

Analisis indeks kerentanan seismik dengan metode mikrotremor pada zona longsor di dusun Bengle, desa Dlepih, kecamatan Tirtoyo, kabupaten Wonogiri

Fathunajah Elsha Christalianingsih^{1*}, Indar Mery Sulya Aryani¹, Icha Khaerunnisa¹, Dea Mutiara Jannah¹, Salma Khoirunnisa¹, Hana Rosyida¹, Nugroho Budi Wibowo^{1,2}, Thaقيبul Fikri Niyartama¹, Andi¹, Riko Afrilianto¹, Dian Kusuma Latif Affandi¹, Muh. Firman Maulana¹, Miqdad Haidar Zaki¹

¹Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga
Jl. Laksda Adisucipto Sleman, Gedung Student Center Lt. III No. 3.70

²BMKG Stasiun Geofisika Sleman, DIY

*email: 21106020037@student.uin-suka.ac.id

Abstrak - Tanah Longsor merupakan bencana alam yang sering terjadi di wilayah Kabupaten Wonogiri. Kejadian tanah longsor pernah terjadi di Dusun Bengle, Kecamatan Tirtoyo, Kabupaten Wonogiri. Tanah longsor tersebut mengakibatkan kerusakan rumah penduduk dan korban jiwa. Potensi bahaya tanah longsor dapat dianalisis dengan indeks kerentanan seismik (K_g). Penelitian ini bertujuan menganalisis frekuensi dominan (f_0), faktor amplifikasi (A_0) dan indeks kerentanan seismik (K_g) pada zona longsor menggunakan metode mikrotremor. Data akuisisi mikrotremor sebanyak 21 data pada zona longsor. Pengolahan data mikrotremor menggunakan metode HVSR untuk menghasilkan kurva HVSR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai A_0 memiliki rentang antara 0.99 - 7.55, nilai f_0 dengan rentang antara 0.24 Hz - 11.01 Hz, dan nilai K_g dengan rentang nilai 0.13 - 36.50. Zona terdampak tanah longsor Dusun Bengle memiliki kesesuaian arah aliran material dengan sebaran nilai K_g yang tinggi. Hingga saat ini zona tersebut masih dijadikan sebagai kawasan pemukiman yang cukup padat, sehingga diharapkan penelitian ini mampu meningkatkan kewaspadaan masyarakat dan pemerintah daerah akan adanya potensi dan ancaman bencana pada wilayah penelitian.

Kata kunci: Tanah Longsor, Metode Mikrotremor, Indeks Kerentanan Seismik

Abstract – Landslides are a natural disaster that often occurs in the Wonogiri Regency area. A landslide once occurred in Bengle Hamlet, Tirtoyo District, Wonogiri Regency. The landslide resulted in damage to residents' houses and loss of life. The potential danger of landslides can be analyzed using the seismic vulnerability index (K_g). This research aims to analyze the dominant frequency (f_0), amplification factor (A_0) and seismic vulnerability index (K_g) in the landslide zone using the microtremor method. There were 21 microtremor acquisition data in the landslide zone. Microtremor data processing uses the HVSR method to produce an HVSR curve. The research results show that the A_0 value ranges from 0.99 - 7.55, the f_0 value ranges from 0.24 Hz - 11.01 Hz, and the K_g value ranges from 0.13 - 36.50. The zone affected by the Bengle Hamlet landslide has a suitable direction of material flow with a high distribution of K_g values. Until now, this zone is still used as a fairly dense residential area, so it is hoped that this research will be able to increase awareness of the community and local government regarding the potential and threat of disasters in the research area.

Key words: Landslides, Microtremor Method, Seismic Vulnerability Index

PENDAHULUAN

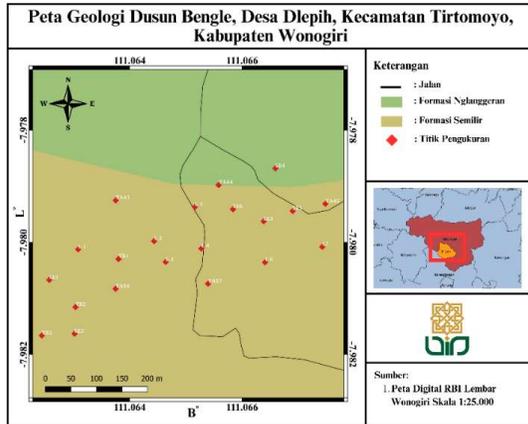
Secara geografis, Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik. Hal tersebut menyebabkan Indonesia memiliki tingkat kerawanan bencana geologi yang tinggi [1] khususnya bencana tanah longsor. Salah satu kawasan yang menjadi salah satu lokasi rawan bencana tanah longsor yang tinggi terletak pada Kabupaten Wonogiri yang berada di Provinsi Jawa Tengah. Tahun 2017 telah terjadi bencana tanah longsor di Desa Dlepih yang

menyebabkan tiga dusun atau sebanyak 1142 warganya diungsikan dan beberapa warga di lokasi. Salah satu dusun yang mengalami bencana tanah longsor berada di

Dusun Bengle yang menyebabkan korban jiwa sebanyak dua orang.

Menurut Peta Geologi Lembar Ponorogo oleh Sampurno dan H. Samodra tahun 1997, Dusun Bengle terletak pada wilayah yang didominasi oleh perbukitan dengan lereng-lereng yang curam. Wilayah ini termasuk ke dalam tiga formasi yaitu Formasi

Nglanggeran, Formasi Semilir, dan Intrusi Andesit. Formasi Nglanggeran tersusun atas Batuan Beku berupa Andesit, Basalt, Breksi Gunungapi, serta Batupasir, sedangkan Formasi Semilir tersusun atas Batuan Sedimen berupa Breksi Batuapung, Batupasir Kerikilan, Batupasir, dan Batulempung yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Geologi Kawasan Penelitian

Tanah longsor adalah peristiwa geologi yang terjadi akibat adanya gerakan massa batuan dan tanah yang menuruni sebuah lereng [2]. Tanah longsor dipengaruhi oleh dua hal, yaitu gaya penahan dan gaya pendorong. Gaya penahan dipengaruhi oleh faktor kekuatan batuan penyusun dan tingkat kepadatan tanah sedangkan gaya pendorong dapat dipicu oleh faktor curah hujan, kemiringan lereng, serta massa jenis batuan penyusunnya [3]. Menurut Christalianingsih, wilayah penelitian memiliki zona kerentanan pergerakan tanah yang tinggi, hal ini juga dapat menjadi faktor terjadinya tanah longsor pada wilayah tersebut [15].

Gejala umum yang ditimbulkan saat terjadi tanah longsor adalah muncul tanda-tanda awal berupa retakan-retakan di permukaan lereng. Retakan-retakan tersebut cenderung terbentuk sejajar dengan arah tebing atau lereng yang mengalami pergerakan. Retakan-retakan ini terbentuk karena adanya pergerakan massa tanah dan batuan pada lereng, yang menyebabkan permukaan lereng terbelah atau retak. Kemunculan mata air baru secara tiba-tiba dan tebing yang menjadi rapuh serta kerikil mulai berjatuhan juga merupakan gejala umum yang dapat diamati sebagai indikasi awal terjadinya tanah longsor [4].

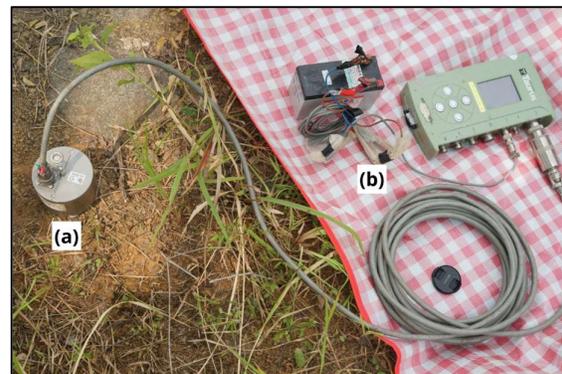
Tanah longsor dapat terjadi karena dua faktor, yaitu faktor yang bersifat pasif seperti litologi, stratigrafi, struktur geologi, hidrologi, topografi dan riwayat kejadian longor yang pernah terjadi [5]. Faktor kedua yaitu faktor aktif dipicu oleh aktivitas manusia, iklim dan getaran tanah akibat seismisitas [6] sehingga dibutuhkan identifikasi litologi lebih lanjut untuk

mengetahui tingkat rawan longsor pada kawasan tersebut. Identifikasi dapat dilakukan menggunakan pengukuran geofisika yaitu metode mikroseismik. Identifikasi litologi dapat diketahui berdasarkan beberapa parameter seperti amplifikasi dominan, frekuensi dominan, dan indeks kerentanan tanah.

Indeks kerentanan seismik berperan penting dalam upaya manajemen bencana tanah longsor, baik sebagai informasi peringatan maupun pertimbangan dalam pembuatan kebijakan mitigasi bencana. Indeks kerentanan seismik bervariasi antar wilayah satu dengan wilayah yang lain, sehingga pengetahuan akan indeks kerentanan seismik di suatu wilayah dapat mendorong kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi ancaman longsor [7].

METODE PENELITIAN

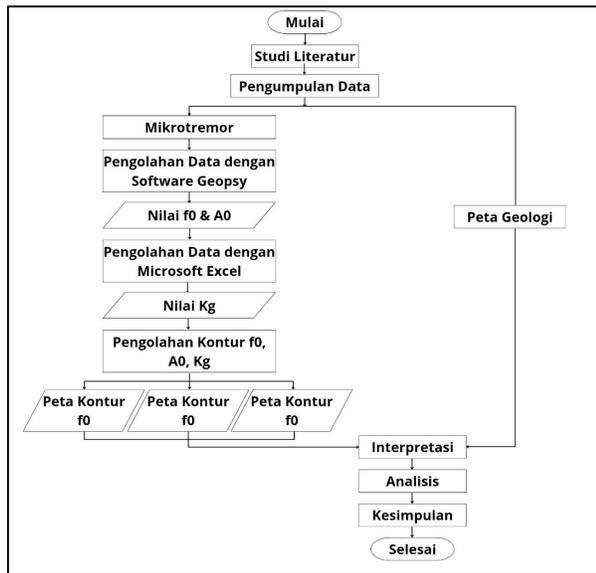
Penelitian ini dilakukan dengan pengukuran di lapangan menggunakan metode mikrotremor. Akuisisi data ini dilakukan dengan menggunakan Sensor *LE-3Dlite* (Gambar 2a) dan *Digital Portable Seismograph* (Gambar 2b).



Gambar 2. *Digital Portable Seismograph* dan Sensor *LE-3Dlite*

Pengukuran dilaksanakan selama lima hari dengan 21 titik pengukuran. Titik pengukuran terdistribusi pada kawasan zona longsor. Pengukuran ini dilakukan dengan cara meletakkan sensor yang telah disambungkan dengan *Digital Portable Seismograph* di atas tanah. Selanjutnya alat akan membaca dan merekam gelombang di bawah permukaan bumi. Data yang diperoleh berupa sinyal seismik yang kemudian dapat diunduh dan diolah dengan *software geopsy*. Pada proses pengolahan data dilakukan *filtering* pada sinyal yang diperoleh untuk menghilangkan gangguan (*noise*), hingga didapatkan nilai frekuensi dominan dan amplifikasi dominan. Kedua data tersebut, selanjutnya dilakukan pengolahan dengan menggunakan *software microsoft excel* untuk mendapatkan nilai indeks kerentanan seismik di area penelitian. Berdasarkan nilai indeks kerentanan seismik dapat dibuat kontur dengan *software surfer* agar dapat mengetahui

persebaran indeks kerentanan seismik pada wilayah penelitian. Alur proses dari penelitian ini digambarkan melalui diagram alir yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Mikrotremor disebut juga getaran tanah dengan *amplitude displacement* sekitar 0,1-1 mikron dengan *amplitude velocity* 0,001-0,01 cm/s [8]. Getaran tersebut berasal dari bawah permukaan bumi dan terperangkap di dalam lapisan sedimen, kemudian dipantulkan oleh lapisan batas antara dua jenis material dengan frekuensi yang sama. Salah satu kemungkinan sumber mikrotremor dapat berasal dari bawah permukaan maupun aktivitas alam atau manusia [9].

Salah satu metode yang dapat digunakan dalam pengolahan data sinyal mikrotremor adalah metode *HVSR (Horizontal to Vertical Spectra Ratio)*. Metode *HVSR* digunakan untuk menghitung rasio antara spektrum Fourier dari komponen vertikal dengan komponen horizontal sinyal mikrotremor. Parameter penting yang dihasilkan dari metode *HVSR* adalah frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) [10]. Frekuensi dominan (f_0) adalah nilai frekuensi yang paling sering muncul dalam pengukuran, yang dianggap mewakili karakteristik lapisan batuan di suatu area. Dengan kata lain, f_0 dapat menunjukkan jenis dan sifat dari batuan di daerah tersebut. Faktor amplifikasi (A_0) merupakan peningkatan atau perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan signifikan antara lapisan-lapisan material di bawah permukaan bumi. Gelombang seismik akan mengalami penguatan atau amplifikasi ketika merambat melalui medium yang lebih lunak dibandingkan medium awal yang dilaluinya [11].

Berdasarkan parameter frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) yang dihasilkan dari pengukuran mikroseismik dapat digunakan untuk

memperkirakan indeks kerentanan seismik. Menurut Nakamura (2008), indeks kerentanan seismik (K_g) adalah suatu indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan suatu lapisan tanah terhadap deformasi atau perubahan bentuk sebagai akibat dari beban atau guncangan seismik [12]. Dengan tingginya nilai indeks kerentanan seismik menyebabkan daerah tersebut memiliki potensi bahaya yang lebih tinggi dan kerusakan bangunan yang lebih besar saat terjadi gempa bumi [16]. Data indeks kerentanan seismik (K_g) dapat diperoleh dengan menggunakan software microsoft excel dengan rumus dibawah ini [13]:

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

Keterangan :

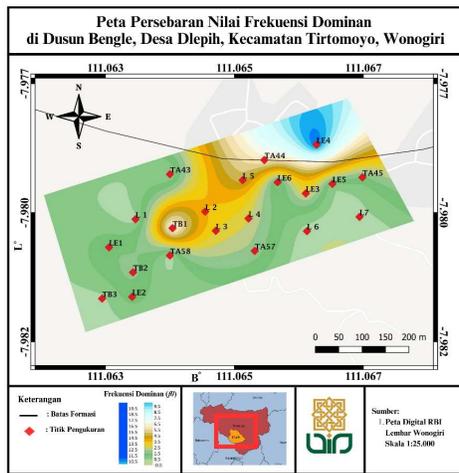
- K_g : Indeks Kerentanan Seismik
- A_0 : Faktor Amplifikasi
- f_0 : Frekuensi Dominan (Hz)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode yang digunakan dalam pengolahan data penelitian ini yakni menggunakan metode *HVSR*. Hasil dari metode ini berupa kurva H/V yang didapatkan pada metode ini akan menghasilkan beberapa nilai, diantaranya adalah nilai frekuensi dominan (f_0), faktor amplifikasi (A_0), serta nilai indeks kerentanan seismik (K_g) pada kawasan penelitian

a. Frekuensi Dominan (f_0)

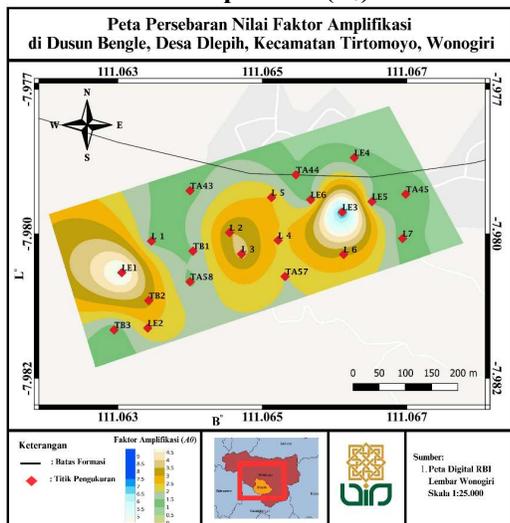
Frekuensi dominan (f_0) merupakan besarnya gelombang frekuensi yang kerap muncul secara berulang pada suatu kawasan [13]. Nilai frekuensi dominan dapat menggambarkan kondisi geologi atau karakteristik lapisan batuan bawah permukaan di daerah penelitian. Jenis dan sifat-sifat pada batuan penyusun kawasan penelitian dapat diidentifikasi juga dengan menggunakan nilai frekuensi dominan.



Gambar 4. Peta Persebaran Nilai Frekuensi Dominan (f_0) di Dusun Bengle

Nilai frekuensi dominan (f_0) pada kawasan tanah longsor Dusun Bengle memiliki rentang 0.24 Hz - 11.01 Hz. Persebaran nilai frekuensi dominan (f_0) dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, Formasi Semilir memiliki rentang nilai frekuensi dominan (f_0) antara 0.25 - 2.5 Hz. Sementara sebaran nilai frekuensi dominan (f_0) pada Formasi Nglanggeran berada pada rentang 7.5 - 19.5 Hz. Sebaran nilai frekuensi dominan ini mampu merepresentasikan karakteristik geologi pada masing-masing formasi, nilai f_0 yang rendah berada pada daerah dengan dominasi batuan lunak (Formasi Semilir) dan nilai f_0 tinggi berada pada daerah dengan dominasi batuan keras (Formasi Nglanggeran).

b. Faktor Amplifikasi (A_0)



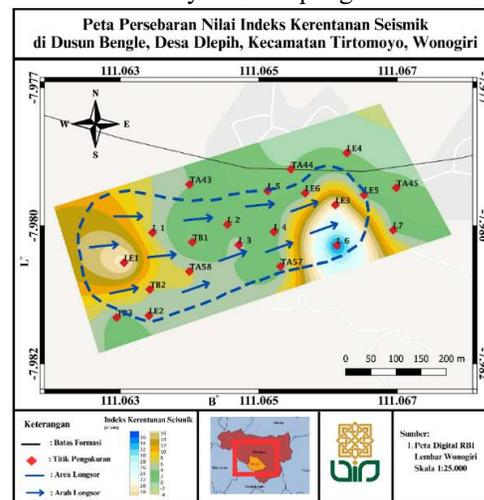
Gambar 5. Peta Persebaran Nilai Faktor Amplifikasi (A_0) di Dusun Bengle

Faktor amplifikasi (A_0) merupakan reaksi gelombang seismik yang berkaitan dengan perbedaan densitas

antara lapisan endapan sedimen dengan batuan keras di bawah permukaan. Faktor amplifikasi (A_0) mengalami peningkatan nilai ketika melewati Batuan Lunak. Mengacu pada peta yang ditunjukkan Gambar 4, menunjukkan daerah penelitian didominasi oleh nilai faktor amplifikasi yang relatif rendah. Nilai A_0 pada daerah penelitian memiliki rentang antara 0.99 - 7.55, dimana nilai A_0 yang rendah antara 0.99 - 3 berada pada Formasi Nglanggeran didominasi oleh batuan keras dan nilai A_0 tertinggi yakni antara 5 - 7.55, berada pada Formasi Semilir yang didominasi oleh Batuan Lunak.

c. Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Indeks Kerentanan Seismik (K_g) adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui informasi tingkat kerentanan lapisan tanah suatu wilayah terhadap pergerakan tanah. Besarnya nilai indeks kerentanan seismik bergantung pada nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, dapat dilihat jika wilayah penelitian memiliki indeks kerentanan seismik rendah hingga tinggi. Indeks kerentanan seismik yang didapatkan berada pada rentang 0.13 - 36.50. Nilai indeks kerentanan terendah berada pada Formasi Nglanggeran yaitu pada titik pengukuran LE4, sementara nilai indeks kerentanan seismik tertinggi berada pada Formasi Semilir yaitu titik pengukuran L6.



Gambar 6. Peta Persebaran Nilai Indeks Kerentanan Seismik (K_g) di Dusun Bengle

Indeks kerentanan juga menunjukkan kerentanan suatu wilayah apabila wilayah tersebut terkena dampak dari pergerakan lapisan batuan atau guncangan. Semakin tinggi nilai K_g , semakin rentan pula wilayah tersebut terdampak oleh guncangan. Berdasarkan peta yang terlihat pada gambar 5, wilayah yang memiliki indeks kerentanan seismik yang sedang dan tinggi berada pada area pemukiman. Nilai Indeks kerentanan tanah yang tinggi dan berada pada area pemukiman

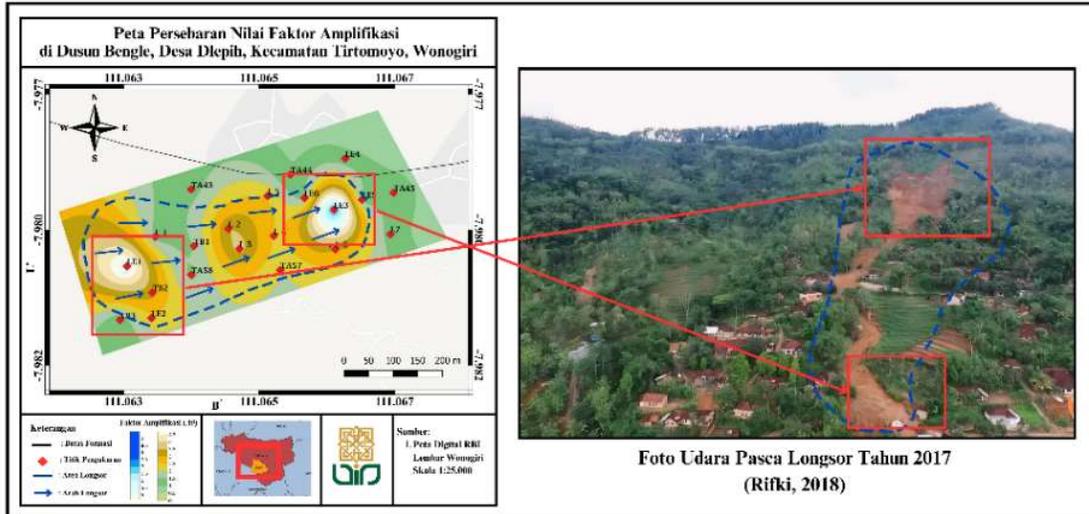
mengakibatkan wilayah tersebut memiliki potensi bahaya yang tinggi terhadap pergerakan tanah.

d. Analisis Kg pada Zona Longsor

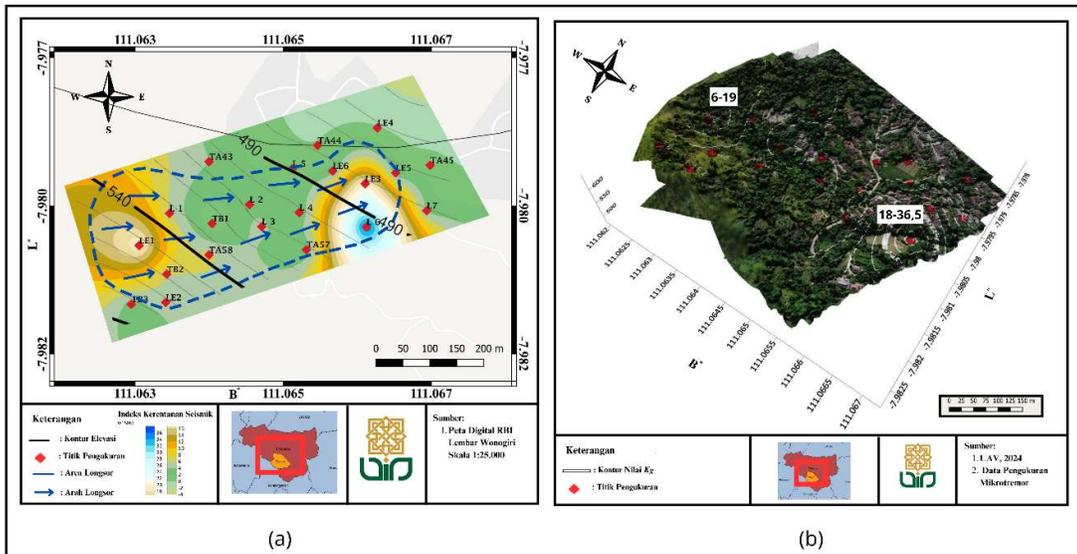
Berdasarkan data dari BPBD Kabupaten Wonogiri, Dusun Bengle memiliki historis bencana tanah longsor pada tanggal 28 November 2017. Bencana tanah longsor pada tahun 2017 ini mengakibatkan 2 orang meninggal dunia, beberapa rumah rusak serta tiga dusun diungsikan. Penelitian mengenai potensi

pergerakan tanah, akibat bencana suatu wilayah terhadap pergerakan tanah, perlu dilakukan sebagai langkah mitigasi bencana. Kg merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui potensi kerusakan

kerusakan akibat bencana suatu wilayah terhadap pergerakan tanah,



Gambar 7. Foto Udara Pasca Longsor Tahun 2017



Gambar 8. Foto Udara Zona Kejadian Tanah Longsor Tahun 2017 Berdasarkan Persebaran Nilai Kg (Foto Udara 2024)



Gambar 9. Mahkota Longsor Dusun Bengele

Longsor yang terjadi di dusun Bengele memiliki arah aliran material dari Barat ke Timur. Pada Gambar 6. terlihat bahwa pola arah jatuhnya material longsor berkorelasi dengan pola kontur nilai faktor amplifikasi yang menunjukkan adanya akumulasi endapan sedimen pada proses perpindahan material longsor. Material longsor dengan volume yang besar terbawa hingga titik LE3, dimana titik tersebut memiliki nilai A_0 tertinggi pada wilayah penelitian. Identifikasi awal mahkota bencana tanah longsor yang terjadi di Dusun Bengele dapat diamati pada Gambar 9.

Pada peta nilai indeks kerentanan tanah yang ditunjukkan Gambar 7, sebaran nilai K_g relatif sesuai dengan rekam jejak kejadian tanah longsor di tahun 2017, dimana area yang memiliki nilai K_g relatif tinggi mengakibatkan terjadinya kerusakan yang signifikan dibanding dengan wilayah dengan nilai K_g yang rendah. Kawasan dengan nilai K_g yang tinggi juga berada pada kawasan pemukiman yang padat, sehingga perlu adanya kewaspadaan baik dari masyarakat maupun pemerintah daerah akan ancaman dan potensi gerakan tanah. Penelitian ini menunjukkan bahwa daerah dengan nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi, rentan terhadap adanya bencana tanah longsor.

KESIMPULAN

Hasil akuisisi data menggunakan metode mikrotremor pada Dusun Bengele, Kecamatan Tirtomoyo, wilayah Kabupaten Wonogiri menghasilkan data frekuensi dominan dan faktor amplifikasi, serta nilai indeks kerentanan tanah. Nilai A_0 memiliki rentang antara 0.99 hingga 7.55, nilai f_0 dengan rentang antara 0.24 Hz hingga 11.01, dan nilai K_g dengan rentang nilai 0.13 hingga 36.50. Kawasan yang terdampak tanah longsor memiliki rentang nilai A_0 antara 5 - 7.55, f_0 pada rentang nilai 0.25 - 2.5 Hz, dan K_g pada rentang nilai 10 - 36.50. Nilai A_0 dan f_0 memiliki pengaruh terhadap besar kecilnya nilai K_g . Nilai K_g yang tinggi berkorelasi dengan arah aliran material tanah longsor. Titik Pengukuran LE1 yang berada pada bagian Barat wilayah penelitian menjadi titik awal kejadian tanah longsor. Material tanah longsor terbawa dan kemudian terakumulasi hingga titik LE3 yang berada pada bagian Timur wilayah penelitian. Nilai K_g yang tinggi juga berada pada wilayah pemukiman yang padat, sehingga diharapkan baik pemerintah daerah maupun masyarakat dapat meningkatkan kewaspadaan terhadap adanya potensi bahaya yang mengancam jika terjadi gerakan tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu atau berkontribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Khoirunnisa, N. B. Wibowo, H. Rosyida, I. Khaerunnisa, D. Jannah, F. E. C. dan 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] D. M. Cruden, "A simple definition of a landslide," *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, vol. 43, no. 1, pp. 27-29, 1991.
- [3] D. P. Malik, M. L dan Ayusari, "Penentuan nilai indeks kerentanan seismik daerah rawan longsor metode mikrotremor di kecamatan Tombolopao kabupaten Gowa," *Tolis Ilmiah: Jurnal Penelitian*, vol. 3, no.

- 1, pp. 14-23, 2021.
- [4] Suprpto, R. Nurmasari dan A. Rosyida, "Analisis penyebab tanah longsor di kabupaten ponorogo (studi ; dusun Tangkil, Desa Banaran, kecamatan Pulung)," *Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana*, vol. 8, no. 2, pp. 112-119, 2017.
- [5] H. Rosyida, N. B. Wibowo, I. Khaerunnisa, I. M. S. A., D. M. Jannah, F. E. C. dan 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] M. E. Fitrianingrum dan D. Ruslanjari, "Zonasi rawan longsor di desa pagerharjo kecamatan Samigaluh kabupaten Kulonprogo Yogyakarta," *Jurnal Pendidikan Geografi*, vol. 18, no. 2, pp. 181-190, 2018.
- [7] B. W. Hastanti dan A. Miardini, "Penilaian Indeks Kerentanan Sebagai Upaya Pengurangan Risiko Longsor Di Kecamatan Banjarmangu Kabupaten Banjarnegara Jawa Tengah," *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, vol. 5, no. 2, pp. 155-170, 2021.
- [8] Ü. D. M. Mirzaoglu, "Application of microtremors to seismic microzoning procedure," *Journal Of The Balkan Geophysical Society*, p. 143 – 156, 2003.
- [9] R. H. Kusmita, "Studi Kerentanan Tanah di Wilayah Telanaipura dan Kotabaru Kota Jambi terhadap Gelombang Seismik," *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, 2020.
- [10] N. Sitorus, S. Purwanto dan W. Utama, "Analisis Nilai Frekuensi Natural Dan Amplifikasi Desa Olak Alen Blitar Menggunakan Metode Mikrotremor HVSR," *Jurnal Geosaintek*, vol. 3, no. 2, pp. 89-92, 2017.
- [11] V. Arintalofa, G. Yuliyanto dan U. Harmoko, "Analisa Mikrotremor Menggunakan Metode HVSR untuk Mengetahui Karakteristik Bawah Permukaan Manifestasi Panas Bumi Diwak dan Derekan Berdasarkan Nilai VP," *Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, vol. 1, no. 2, pp. 54-61, 2020.
- [12] A. M. Haifani, "Analisis Penentuan Indeks Kerentanan Seismik Dengan Pendekatan Metoda Hvsr Untuk Tapak Instalasi Nuklir," *Seminar Keselamatan Nuklir*, pp. 12-17, 2015.
- [13] Nakamura, "On The H/V Spectrum," in *The 14th World Conferences on Earthquake Engineering*, Beijing, China, 2008.
- [14] U. M. j. Y. I. S. C. Desmita, "Kajian Respon Gempa Dan Kerentanan Bangunan Publik Berdasarkan Data Mikrotremor Di Aceh Utara," *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, Vol. 5, No 3, pp. pp. 236-246, 2021.
- [15] S. C. Desmita, U. Muksin dan Y. Idris, "Kajian Respon Gempa Dan Kerentanan Bangunan Publik Berdasarkan Data Mikrotremor Di Aceh Utara," *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, vol. 5, no. 3, pp. 236-246, 2021.