JURNAL TEKNIK
Volume 23, No. 2, Desember 2025
P-ISSN : 1693-6191 E-ISSN : 2715-7660 DOI : https://doi.org/10.37031/jt.v23i2.600

Analisis Ketahanan Tanah berdasarkan Kecepatan Gelombang Geser (V_S) di Kawasan Aliran Sungai Muara Bangkahulu Bagian Hilir, Kota Bengkulu

[1]Annisa Indah Purwaningsih, [2]Lindung Zalbuin Mase, [3]Hardiansyah, [4]Rena Misliniyati, [5]Fepy Supriani
[1]Program Studi Teknik Sipil,Universitas Bengkulu,Bengkulu,Indonesia,38122
e-mail: g1b021021.annisapurwaningsih@mhs.unib.ac.id

Abstrak

Daerah hilir Sungai Muara Bangkahulu merupakan kawasan berkembang di Kota Bengkulu yang pernah terdampak gempa besar pada tahun 2000 dan 2007. Risiko kerusakan akibat gempa di daerah ini perlu dikaji lebih mendalam, khususnya terkait ketahanan tanah terhadap guncangan seismik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ketahanan tanah berdasarkan kecepatan gelombang geser (V_S), klasifikasi kelas situs, dan *Ground Amplification Factor* (GAF) guna mendukung perencanaan infrastruktur tahan gempa. Penelitian ini menggunakan metode inversi data mikrotremor yang dilakukan di 38 titik pengukuran. Data kecepatan gelombang geser (V_S) pada kedalaman 10–50 m dianalisis untuk menentukan kelas situs dan *Ground Amplification Factor* (GAF). Pengolahan data dilakukan dengan teknik inversi gelombang permukaan untuk memetakan sebaran V_S dan amplifikasi seismik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai V_S pada kedalaman 10–50 m bervariasi antara 160–960 m/s, dengan klasifikasi kelas situs didominasi oleh kategori C (tanah keras) dan D (tanah sedang). Nilai *Ground Amplification Factor* (GAF) berkisar antara 1,1–1,9, di mana wilayah dengan amplifikasi tinggi mengindikasikan kerentanan lebih besar terhadap guncangan gempa. Temuan ini menjadi acuan penting dalam perencanaan mitigasi bencana dan pembangunan infrastruktur tahan gempa di kawasan tersebut. Rekomendasi teknis diperlukan untuk lokasi dengan amplifikasi tinggi guna meminimalkan risiko kerusakan akibat gempa di masa mendatang.

Kata kunci: Kecepatan Gelombang Geser (V_S), Amplifikasi Tanah, Kelas Situs, Ketahanan Tanah

Abstract

The downstream area of the Muara Bangkahulu River is a developing area in Bengkulu City that was affected by major earthquakes in 2000 and 2007. The risk of earthquake-induced damage in this area requires further investigation, particularly regarding soil resistance to seismic shaking. This study aims to analyze soil characteristics based on shear wave velocity (VS), site classification, and Ground Amplification Factor (GAF) to support earthquake-resistant infrastructure planning. This study uses microtremor data inversion methods conducted at 38 measurement points. Shear wave velocity (VS) data at depths of 10–50 m were analyzed to determine site classes and Ground Amplification Factor (GAF). Data processing was performed using surface wave inversion techniques to map VS distribution and seismic amplification. The results of the study show that VS values at depths of 10–50 m vary between 160–960 m/s, with site class classifications dominated by categories C (hard soil) and D (medium soil). The Ground Amplification Factor (GAF) values ranged from 1.1–1.9, with areas of high amplification indicating greater vulnerability to earthquake shocks. These findings serve as an important reference for disaster mitigation planning and earthquake-resistant infrastructure development in the region. Technical recommendations are needed for locations with high amplification to minimize the risk of earthquake damage in the future.

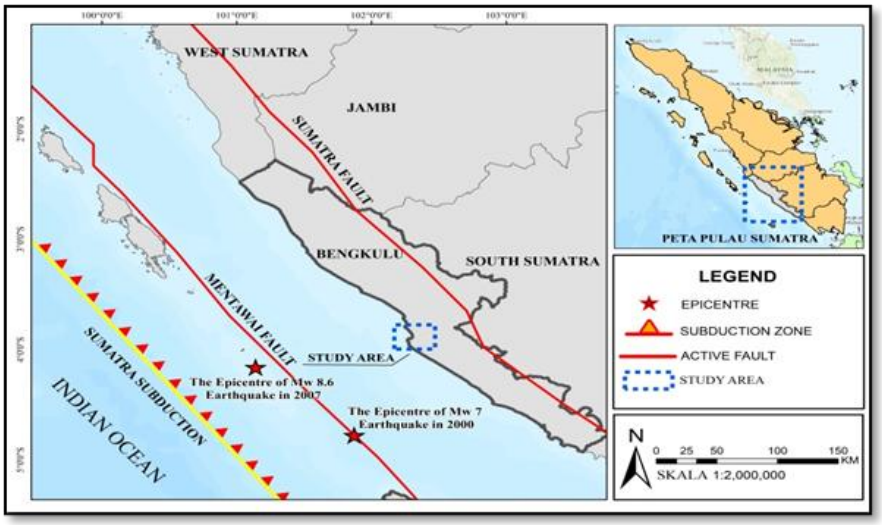
***Keywords**: Shear Wave Velocity (V_S), Soil Amplification, Site Class, Ground Resistance*

Diterima : Mei 2025
Disetujui : Agustus 2025
Dipublikasi : Desember 2025

©2025 Annisa Indah Purwaningsih, Lindung Zalbuin Mase
Under the license CC BY-SA 4.0

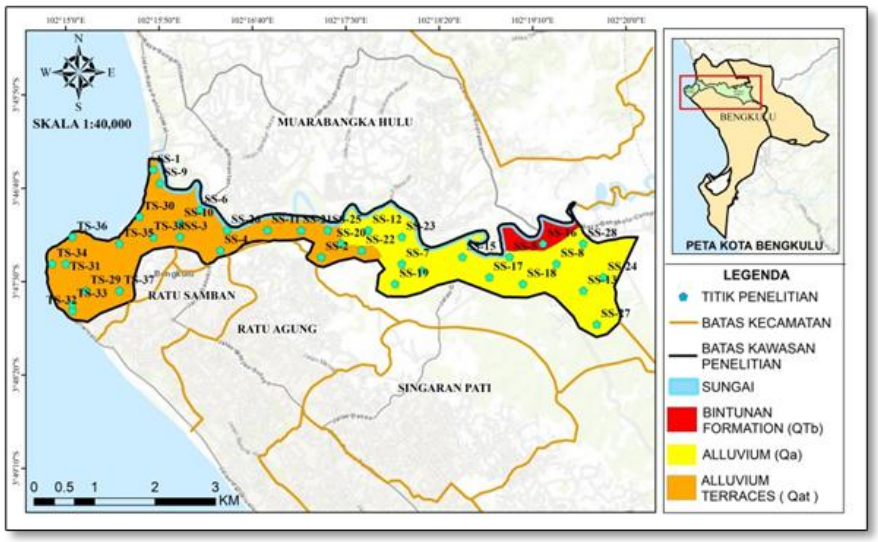
Pendahuluan

Provinsi Bengkulu termasuk wilayah yang posisinya terletak di area beresiko gempa bumi, aktivitas kegempaan di wilayah ini didominasi oleh pergerakan subduksi di Pesisir Barat (Rahman et al., 2023). Zona subduksi terbentuk dari tumbukan antara lempeng tektonik Indo-Australia dan Eurasia. Pergerakan kedua lempeng ini mengakibatkan terbentuknya patahan aktif di wilayah Sumatera, yakni Sesar Sumatera dan Sesar Mentawai (Sari et al., 2024). Dalam dua puluh tahun terakhir, provinsi Bengkulu telah mengalami dua kali gempa dahsyat. Pertama, gempa Bengkulu-Enggano berkekuatan Mw 7 pada 4 Juni 2000 dan disusul gempa Bengkulu-Mentawai yang lebih besar dengan magnitudo Mw 8,6 pada 12 September 2007 (Fahrezi et al., 2025). Gempa bumi berkekuatan besar dapat menyebabkan kerusakan parah pada bangunan dan infrastruktur, serta membahayakan keselamatan masyarakat (Hadi et al., 2021). Gambaran mengenai kondisi seismik Provinsi ini telah disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Seismotektonik

Kecamatan Teluk Segara dan Sungai Serut termasuk wilayah berkembang di Kota Bengkulu dan memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap bencana gempa bumi. Berdasarkan penelitian Mase (2024) wilayah ini tergolong zona seismik aktif dengan potensi guncangan yang signifikan. Risiko ini semakin mengkhawatirkan mengingat di Kawasan ini terdapat beragam fasilitas vital, seperti pusat bisnis, perkantoran, destinasi pariwisata budaya bernilai sejarah dan juga permukiman yang padat penduduk.



Gambar 2. Kondisi Geologi Daerah Penelitian

Pada Gambar 2. telah disajikan kondisi geologi wilayah penelitian yang terdiri dari 3 jenis formasi geologi yaitu *Alluvium* (Qa), *Alluvium Terraces* (Qat) dan *Bintunan Formation* (Qtb) yang secara umum tersusun dari material lepas.

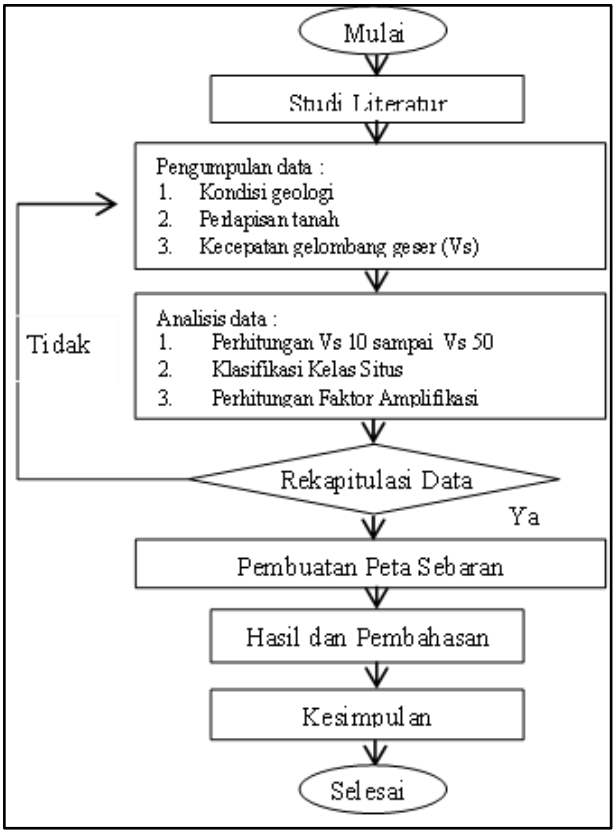
Analisis kecepatan gelombang geser (V_S) sangat diperlukan guna mengevaluasi daya tahan tanah terhadap efek gempa bumi. NEHRP mengelompokkan jenis tanah berdasarkan nilai V_{S30} dan dapat menentukan jenis tanah sesuai klasternya (Fajri et al., 2023). Nilai V_{S30} juga digunakan untuk menghitung *Ground Amplification Factor* (GAF), yaitu besaran amplifikasi tanah yang diperoleh dari analisis data kecepatan gelombang geser tanah dan dipengaruhi oleh kontras impedansi antara lapisan permukaan dan lapisan bawahnya (Misliniyati et al., 2024).

Penelitian Mase et al. (2021) di daerah hilir Sungai Muara Bangkahulu membahas karakteristik seismik tanah melalui analisis profil Vs_{30} dan klasifikasi kelas situs. Selanjutnya, Nugraha et al. (2024) membandingkan metode prediksi respons tanah linier dan nonlinier di lokasi yang sama. Sementara itu, Julyani et al. (2025) mengkaji kerentanan seismik berbasis kedalaman batuan dasar dan profil stratigrafi tanah di wilayah tersebut. Berbeda dengan beberapa penelitiaan terdahulu, studi ini lebih berfokus pada analisis ketahanan tanah terhadap dampak seismik berdasarkan kecepatan gelombang geser (V_S). Studi ini menghasilkan beberapa *output* yang belum dibahas pada penelitian sebelumnya seperti, peta sebaran V_S pada variasi kedalaman 10-50 m, peta sebaran klasifikasi kelas situs, serta amplifikasi tanah.

Signifikansi penelitian ini terletak pada upaya proaktif mengurangi risiko gempa melalui pemetaan dan desain infrastruktur tahan gempa, guna melindungi masyarakat serta menjamin keberlanjutan pembangunan. Rekomendasi teknis menjadi kebutuhan penting bagi lokasi beramplifikasi tinggi untuk meminimalkan potensi kerusakan gempa di masa depan.

Metode

Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Gambar 3. menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan di daerah hilir sungai Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu. Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk mempelajari teori-teori terkait penelitian. Tahap berikutnya pengumpulan data, sekunder yang mencakup informasi geologi, data seismik, serta hasil pengukuran kecepatan gelombang geser (V_S). Penelitian kemudian memasuki tahap analisis data terutama data kecepatan gelombang geser V_S yang diperoleh dari hasil pengukuran mikrotremor dan proses inversi pada penelitian sebelumnya. Hasil dari analisis disajikan dalam bentuk peta menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan metode *Inverse Distance Weighted.*

Pengolahan data untuk mendapatkan nilai kecepatan gelombang geser (V_{s30}) dihitung menggunakan persamaan:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{N} \left(\frac{h_i}{v_i} \right)} \tag{1}$$

di mana h_i adalah ketebalan lapisan ke-i (m), v_i adalah kecepatan gelombang geser pada lapisan ke-i (m/s) dan N adalah jumlah lapisan sampai kedalaman 30 m.

Untuk menghitung nilai amplifikasi tanah berdasarkan nilai V_{S30} digunakan pendekatan Midorikawa (1994):

$$Log\left(GAF\right) = 1,35 - 0,47 Log\left(V_{S30}\right) \pm 0,18 \tag{2}$$

Menurut NEHRP jenis tanah diklasifikasikan menjadi beberapa kategori berdasarkan nilai V_{S30} seperti yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi jenis tanah berdasarkan nilai Vs_{30}

Tipe Batuan	Jenis Batuan	Nilai V_{S30} (m/s)
A	Batuan keras (*Hard Rock*)	$V_{S30} > 1500$
B	Batuan sedang (*Rock*)	$760 < V_{S30} \leq 1500$
C	Tanah keras dan batuan lunak (*Very dense soil and soft rock*)	$360 < V_{S30} \leq 760$
D	Tanah sedang (*Stiff soil*)	$180 < V_{S30} \leq 360$
E	Tanah lunak (*Soft soil*)	$V_{S30} < 180$

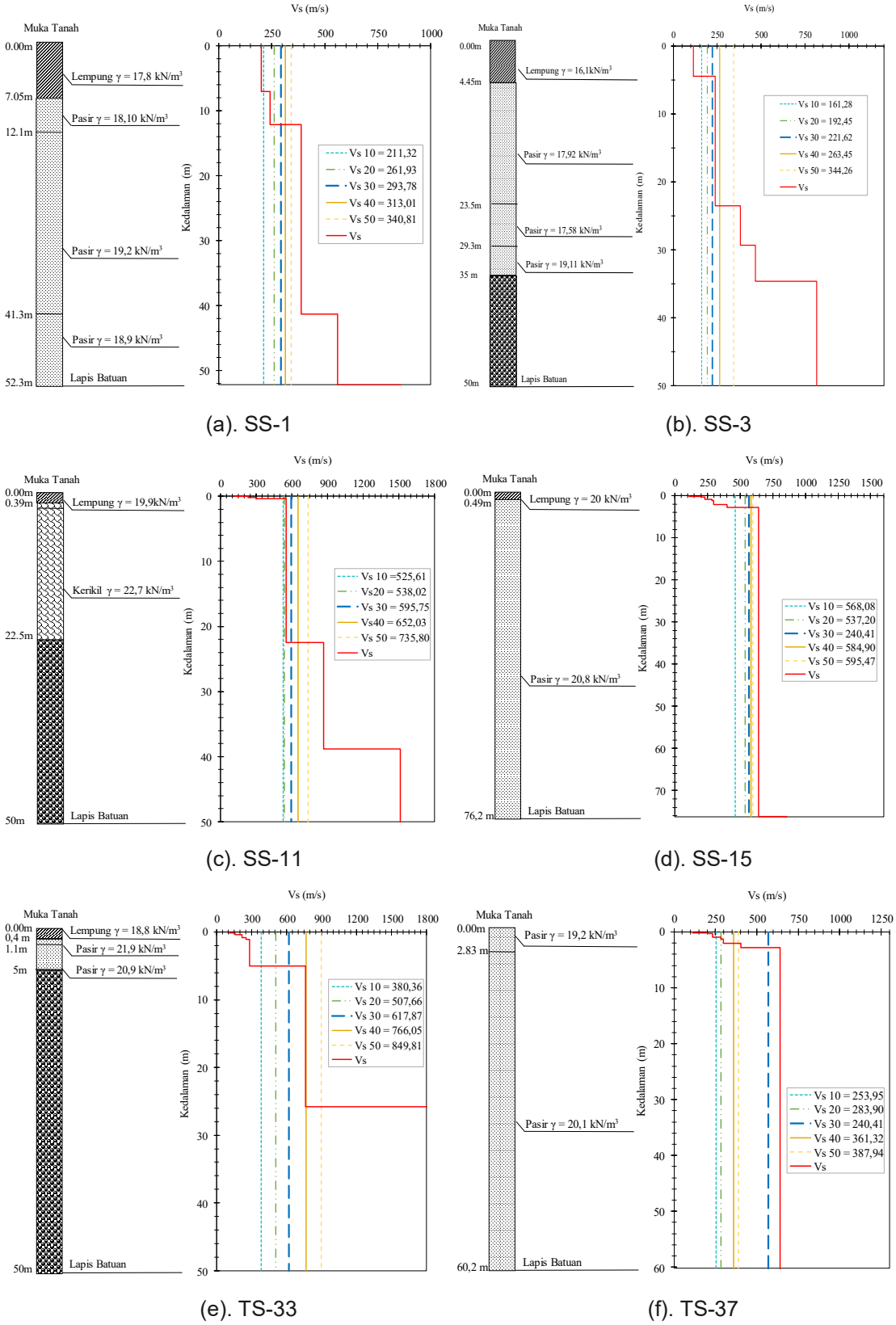
Sumber : *National Earthquake Hazard Reduction Program* (NEHRP)

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Profil Perlapisan Tanah

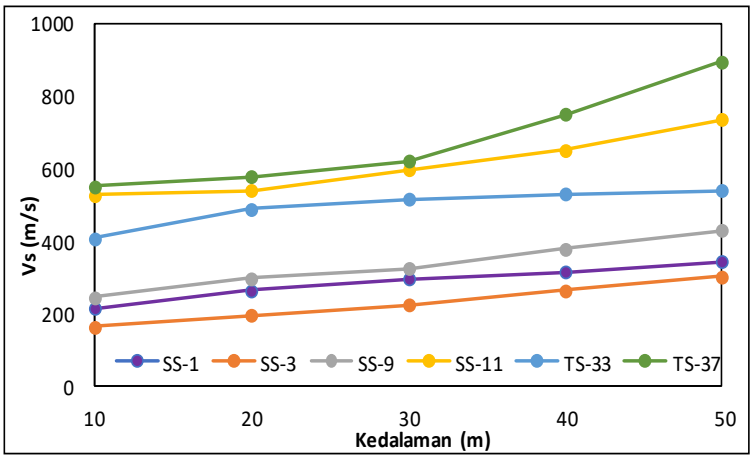
Hasil penyajian profil perlapisan tanah ditunjukkan pada Gambar 4. Sebanyak 6 titik dijadikan representasi bagi daerah penelitian karena merupakan yang cukup padat. Titik-titik tersebut yaitu titik SS-1, SS-3, SS-11, SS-15, TS-33 dan TS-37.



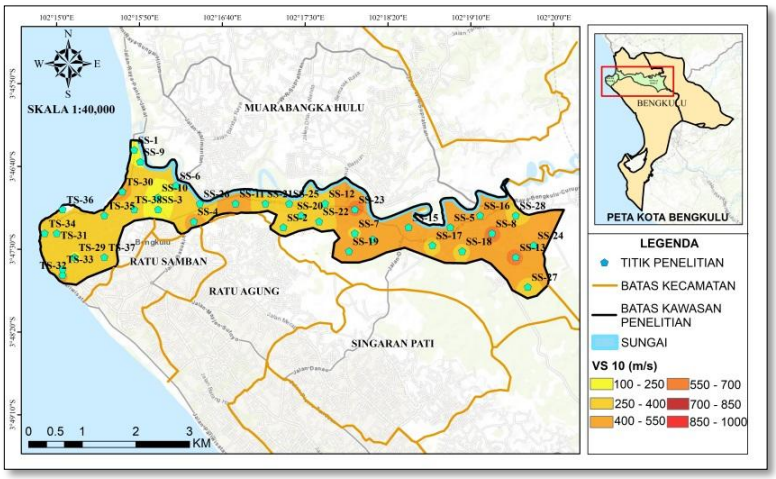
Gambar 4. Profil perlapisan tanah dan V_s pada kedalaman 10 - 50 m pada titik (a) SS-1 (b) SS-3 (c) SS-11 (d) SS-15 (e)TS-33 dan (e) TS-37

Kecepatan Gelombang Geser (V_S)

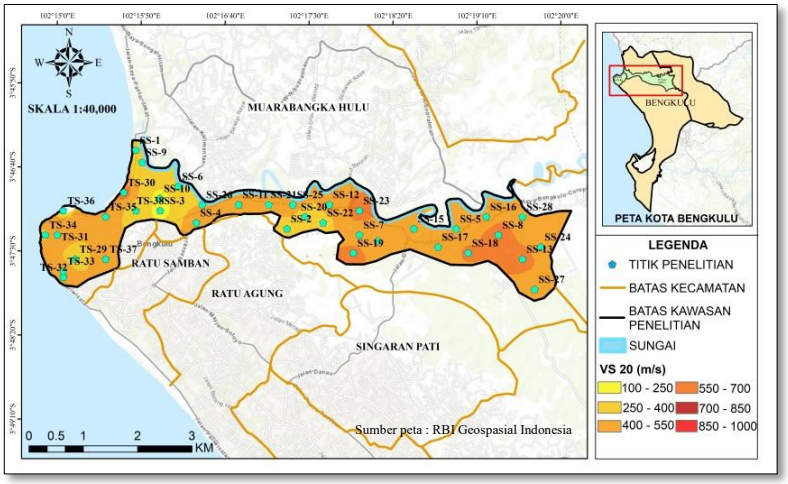
Hasil analisis kecepatan gelombang geser (V_S) pada Gambar 5. menunjukkan peningkatan nilai V_S secara linear terhadap kedalamannya dan pada Gambar 6. telah disajikan peta sebaran mengenai variasi spasial dari tren peningkatan tersebut.



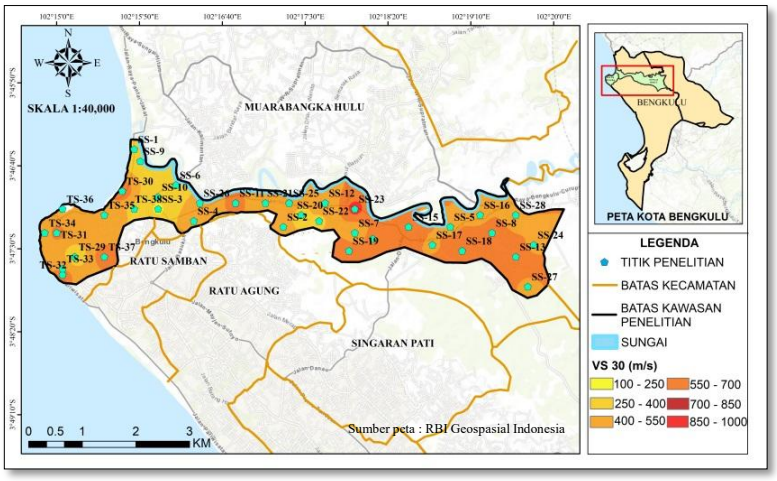
Gambar 5. Tren peningkatan nilai V_S secara linear pada 6 titik representatif



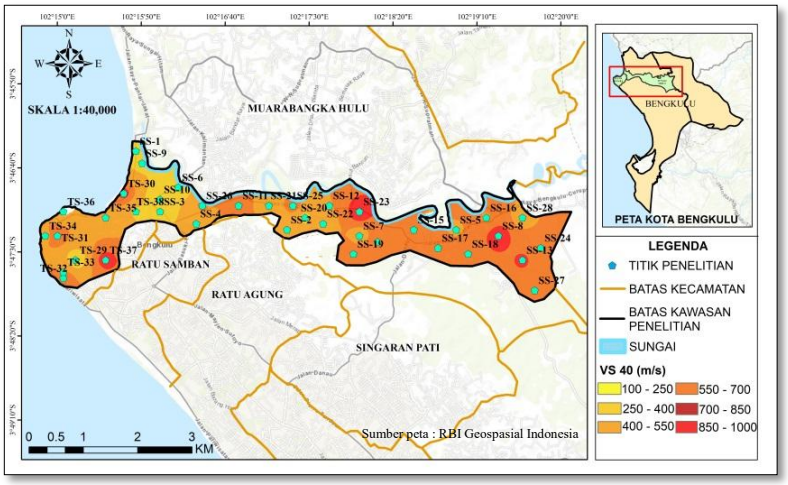
(a) Vs pada kedalaman 10 m



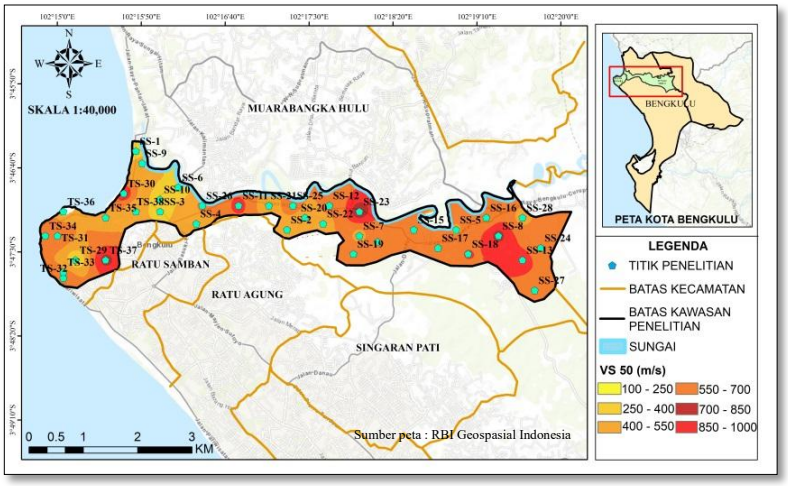
(b) Vs pada kedalaman 20 m



(c) Vs pada kedalaman 30 m



(d) Vs pada kedalaman 40 m

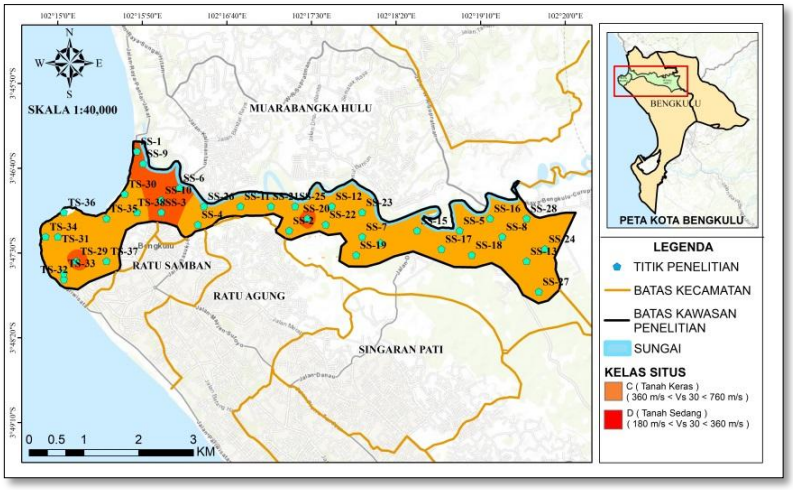


(e) Vs pada kedalaman 50 m

Gambar 6. Peta sebaran variasi V_S pada kedalaman (a).10 m (b). 20 m (c). 30 m (d).40 m dan (e).50 m

Kelas Situs

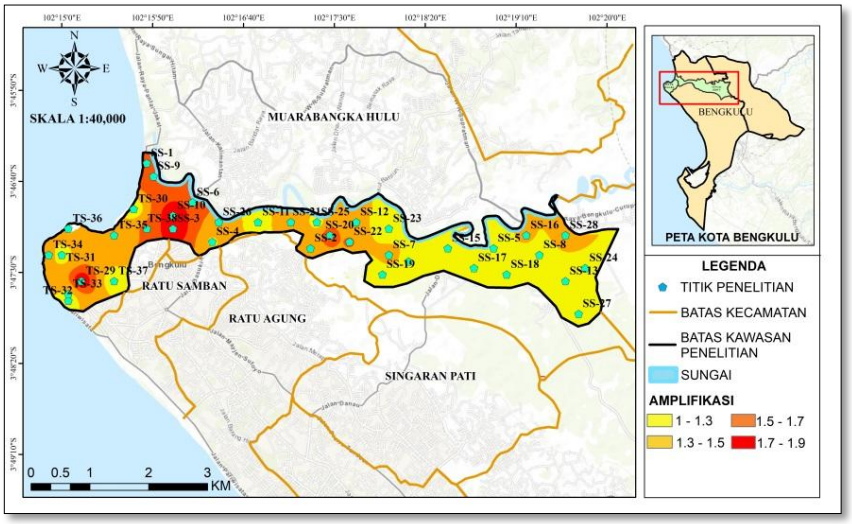
Hasil penelitian menunjukkan bahwa klasifikasi jenis tanah di daerah penelitian termasuk dalam kategori C (tanah keras) dan D (tanah sedang), dengan sebaran kelas situs yang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta sebaran kelas situs

Ground Amplification Factor (GAF)

Berdasarkan temuan penelitian, nilai amplifikasi di lokasi studi menunjukkan variasi signifikan dengan rentang nilai 1,1 sampai 1,9. Sebaran spasial tersebut dapat diamati secara visual pada pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta sebaran nilai amplifikasi

Pembahasan

Profil Perlapisan Tanah

Profil perlapisan tanah pada Gambar 4. menunjukan ketebalan lapisan lempung berkisar

antara 0-7,5 meter, sedangkan lapisan pasir memiliki ketebalan mencapai 76,2 meter. Temuan ini sejalan dengan penelitian Nugraha et al (2024) yang juga menyebutkan lapisan tanah di lokasi studi didominasi oleh lempung dan pasir.

Daerah hilir Sungai Muara Bangkahulu termasuk kawasan yang rentan terhadap likuifaksi, terutama pada kedalaman dangkal (Mase et al., 2021). Material seperti pasir yang mudah kehilangan kekuatan geser dan lempung dengan daya tahan rendah merupakan jenis tanah yang paling rawan mengalami likuifaksi saat terjadi gempa (Subakti & Renagustiarini, 2022). Likuifaksi juga dapat terjadi ketika tanah jenuh air mengalami tekanan akibat gempa, partikel tanah kehilangan kekuatan geser dan berperilaku seperti cairan (Mahli et al., 2024)

Kecepatan Gelombang Geser (V_S)

Parameter kecepatan gelombang geser (V_S) memegang peranan penting dalam merepresentasikan ketahanan tanah. Nilai ini umumnya sebanding dengan densitas material tanah, jika densitas suatu material rendah maka nilai V_S juga cenderung rendah dan sebaliknya. Jika investigasi geoteknik mengidentifikasi lapisan batuan pada kedalaman < 25 m, kecepatan gelombang geser (V_S) lapisan batuan dianggap konstan hingga kedalaman referensi (Natasya et al., 2022). Pada Gambar 5. grafik menunjukan bahwa V_{S10} memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan V_{S50} yang artinya, semakin bertambah kedalaman nilai V_S juga semakin besar. Terdapat kecenderungan peningkatan kecepatan gelombang geser (V_S) secara linier terhadap kedalaman berdasarkan data yang diperoleh. Namun, tren ini mungkin tidak berlaku di zona dengan komposisi material bervariasi seperti adanya batuan keras atau lapisan berair sehingga dapat terjadi penyimpangan di wilayah dengan karakteristik geologi yang dirasa lebih kompleks (Winardi et al., 2023). Pada lapisan tanah dangkal yang telah ditemukan tanah keras, nilai V_S diasumsusikan konstan pada lapisan dibawahnya

Kecepatan gelombang geser (V_S) pada kedalaman 0-30 m, khususnya V_{S30} digunakan untuk menganalisis kelas situs tanah, nilai amplifikasi dan merepresentasikan ketahanan tanah terhadap dampak seismik pada lapisan dangkal. Sementara V_S > 30m tetap penting untuk merepresentasikan ketahanan tanah namun pada lapisan yang lebih dalam. Peta sebaran V_S pada tiap kedalaman yang disajikan pada Gambar 5. termasuk langkah penting untuk memitigasi potensi dampak seismik, hal ini juga dilakukan pada studi kasus di Christchruch, Selandia Baru dan menunjukkan bahwa kombinasi pemetaan V_{S30} dan rekayasa geoteknik dapat meminimalkan dampak dan kerusakan akibat gempa (Quigley & Duffy, 2020; Thomson et al., 2020)

Daerah dengan nilai kecepatan gelombang geser (V_S) rendah diindikasikan memiliki tingkat ketahanan yang rendah terhadap dampak seismik. Pernyataan ini didukung oleh temuan peneliti terdahulu yang menyebutkan wilayah dengan ketahanan tanah rendah dicirikan oleh tiga faktor utama yaitu adanya likuifaksi pasir, ketebalan yang signifikan pada lapisan tanah lunak seperti pasir, lempung, atau lanau yang menutupi batuan dasar dan intensitas seismik historis yang tinggi (Wang et al., 2024).

Berdasarkan temuan nilai V_{S30} yang rendah, adanya potensi likuifaksi, lapisan permukaan yang tebal mencapai 76,2 m dan tercatatnya intensitas seismik historis yang tinggi di

lokasi penelitian, semakin menguatkan daerah ini terindikasi memiliki ketahanan tanah rendah dan berpotensi lebih besar terdampak gempa. Oleh karena itu klasifikasi tanah berdasarkan V_{S30} perlu diintegrasikan dalam desain bangunan tahan gempa di daerah rawan gempa. Dalam hal ini, disarankan untuk menerapkan teknik perbaikan tanah seperti pemasangan *stone column* pada lapisan dangkal (0-30 m) untuk meningkatkan densitas dan kekakuan tanah (Somantri et al., 2021). Selain itu, penggunaan pondasi dalam juga dapat mengurangi risiko kerusakan struktural akibat amplifikasi seismik (Rokhman et al., 2023).

Kelas Situs

Lokasi studi memiliki jenis tanah yang termasuk dalam kategori C (tanah keras dan batuan sedang) dan D (tanah lunak). Kategori ini ditentukan berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser rata-rata hingga kedalaman 30 meter (V_{S30}), sesuai klasifikasi NEHRP di mana kategori C memiliki V_{S30} antara 360-760 m/s, dan kategori D memiliki V_{S30} < 360 m/s (Rahman et al., 2023). Hasil penelitian ini selaras dengan kondisi geologi yang didominasi oleh formasi *Alluvium* (Qa) dan *Alluvium Terraces* (Qat), formasi tersebut terdiri dari material lepas seperti pasir, lanau, lempung, dan kerikil (Farid & Mase, 2020). Material ini umumnya belum terpadatkan sempurna, sehingga memiliki nilai V_{S30} rendah dan kepadatan bervariasi (Hairan et al., 2023; Sunardi et al., 2023).

Temuan Wachidah dan Agustin (2021) dengan kondisi geologis serupa menjelaskan material penyusun yang tidak padat cenderung memperkuat gerakan tanah selama aktivitas seismik berlangsung. Tanah berpotensi mengurangi ketahanan tanah terhadap getaran gempa dan mengakibatkan kerusakan lebih parah dibandingkan lapisan tanah yang lebih padat (López et al., 2022; Roulle et al., 2022). Pada tanah dengan kondisi ini, aspek keamanan struktur dan kategori desain seismik perlu diperhitungkan guna mencegah kerusakan dan kegagalan bangunan (Hakim, 2024)

***Ground Amplification Factor* (GAF)**

Ground Amplification Factor (GAF) bergantung pada nilai kecepatan gelombang geser (V_S), semakin besar nilai V_S maka nilai amplifikasinya akan semakin kecil (Mase et al., 2024). Amplifikasi terjadi ketika gelombang seismik melewati batas antara lapisan tanah lunak (sedimen) dan batuan dasar keras. Material tanah lunak dengan V_{S30} rendah cenderung memperbesar amplitudo gelombang frekuensi rendah, sementara tanah keras dengan nilai V_{S30} tinggi memiliki kemampuan lebih baik dalam meredam getaran akibat aktivitas seismik (Sesilia et al., 2025; Stolte et al., 2022). Berdasarkan analisis nilai kecepatan gelombang geser rata-rata sampai kedalaman 30 m (V_{S30}), diperoleh nilai amplifikasi tanah yang bervariasi di wilayah penelitian. Nilai amplifikasi terkecil yang teridentifikasi adalah 1,1 sedangkan nilai amplifikasi terbesar mencapai 1,9. Variasi nilai amplifikasi ini menunjukkan bahwa respons tanah terhadap getaran seismik juga

berbeda-beda.

Perbedaan kecepatan gelombang geser (V_S) dan densitas (ρ) menciptakan kontras impedansi akustik pada materialnya, di mana semakin besar kontras, semakin tinggi amplifikasi (Fadli et al., 2023; Farduwin et al., 2024). Lapisan permukaan dengan V_S rendah berperan sebagai filter frekuensi rendah yang memperlambat kecepatan gelombang seismik sekaligus meningkatkan amplitudonya. Pelapukan, patahan, atau lipatan yang terjadi pada lapisan permukaan dapat mengurangi kekakuan material dan cenderung meningkatkan amplifikasi (Wahyuni et al., 2025). Fenomena ini juga terlihat pada peristiwa gempa Palu 2018, dimana amplifikasi di zona aluvial menyebabkan kerusakan parah pada struktur bertingkat rendah (Mase et al., 2025; Tampubolon et al., 2022).

Kesimpulan

Penelitian ini menjelaskan karakteristik ketahanan tanah terhadap guncangan seismik melalui analisis kecepatan gelombang geser (V_S) yang bervariasi, klasifikasi kelas situs, dan *Ground Amplification Factor* (GAF). Peta sebaran karateristik seismik berdasarkan kecepatan gelombang geser (V_S) dengan variasi kedalaman dapat memberikan informasi mengenai ketahanan pada kedalaman dangkal sampai dengan dalam. Area studi secara umum didominasi oleh kelas situs tanah keras hingga sedang. Sebaran amplifikasi seismik bervariasi, dengan wilayah yang memiliki amplifikasi tinggi mengindikasikan kerentanan lebih besar terhadap kerusakan gempa. Temuan ini membuktikan perlunya tindakan mitigasi spesifik, terutama di zona amplifikasi tinggi, untuk mendukung perencanaan infrastruktur tahan gempa di kawasan tersebut. Sebagai solusi teknis, perencanaan bangunan berbaisis mitigasi bencana perlu dilakukan khususnya pada wilayah yang memiliki karakteristik kerentanan seismik yang tinggi.

Daftar Pustaka

Fadli, D. I., Awaliyah, I. A., Hadi, A. I., Farid, M., Akbar, A. J., & Refrizon, R. (2023). Microzonation Site Effects and Shear Strain during Earthquake Induced Landslide Using HVSR Measurement in Ulu Mana Sub-District, South Bengkulu Regency Indonesia. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(2), 592–599. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.2961

Fahrezi, Z., Misliniyati, R., Amri, K., Mase, L. Z., & Hardiansyah, H. Model Respons Seismik Tanah di Kecamatan Selebar Akibat Perambatan Gelombang Gempa Satu Dimensi. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, *30*(2), 234-245. https://doi.org/10.14710/mkts.v30i2.64462

Fajri, H., Irwansyah, I., Fahriana, N., Basrin, D., & Al Atas, Z. A. (2023). IDENTIFIKASI KERENTANAN BANGUNAN DI KOTA LANGSA AKIBAT BAHAYA GEMPA DAN KELAS SITUS. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 79-87. https://doi.org/10.24815/jts.v12i1.31884

Farid, M., & Mase, L. Z. (2020). Implementation of seismic hazard mitigation on the basis of ground shear strain indicator for spatial plan of Bengkulu city, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, *18*(69), 199–207. https://doi.org/10.21660/2020.69.24759

Hadi, A. I., Farid, M., Refrizon, R., Harlianto, B., Hudayat, N., & Krisbudianto, M. (2021). Pemetaan Potensi Kerentanan Gempabumi Pada Kota Bengkulu Menggunakan Data Mikrotremor dan Metode Analytical Hierarchy Process. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, *18*(2), 105-118. https://doi.org/10.20527/flux.v18i2.9479

Hairan, M. H., Jamil, N. R., Azmai, M. N. A., Looi, L. J., Aris, A. Z., & Rosli, M. H. (2023). The analysis of large dam impacts on sediment grain size distribution in a tropical river system. *Civil Eng J*, *9*, 15-26. https://doi.org/10.28991/CEJ-SP2023-09-02

Hakim, M. F. N. (2024). *Pengaruh variasi zonasi kerawanan gempa bumi terhadap perilaku seismik struktur bangunan tahan gempa di Yogyakarta* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).

Julyani, V., Mase, L. Z., Hardiansyah, H., Misliniyati, R., Amri, K., & Likitlersuang, S. (2025). A Case Study on Geophysical Characterisation of Bedrock Depth and Soil Stratigraphy. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, *12*(6), 173. https://doi.org/10.1007/s40515-025-00627-3

López, F., Navarro, M., Martínez-Pagán, P., García-Jerez, A., Pérez-Cuevas, J., & Enomoto, T. (2022). VS30 structure of Almeria City (SE Spain) using SPAC and MASW methods and proxy correlations. *Geosciences*, 12(11), 403. https://doi.org/10.3390/geosciences12110403

Mahli, R. A. K., Dewi, S. P., Manullang, P. B. C., Utama, H. W., & Mulyasari, R. (2024). IDENTIFIKASI ZONA POTENSI LIKUIFAKSI DI KOTA BANDAR LAMPUNG BERDASARKAN ANALISIS DATA SPASIAL. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 10(3), 217-227. https://doi.org/10.23960/jge.v10i3.429

Mase, L. Z., Refrizon, Rosiana, & Anggraini, P. W. (2021). Local site investigation and ground response analysis on downstream area of Muara Bangkahulu River, Bengkulu City, Indonesia. *Indian Geotechnical Journal*, *51*(5), 952-966. https://doi.org/10.1007/s40098-020-00480-w

Mase, L. Z., Irsyam, M., Gustiparani, D., Noptapia, A. N., Syahbana, A. J., & Soebowo, E. (2024). Identification of bedrock depth along a downstream segment of Muara Bangkahulu River, Bengkulu City, Indonesia. *Bulletin of Engineering Geology and the* Environment, 83(4), 93. https://doi.org/10.1007/s10064-024-03591-3

Mase, L. Z., Refrizon, Rosiana, & Anggraini, P. W. (2021). Local Site Investigation and Ground Response Analysis on Downstream Area of Muara Bangkahulu River, Bengkulu City, Indonesia. *Indian Geotechnical Journal*, *51*(5), 952–966. https://doi.org/10.1007/s40098-020-00480-w

Mase, L. Z., Tanapalungkorn, W., Likitlersuang, S., Ueda, K., & Tobita, T. (2025). Ground motion, liquefaction and hazard analysis at the Palu site during the 2018 Indonesian great earthquake. *China Geology*, 8, 1-23. doi: 10.31035/cg20240065. View online: http://www. jos. ac. cn/article/shaid/c32389ea302de84edcf426ce8235cd9b432c1fcc323efaa239bb5ea38dd479c5.

Farduwin, A., Mirta, G. A., & Styawan, Y. (2024). Identifikasi Karakteristik Tanah Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) di Daerah Sukabumi, Bandar Lampung. *JTK (Jurnal Teknik Kebumian)*, 11(2), 1-11.

Misliniyati, R., Zalbuin, L., Mase, & Refrizon. (2024). UPAYA PENINGKATAN BUDAYA SADAR BENCANA GEMPA MELALUI ANALISIS STATISTIK PARAMETER GEOFISIKA DI KOTA BENGKULU, INDONESIA. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat,* 8 (1), 69-77

Natasya, I. D., Larang, M. P., Gatra Putri, E. G., & Refrizon, R. R. (2022). Upaya Mitigasi Bencana Longsor Jalan Lintas Bengkulu-Kepahiang Berdasarkan Kecepatan Gelombang Geser (Vs). *Newton-Maxwell Journal of Physics*, *3*(1), 33–37. https://doi.org/10.33369/nmj.v3i1.21243

Nugraha, G. G., Mase, L. Z., Supriani, F., Misliniyati, R., & Amri, K. (2024). Respons Seismik Tanah Pada Kawasan Aliran Sungai Muara Bangkahulu Bagian Hilir Kota Bengkulu. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, 22*(4), 335–348. http://dx.doi.org/10.12962%2Fj2579-891X.v22i4.20588

Quigley, M., & Duffy, B. (2020). Effects of earthquakes on flood hazards: a case study from Christchurch, New Zealand. *Geosciences*, 10(3), 114. https://doi.org/10.3390/geosciences10030114

Rahman, A. S., Permana, D., Pramono, S., Rahmatullah, F. S., & Sativa, O. (2023). Identifikasi Ketebalan Sedimen Di Kota Bengkulu Menggunakan Metode Spac. *Buletin Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika*, 3(4), 1-7. *Retrieved* from https://www.balai2bmkg.id/index.php/buletin_mkg/article/view/83

Rokhman, R., Rini, R. P., Saputra, A., Rusmin, M., & Klau, J. (2023). Tinjauan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Universitas Muhammadiyah Sorong. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, *5*(2), 127–133. https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n2.p127-133

Roulle, A., Baillet, M., Bertil, D., & Cornou, C. (2022). Site effects observations and mapping on the weathered volcanic formations of Mayotte Island. *Comptes Rendus. Géoscience*, 354(S2), 1-25. https://doi.org/10.1484/J.RHE.5.132875

Sari, E. Y., Mase, L. Z., Hardiansyah, H., Misliniyati, R., & Amri, K. (2024). Implementasi Metode Linier Ekuivalen Dan Nonlinier Dalam Memprediksi Respons Seismik Area Kampung Melayu, Kota Bengkulu. *Jurnal Geosaintek*, *10*(2), 159–172. https://doi.org/10.12962/j25023659.v10i2.1723

Sesilia, T., Farid, M., Hadi, A. I., & Al Ansory, A. R. (2025). ABRASION INVESTIGATION USING SHEAR WAVE VELOCITY AND POISSON'S RATIO APPROACHES IN URAI VILLAGE NORTH BENGKULU REGENCY. *Indonesian Physical Review*, 8(1), 97-116. https://doi.org/10.29303/ipr.v8i1.348

Somantri, A. K., Febriansya, A., Rizkiya, D. P., & Azhari, R. N. F. (2021). Perbaikan Tanah Dasar yang Berpotensi Terjadi Likuefaksi dengan Metode Stone Column pada Junction Tebing Tinggi. *Potensi: Jurnal Sipil Politeknik*, *23*(1), 67–76. https://doi.org/10.35313/potensi.v23i1.3407

Stolte, A., Wotherspoon, L., Cox, B., Wood, C., Jeong, S., & Munro, J. (2023). The influence of multiple impedance contrasts on mHVSR site period estimates in the Canterbury Plains of New Zealand and implications for site classification. *Earthquake Spectra*, 39(1), 288-309. https://doi.org/10.1177/87552930221130762

Subakti, H., & Renagustiarini, W. (2022). Analisis potensi likuifaksi menggunakan data kecepatan gelombang geser (Vs). PROGRESS: *Jurnal Geofisika*, 1(1), 1-22. Retrieved from https://stmkg.balai2bmkg.id/index.php/pjg/article/view/19

Sunardi, B., Susanti, D. B., Dyana, N., Adila, A. F., & Handayani, W. (2023). Pemetaan Kecepatan Gelombang Geser Hingga Kedalaman 30 Meter di Wilayah Jakarta Selatan Menggunakan Inversi Eliptisitas Rayleigh. Jurnal Stasiun Geofisika Sleman, 1(1), 01-08. https://orcid.org/0000-0001-5898-4848

Tampubolon, S. P., Sarassantika, I., & Suarjana, I. (2022). Analisis Kerusakan Struktur Bangunan dan Manajemen Bencana Akibat Gempa Bumi, Tsunami, dan Likuifaksi di Palu= Analysis of Building Structure Damage and Disaster Management Due to Earthquake, Tsunami, and Liquefaction in Palu.

BENTANG: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 10(2), 169-186. https://doi.org/10.33558/bentang.v10i2.3263

Thomson, E. M., Bradley, B. A., Lee, R. L., Wotherspoon, L. M., Wood, C. M., & Cox, B. R. (2020). Generalised parametric functions and spatial correlations for seismic velocities in the Canterbury, New Zealand region from surface-wave-based site characterisation. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 128, 105834. https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2019.105834

Wachidah, S. F., & Agustin, N. (2021). Analisa Kerentanan Tanah Di Kecamatan Adipala Kabupaten Cilacap Menggunakan Metode Mikrotremor Sebagai Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi. *BERKALA FISIKA*, 24(1),1-9. *Retrieved* from https://ejournal.undip.ac.id/index.php/berkala_fisika/article/view/39826

Wahyuni, Y. T., Mardiatno, D., & Samodra, G. (2025). ANALISIS KERENTANAN SEISMIK DAN KLASIFIKASI TANAH DI WILAYAH SEKITAR SESAR OPAK MENGGUNAKAN DATA MIKROTREMOR. *JOURNAL ONLINE OF PHYSICS*, 10(2), 54-65. https://doi.org/10.22437/jop.v10i2.42859

Wang, Y., Peng, D., Bo, T., Zhao, X., & Bo, J. (2024). A Comprehensive Evaluation Method for Assessing the Seismic Resilience of Building Sites Based on the TOPSIS Model and the Entropy Method. *Buildings*, 14(11), 3667. https://doi.org/10.3390/buildings14113667

Winardi, D., Haerudin, N., Sapto, B., Sarkowi, M., & Erfani, S. (2023). Identifikasi Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Rasio (HVSR) dan Pendekatan SIG di Kecamatan Semakai Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung. *Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, *20*(2), 154–166. https://doi.org/10.20527/15017