International Journal of GEOMATE*, 25(110), 208–219. <https://doi.org/10.21660/2023.110.4017>
- Wibowo, N. B., & Huda, I. (2020). Analisis amplifikasi, indeks kerentanan seismik dan klasifikasi tanah berdasarkan distribusi Vs30 D.I. Yogyakarta. *Buletin Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika*, 21–31. <https://www.researchgate.net/publication/344352854>
- Widyadarsana, S. N., & Hartantyo, E. (2021). Lithological modelling based on shear wave velocity using horizontal to vertical spectral ratio (HVSR) inversion of ellipticity curve method to mitigate landslide hazards at the main road of Samigaluh District, Kulon Progo Regency, Yogyakarta. *E3S Web of Conferences*, 325, Article 01009.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132501009>