

Mikrozonasi Seismik Menggunakan Metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr), Studi Kasus: Institut Teknologi Sumatera (ITERA)

Rifa Salma Salsabila¹, Erlangga Ibrahim Fattah², Dian Darisma³, Dian Meutia Hidayati⁴, Uswatun Hasanah⁵

^{1,3,4,5}Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

²Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Indonesia

Email: ^{1*}rifasalmasalsabila21@usk.ac.id, ²erlangga.fattah@tg.itera.ac.id, ³diandarisma@usk.ac.id,

⁴dianmeutiahidayati@usk.ac.id, ⁵uswatun.hasanah13@usk.ac.id

Abstract

Institute of Technology Sumatra (ITERA), as an educational institution located in the Lampung Province, continues to strive for the development of educational support facilities such as lecture halls and laboratories. The ITERA campus is in an area with potential natural disaster threats like earthquakes, due to the tectonic activity of the Great Sumatran Fault and the subduction of the Indo-Australian plate and the Eurasian plate. To mitigate the risk of disasters on the ITERA campus, infrastructure development planning requires a seismic microzonation study. This research was conducted to determine the dominant frequency (f_0), amplification factor (A_0), and seismic vulnerability index (K_g) using the Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) method. The results show that the dominant frequency (f_0) values range from 1 to 4 Hz, the amplification factor (A_0) from 1.8 to 4, and the seismic vulnerability index (K_g) from 2 to 15. The seismic microzonation map of the ITERA campus, the northern part of the area is categorized as having a medium to high seismic vulnerability index (K_g), with a low dominant frequency (f_0) and a high amplification factor (A_0).

Keyword: Microtremor, HVSr, Seismic Microzonation.

Abstrak

Institut Teknologi Sumatera (ITERA) sebagai institusi pendidikan yang berada di Provinsi Lampung terus berupaya melakukan pembangunan fasilitas penunjang pendidikan seperti gedung perkuliahan dan laboratorium. Kampus ITERA berada di wilayah dengan potensi ancaman bencana alam seperti gempa bumi akibat adanya aktivitas tektonik lempeng *Great Sumatran fault*, subduksi lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Diperlukan studi mikrozonasi seismik dalam upaya mitigasi bencana pada perencanaan pembangunan infrastruktur sebagai upaya mengurangi risiko kebencanaan di lingkungan kampus ITERA. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai frekuensi dominan (f_0), faktor amplifikasi (A_0), dan indeks kerentanan seismik (K_g) menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr). Dari data hasil penelitian didapatkan nilai frekuensi dominan (f_0) berkisar 1 – 4 Hz, faktor amplifikasi (A_0) 1.8 – 4, dan indeks kerentanan seismik 2 – 15. Berdasarkan peta hasil mikrozonasi seismik pada Kampus ITERA, wilayah bagian utara termasuk kedalam kategori indeks kerentanan seismik (K_g) sedang hingga tinggi dengan nilai frekuensi dominan (f_0) rendah serta faktor amplifikasi (A_0) yang tinggi.

Kata Kunci: Mikrotremor, HVSr, Mikrozonasi Seismik.

1. PENDAHULUAN

Institut Teknologi Sumatera (ITERA) merupakan kampus negeri yang sedang berkembang pesat di Pulau Sumatera. Pembangunan kampus ITERA terus dilakukan secara masif dalam upaya peningkatan kualitas pendidikan serta pemenuhan kebutuhan infrastruktur seperti pembangunan gedung perkuliahan, laboratorium dan infrastruktur pendukung lainnya. Terletak di Provinsi Lampung, Kampus ITERA mempunyai potensi ancaman bencana alam seperti gempa bumi akibat adanya aktifitas tektonik lempeng seperti Great Sumatran Fault, subduksi Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. Selain itu terdapat gunung api aktif yang terletak di Selat Sunda yaitu Gunung api Anak Krakatau.

Berdasarkan peta geologi regional. Daerah penelitian berada pada Formasi Lampung, Lembar Tanjung Karang. Geologi pada formasi ini didominasi oleh sedimentasi dengan litologi tuff dan batu lempung (Mangga dkk, 1993; Mulyatno dkk, 2013). Perambatan gelombang gempa antara zona dengan batuan keras dan lunak memiliki perbedaan frekuensi gelombang (Parolai dkk., 2001; Salsabila dkk., 2023). Pada batuan keras (*bedrock*) frekuensi gelombang yang dihasilkan akan lebih tinggi, sedangkan pada batuan lunak frekuensi yang dihasilkan lebih rendah. Gelombang yang memiliki periode yang lebih panjang akan mengalami amplifikasi atau penguatan energi. Sehingga daerah dengan litologi sedimen yang tidak kompak lebih memiliki risiko tinggi terhadap bencana gempa dan guncangan lainnya. Dalam upaya mengurangi risiko kebencanaan terhadap kondisi geologi tersebut maka studi geoteknik sangat diperlukan, dimana belum ada penelitian yang dilakukan pada Wilayah Kampus ITERA (titik daerah penelitian) menggunakan metode pasif seismik yang ekonomis dan ramah lingkungan. Hal ini menjadi salah satu upaya mitigasi dalam perencanaan pembangunan infrastruktur Kampus ITERA dan upaya awal dalam monitoring terhadap bencana kegempaan di Wilayah Kampus ITERA.

Salah satu metode geofisika yang dapat diaplikasikan pada daerah dengan populasi yang padat yaitu metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)* dari data pengukuran mikrotremor. Metode HVSr digunakan untuk mengestimasi nilai frekuensi dominan (f_0) yang menunjukkan ketebalan lapisan sedimen pada daerah penelitian dan nilai faktor amplifikasi (A_0) menunjukkan kontras impedansi daerah penelitian yaitu pembesaran energi gelombang yang teramplifikasi berdasarkan litologi daerah penelitian (Nakamura, 2000). Parameter tersebut digunakan untuk menghitung nilai indeks kerentanan seismik (K_g). Nakamura (2000) menyatakan daerah yang mengalami tingkat kerusakan yang tinggi akibat gempa bumi terjadi pada daerah dengan nilai indeks kerentanan seismik (K_g) yang tinggi. Penelitian serupa juga telah dilakukan di lokasi lain dimana penelitian menggunakan metode HVSr mampu memberikan berbagai informasi seperti ketebalan lapisan sedimen, daerah yang berpotensi mengalami amplifikasi, dan indeks kerentanan seismik (Hanif dkk, 2025; Triwahyuni dkk, 2025; Yogaswara & Kuncahyani, 2024; Airunisa, 2024; Salsabila dkk, 2023; Rudin & safani, 2024). Penelitian ini dilakukan pada lokasi dengan lingkup yang lebih spesifik dan berpusat pada daerah sekitar kawasan kampus ITERA.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Pengukuran mikrotremor dilakukan di Wilayah Kampus ITERA menggunakan seismometer Lennartz LE-3Dlite MkIII, dengan jumlah titik pengukuran 11 titik dan jarak antar titik pengukuran 250 m (Gambar 1). Pemilihan titik pengukuran difokuskan pada

wilayah yang termasuk kedalam perencanaan pembangunan fasilitas infrastruktur penunjang pendidikan seperti gedung perkuliahan, laboratorium dan infrastruktur lainnya. Posisi titik pengukuran disebar secara *grid* dengan spasi pengukuran yang tidak terlalu besar dimana besar spasi pengukuran ditentukan berdasarkan rasio luasan wilayah secara keseluruhan, agar dapat menghasilkan data yang *realible* dan akurat dalam studi mikrozonasi.



Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Sebaran Titik Pengukuran

2.2 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengolah data mikrotremor menggunakan metode HVSR, hasil akhir dari penelitian ini berupa peta mikrozonasi wilayah kampus ITERA terbagi menjadi peta frekuensi dominan (f_0), peta faktor amplifikasi (A_0), dan peta indeks kerentanan seismik (K_g) sebagai dasar untuk upaya mitigasi bencana kegempaan dan acuan pembangunan infrastruktur kedepannya. Pengolahan data mikrotremor dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)

Metode HVSR adalah metode pengolahan data mikrotremor yang didasarkan pada perbandingan antara komponen horizontal dan komponen vertikal, Pengukuran data mikrotremor terdapat 3 komponen *geophone* yaitu satu komponen vertikal dan 2 komponen horizontal. Kurva HVSR digunakan untuk mengidentifikasi nilai parameter frekuensi dominan (f_0), faktor amplifikasi (A_0), dan indeks kerentanan seismik (K_g) (Nakamura, 1989). Pengolahan data menggunakan *software* geopsy dengan mengatur beberapa parameter input STA/LTA dan filter frekuensi yang digunakan pada proses memisahkan data mikrotremor dan *noise* dengan parameter sebagai berikut:

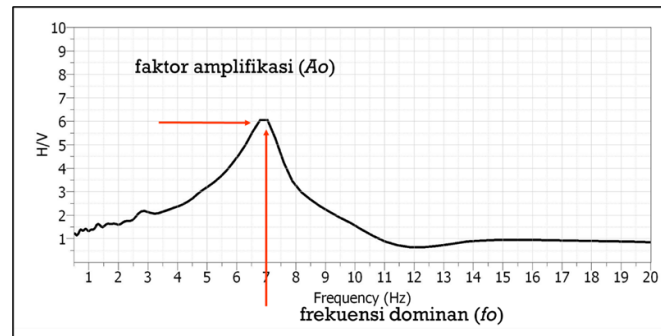
Tabel 1. Parameter Filter Gelombang Mikrotremor

Filter (Band Pass)	0.5 – 10
STA/LTA	1/30

Parameter didapatkan dengan proses *trial and error* hingga parameter yang digunakan dapat memisahkan dengan baik data mikrotremor dengan *noise* yang terdapat pada data. Data mikrotremor pada daerah yang berbeda memiliki karakteristik yang berbeda pula, namun nilai rekomendasi secara umum untuk melakukan *filtering* dapat kita lihat pada SESAME (2004).

2. Identifikasi Nilai Frekuensi Dominan (f_0), Faktor Amplifikasi (A_0), dan Indeks Kerentanan Seismik (K_g)

Nilai frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) merupakan nilai pada puncak kurva H/V. Frekuensi dominan (f_0) merupakan nilai pada sumbu x puncak kurva H/V sementara faktor amplifikasi (A_0) diperoleh dari nilai pada sumbu y pada puncak kurva H/V seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Tampilan Kurva H/V

Selanjutnya untuk mendapatkan indeks kerentanan seismik (K_g) maka digunakan perumusan empiris sebagai berikut:

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (1)$$

Keterangan:

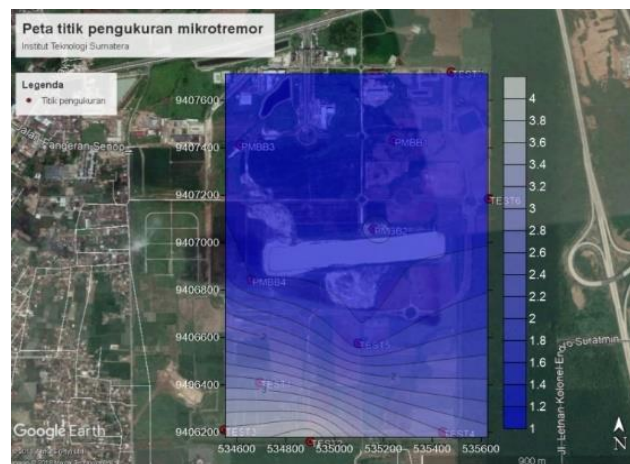
A_0 = Faktor Amplifikasi

K_g = Indeks Kerentanan Seismik

f_0 = Frekuensi Dominan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisa Frekuensi Dominan (f_0)

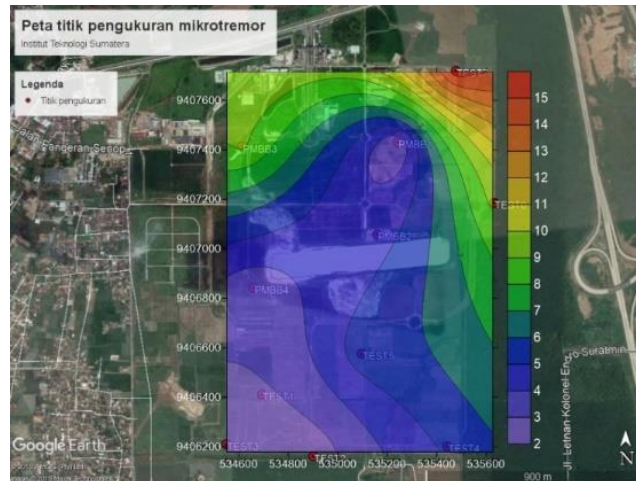


Gambar 3. Peta Frekuensi Dominan (f_0) ITERA

Gambar 3 merupakan peta persebaran nilai frekuensi dominan (f_0), dengan rentang nilai 1 – 4 Hz. Pada peta tersebut menunjukkan adanya perbedaan nilai frekuensi dominan pada daerah utara dan selatan, Pada daerah utara penelitian nilai frekuensi dominan yang rendah berkisar 1 – 2 Hz, nilai frekuensi rendah berasosiasi dengan lapisan sedimen yang sangat tebal hingga > 30 meter. Sedangkan untuk frekuensi tinggi dengan rentang 2 - 4

3.3. Analisa Indeks Kerentanan Seismik (Kg)

Gambar 5 menunjukkan nilai indeks kerentanan seismik (Kg) dengan rentang nilai 2 – 15.40. Daerah yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik relatif tinggi yaitu pada bagian utara ITERA dengan rentang nilai 10 – 15.40 dan sebagian besar daerah ITERA yang lain memiliki nilai indeks kerentanan seismik (Kg) yang rendah yaitu dengan rentang 1 – 10. Berdasarkan Klasifikasi Nakamura (2008) indeks kerentanan seismik wilayah ITERA termasuk dominan pada skala rendah - sedang yaitu rentang 0 - 40.



Gambar 5. Peta Indeks Kerentanan Seismik (Kg) ITERA

4. KESIMPULAN

Hasil mikrozonasi seismik daerah ITERA, di dapatkan nilai frekuensi dominan (f_0) dengan rentang nilai 1–4 Hz, dimana daerah yang memiliki nilai frekuensi dominan relatif lebih tinggi yaitu pada bagian timur dan selatan ITERA, rentang nilai frekuensi dominan (f_0) ITERA berdasarkan klasifikasi tanah (Kanai, 1983) termasuk pada jenis III dan IV berasosisasi dengan sedimen permukaan yang cukup tebal yaitu 10 sampai lebih besar 30m.

Nilai faktor amplifikasi (A_0) dengan rentang nilai 1.8 – 4.06. Daerah yang memiliki nilai faktor amplifikasi (A_0) relatif lebih tinggi yaitu pada bagian utara dan selatan ITERA, nilai faktor amplifikasi (A_0) tidak bergantung langsung dengan nilai frekuensi dominan (f_0) suatu daerah namun bergantung pada deformasi batuan.

Nilai indeks kerentanan seismik (Kg) memiliki rentang 2 – 15.40. Daerah yang memiliki nilai indeks kerentanan seismik relatif tinggi berada pada bagian utara, selain itu berdasarkan klasifikasi indeks kerentanan seismik wilayah ITERA termasuk rendah hingga sedang dengan rentang nilai 0 – 40.

Berdasarkan peta mikrozonasi maka wilayah utara ITERA dapat menjadi daerah dengan perhatian yang lebih apabila pada daerah tersebut akan dilakukan pembangunan infrastruktur dikarenakan merupakan wilayah yang memiliki nilai frekuensi (f_0) rendah (1-2 Hz) , faktor amplifikasi (A_0) tinggi (2.7-4.06), dan memiliki indeks kerentanan seismik (Kg) yang tinggi (10-15.40), dimana daerah ini merupakan daerah dengan lapisan sedimen yang sangat tebal hingga > 30 m, amplifikasi yang tinggi sehingga gelombang gempa yang merambat dapat merusak bangunan apabila terjadi bencana kegempaan, dan termasuk kedalam daerah dengan indikasi indeks kerentanan seismik yang tinggi.

Saran untuk penelitian lebih lanjut dilakukan inversi pada kurva HVSr yang didapatkan sehingga dapat digunakan untuk mencari klasifikasi *site* pada daerah penelitian dan didukung dengan data observasi geologi lapangan seperti data bor SPT sebagai data tambahan ataupun acuan dalam penentuan klasifikasi *site* daerah penelitian.

REFERENCES

- Airunisa, Resta, & Ngatijo. 2024. Analisis Data Mikrotremor Untuk Mengetahui Nilai Indeks Kerentanan Seismik di Kecamatan Jambi Luar Kota. *Jurnal Geofisika*. 22(1). 21-25. <http://dx.doi.org/10.36435/jgf.v22i1.556>
- Januarta, G.H., Yudistira, T., Tohari A., & Fattah, E., L. 2020. Mikrozonasi Seismik Wilayah Padalarang Kabupaten Bandung Barat Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr). *Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan*. 30 (2). 143-152. DOI: 10.14203/risetgeotam2020.v30.1087
- Hanif, I., Sulaiman, C., & Zaenudin, A. 2025. Mikrozonasi Potensi Bahaya Gempa Bumi Daerah Singaraja Berdasarkan Analisis Studi Mikrotremor. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri Fakultas Teknik Universitas Lampung*. 7. <https://sinta.eng.unila.ac.id/prosiding/index.php/ojs/article/view/155>
- Kanai, k. 1983. Engineering Seismology. *University of Tokyo Press Japan*.
- Mangga, S.A., Amiruddin, T., Suwarti, S., & Gafoer, S. 1993. Peta Geologi Lembar Tanjung Karang, Sumatera. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung*.
- Mulyatno, B.S., Marjiyono, Setianegara. R. 2013. Penentuan zona rawan guncangan bencana gempa bumi berdasarkan analisis amplifikasi HVSr mikrotremor dan analisis periode dominan daerah liwa dan sekitarnya. *Geofisika Eksplorasi*. 2(1). 30-40.
- Nakamura, Y. 1989. A method for dynamic characteristics estimation of surface using microtremor on the ground surface. Quarterly Report of the Railway Technical Research Institute, 30(1): 25-33.
- Nakamura, Y. 2000. Clear Identification of Fundamental idea of Nakamura's technique and its application. *In Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering*. (pp.2656).
- Nakamura, Y. 2008. On the H/V Spectrum. *Beijing: The 14th World Conference on Earthquake Engineering*.
- Parolai, S., Borman, P., Mikereit, C. 2001. Assessment of the Natural Frequency of the Sedimentary Cover in the Cologne Area (Germany) Using Noise Measurement. *Journal of Earthquake Engineering*. 5: 541-564.
- Rudin, & Safani, J. 2024 Interpretation of Microtremor Data Through Analysis Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) for Microzonation of Seismic earthquake Hazard in Baubau City. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*. 6(02). 147-162. <https://doi.org/10.56099/jrgi.v6i02.92>
- Salsabila, R. S., Sunardi, B., & Prayoadhie, S. 2023. Studi Awal Mikrozonasi dan Klasifikasi Site Wilayah Jakarta Selatan. *Jurnal Stasiun Geofisika Sleman*, 1(1). 19-23. <https://jurnal.stageofsleman.id/index.php/jsgs/article/view/4>
- Salsabila, R. S., Yudistira, T., & Tohari, A. 2023. Mapping of Soil Dynamic Response of palu City Based on Horizontal to Vertical Spectral ratio (HVSr) Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1288(1). 012019. doi:10.1088/1755-1315/1288/1/012019
- Sungkono, & Santos, B. 2011. Karakterisasi kurva *Horizontal to Vertical Spectral Ratio*: Kajian literature dan pemodelan. *Neutrino*. 4(1).
- SESAME. 2004. Guidelines For the Implementation of the H/V Spectral Ratio Technique on Ambient Vibrations. *Europe: SESAME European research project*.
- Tri Wahyuni, Y., Mardianto, D., & Samodra, G. 2025. Analisis Kerentanan Seismik dan Klasifikasi Tanah di Wilayah Sekitar Sesar Opak menggunakan data Mikrotremor. *Jurnal Online of Physics*. 10(24). 54-56. <https://doi.org/10.22437/jop.v10i2.42859>
- Yogaswara, A.R.D., & Kuncahyani, A. 2024. Analisis Mikrotremor Berbasis Metode HVSr untuk Mengetahui Indeks Kerentanan Seismik Di Wilayah Kabupaten Kulonprogo. *Jurnal Stasiun Geofisika Sleman*. 2(1). 14-20. <https://jurnal.stageofsleman.id/index.php/jsgs/article/view/14>