

KARAKTERISTIK SEISMİK DAN VS30 LAPISAN TANAH MENGUNAKAN METODE HVSR DI KECAMATAN PANCUR BATU DAN KECAMATAN TARUTUNG

Ditya Afriliya Syanda¹, Abdul Halim Daulay², Russell Ong³, Sugeng⁴

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan

e-mail: ¹ditya0705221010@uinsu.ac.id, ²halim@uinsu.ac.id, ³rsslong@uinsu.ac.id,

⁴sugeng@bmkgo.id

Abstract: Indonesia is a region with high seismic activity; therefore, subsurface soil characteristics need to be investigated to understand their response to earthquake waves. This study aims to determine the seismic characteristics of subsurface soils based on the dominant frequency (f_0), dominant period (T_0), amplification factor (A_0), seismic vulnerability index (K_g), and average shear-wave velocity to a depth of 30 meters (V_{s30}) in Pancur Batu District and Tarutung District using the Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) method. Microtremor data were processed using Geopsy software to obtain the dominant frequency and amplification factor, while V_{s30} was estimated through inversion using the Dinver module. The seismic vulnerability index was calculated using $K_g = A_0/f_0$, and site classification followed SNI 1726:2019. The results show that Pancur Batu has f_0 of 3.39854 Hz, T_0 of 0.29424 s, A_0 of 2.3885, K_g of 1.6786, and V_{s30} of 455.70 m/s. Tarutung has f_0 of 2.33859 Hz, T_0 of 0.42761 s, A_0 of 3.09903, K_g of 4.1063, and V_{s30} of 654.54 m/s. Both locations are classified as Site Class SC, although Tarutung exhibits a higher dynamic ground response due to differences in local geological conditions.

Keywords: HVSR, Microtremor, Dominant Frequency, Amplification Factor, Seismic Vulnerability Index, V_{s30} .

Abstrak: Indonesia merupakan wilayah dengan aktivitas seismik yang tinggi sehingga karakteristik lapisan tanah perlu dikaji untuk mengetahui respons tanah terhadap gelombang gempa. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik seismik lapisan tanah berdasarkan parameter frekuensi dominan (f_0), periode dominan (T_0), faktor amplifikasi (A_0), indeks kerentanan seismik (K_g), dan nilai kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 meter (V_{s30}) di Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung menggunakan metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR). Data mikrotremor diolah menggunakan perangkat lunak Geopsy untuk memperoleh nilai f_0 dan A_0 , sedangkan nilai V_{s30} diperoleh melalui inversi menggunakan modul Dinver. Nilai K_g dihitung menggunakan persamaan $K_g = A_0/f_0$ dan klasifikasi kelas situs mengacu pada SNI 1726:2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kecamatan Pancur Batu memiliki nilai f_0 sebesar 3,39854 Hz, T_0 sebesar 0,29424 detik, A_0 sebesar 2,3885, K_g sebesar 1,6786, dan V_{s30} sebesar 455,70 m/s. Kecamatan Tarutung memiliki nilai f_0 sebesar 2,33859 Hz, T_0 sebesar 0,42761 detik, A_0 sebesar 3,09903, K_g sebesar 4,1063, dan V_{s30} sebesar 654,54 m/s. Kedua lokasi termasuk dalam Kelas Situs SC, namun Kecamatan Tarutung menunjukkan respons dinamis tanah yang lebih tinggi dibandingkan Kecamatan Pancur Batu akibat pengaruh kondisi geologi bawah permukaan.

Kata kunci: HVSR, Mikrotremor, Frekuensi Dominan, Faktor Amplifikasi, Indeks Kerentanan Seismik, V_{s30} .

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara

dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi karena terletak pada pertemuan Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan

Pasifik. Interaksi ketiga lempeng tersebut menyebabkan terbentuknya zona subduksi, sesar aktif, dan jalur vulkanik yang menjadikan berbagai wilayah di Indonesia rentan terhadap gempa bumi (Roussely et al., 2025). Pulau Sumatera termasuk wilayah dengan aktivitas seismik tinggi akibat keberadaan Sesar Sumatera yang masih aktif dan memanjang dari bagian utara hingga selatan pulau (Novia Sari & Prastowo, 2022).

Besarnya dampak gempa bumi tidak hanya dipengaruhi oleh magnitudo dan jarak sumber gempa, tetapi juga oleh kondisi geologi dan karakteristik lapisan tanah setempat (Lestari & Madlazim, 2022). Lapisan tanah yang tersusun atas sedimen lepas atau tanah lunak dapat memperkuat gelombang seismik sehingga meningkatkan amplitudo getaran di permukaan. Fenomena ini dikenal sebagai efek situs (*site effect*) dan berpengaruh terhadap tingkat kerusakan bangunan maupun infrastruktur.

Karakteristik seismik lapisan tanah dapat dikaji melalui beberapa parameter, seperti frekuensi dominan tanah (f_0), faktor amplifikasi (A_0), dan kecepatan gelombang geser (V_s). Salah satu parameter yang penting adalah V_{s30} , yaitu rata-rata kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 meter dari permukaan tanah. Nilai V_{s30} banyak digunakan dalam klasifikasi kelas situs dan perencanaan bangunan tahan gempa sesuai standar SNI 1726:2019.

Salah satu metode yang banyak digunakan untuk memperoleh parameter tersebut adalah *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) yang memanfaatkan data microtremor (Fatimah et al., 2022). Metode ini bersifat non-destruktif, relatif ekonomis, dan efektif untuk menentukan frekuensi dominan dan faktor amplifikasi tanah, serta dapat digunakan untuk mengestimasi profil kecepatan gelombang geser dan nilai V_{s30} melalui proses inversi (Novtrisa et al., 2025).

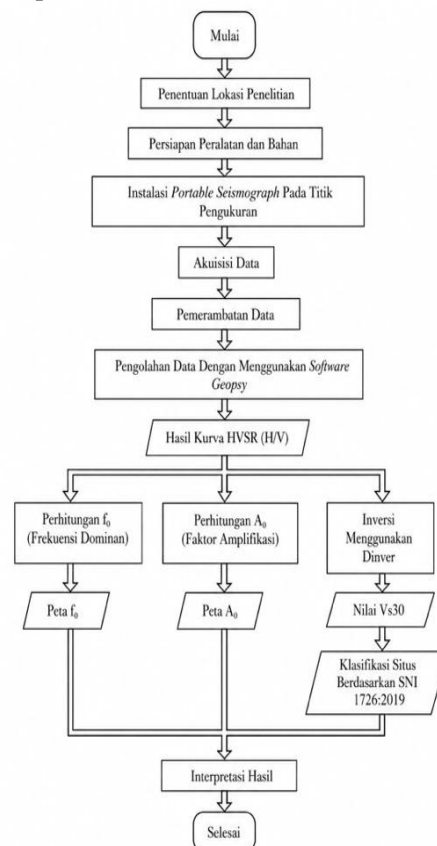
Penelitian ini dilakukan di

Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung (Desa Parbubu), Provinsi Sumatera Utara, yang memiliki kondisi geomorfologi dan geologi yang berbeda sehingga berpotensi menghasilkan karakteristik seismik yang berbeda pula. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik seismik dan nilai V_{s30} lapisan tanah menggunakan metode HVSr. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi dinamis lapisan tanah serta menjadi data pendukung dalam upaya mitigasi bencana gempa bumi dan perencanaan infrastruktur yang lebih aman di Provinsi Sumatera Utara.

METODE

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir menunjukkan tahapan penelitian dari pengumpulan data hingga interpretasi.

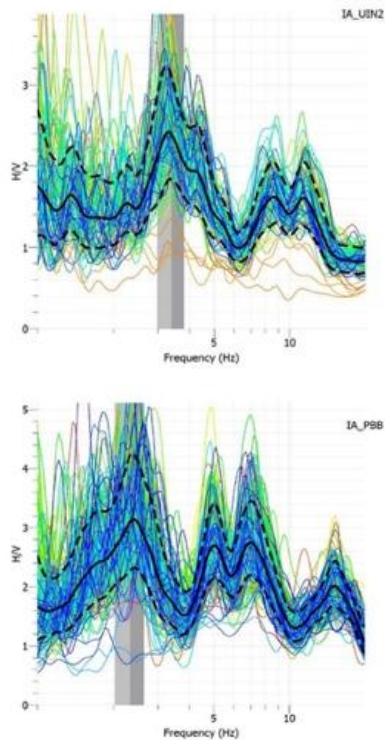


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis HVSR Menggunakan Geopsy Kurva HVSR

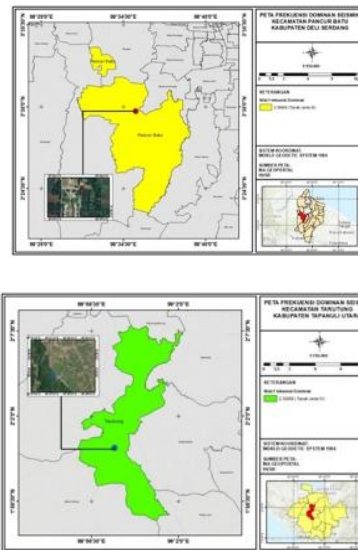
Data mikrotremor hasil pengukuran lapangan diolah menggunakan perangkat lunak Geopsy dengan metode HVSR. Pengolahan ini menghasilkan kurva HVSR yang digunakan untuk memperoleh nilai frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0) pada setiap titik pengukuran (Wintoro et al., 2025).



Gambar 2 Kurva H/V Hasil Pengolahan Data Mikrotremor pada Lokasi IA_UIN2 (Kecamatan Pancur Batu) dan IA_PBB (Kecamatan Tarutung) Menggunakan Software Geopsy.

Peta Nilai Frekuensi Dominan (f_0) di Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung

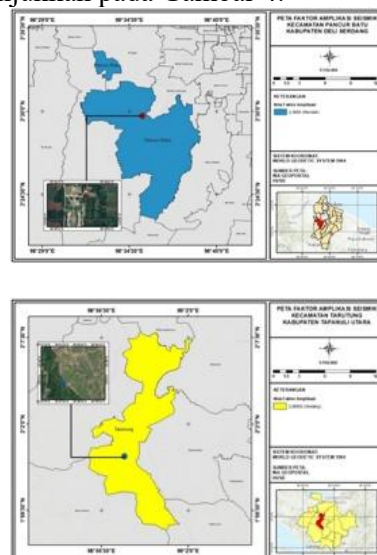
Berdasarkan hasil pengolahan data mikrotremor, diperoleh peta nilai frekuensi dominan (f_0) di Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Peta Nilai Frekuensi Dominan (f_0) di Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung

Peta Nilai Amplifikasi (A_0) Pada Lokasi Penelitian di Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung

Berdasarkan hasil pengolahan data mikrotremor, diperoleh peta nilai amplifikasi (A_0) di Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung yang ditunjukkan pada Gambar 4.

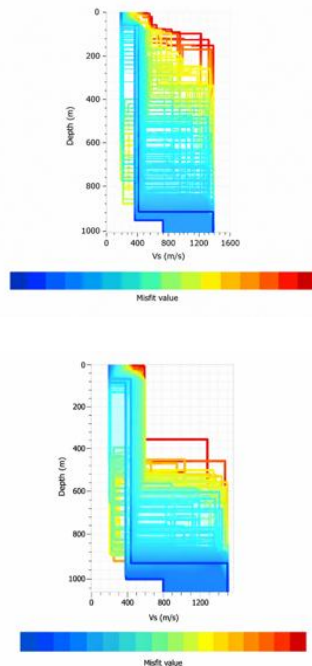


Gambar 4 Peta Nilai Amplifikasi (A_0) pada Lokasi Penelitian di Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung

Hasil Analisis Inversi Menggunakan Dinver

Inversi Dinver di Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung

Hasil inversi menggunakan modul Dinver pada data mikrotremor di Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung menghasilkan model bawah permukaan berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser (Vs). Hasil inversi untuk kedua lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Inversi Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Menggunakan Dinver pada (a) Kecamatan Pancur Batu dan (b) Kecamatan Tarutung

Nilai Vs30 Kecamatan Pancur Batu dan Kecamatan Tarutung

Nilai Vs30 diperoleh dari hasil inversi menggunakan modul Dinver pada Geopsy. Hasil perhitungannya disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 1 Parameter Lapisan Hasil Invers Dinver Kecamatan Pancur Batu

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densitas (g/cm ³)
1	0 – 5	5	600	250	1,8
2	5 – 20	15	1400	450	2,1
3	20 – 30	10	2800	800	2,5

Tabel 2 Parameter Lapisan Bawah Permukaan Lokasi Tarutung

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densitas (g/cm ³)
1	0 – 5	5	800	300	1,9
2	5 – 15	10	1800	600	2,3
3	15 – 30	15	3500	1200	2,7

Pembahasan

Tabel 3 Hasil Analisis Parameter Seismik

Lokasi	f ₀ (Hz)	T ₀ (detik)	A ₀	Kg	Vs30 (m/s)	Kelas Situs
Kecamatan Pancur Batu	3,39854	0,29424	2,3885	1,6786	455,70	Sc
Kecamatan Tarutung	2,33859	0,42761	3,09903	4,1063	654,54	Sc

Berdasarkan Tabel 3., Kecamatan Pancur Batu memiliki nilai frekuensi dominan (f₀) sebesar 3,39854 Hz, sedangkan Kecamatan Tarutung sebesar 2,33859 Hz. Nilai frekuensi dominan yang lebih tinggi di Pancur Batu menunjukkan bahwa lapisan tanah pada lokasi tersebut memiliki frekuensi alami yang relatif besar. Dalam metode HVSr, frekuensi dominan dipengaruhi oleh ketebalan sedimen dan kecepatan rambat gelombang geser. Semakin tipis lapisan sedimen atau semakin besar kecepatan

gelombang geser, maka nilai frekuensi dominan akan semakin tinggi.

Kondisi tersebut sesuai dengan karakteristik geologi kedua wilayah penelitian. Kecamatan Pancur Batu didominasi oleh batuan vulkanik berupa *extrusive intermediate lava* dan *extrusive intermediate pyroclastic* yang memiliki sifat relatif keras dan kompak. Material tersebut menyebabkan gelombang geser dapat merambat lebih cepat sehingga menghasilkan frekuensi dominan yang lebih tinggi. Sebaliknya, Kecamatan

Tarutung tersusun oleh kombinasi Tuf Toba, Aluvium Muda, dan Formasi Gunungapi Toru. Keberadaan endapan tuf dan aluvium menyebabkan lapisan permukaan menjadi lebih heterogen dan memiliki ketebalan sedimen yang lebih besar sehingga menghasilkan frekuensi dominan yang lebih rendah.

Karena periode dominan merupakan kebalikan dari frekuensi dominan ($T_0 = 1/f_0$), maka Kecamatan Pancur Batu memiliki periode dominan sebesar 0,29424 detik, sedangkan Kecamatan Tarutung sebesar 0,42761 detik. Nilai periode dominan yang lebih kecil pada Pancur Batu menunjukkan bahwa tanah memerlukan waktu yang lebih singkat untuk menyelesaikan satu siklus getaran alami. Hal ini mencerminkan lapisan tanah yang relatif lebih kaku sehingga respons terhadap gelombang seismik berlangsung lebih cepat. Sebaliknya, periode dominan yang lebih panjang di Tarutung menunjukkan bahwa tanah memerlukan waktu lebih lama untuk bergetar akibat adanya lapisan sedimen yang lebih tebal dan material permukaan yang lebih lunak.

Sebaliknya, Kecamatan Tarutung memiliki nilai A_0 sebesar 3,09903, yang menunjukkan bahwa amplitudo gelombang horizontal mengalami penguatan sekitar 3,10 kali terhadap komponen vertikal pada frekuensi dominannya. Nilai amplifikasi yang lebih tinggi ini dipengaruhi oleh keberadaan endapan Tuf Toba dan Aluvium Muda yang memiliki sifat lebih lunak dibandingkan batuan di bawahnya. Perbedaan sifat fisik tersebut menyebabkan kontras impedansi yang lebih besar sehingga sebagian energi gelombang seismik dipantulkan dan terakumulasi pada lapisan permukaan. Kondisi tersebut menghasilkan amplitudo getaran yang lebih besar dibandingkan Kecamatan Pancur Batu. Dengan demikian, meskipun kedua wilayah berada pada kelas situs yang sama, kondisi litologi di Tarutung menyebabkan gelombang seismik mengalami penguatan

yang lebih besar.

Sebaliknya, Kecamatan Tarutung memiliki nilai K_g yang jauh lebih besar karena dipengaruhi oleh kombinasi frekuensi dominan yang rendah dan amplifikasi yang tinggi. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa lapisan tanah lebih mudah mengalami deformasi ketika menerima energi gempa. Nilai K_g yang tinggi juga mengindikasikan bahwa wilayah tersebut memiliki respons dinamis yang lebih sensitif terhadap guncangan sehingga potensi terjadinya efek lokal (*site effect*) menjadi lebih besar dibandingkan Pancur Batu.

Hasil inversi menggunakan Dinver menghasilkan nilai V_{s30} sebesar 455,70 m/s di Kecamatan Pancur Batu dan 654,54 m/s di Kecamatan Tarutung. Berdasarkan SNI 1726:2019, kedua nilai tersebut termasuk dalam rentang 350–750 m/s sehingga diklasifikasikan sebagai Kelas Situs SC, yaitu tanah keras, tanah sangat padat, atau batuan lunak. Nilai V_{s30} di Kecamatan Pancur Batu menunjukkan bahwa lapisan tanah hingga kedalaman 30 meter memiliki tingkat kekakuan yang cukup baik, namun masih dipengaruhi oleh hasil pelapukan batuan vulkanik pada lapisan permukaan sehingga kecepatan rambat gelombang gesernya tidak terlalu tinggi. Sebaliknya, nilai V_{s30} di Kecamatan Tarutung yang mencapai 654,54 m/s menunjukkan bahwa lapisan tanah pada kedalaman hingga 30 meter memiliki kekakuan yang lebih tinggi. Hal ini diperkirakan dipengaruhi oleh keberadaan batuan vulkanik dari Formasi Gunungapi Toru yang berada di bawah endapan permukaan sehingga meningkatkan kecepatan rambat gelombang geser.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa Kecamatan Pancur Batu memiliki karakteristik bawah permukaan yang relatif lebih stabil dengan frekuensi dominan yang lebih tinggi, periode dominan yang lebih pendek, faktor amplifikasi yang lebih rendah, dan indeks kerentanan seismik yang lebih kecil. Sebaliknya, Kecamatan

Tarutung memiliki frekuensi dominan yang lebih rendah, periode dominan yang lebih panjang, faktor amplifikasi yang lebih tinggi, serta indeks kerentanan seismik yang lebih besar. Oleh karena itu, selain mempertimbangkan klasifikasi kelas situs berdasarkan nilai Vs30, evaluasi terhadap parameter HVSR seperti frekuensi dominan, faktor amplifikasi, dan indeks kerentanan seismik juga diperlukan agar karakteristik respons dinamis tanah dapat dipahami secara lebih komprehensif.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR), diperoleh bahwa Kecamatan Pancur Batu memiliki nilai frekuensi dominan (f_0) 3,39854 Hz, amplifikasi (A_0) 2,3885, dan indeks kerentanan seismik (K_g) 1,6786, sedangkan Kecamatan Tarutung memiliki nilai f_0 2,33859 Hz, A_0 3,09903, dan K_g 4,1063, sehingga menunjukkan adanya perbedaan karakteristik seismik pada kedua lokasi. Hasil inversi menggunakan perangkat lunak Dinver menghasilkan nilai Vs30 sebesar 455,70 m/s di Pancur Batu dan 654,54 m/s di Tarutung, yang berdasarkan SNI 1726:2019 termasuk dalam Kelas Situs SC (tanah keras). Perbedaan karakteristik seismik tersebut dipengaruhi oleh kondisi geologi masing-masing wilayah, sehingga parameter f_0 , A_0 , K_g , dan Vs30 dapat digunakan untuk menggambarkan karakteristik lapisan tanah serta sebagai data pendukung dalam kajian mitigasi bencana gempa.

DAFTAR PUSTAKA

Fatimah, A., Sriyanto, S. P. D., Sunardi, B., & Wandono. (2022). Identifikasi Karakteristik Tanah dan Struktur Kecepatan Gelombang Geser

Menggunakan Data Mikrotremor di Daerah Lembang, Jawa Barat. *Jurnal Geofisika*, 20(01), 38–44.

Lestari, N. I. D., & Madlazim. (2022). ANALISIS SEISMISITAS DAN POTENSI BAHAYA BENCANA SEISMIK PULAU SUMATERA BERDASARKAN DATA GEMPA 1970-2020. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 11(02), 1–11.

Novia Sari, I., & Prastowo, T. (2022). ANALISIS SEISMISITAS DAN POTENSI BAHAYA BENCANA SEISMIK DI WILAYAH SELATAN PULAU SUMATERA. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 11(02), 12–19. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>.

Novtrisa, I., Mase, L. Z., Refrizon, R., Misliniyati, R., Amri, K., Hadi, A. I., & Fadli, D. I. (2025). Studi Mikrozonasi Kerentanan Seismik dan Bangunan Bertingkat Menggunakan Metode HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) di Kabupaten Bengkulu Selatan. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 21(3), 241. <https://doi.org/10.20527/flux.v21i3.19616>

Roussely, A., Muttaqy, F., Nur Aulia, A., Surya Putra, A., Sucitra Amin, S., & Pranata, B. (2025). IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE TOMOGRAFI SEISMIK WAKTU TEMPUH DI WILAYAH SUMATERA BAGIAN UTARA. *JoP*, 10(3), 141–155.

Wintoro, B. J., Paripurno, E. T., Riyanto, A., Nugroho, B., Purwanta, J., & Noradika Maharani, Y. (2025). ESTIMASI Vs30 DAN PEMETAAN KLASIFIKASI TANAH BERBASIS HVSR DI WILAYAH SESAR LASEM, JAWA TENGAH. *JoP*, 10(3), 33–43.