

IDENTIFIKASI POTENSI LIKUIFAKSI BERDASARKAN ANALISIS DATA MIKROTREMOR DI DESA TRIMURTI, SRANDAKAN, BANTUL

Heru Bagus Hermawan¹⁾, Dimas Taufiq Ridlo²⁾, Nasirudin³⁾, Rita Dewi Triastianti⁴⁾

¹⁾Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Yogyakarta, Bantul, D.I. Yogyakarta, Indonesia

²⁾Teknik Energi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Yogyakarta, Bantul, D.I. Yogyakarta, Indonesia

³⁾ Ilmu Lingkungan, Fakultas Ilmu Lingkungan, Institut Teknologi Yogyakarta, Bantul, D.I. Yogyakarta, Indonesia

Corresponding author : Heru Bagus Hermawan
E-mail : heru.bagus.h@ity.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengidentifikasi potensi terjadinya likuifaksi berdasarkan analisis data mikrotremor di Desa Srandakan, Trimurti, Bantul yang terletak di pesisir pantai Selatan Yogyakarta dan di bantaran sungai Progo. Metode analisis yang digunakan adalah metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) yang akan memberikan informasi mengenai nilai Frekuensi Dominan (f_0), Amplifikasi (A_0), Indeks Kerentanan Seismik (K_g), dan Ketebalan Lapisan Sedimen (h) di daerah penelitian. Berdasarkan hasil analisis data diperoleh nilai Frekuensi Dominan (f_0) antara 1,60 – 9,94 Hz, Amplifikasi (A_0) antara 2,35 – 4,43, Indeks Kerentanan Seismik (K_g) antara $4,01 \times 10^{-6}$ – $4,45 \times 10^{-5} \text{ s}^2/\text{cm}$, dan Ketebalan Lapisan Sedimen (h) antara 6,54 – 46,25 m. Potensi likuifaksi ditentukan berdasarkan sebaran nilai-nilai tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa di beberapa lokasi di Desa Trimurti memiliki potensi terjadinya likuifaksi yaitu di sekitar titik S04 dan S12. Selain itu menurut pengamatan di lapangan, lapisan tanah permukaan Desa Trimurti didominasi oleh tanah berpasir.

Kata kunci: likuifaksi; mikrotremor; HVSr; frekuensi dominan; amplifikasi.

ABSTRACT

The research to identify the potential of liquefaction based on microtremor data analysis in the Srandakan, Trimurti, Bantul, which is located on the southern coast of Yogyakarta and along the Progo river has been finished. The Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method was used to analysed microtremor data which will provide information about values of Dominant Frequency (f_0), Amplification (A_0), Seismic Susceptibility Index (K_g), and Sediment Layer Thickness (h) in the study area. Based on the results of analysis of microtremor data, the value of Dominant Frequency (f_0) is between 1.60 - 9.94 Hz, Amplification (A_0) is between 2.35 - 4.43, Seismic Susceptibility Index (K_g) is between $4,01 \times 10^{-6}$ - $4,45 \times 10^{-5} \text{ s}^2/\text{cm}$, and the thickness of the sediment layer (h) is between 6.54 - 46.25 m. The potential of liquefaction is determined based on the distribution of these values, so it can be concluded that some locations in Trimurti Village have the potential for liquefaction, around points S04 and S12. In addition, according to field observations, the surface soil layer of Trimurti Village is dominated by sandy soil.

Keywords: liquefaction; microtremor; HVSr; dominant frequency; amplification.

PENDAHULUAN

Likuifaksi merupakan salah satu fenomena hilangnya atau berkurangnya kepadatan atau kekakuan tanah sehingga seolah-olah tanah menjadi seperti mencair atau meleleh. Hal ini terjadi karena massa tanah mengalami kehilangan sebagian besar tahanan gesernya akibat dari pembebanan monotonik, siklik, atau mendadak sehingga tegangan gesernya menjadi rendah juga (Sladen dkk, 1985). Pada umumnya likuifaksi terjadi pada lapisan sedimen granular jenuh air dengan kepadatan yang rendah dan menerima beban siklik berupa gempa bumi (Kramer, 1996). Peristiwa likuifaksi dapat menyebabkan berbagai kerusakan baik kerusakan permukaan tanah maupun bangunan yang berada di atasnya. Beberapa contoh dari kerusakan yang disebabkan oleh likuifaksi saat terjadi gempa bumi diantaranya adalah gempa bumi Bengkulu tahun 2000 dan 2007, gempa bumi Aceh tahun 2004, gempa bumi Nias tahun 2005, gempa bumi Yogyakarta tahun 2006 (Soebowo dkk, 2009), dan gempa bumi Padang tahun 2009 (Tohari dkk,

2011). Daerah utama likuifaksi dan deformasi tanah yang terjadi di Kota Padang terletak di sepanjang garis pantai dan berasosiasi dengan pasir aluvial pada kedalaman yang cukup dangkal (Tohari dkk, 2011).

Desa Trimurti secara administratif termasuk kedalam wilayah Kecamatan Srandakan, Kabupaten Bantul, terletak di Selatan Provinsi D.I. Yogyakarta dan termasuk wilayah pesisir pantai. Secara geologi, Desa Trimurti berada pada Formasi Endapan Gunungapi Merapi Muda yang berumur Kuartar dan terdiri dari material lepas (Rahardjo dkk, 1995). Kabupaten Bantul menjadi salah satu wilayah dengan kerusakan terparah akibat gempabumi Yogyakarta tahun 2006 silam, juga teridentifikasi di beberapa tempat adanya fenomena likuifaksi akibat gempabumi tersebut (Supartoyo, 2006).

Salah satu upaya mitigasi bencana yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak likuifaksi adalah dengan mengidentifikasi daerah yang berpotensi mengalami likuifaksi. Metode geofisika yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi likuifaksi salah satunya adalah metode analisis data mikrotremor (Tohari dkk, 2011).

Mikrotremor bisa juga disebut sebagai *ambient noise*, yaitu getaran tanah dengan amplitudo tertentu yakni antara 10^{-4} – 10^{-2} mm yang diakibatkan oleh aktivitas makhluk hidup maupun fenomena alam seperti aliran sungai, angin, hujan, variasi tekanan atmosfer, gelombang laut dan lain sebagainya (Okada, 2003). Mikrotremor merupakan getaran konstan pada permukaan tanah selain gempabumi (Aki, 1957). Pengukuran mikrotremor dapat digunakan untuk mengetahui kondisi geologi dan ketebalan lapisan sedimen pada suatu wilayah (Marjiono dkk, 2014). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis data hasil pengukuran mikrotremor yaitu metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)* yang merupakan kurva rasio nilai amplitudo spektrum frekuensi antara komponen horisontal dan vertikal. Asumsi yang digunakan dalam metode HVSr bahwa Gelombang Rayleigh merupakan *noise* yang mempengaruhi pengukuran mikrotremor di lapisan sedimen permukaan tetapi tidak mempengaruhi pengukuran mikrotremor di lapisan *bedrock*. Adapun persamaan untuk menghitung HVSr atau H/V adalah (Nakamura, 2008):

$$H/V = S_{TT} = \frac{S_{HS}}{S_{VS}} = \frac{\sqrt{S_{WE}^2 + S_{NS}^2}}{S_{VS}} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan S_{HS} adalah nilai amplitudo spektrum frekuensi komponen horisontal, S_{VS} adalah nilai amplitudo spektrum frekuensi komponen vertikal, S_{NS} adalah nilai amplitudo spektrum frekuensi komponen horisontal arah Utara-Selatan, S_{WE} adalah nilai amplitudo spektrum frekuensi komponen horisontal arah Barat-Timur.

Nilai H/V dan nilai frekuensi kemudian diplot sehingga akan tampak kurva yang menggambarkan hubungan antara frekuensi yang muncul pada sinyal mikrotremor dengan rasio spektrum frekuensi komponen horisontal dan komponen vertikal. Nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi (A_0) merupakan nilai dari puncak kurva.

Nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi (A_0) yang diperoleh berdasarkan kurva HVSr, digunakan untuk menghitung nilai indeks kerentanan seismik (K_g) yang menunjukkan seberapa rentan batuan terhadap suatu getaran terutama getaran yang ditimbulkan oleh gempabumi, dan dapat dihitung menggunakan persamaan (Nakamura, 2008):

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

Selain digunakan untuk menghitung nilai indeks kerentanan seismik (K_g), juga digunakan untuk menghitung ketebalan lapisan sedimen (h) menggunakan persamaan (Nakamura, 2008):

$$h = \frac{V_s}{4f_0} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan V_s merupakan laju gelombang seismik sekunder pada lapisan sedimen. Nilai V_s pada penelitian ini diperoleh dengan cara mengekstraksi data model kelajuan gelombang

seismik sekunder pada kedalaman 30 m dibawah permukaan V_{S30} dari USGS (USGS, 2020) kemudian mengambil nilai V_S sesuai dengan titik-titik lokasi pengambilan data.

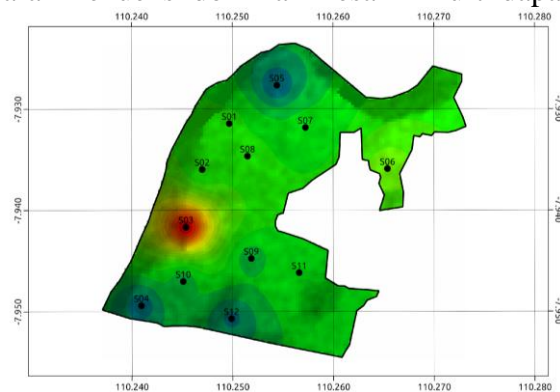
METODE PENELITIAN

Pengambilan data Mikrotremor di Desa Trimurti dilakukan pada 12 titik sampel pengukuran dengan jarak antar titiknya 0,5-1 km. Perangkat pengambilan data yang digunakan yaitu Seismometer 3 komponen merk *Lennartz 3D*, *Data Logger DI-710*, GPS, Laptop, dan *SD Card*. Interval waktu pengambilan data pada setiap titiknya antara 30-50 menit dengan *frequency sampling* 100 Hz. Data yang diperoleh dari *Data Logger* diekstrak menggunakan *software WinDAQ*. Data hasil ekstrak masih berformat ASCII dan terpisah komponen Z, N, dan E. Sehingga dilakukan penggabungan dan konversi ke format *.mseed menggunakan *software Obspy*. Setelah itu dilakukan *filtering* untuk frekuensi *bandpass* antara 0,2 – 20 Hz menggunakan *software Geopsy*. Setelah diperoleh sinyal yang cukup bersih dari gangguan kemudian sinyal mikrotremor dianalisis menggunakan metode HVSR dengan panjang setiap *window* 25 s dan *smoothing filter Konno-Omachi* dengan faktor 20%. Sehingga diperoleh kurva H/V yang puncak dari kurva tersebut merupakan nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi (A_0) dari titik sampel pengukuran. Berdasarkan nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi (A_0) yang diperoleh, kemudian dilakukan estimasi nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan ketebalan lapisan sedimen (h) untuk setiap titik sampel pengukuran menggunakan persamaan (2) dan (3) dengan bantuan *software LibreOffice Calc*. Kemudian dibuat peta sebaran frekuensi dominan (f_0), amplifikasi (A_0), indeks kerentanan seismik (K_g) dan ketebalan lapisan sedimen (h) dengan metode interpolasi menggunakan bantuan *software QGIS 3.14*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi Dominan (f_0)

Nilai frekuensi dominan berkorelasi dengan ketebalan lapisan sedimen, nilai frekuensi dominan yang kecil menandakan lapisan sedimen di wilayah tersebut tebal, dan juga berlaku sebaliknya (Koesuma dkk, 2018). Berdasarkan hasil analisis HVSR, frekuensi dominan (f_0) di Desa Trimurti Kecamatan Srandakan Kabupaten Bantul memiliki rentang nilai antara 1,60 Hz sampai 9,94 Hz. Peta sebaran frekuensi dominan Desa Trimurti dapat dilihat pada **Gambar 1**.

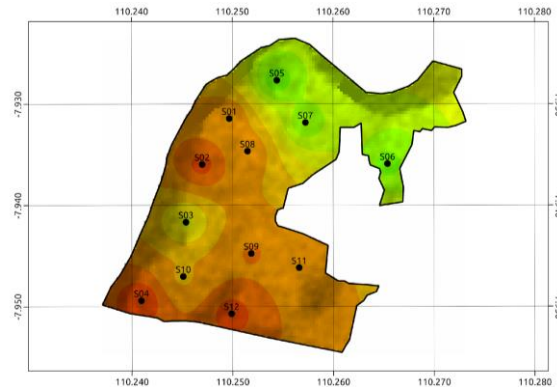


Gambar 1. Peta sebaran frekuensi dominan (f_0) yang ditumpang tidih (*overlay*) dengan peta topografi

Secara umum di lokasi penelitian memiliki nilai frekuensi dominan yang rendah, pada gambar ditandai dengan warna biru dan hijau. Hal ini menandakan bahwa secara umum ketebalan lapisan sedimen di Desa Trimurti cukup tebal. Namun di titik lokasi S03 nilai frekuensi dominannya cukup tinggi yaitu 9,94 Hz, menandakan bahwa ketebalan lapisan sedimen di titik tersebut tipis.

Amplifikasi (A_0)

Nilai amplifikasi (A_0) berkorelasi dengan densitas (kerapatan/kepadatan) batuan, nilai frekuensi dominan yang kecil menandakan densitas batuan di wilayah tersebut besar (rapat/padat), dan juga berlaku sebaliknya (Utami dkk, 2018). Hasil analisis HVSR menunjukkan bahwa nilai amplifikasi (A_0) di Desa Trimurti Kecamatan Srandakan Kabupaten Bantul memiliki rentang nilai antara 2,35 sampai 4,43. Peta sebaran nilai amplifikasi Desa Trimurti dapat dilihat pada **Gambar 2**.



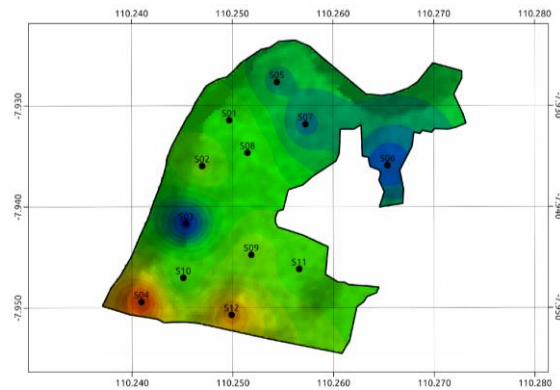
Gambar 2. Peta sebaran amplifikasi (A_0) yang ditumpang tidih (*overlay*) dengan peta topografi

Secara umum di lokasi penelitian memiliki nilai amplifikasi yang cukup tinggi, pada gambar ditandai dengan warna oranye dan kuning. Hal ini menandakan bahwa secara umum batuan penyusun yang ada di daerah penelitian memiliki densitas yang cukup rendah, atau dengan kata lain secara umum batuan penyusunnya adalah batuan lunak. Hal ini juga dapat dilihat dari banyaknya penambangan pasir disekitar lokasi penelitian. Namun di beberapa titik memiliki densitas yang cukup tinggi, atau dengan kata lain batuan penyusunnya adalah batuan keras.

Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Indeks kerentanan seismik menunjukkan tingkat kerentanan dan potensi kerusakan suatu wilayah terhadap getaran, khususnya gempa bumi (Utami dkk, 2018). Indeks kerentanan seismik ditentukan berdasarkan nilai frekuensi dominan dan nilai amplifikasi, yaitu berbanding terbalik dengan frekuensi dominan dan berbanding lurus dengan kuadrat amplifikasi, seperti yang dituliskan pada persamaan (2). Tingginya nilai indeks kerentanan seismik pada suatu wilayah menunjukkan wilayah tersebut rentan terhadap getaran atau disebut sebagai zona lemah (Syahputri dkk, 2020).

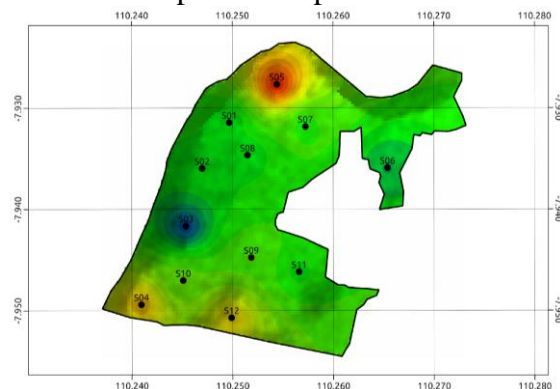
Berdasarkan perhitungan, diperoleh hasil bahwa indeks kerentanan seismik di Desa Trimurti antara $4,01 \times 10^{-6}$ sampai $4,45 \times 10^{-5}$. Pada peta sebaran indeks kerentanan seismik seperti pada **Gambar 3**, dapat dilihat bahwa secara umum indeks kerentanan seismik di Desa Trimurti adalah rendah/kecil. Indeks kerentanan seismik yang paling tinggi daripada yang lain ada pada titik S04 dan S12. Sehingga dapat disimpulkan bahwa wilayah disekitar S04 dan S12 memiliki potensi rentan terhadap getaran, khususnya gempa bumi, dan potensi kerusakan yang relatif lebih besar dibandingkan dengan wilayah lainnya.



Gambar 3. Peta sebaran indeks kerentanan seismik (K_g) yang ditumpang tidih (*overlay*) dengan peta topografi

Ketebalan Lapisan Sedimen (h)

Ketebalan lapisan sedimen diperoleh berdasarkan frekuensi dominan dan kelajuan gelombang seismik sekunder pada kedalaman 30 m (V_{S30}) yang diperoleh dari USGS, kemudian dihitung menggunakan persamaan (3). Berdasarkan perhitungan diperoleh hasil kedalaman lapisan sedimen di Desa Trimurti yang bervariasi yaitu pada rentang 6,54 – 46,25 m. Peta sebaran kedalaman lapisan sedimen dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Peta sebaran ketebalan lapisan sedimen (h) yang ditumpang tidih (*overlay*) dengan peta topografi

Berdasarkan peta sebaran, dapat dilihat bahwa secara lapisan sedimen di Desa Trimurti cukup tebal, yang paling tipis hanya berada di satu titik pengukuran yaitu titik S03. Sementara lapisan sedimen yang paling tebal berada pada titik S05. Sedangkan di titik S04 dan S12, ketebalan lapisan sedimennya cukup tebal namun tidak setebal di titik S05.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan nilai frekuensi dominan (f_0), amplifikasi (A_0), indeks kerentanan seismik (K_g), dan ketebalan lapisan sedimen (h), maka dapat disimpulkan bahwa wilayah yang berpotensi mengalami likuifaksi saat terjadinya gempa bumi adalah wilayah yang berada di sekitar titik S04 dan S12.

Saran untuk penelitian selanjutnya agar jumlah titik lokasi pengambilan data diperbanyak baik di dalam maupun diluar wilayah penelitian dan dengan jarak spasial yang tidak terlalu jauh maksimal 500 – 600 m. Nilai V_S sebaiknya diestimasi berdasarkan data lapangan, bukan mengambil data model V_{S30} dari USGS. Parameter lainnya, misalnya GSS (*Ground Shear Strain*) juga bisa menjadi pertimbangan untuk mengidentifikasi potensi likuifaksi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas pendanaan pada penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula.

DAFTAR RUJUKAN

- Aki, K. (1957). Space and Time Spectra of Stationary Stochastic Waves, with Special Reference to Microtremors. Japan: Earthquake Research Institute Japan.
- Koesuma S., Pratiwi S., Legowo B. (2018). Penentuan Ketebalan Sedimen Menggunakan Metode Mikrotremor di Kota Surakarta. *Risalah Fisika*. Vol. 2(1): 25-28.
- Kramer S. L. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering. USA: Pretince Hall.
- Marjiono, Ratdomopurbo, Suharna, Zajuli M.H.H, Setianegara R. (2014). Geologi Bawah Permukaan Dataran Klaten Berdasarkan Interpretasi Data Mikrotremor. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*. Vol.15,(1): 3-9.
- Nakamura, Y. (2008). On The H/V Spectrum. *The 14th World Conference of Earthquake Engineering, Beijing, China*.
- Okada, H.. (2003). The Microtremor Survey Method (Geophysical Monograph Series Volume 12). USA: Society of Exploration Geophysicists.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, dan H.M.D. Rosidi. (1995). Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, edisi ke-2. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sladen J.A., D'Hollander R.D., Krahn J. (1985). The Liquefaction of Sands, a Collapse Surface Approach. *Canadian Geotechnical Journal*. Vol.22(4): 564-578.
- Soebowo E., Tohari A., Sarah D. (2009). Potensi Likuifaksi Akibat Gempabumi Berdasarkan Data CPT dan N-SPT di Daerah Patalan Bantul, Yogyakarta. *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*. Vol.19(2): 85-97.
- Supartoyo. Gempabumi Yogyakarta Tanggal 27 Mei 2006. (2006). *Buletin Berkala Merapi*. Vol.3(2): 36-55.
- Syahputri A., Sismanto. (2020). Identifikasi Potensi Tanah Longsor Menggunakan Metode Mikrotremor Di Dusun Tegalsari Desa Ngargosari Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Fisika Indonesia*. Vol.24(2): 66-71.
- Tohari A., Sugianti K., Soebowo E. (2011). Liquefaction Potential at Padang City: A Comparison of Predicted and Observed Liquefactions During the 2009 Padang Earthquake. *Riset Geologi dan Pertambangan*. Vol.21(1): 7-19.
- Utami Z., Wibowo N.B., Darmawan D. (2018). Analisis Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Pengukuran Sinyal Mikrotremor Di Kecamatan Prambanan Dan Kecamatan Gantiwarno Kabupaten Klaten. *Jurnal Fisika*. Vol. 7(1): 88-93.
- USGS. (2020). V_{S30} Models and Data. Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/data/vs30>.