

Analisis Litologi dan Zona Gerakan Tanah Menggunakan Metode Mikrotremor Di Desa Kalongan, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang

Lithology and Landslide Zone Analysis Using the Microtremor Method in Kalongan Village, East Ungaran District, Semarang Regency

Indah Enggar Pratiwi¹, Wuri Handayani²

¹Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN 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 : 7 Desember 2023

Naskah diperbaiki : 5 Januari 2024

Naskah diterima : 19 Januari 2024

Kata kunci:

Frekuensi dominan
faktor amplifikasi
indeks kerentanan seismik
HVSr
Desa Kalongan

Keywords:

Dominant frequency
amplification factor
seismic vulnerability index
HVSr
Kalongan Village

* Email Korespondensi :

indahenggarp@gmail.com

ABSTRAK

Tanah Longsor atau sering disebut gerakan tanah pernah terjadi di Desa Kalongan, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang. Penelitian ini menggunakan metode mikrotremor untuk tujuan mengetahui nilai frekuensi dominan (f_0), Amplifikasi (A0), indeks kerentanan seismik (Kg), dan analisis litologi bawah permukaan tanah berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser (V_s) di Desa Kalongan, Kecamatan Ungaran Timur. Di wilayah yang akan dianalisis (arah bagian barat) terdapat dua formasi yaitu Formasi Kerek dan Formasi Kaligetis. Hasil penelitian memberikan informasi tentang daerah di Desa Kalongan yang memiliki nilai kerentanan seismik (Kg) yang berpotensi mengalami kerusakan bila terjadi pergerakan tanah seperti pada lokasi KL 59 yang memiliki tanah lunak dengan litologi batuan sedimen yang sangat rentan terhadap gempa bumi. Litologi Desa Kalongan secara keseluruhan terdiri dari lapisan Batu Pasir Tuffan, perselingan Batu Lempung, Konglomerat yang berada pada Formasi Kerek dan Breksi Vulkanik berada pada Formasi Kaligetis.

ABSTRACT

Landslides or often called land movements have occurred in Kalongan Village, East Ungaran District, Semarang Regency. This research uses the microtremor method for the purpose of determining the dominant frequency (f_0), amplification (A0), seismic vulnerability index (Kg), and subsurface lithology analysis based on shear wave velocity (V_s) values in Kalongan Village, East Ungaran District. In the area to be analyzed (to the west) there are two formations, namely the Kerek Formation and the Kaligetis Formation. The research results provide information about areas in Kalongan Village that have seismic vulnerability values (Kg) which have the potential to experience damage if ground movement occurs, such as at the KL 59 location which has soft soil with sedimentary rock lithology which is very vulnerable to earthquakes. The lithology of Kalongan Village as a whole consists of layers of Tuffan Sandstone, interbedded Claystone, Conglomerate in the Kerek Formation and Volcanic Breccia in the Kaligetis Formation.

© 2024 Jurnal Stasiun Geofisika Sleman

1. Pendahuluan

Tanah Longsor atau sering disebut Gerakan tanah adalah Perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, tanah, atau mineral campuran, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Tanah longsor yang terjadi pada suatu lereng merupakan proses dalam pencapaian keseimbangan baru untuk mencapai keadaan yang stabil akibat adanya gangguan terhadap pada lereng [1]. Di Indonesia sering terjadi bencana tanah longsor. Bencana longsor menimbulkan kerusakan secara langsung, seperti rusaknya fasilitas umum, lahan pertanian, maupun terhambatnya aktivitas masyarakat.

Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Semarang, bencana yang umum terjadi salah satunya adalah tanah longsor [2]. Salah satunya ialah yang terjadi di Desa Kalongan, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang (Gambar 1). Salah satu jalan beraspal penghubung arah timur dan barat di desa tersebut terputus dikarenakan tanah longsor. Sekarang jalan tersebut sudah tidak bisa dilewati oleh pengendara motor dan mobil [3]. Hal ini bisa menjadi langkah awal dalam proses monitoring pergeseran tanah yang terjadi sehingga didapatkan informasi mengenai tingkat pergerakan tanah di desa Kalongan.



Gambar 1. Tanah longsor di Kecamatan Ungaran Timur.

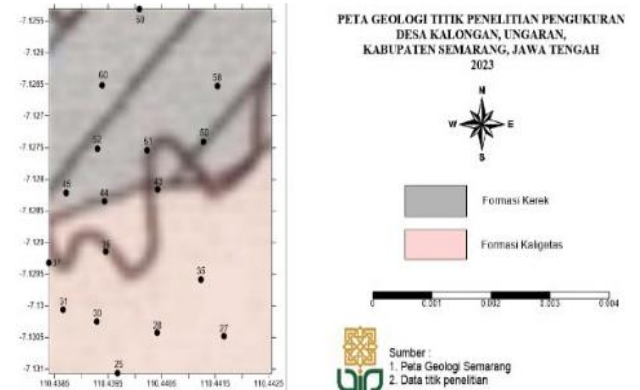
Untuk meminimalkan risiko bencana gerakan tanah perlu dilakukan upaya mitigasi. Salah satunya adalah dengan memetakan kawasan yang memiliki potensi terjadinya longsor. Metode geofisika dapat menjadi alternatif metode yang dapat diterapkan untuk identifikasi daerah rawan longsor, salah satunya menggunakan metode mikrotremor. Metode Mikrotremor dapat diaplikasikan untuk studi pergerakan tanah melalui gelombang seismik dan tingkat kerentanan gerakan tanah suatu wilayah [4, 5].

Geologi Daerah Penelitian. Pada daerah penelitian terdapat banyak bukit dan lereng yang curam. Di wilayah penelitian juga dijumpai tanah yang dilalui air membuat tanah tersebut longsor menjadi sebuah lubang yang lumayan besar dan air yang masih mengalir membuat tanah menjadi gembur. Apabila dilihat dari peta geologi lembar Magelang dan Semarang [6]. Daerah penelitian memiliki 2 formasi yang berbeda di wilayah Desa Kalongan yaitu pertama Formasi Kerek, terdiri dari perselingan batu lempung, Napal, batu pasir tufan, konglomerat, breksi vulkanik dan batu gamping. Batu lempung, kelabu muda-tua, gampingan; sebagian bersisipan dengan batu lanau atau batu pasir, setempat mengandung fosil foram, moluska dan koral-koral koloni. Lapisan tipis konglomerat terdapat dalam batu lempung di K. kripik dan dibatu pasir, Batu gamping umumnya berlapis, kristalin dan pasiran mempunyai ketebalan total lebih dari 400 meter. Umur satuan ini berumur Miosen Tengah.

Formasi kedua yaitu Formasi Kaligetas, terdiri dari Breksi Vulkanik, aliran lava, tuf, batu pasir tufan dan Batu lempung. Breksi aliran dan lahar dengan sisipan lava dan tuf halus sampai kasar. Setengah dibagian bawahnya ditemukan batu lempung mengandung moluska dan Batu pasir tufan. Batuan gunung api yang melapuk berwarna coklat-kemerahan dan sering membentuk bongkah- bongkah besar. Ketebalan berkisar antara 50 m sampai dengan 200 m.

Penelitian ini menggunakan metode mikrotremor bertujuan untuk mengetahui nilai frekuensi dominan (f_0), Amplifikasi (A_0), indeks kerentanan seismik (K_g), kondisi litologi bawah permukaan tanah berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser (V_s) di Desa Kalongan,

Kecamatan Ungaran Timur yang mempengaruhi tingkat kerawanan Gerakan tanah.



Gambar 2. Geologi daerah penelitian.

2. Metode Penelitian

Metode Mikrotremor adalah getaran harmonik yang sangat kecil yang terjadi secara terus menerus terpantulkan oleh adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi yang tetap, disebabkan oleh getaran mikro di bawah permukaan tanah dan kegiatan lainnya. Mikrotremor merupakan getaran *ambient* yang berasal secara alami seperti hembusan angin, ombak lautan, aktivitas lalu lintas, dan aktivitas pabrik [7, 8]. Metode ini didasarkan pada perbandingan antara amplitudo spektral komponen horizontal terhadap komponen vertikal [9], dan dapat dirumuskan pada persamaan (1).

$$H/V = \frac{\sqrt{(S-NS)^2 + (S-EW)^2}}{S-V} \quad (1)$$

dengan H/V adalah spektrum rasio HVSr, S-NS adalah spektrum komponen horizontal utara-selatan, S-EW adalah spektrum komponen horizontal barat-timur, dan S-V adalah spektrum komponen vertikal [9].

Pengambilan data mikrotremor dilakukan selama empat hari di Desa Kalongan, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Gambar 3 menunjukkan titik pengukuran mikrotremor di bagian barat Desa Kalongan. Pengolahan data untuk menghasilkan sinyal dilakukan dengan *software* Geopsy. Pengolahan data pada Microsoft Exel didapatkan nilai frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) dari kurva H/V. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai indeks kerentanan seismik (K_g). Nilai K_g dirumuskan pada persamaan 2 [10].

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (2)$$

Dengan A_0 adalah nilai faktor amplifikasi, f_0 adalah frekuensi dominan. Indeks kerentanan seismik menunjukkan kerentanan suatu daerah untuk terdeformasi.



Gambar 3. Titik pengukuran mikrotremor di Desa Kalongan.

Kecepatan gelombang geser (V_s) merupakan parameter penting untuk mengetahui kondisi dinamis dari tanah, dan dapat digunakan untuk memperkirakan litologi bawah permukaan di suatu wilayah [11]. Klasifikasi V_s pada beberapa material dan klasifikasi *site* berdasarkan nilai V_s ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kecepatan gelombang S pada beberapa material [12].

Material	V_s (m/s)
Beton	2000
Granit	3500 - 3800
Dolerit	2960 - 3450
Andesit	2440 - 3500
Basal	3600 - 3700
Lempung	380 - 1000

Tabel 2. Klasifikasi *site* berdasarkan nilai V_s [13].

Klasifikasi <i>Site</i>	V_s (m/s)
Batuan keras	$V_s > 1500$
Batuan	$750 < V_s < 1500$
Tanah sangat padat dan batuan lunak	$350 < V_s < 750$
Tanah sedang	$175 < V_s < 350$
Tanah lunak	$V_s < 175$

3. Hasil Dan Pembahasan

Frekuensi Dominan (f_0). Frekuensi dominan merepresentasikan frekuensi yang sering muncul dalam rentang waktu. Nilai frekuensi dominan diperoleh dari sumbu horizontal puncak kurva H/V. Hasil pengolahan data mikrotremor di Desa Kalongan menunjukkan empat klasifikasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Satu titik pengukuran mempunyai nilai frekuensi 9.7 Hz merupakan klasifikasi I, jenis tanah yang tersusun atas batuan tersier, terdiri dari batuan pasir berkerikil keras serta memiliki ketebalan sedimen sangat tipis didominasi oleh batuan

keras. Empat titik pengukuran memiliki frekuensi 4.2-7.1 Hz yang masuk dalam klasifikasi II, karena tersusun atas batuan alluvial dengan ketebalan lebih dari 5 meter. Pada Gambar 3, daerah yang berwarna Oren dan Kuning merupakan alluvial yang hampir sama namun yang membedakan yaitu ketebalannya. Klasifikasi III mempunyai nilai frekuensi 2.6-3.9 Hz merupakan tanah lempung, batuan yang lunak dengan ketebalam 5 m. Klasifikasi IV pada enam titik pengukuran menghasilkan nilai frekuensi 0.4-1.2 Hz merupakan wilayah bidang yang bergelincir dan merupakan batuan alluvial yaitu jenis sedimen yang lunak.

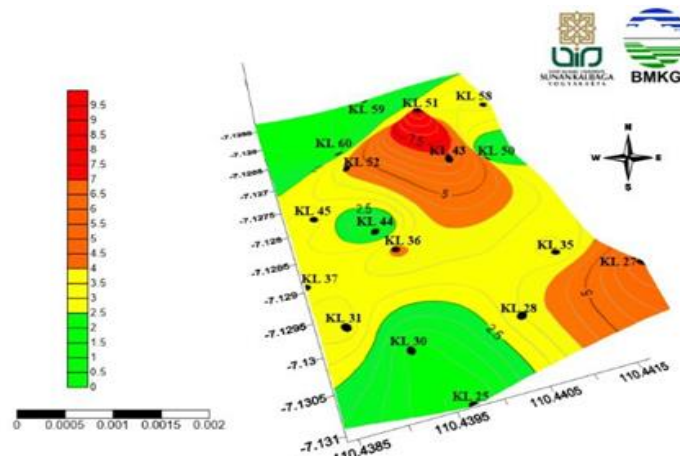
Nilai frekuensi dominan (f_0) yang rendah mempunyai resiko rawan terhadap gerakan tanah. Frekuensi berbanding terbalik dengan ketebalan sedimen dan berbanding lurus dengan kecepatan rata-rata gelombang geser (V_s). Daerah yang memiliki lapisan sedimen yang lebih tebal cenderung memiliki nilai frekuensi dominan yang semakin rendah. Wilayah longoran secara umum memiliki nilai f_0 yang rendah, hal ini menunjukkan bahwa zona longoran memiliki lapisan sedimen yang tebal. Pada daerah bidang gelincir memiliki nilai f_0 yang rendah dimana wilayah tersebut memiliki lapisan sedimen yang tebal.

Faktor Amplifikasi (A_0). Faktor amplifikasi merupakan salah satu faktor yang menyebabkan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan medium yang dilalui, umumnya jika merambat pada suatu medium yang lebih lunak dibandingkan dengan medium awal yang dilaluinya. Hasil pengolahan data mikrotremor di 16 titik pengukuran memberikan hasil faktor amplifikasi dengan rentang nilai 1.2-2.7, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai Amplifikasi di zona longoran lebih rendah dari pada di sisi bagian utara (Formasi Kerek) dikarenakan lapisan batuan pada zona longoran telah terlihat dan lapisan dibawahnya telah saling tertimbun. Nilai faktor amplifikasi < 3 yang rendah dengan kontur berwarna hijau. Nilai amplifikasi yang berbahaya berada pada nilai > 3 dan berkolerasi dengan frekuensi yang rendah [9]. Zona amplifikasi di titik KL 59 memiliki nilai 3.7 dengan klasifikasi sedang yang dapat menimbulkan adanya potensi kerusakan. Dihubungkan dengan klasifikasi terdapat tanah keras dengan batuan pasir tuffan kemungkinan pada saat tanah basah ataupun kering akan menimbulkan potensi kerusakan. Pada peta cenderung memiliki kontur berwarna kuning.

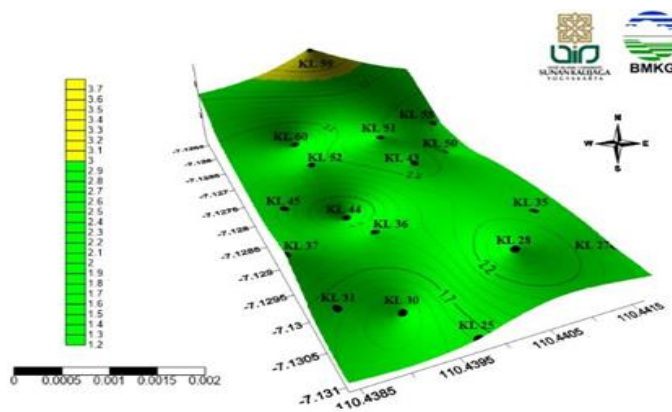
Indeks Kerentanan Seismik (K_g). Indeks kerentanan seismik menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadinya gempa bumi. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka nilai dari indeks kerentanan gempa sangat dipengaruhi oleh amplifikasi dan frekuensi dominan. Ketika nilai amplifikasi besar dan nilai frekuensi dominan kecil, maka nilai indeks kerentanan gempa akan semakin besar. Sebaliknya, jika nilai amplifikasi kecil dan nilai frekuensi dominan besar, maka nilai dari indeks kerentanan gempa akan semakin kecil.

Nilai K_g berkisar antara 0.5-15.3. Pada penelitian kali ini kerentanan intensitas seismik tertinggi berada di sekitar titik pengukuran KL 59 dengan nilai K_g sebesar 15.3. Litologi Desa Kalongan, Kecamatan Ungaran Timur di

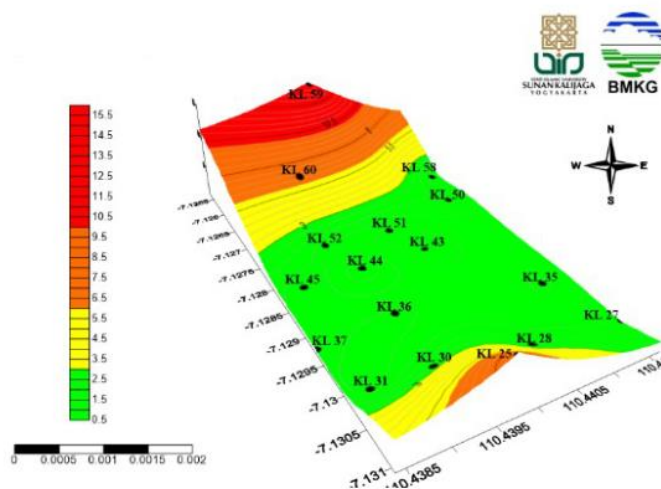
dominasi oleh lapisan sedimen relatif memiliki ketebalan sedimen yang tebal dan berada pada lapisan yang lunak. Tabel 3 merupakan rangkuman nilai f_0 , A_0 dan K_g di daerah penelitian.



Gambar 4. Peta frekuensi dominan (f_0).



Gambar 5. Peta faktor amplifikasi (A_0).



Gambar 6. Peta indeks kerentanan seismik (K_g).

Tabel 3. Nilai f0, A0, dan Kg di daerah penelitian.

Titik	f0	A0	Kg
KL 25	0.3	1.6	9.4
KL 27	7.1	1.9	0.5
KL 28	3.5	2.6	1.9
KL 30	0.6	1.2	2.5
KL 31	3.9	1.5	0.6
KL 35	2.7	2.1	1.6
KL 36	4.2	1.9	0.9
KL 37	3.2	2.1	1.4
KL 43	6.8	2.3	0.8
KL 44	0.7	1.3	2.6
KL 45	3.2	1.9	1.1
KL 50	1.2	1.6	2.2
KL 51	9.7	2.6	0.7
KL 52	4.2	2.2	1.1
KL 58	3.7	1.7	0.7
KL59	0.9	3.7	15.3
KL 60	0.5	1.7	6.7

Topografi wilayah penelitian berupa dataran tinggi sehingga memiliki nilai kemiringan tinggi cukup dominan. Klasifikasi tanah dominan oleh tanah keras, batuan lunak. Litologi di Desa Kalongan terdiri dari lapisan Batu Pasir Tuffan (tanah sedang hingga tanah lunak), perselingan batu lempung (tanah lunak), Konglomerat (tanah sangat padat dan batuan lunak) yang berada pada Formasi Kerek dan Breksi Vulkanik (Batuan) berada pada Formasi Kaligetas. Tabel 4 menunjukkan nilai rata-rata Vs, klasifikasi *site* dan litologi daerah penelitian.

Penelitian ini memberikan informasi tentang daerah di Desa Kalongan yang memiliki nilai Kg tinggi yang berpotensi mengalami kerusakan bila terjadi pergerakan tanah. Nilai Kg yang tinggi seperti pada KL 59 yang memiliki jenis tanah lunak dengan litologi batuan sedimen yang sangat rentan terhadap gempa bumi, dan berpotensi menimbulkan kerusakan dari rentang parah hingga sangat parah akibat guncangan yang besar. Sebaliknya di wilayah dengan tanah yang memiliki litologi batuan beku atau batuan penyusun yang kuat dan stabil memiliki nilai Kg yang rendah.

Tabel 4. Nilai f0, A0, dan Kg di daerah penelitian.

Titik	Vs Rata-Rata	Klasifikasi Tanah	Litologi
KL 25	1725	SA (batuan keras)	Aliran lava
KL 27	523	SC (tanah keras, batuan lunak)	Batu lempung
KL 28	588	SC (tanah keras, batuan lunak)	Batu lempung
KL 30	380	SC (tanah keras, batuan lunak)	Batu lempung
KL 31	503	SC (tanah keras, batuan lunak)	Batu lempung
KL 35	737	SC (tanah keras, batuan lunak)	Batu lempung
KL 36	759	SB (batuan)	Batu lempung
KL 37	751	SB (batuan)	Breksi vulkanik
KL 43	1518	SA (batuan keras)	Breksi vulkanik
KL 44	318	SD (tanah sedang)	Batupasir tufan
KL 45	349	SD (tanah sedang)	Gamping
KL 50	509	SC (tanah keras, batuan lunak)	Batu gamping
KL 51	764	SB (batuan)	Konglomerat
KL 52	1197	SB (batuan)	Konglomerat
KL 58	1395	SB (batuan)	Konglomerat
KL59	729	SC (tanah keras, batuan lunak)	Gamping
KL 60	758	SB (batuan)	Gamping

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan rentang nilai f0 bervariasi 0.3-9.7 Hz, A0 bervariasi dari 1.2-3.7 dan Kg bervariasi dari 0.5-15.3. Hasil penelitian memberikan informasi daerah di Desa Kalongan yang memiliki nilai Kg yang tinggi dan berpotensi mengalami kerusakan bila terjadi pergerakan tanah seperti pada lokasi KL 59 yang memiliki tanah lunak dengan litologi batuan sedimen yang sangat rentan terhadap gempa bumi. Litologi Desa Kalongan secara terdiri dari lapisan Batu Pasir Tuffan, perselingan Batu Lempung, Konglomerat yang berada pada Formasi

Kerek dan Breksi Vulkanik berada pada Formasi Kaligetas.

Saran

Perlu memperluas wilayah penelitian untuk mendapatkan gambaran indeks kerentanan seismik di daerah sekitar Desa Kalongan, Kecamatan Ungaran Timur, Kabupaten Semarang.

Daftar Pustaka

- [1] Zakaria, Z., "Model Starlet, suatu Usulan untuk Mitigasi Bencana Longsor dengan Pendekatan Genetika Wilayah (Studi Kasus: Longsoran Citatah, Padalarang, Jawa)," *Jurnal Geologi Indonesia*, 5(2), 93-112, 2010.
- [2] Lestari, S., Nugraha, A. L., dan Firdaus, H. S., "Pemetaan risiko tanah longsor Kabupaten Semarang berbasis sistem informasi geografis," *Jurnal Geodesi Undip*, Vol. 8, no. 1, 160-169, 2019.
- [3] Tanah Gerak Ancam Desa Kalongan Semarang, Warga Diminta Mengungsi. Internet: <https://www.detik.com/jateng/berita/d-6366476/tanah-gerak-ancam-desa-kalongan-semarang-warga-diminta-mengungsi>.
- [4] Prabowo, U. N., Amalia, A. F., Wiranata, F. E., "Identifikasi potensi pergerakan tanah pada lereng yang dipicu gempabumi berdasarkan pengukuran mikrotremor," *Wahana Fisika*, Vol 2, No 2, 2017.
- [5] Malik, D. P., Said, M., Ayusari, "Penentuan nilai indeks kerentanan seismik daerah rawan longsor metode mikrotremor di Kecamatan Tombolopao Kabupaten Gowa," *Tolis Ilmiah: Jurnal Penelitian*, Vol. 3, No. 1, 2021.
- [6] Thanden, Sumadirja, "Peta Geologi lembar Magelang dan Semarang," Direktorat Geologi, Bandung, 1996.
- [7] Panjaitan, A., Saragih, R., Hutahuruk, A., Suhendra, "Mikrozonasi Kawasan Potensi Longsor Menggunakan Metode Mikrotremor di Kabupaten Bengkulu Utara – Lebong," *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, Vol. 20, Nomor 2, 2023.
- [8] Maimun, A. K., Silvia, U. N., & Ariyanto, P., "Analisis Indeks Kerentanan Seismik, Periode Dominan, Dan Faktor Amplifikasi Menggunakan Metode HVSR Di Stage of Tangerang," *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 7(2), 24–30, 2020.
- [9] Nakamura, Y., "Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications," *System and Data Research*, Japan, 2000.
- [10] Nakamura, Y., "A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface Quarterly" Report of Railway Technical Research Institute (RTRI), 30, No.1, 1989.
- [11] Wibowo, N. B., "Rasio Model Vs Berdasarkan Data Mikrotremor dan USGS di Kecamatan Jetis Kabupaten Bantul," *Jurnal Sains Dasar*, 6 (1), 49-56, 2017.
- [12] Daryono, D., "Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Mikrotremor Pada Setiap Satuan Bentuk Lahan Di Zona Graben Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta," Disertasi. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2011.
- [13] Badan Standarisasi Nasional, "SNI-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung," 2019.