JLBG

JURNAL LINGKUNGAN DAN BENCANA GEOLOGI
Journal of Environment and Geological Hazards

ISSN: 2086-7794, e-ISSN: 2502-8804
Akreditasi KEMENRISTEK-BRIN No. 200/M/KPT/2020
Berlaku sampai Volume 16 Nomor 1 Tahun 2025
e-mail: perpustakaan.pag@esdm.go.id - http://jlbg.geologi.esdm.go.id/index.php/jlbg

Analisis Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan *Ground Profiles* Kecepatan Gelombang Geser Dengan Metode *Ellipticity curve* di Kawasan Kota Kendari

Structural Analysis of Subsurface Based on Shear Wave Velocity Ground Profile Using Ellipticity curve Method in Kendari City Area

Arisona[1], Nia Kurnia Praja[2], Sitti Lasmi Manginsih[1], Ali Okto[3], La Ode Nursalam[4], Erwin Anshari[5], Harisma[3], Syamsul Razak Haraty[6], Hasria[3], dan Muliddin[3]

[1]Prodi Studi Magister Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Haluoleo
Jln. Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu, Jl. HEA Mokodompit, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia , 93231
[2]Pusat Kebencanaan Geologi Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jalan Sangkuriang, Dago, Kecamatan Coblong Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia 40135
[3]Jurusan Teknik Geologi, Fakultas MIPA, Universitas Haluoleo
Jln. Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu, Jl. HEA Mokodompit, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia , 93231
[4]Jurusan Pendidikan Geografi, FKIP, Universitas Haluoleo
Jln. Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu, Jl. HEA Mokodompit, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia , 93231
[5]Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas MIPA, Universitas Haluoleo
Jln. Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu, Jl. HEA Mokodompit, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia , 93231
[6]Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Haluoleo
Jln. Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu, Jl. HEA Mokodompit, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia , 93231

e-mail: arisona@uho.ac.id
Naskah diterima 22 September 2022, selesai direvisi 10 April 2024, dan disetujui 25 April 2024

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang analisis struktur bawah permukaan berdasarkan ground profiles kecepatan gelombang geser dengan metode *ellipticity curve* di kawasan Kota Kendari. Daerah ini memiliki risiko tinggi terhadap bahaya guncangan gempa bumi. Kondisi geologi yang heterogen menyebabkan respon berbeda terhadap efek *ground motion*. Untuk mengetahui karakteristik lapisan tanah, digunakan data mikrotremor HVSR. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai kecepatan gelombang geser berdasarkan ground profiles kecepatan gelombang geser dengan metode *ellipticity curve*, serta hubungan potensi tingkat kerusakan yang terjadi di kawasan Kota Kendari. Data pengukuran mikrotremor yang digunakan terdiri atas 30 titik dengan jarak antar titik ±1 km. Kemudian data mikrotremor dianalisis menggunakan *software Geopsy* dengan metode HVSR untuk mendapatkan nilai faktor amplifikasi dan nilai frekuensi dominan di setiap titik pengukuran. Data hasil metode HVSR diinversikan menggunakan *subsoftware Dinver* dengan metode *ellipticity curve* sehingga diperoleh pemodelan ground profiles yang menyatakan nilai kecepatan gelombang geser (v_s). Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya nilai kecepatan gelombang geser (v_s) bervariasi antara 150 m/s-1300 m/s pada kedalaman 100 m. Struktur bawah permukaaan berdasarkan ground profiles kecepatan gelombang geser dengan metode *ellipticity curve* pada daerah penelitian terdiri atas jenis tanah lunak pada kedalaman berkisar antara 1–10 m, jenis tanah sedang terdapat pada kedalaman 1–20 m, jenis tanah keras yang terdapat pada kedalaman 20–90 m dan jenis batuan terdapat pada kedalaman di atas 90 m. Hasil analisis menunjukan kondisi bawah permukaan di daerah penelitian memiliki potensi guncangan dan tingkat kerusakan yang cukup tinggi jika terjadi gempabumi, karena didominasi oleh material tanah lunak yang cukup tebal.

Kata kunci: HVSR, Kecepatan gelombang geser (v_s), Metode *Ellipticity curve*, Mikrotremor, *Software Geopsy*

ABSTRACT

Subsurface structure analysis research has been carried out based on soil profiles of shear wave velocity using the ellipticity curve method in the Kendari City area. This area has a high risk of earthquake shocks. Heterogeneous geological conditions give rise to different responses to the influence of ground movements. To determine the char-

acteristics of the soil layer, HVSR microtremor data is used. This research aims to determine the value of shear wave velocity based on the ground profile of shear wave velocity using the ellipticity curve method, as well as the relationship between the potential level of damage that occurs in the Kendari City area. The microtremor measurement data used consists of 30 points with a distance between points of ±1 km. Then the microtremor data were analyzed using Geopsy software with the HVSR method to obtain amplification factor values and dominant frequency values at each measurement point. The data resulting from the HVSR method was inverted using the Dinver subsoftware with the ellipticity curve method to obtain a soil profile model that expressed the value of the shear wave velocity (vs). The research results show that the shear wave velocity (vs) varies between 150 m/s-1300 m/s at a depth of 100 m. The subsurface structure based on the shear wave velocity soil profile using the ellipticity curve method in the research area consists of soft soil types at depths ranging from 1–10 m, medium soil types found at depths of 1–20 m, hard soil types found at depths of 1–20 m . at depths of 20–90 m and rock types found at depths above 90 m. The results of the analysis show that the subsurface conditions in the research area have the potential for shocks and quite high levels of damage if an earthquake occurs, because they are dominated by quite thick soft soil material.

***Keywords**: HVSR, shear wave velocity (v_s), Ellipticity curve Method, Microtremor, , Kendari City*

PENDAHULUAN

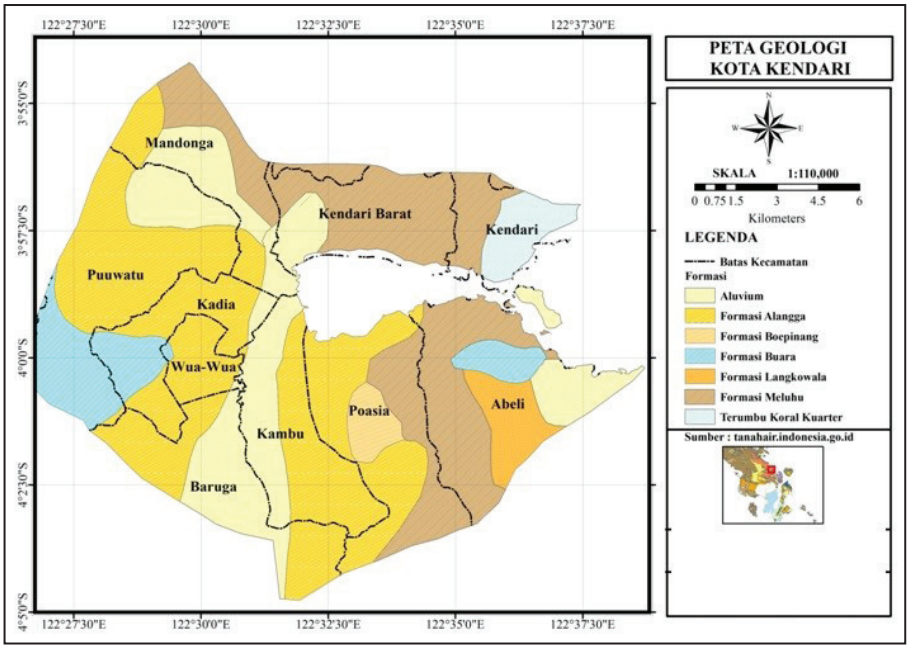
Sebagai Ibukota Provinsi yang sedang berkembang pesat, Kota Kendari yang dekat dengan lajur sumber gempa bumi mempunyai risiko tinggi terhadap bahaya goncangan gempa. Tingkat kerusakan dan bahaya gempa bumi sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi lokal atau efek tapak lokal sebagai faktor penentu terhadap besarnya bahaya goncangan tanah (Arisona drr. , 2023). Suatu wilayah dengan kondisi geologi yang sama pun akan mempunyai respon yang berbeda terhadap efek getaran tanah tergantung pada sifat serta karakteristik penyusun litologi pada formasi tersebut fenomena ini disebut *site effect* atau *site amplification* (Hakkina drr,2023).

Salah satu kajian yang berkaitan dengan upaya mitigasi guncangan gempa bumi yaitu dengan cara memetakan daerah yang memiliki potensi kerusakan yang cukup besar terhadap gempa bumi berdasarkan analisis kecepatan gelombang geser (v_s) (Gemintang drr., 2022); Sugianto, 2022). Nilai kecepatan gelombang geser merupakan salah satu parameter untuk megetahui kondisi tanah serta memperkirakan bahaya gerakan tanah secara spesifik. Salah satu penentuan nilai v_s yaitu dengan cara pengukuran sinyal mikrotremor yang diinversikan menggunakan metode *ellipticity curve* atau disebut pula pemodelan ke belakang (*inverse modelling*). Metode ini merupakan metode yang digunakan untuk menentukan parameter fisis tanah dari model yang telah didapatkan (kurva H/V) (Aldiansyah, et.al,2023) dari pengukuran mikrotremor. Nilai v_s untuk setiap jenis batuan memiliki nilai yang berbeda, sehingga nilai v_s bisa menjadi salah satu parameter yang digunakan untuk analisis litologi struktur bawah permukaan.

Dalam penelitian ini dapat dirumuskan mengenai permasalahan dengan tujuan menganalisis struktur bawah permukaan berdasarkan *ground profiles* kecepatan gelombang geser (v_s) dengan metode *ellipticity curve* dan mengetahui potensi tingkat kerusakan yang terjadi di kawasan Kota Kendari.

Geografi Kota Kendari memiliki morfologi dataran bergelombang yang berbukit kecil di atas napal dan batu gamping, dataran gabungan endapan muara dan sungai, dataran berbukit kecil di atas batuan metamorfik campuran, Punggung bukit sedimen asimetrik tak terorientasi, Kipas alluvial non vulkanik yang melerang landai, Gunung karstik di atas marmer, dataran lumpur antar pasang surut dibawah halofit, dataran sedimen campuran yang berombak sampai bergelombang, Bukit karst di atas marmer dan batu gamping, Kipas alluvial non vulkanik yang melereng sedang dan dataran berbukit kecil di atas batu sedimen campuran (Aldiansyah, 2021).

Berdasarkan peta geologi Kota Kendari (Gambar 1) terdiri dari beberapa formasi batuan. Kelompok batuan ini yang sebelumnya di masukkan ke dalam mandala Sulawesi Timur dan anjungan Tukang Besi-Buton. Mendala Geologi Sulawesi Timur yang dicirikan oleh batuan



Gambar 1. Peta Geologi Kota Kendari.

ultramafik, mafik dan malih (Surono, 2010 dalam Arisona drr., 2023). Sementara untuk daerah studi banyak didominasi oleh kelompok batuan malihan dan batuan sedimen kelompok Formasi Meluhu (TRJm), Formasi Alangga (QPa), endapan Aluvium (Qa), dan setempat batugamping Quarter (Formasi Buara) serta Formasi Langkowala (Tml) (Simandjuntak,1993 dalam Arisona drr., 2023).

Berdasarkan peta geologi Kota Kendari, daerah studi berada pada formasi Alangga, Formasi Boepinang, Formasi Buara, Formasi Langkowala dan Formasi Meluhu yang memiliki litologi yang relatif seragam yang terdiri atas batupasir, lempung pasiran, kuarsit, serpih dan konglomerat (Surono,2010; Simandjuntak, 1993 dalam Arisona drr, 2023).

Mikrotremor merupakan getaran lemah di permukaan bumi yang berlangsung terus menerus akibat adanya sumber getar seperti aktivitas manusia, industri, dan lalu lintas. Data mikrotremor dapat digunakan untuk mengetahui kondisi geologi dan kondisi lapisan tanah di suatu daerah. Analisis mikrotremor dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR).

Metode HVSR merupakan metode yang membandingkan antara komponen horizontal dan komponen vertikal spektrum mikrotremor (Larasati drr., 2022). Metode HVSR digunakan untuk menentukan nilai amplifikasi dan nilai periode dominan suatu lokasi yang dapat diperkirakan dari periode puncak perbandingan H/V mikrotremor. Metode HVSR yang digunakan pada saat pengolahan data hasil pengukuran mikrotremor di lapangan dinilai efektif untuk mengkaji karakteristik dinamis lapisan bawah permukaan tanah penyebab terjadinya *local site effect* saat gempabumi (Guo et al.,2021); Afshari and Stewart, 2021). .

Pengukuran sinyal mikrotremor dilakukan selama ± 30 menit dengan frekuensi *sampling* 100 Hz dengan mengacu pada durasi pengukuran yang disarankan oleh SESAME (2004 dalam Arisona drr,, 2023). Hasil dari pengukuran tersebut berupa data mentah sinyal getaran mikrotremor dalam fungsi waktu.

Pengolahan data mikrotremor menggunakan metode analisis *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio* (HVSR) (Arisona drr., 2023). Hasil pengukuran mikrotremor di lapangan mendapatkan data getaran tanah fungsi waktu.

Data ini tercatat dalam tiga komponen, yaitu komponen vertikal (*Up-Down*), utara-selatan (*North-South*), dan barat-timur (*East-West*). Data mentah ini tidak dapat langsung diolah karena dalam format *hexadecimal*. Data ini harus diubah ke format ASCII atau format miniseed (.MSD) menggunakan perangkat lunak DATAPRO dan menghasilkan empat file, yaitu file komponen vertikal, utara-selatan, barat-timur, dan file *header.*

Proses pengolahan data dengan metode *ellipticity curve* menggunakan program *Dinver* dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut: Spektrum sinyal mikrotremor dari pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Sesarray Geopsy* disimpan dalam format .hv. Kurva tersebut digunakan sebagai input *ellipticity curve* (*inversi* gelombang *rayleigh*) menggunakan program *dinver* pada *software sesarray geopsy*. Nilai v_s yang diperoleh sangat bergantung pada nilai parameter model awal yang menggambarkan karakteristik *site* di daerah tersebut seperti nilai kecepatan gelompang *P* (v_p), kecepatan gelombang *S* (v_s), *Poisson Ratio*, dan massa jenis (*densitas*) batuan.

Parameter tersebut disesuaikan dengan kondisi litologi bawah permukaan pada setiap formasi geologi yang digunakan sebagai tempat pengukuran sinyal mikrotremor, dengan mengacu pada peta geologi Kota Kendari. Hasil dari model tersebut berupa *ground profiles* kecepatan gelombang geser (v_s). Model dengan nilai *misfit* (ketidakcocokan) terendah ($0 \leq misfit < 1$) akan digunakan sebagai model terbaik. Perhitungan *misfit* dengan metode *monte-carlo* ditunjukkan pada persamaan 1 (Anindya dan Oktaviana, 2022).

$$misfit = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{D_i - M_i}{\sigma_i}\right)^2} \quad \text{..... (1)}$$

dengan *N* adalah titik data, *Di* adalah data hasil inversi, dan *Mi* adalah model struktur tanah dan σ_i adalah standar deviasi dari data hasil inversi.

METODE PENELITIAN

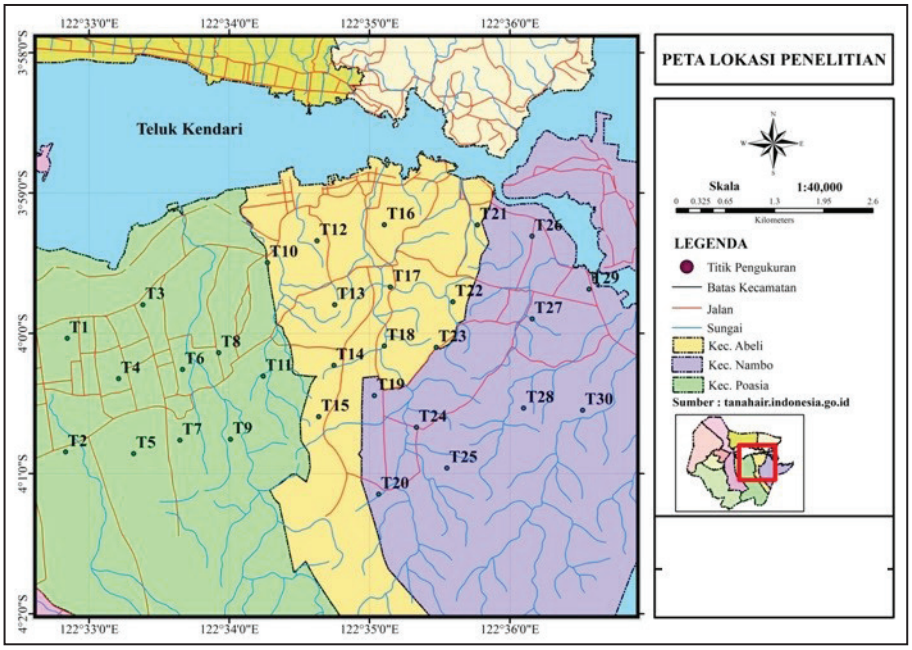
Pengukuran sinyal mikrotremor dilaksanakan di kawasan Kota Kendari yaitu Kecamatan Poasia, Kecamatan Abeli dan Kecamatan Nambo sebanyak 30 titik pengukuran dengan jarak antar titik ± 1 km (Gambar 2).

Pengolahan data mikrotremor menggunakan metode analisis *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio* (HVSR) dengan *software Geopsy* (Wathelet et al.,2010) dengan menghasilkan frekuensi dominan dan faktor amplifikasi. Kurva HVSR yang terbentuk dari hasil *windowing* ditampilkan dari semua *window* sesuai dengan warna *window* dalam setiap kotaknya dan membentuk kurva dengan spektrum warna sesuai dengan warna *window*. Kurva HVSR hasil pengukuran mikrotremor ditunjukkan oleh (Gambar 3).

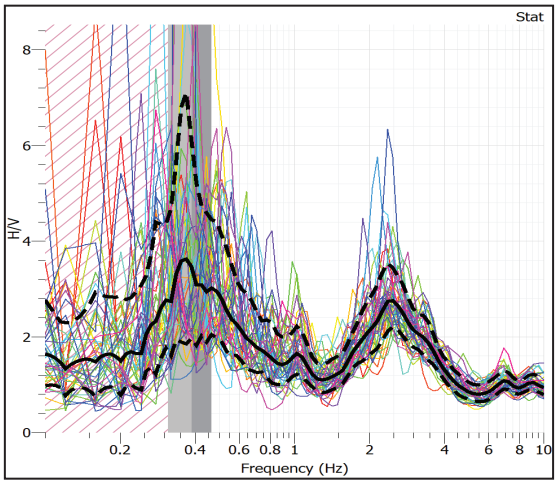
Untuk memperoleh grafik kurva HVSR maka dilakukan proses pengolahan data dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

Pada tahapan ini Panjang *windows* yang digunakan dalam pengolahan data adalah 25 s. Untuk mendapatkan data yang paling stasioner digunakan *anti-triggering* kurva hasil dari metode HVSR digunakan sebagai input *ellipticity curve* (*inversi* gelombang *rayleigh*) menggunakan program *dinver* pada *software sesarray geopsy*. Parameter lain yang digunakan sebagai input awal pada metode *ellipticity curve* yaitu kecepatan gelompang *P* (v_p), kecepatan gelombang *S* (v_s), *Poisson Ratio*, dan massa jenis (*densitas*) batuan. Parameter tersebut disesuaikan dengan kondisi litologi bawah permukaan pada setiap formasi geologi yang digunakan sebagai tempat pengukuran sinyal mikrotremor, dengan mengacu pada peta geologi Kota Kendari.

Hasil dari model tersebut berupa *ground profiles* kecepatan gelombang geser (v_s). Model dengan nilai *misfit* (ketidakcocokan) terendah ($0 \leq Misfit < 1$) akan digunakan sebagai model terbaik. Perhitungan *misfit* dengan metode *monte-carlo* ditunjukkan pada persamaan 1 dan dikorelasikan dengan Tabel 1.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian.



Gambar 3. Kurva *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio* (HVSR).

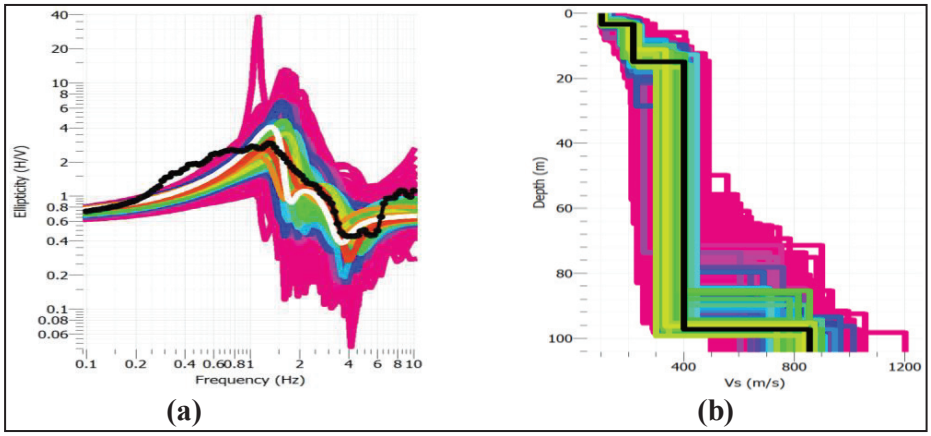
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan peta geologi Kota Kendari, daerah penelitian berada pada formasi Alangga, Formasi Boepinang, Formasi Bura, Formasi Langkowala dan Formasi Meluhu yang memiliki litologi yang relatif seragam yang terdiri atas batupasir, lempung pasiran, kuarsit, serpih dan konglomerat.

Metode *ellipticity curve* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengetahui struktur bawah permukaan (*ground profiles*) berdasarkan kurva HVSR hasil pengukuran microtremor sebagai input model awal. Metode ini ditentukan oleh berbagai parameter sebagai model awal diantaranya v_s (kecepatan gelombang S), v_p (kecepatan gelombang P), massa jenis (densitas) batuan, dan *Poisson ratio*. Kurva dari metode *ellipticity curve* ditunjukkan pada Gambar 4(a). Perbedaan model garis kurva menunjukkan nilai *sfit* yang beragam. Kurva dengan garis hitam menandakan kurva sebagai model referensi untuk motode *ellipticty curve*,

Tabel 1. Tabel Klasifikasi Site Berdasarkan Nilai v_s Hasil Penyelidikan Tanah dan Laboratorium SNI 1726 (Badan Standarisasi Nasional, 2010 dalam Arisona drr., 2023)

Klasifikasi Site	Kecepatan gelombang geser v_s (m/s)
Batuan Keras	$v_s \geq 1500$
Batuan (SB)	$750 < v_s \leq 1500$
Tanah sangat padat dan Batuan Lunak (SC)	$350 < v_s \leq 750$
Tanah Sedang (SD)	$175 < v_s \leq 350$
Tanah Lunak (SE)	$v_s < 175$



Gambar 4. (a) *Ground profile* v_s hasil Metode *Elipticity Curve* dengan garis hitam merupakan model terbaik (b) *Ground Profiles* v_s lapisan titik T14.

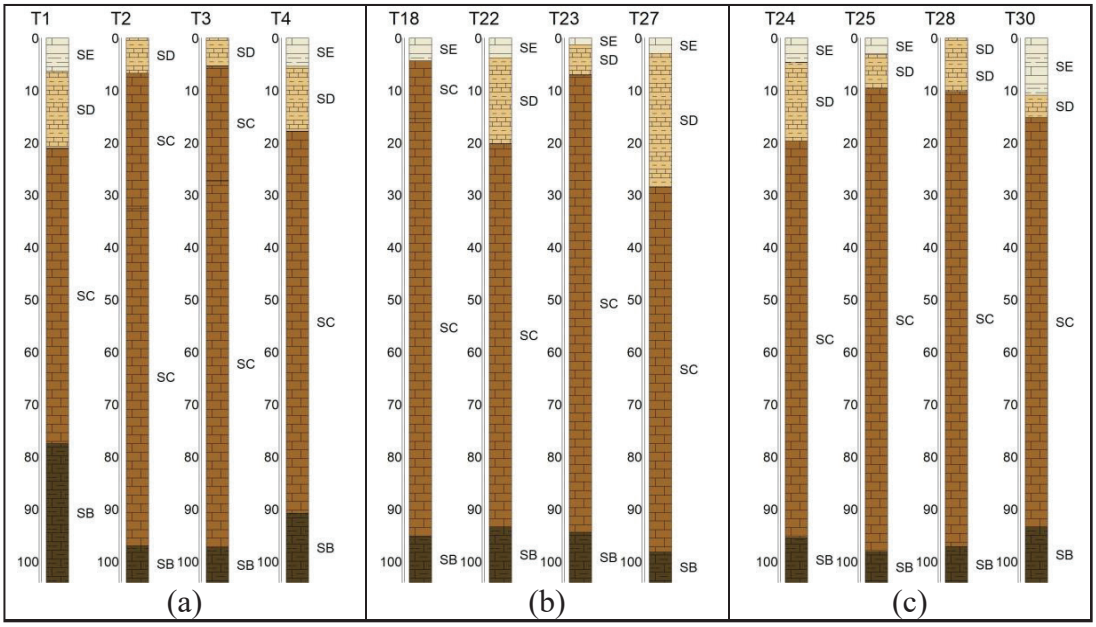
sedangkan garis putih menunjukkan kurva hasil metode *elipticity curve* dengan nilai *misfit* terkecil. Secara umum, kurva *elipticity curve* merepresentasikan data dari nilai frekuensi dan nilai *elipticity* yang selanjutnya digunakan analisis *ground profiles* nilai v_s dari titik-titik pengukuran.

Metode ini ditentukan oleh berbagai parameter sebagai model awal diantaranya v_s (kecepatan gelombang S), v_p (kecepatan gelombang P), massa jenis (densitas) batuan, dan *Poisson ratio*. Nilai parameter disesuaikan dengan formasi geologi daerah penelitian, yaitu kecepatan gelombang S (v_s) bernilai antara 150 m/s sampai 3.000 m/s, kecepatan gelombang P (v_p) bernilai antara 200 m/s sampai 5.000 m/s, *Poisson ratio* berkisar antara 0,2 sampai 0,5, dan massa jenis (kerapatan) batuan bernilai antara 1.500 kg/m^3 sampai 3.000 kg/m^3.

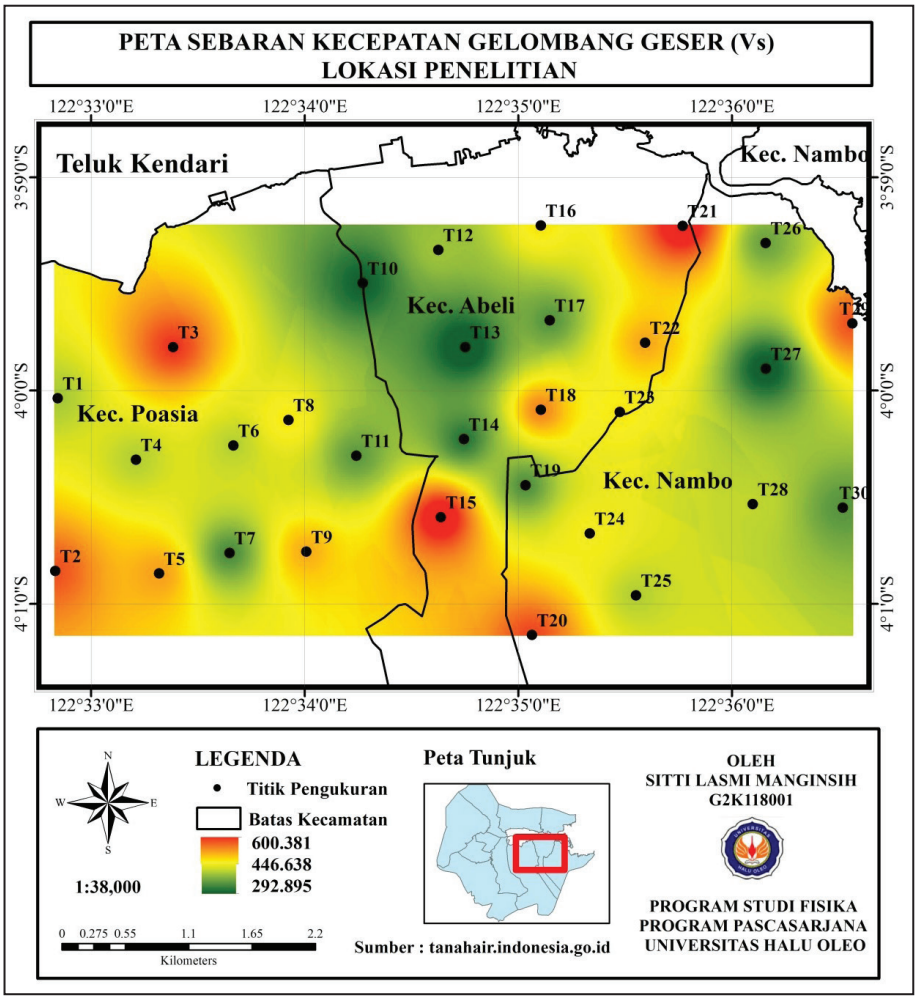
Dari informasi geologi, penelitian ini menggunakan 4 lapisan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4(b) dengan kedalaman 100 *m* di setiap titik pengukuran. Pada lapisan pertama pemodelan *ground profiles* memiliki nilai yang relatif sama pada disetiap pengukuran dengan kedalaman yang berkisar 1 – 5 m dengan nilai v_s sekitar 150 m/s hingga 200 m/s. Profil kecepatan gelombang geser yang dihasilkan pada setiap lintasan menunjukkan perbedaan jenis batuan atau material bawah permukaan. Batuan atau material yang bersifat lunak akan mempunyai nilai v_s yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan batuan keras, karena nilai kecepatan gelombang geser berbanding lurus dengan densitas batuan.

Menurut tabel 1. klasifikasi site berdasarkan nilai v_s hasil penyelidikan tanah dan laboratorium SNI 1726 (Badan Standarisasi Nasional, 2010), sifat batuan diklasifikasikan menjadi 5 jenis lapisan bawah permukaan (Gambar 5). Dari hasil inversi mikrotremor menunjukkan bahwa daerah penelitian tersusun atas jenis tanah lunak (SE) pada kedalaman berkisar antara 1 – 10 m berupa tanah lempung lunak, pasir tersaturasi air, pasir tidak terkonsolidasi. Jenis tanah sedang (SD) terdapat pada kedalaman 1 – 20 m yang berupa endapan pasir setengah padat, *gravel* (kerikil), *clay* padat, pasir tersaturasi air, pasir tidak terkonsolidasi. Jenis tanah keras / batuan lunak (SC) yang terdapat pada kedalaman 20 – 90 m berupa endapan pasir atau *clay* yang sangat padat, *gravel* (kerikil), pasir tersaturasi air, pasir tidak terkonsolidasi dan jenis batuan (SD) terdapat pada kedalaman di atas 90 m di hampir setiap titik pengukuran.

Pada dasarnya, nilai v_s berkaitan dengan tingkat kekakuan lapisan. Semakin besar nilai v_s maka tiap lapisan memiliki tingkat kekakuan semakin tinggi pula. Berdasarkan hasil pemodelan *ground profile* pada setiap lapisan untuk semua titik pengukuran diketahui bahwa ketika semakin dalam dilakukan pemodelan maka akan



Gambar 5. Litologi Batuan Penyusun (a) Formasi Alangga (b) Formasi Buara (c) Formasi Langkowala.



Gambar 6. Peta sebaran Kecepatan Gelombang Geser (v_s) Mikrotremor Lokasi Penelitian.

memiliki ketahanan yang semakin besar yang ditandai dengan susunan lapisan secara berurutan merupakan tanah lunak, tanah sedang, tanah keras sangat padat hingga batuan.

Sebaran nilai kecepatan gelombang geser di daerah penelitian dapat dilihat pada (Gambar 6) yang berkisar antara 292 – 600 m/s.

Untuk melihat keakuratan hasil inversi dibuat rasio antara v_s hasil inversi kurva HVSR dengan v_s USGS. *vs* mikrotremor didapatkan dari hasil inversi kurva HVSR dengan metode *ellipticity curve* sampai pada kedalaman 30 *m* yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dari hasil inversi kurva HVSR, nilai pada daerah penelitian bervariasi antara 178 – 486 m/s. Daerah dengan v_{s30} yang relatif tinggi terdapat pada T5 dan T18 sedangkan pada hampir semua titik pengukuran memiliki nilai v_s yang relatif sama rata-rata 320 m/s.

Rasio v_s dihitung dengan membangi nilai v_s mikrotremor dengan v_s USGS. Rasio v_s rata-rata yaitu 1,086. Hal ini menunjukkan bahwa berdasarkan nilai rasionya perbedaan antara hasil pengukuran mikrotremor dan model topografi tidak berbeda signifikan. Nilai rasio tertinggi terdapat pada titik T18 dan T5 dan rasio terendah terdapat pada titik T10 dan T13. Rasio v_s Mikrotremor dengan USGS dapat dilihat pada Gambar 6. Meskipun berdasarkan nilai v_s kedua metode tersebut terdapat perbedaan nilai kecepatan > 100 *m/s* pada beberapa titik pengukuran, namun kisaran perbedaan nilai tersebut masih dalam kategori jenis material yang sama.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut; Nilai kecepatan gelombang geser dari setiap lapisan bawah permukaan di daerah penelitian berkisar antara 150 *m/s* - 1300 *m/s* sampai kedalaman 100 *m*. Struktur bawah permukaaan berdasarkan *ground profiles* kecepatan gelombang geser dengan metode *ellipticity curve* terdiri atas jenis tanah lunak pada kedalaman berkisar antara 1 – 10 m, jenis tanah sedang terdapat pada kedalaman 1 – 20 m, jenis tanah keras (batuan lunak) yang terdapat pada kedalaman 20 – 90 m dan jenis batuan terdapat pada kedalaman di atas 90 m di hampir setiap titik pengukuran. Berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser diduga bahwa kondisi bawah permukaan di daerah penelitian memiliki potensi guncangan dan tingkat kerusakan bangunan yang tinggi jika terjadi gempabumi karena didominasi oleh material tanah lunak yang cukup tebal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sangat mengapresiasi atas dukungan dan bantuan staf laboratorium, rekan sejawat dan mahasiswa, yang telah memberikan bantuan , dukungan arahan dan koreksi dalam publikasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

Afshari, K., and Stewart, J. P. (2021). Effectiveness of 1D Ground Response Analyses at Predicting Site Response at California Vertical Array Sites. Los Angeles.University of California.

Aldiansyah, S., Ningsih, D. S. W., dan Saputra, R. A. (2023). Evaluation of Regional Spatial Development on Landslide and Flood Prone with Actual Site Conditions in Kendari City. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan, 11*(1). https://doi.org /10.14710/jwl.11.1.%p

Aldiansyah, S. (2021). Evaluation Of Rth In Regional Spatial Plan With Ndvi In Kendari City. Tunas Geografi, 10(1), 53-60. doi: https://doi.org/ 10.24114 / tgeo . v10i1.27472.

Arisona, Lasmi S.M, Kurnia N.P., Hasria, Azhar. (2023). Pemetaan Lapisan Tanah Menggunakan Data Mikrotremor HVSR dan Dampaknya Terhadap Daya Dukung Tanah di Kawasan Kota Kendari, Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral Vol. 24 No. 1 , hal. 51-58. https://doi.org/10.33332/jgsm.geologi.v24i1.724

Anindya F. dan Oktaviana P.P(2022). Pemodelan Magnitude Gempa Bumi di Indonesia Menggunakan Generalized Extreme Value (GEV) Berbasis Simulasi

Gemintang K.N., Hanatha F.D., IndriatmokoT.W., Qurrotua'aeni W.S.,, Luthfiani B.N.A. dan Hamdalah H.(2022). IDENTIFIKASI ZONA RAWAN AMBLESAN BERDASARKAN PARAMETER HVSR DAN *GROUND SHEAR STRAIN* DI DAERAH GUA PINDUL *Jurnal Geosaintek, Vol. 8 No. 3 . 232-241. p-ISSN: 2460-9072, e-ISSN: 2502-3659 http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v8i3.14395*

Guo, Z., Aydin, A., Huang, Y., & Xue, M. (2021). Polarization characteristics of Rayleigh waves toimprove seismic site effects analysis by HVSR method. Engineering Geology, 292, 106274. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106274

Hakkina D.I , Putranto T.T., Setiawan T.(2023). Analisis Tingkat Kerentanan terhadap Penurunan Tanah (Land Subsidence) berdasarkan Kondisi Hidrogeologi dan Mitigasinya di Daerah Pesisir Cekungan Air Tanah Jakarta, Vol. 14, No 3 Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi (JLBG). http://dx.doi.org/10.34126/jlbg.v14i3.491

Larasati N., Farid F., Juventa.(2022). Uji Kerentanan Bangunan Rusunawa Berdasarkan HVSR (*Horizontal To Spectral Ratio*) dan FSR (*Floor Spectral Ratio*), *Jurnal Geosaintek, Vol. 8 No. ,. 151-160. p-ISSN: 2460-9072, e-ISSN: 2502-3659 http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v8i1.12272*

Markov Chain Monte Carlo (MCMC), JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 11, No. 6 , 2337-3520 (2301-928X Print).

http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v11i6.92341

Sugianto N., Refrizon, Irkhos, Muhsin M. Alhakim.(2022). Struktur Kecepatan Gelombang Geser dan *Ground Shear Strain* Daerah Rawan Abrasi Bengkulu Utara, Indonesia, Wahana Fisika, 7(2), 2022. 149 – 162 https://doi.org/10.17509/wafi.v7i2.51893

Wathelet, M., P.-Y. Bard, J.-L. Chatelain, C. Cornou, G. Di Giulio, D.Fäh, B. Guillier, S. Haleimikail, C. Michel, M. Ohrnberger, et al.(2010). Geopsy on-line documentation, available at http://www.geopsy.org/wiki (last accessed October 2019) *(11) (PDF) Geopsy: A User-Friendly Open-Source Tool Set for Ambient Vibration Processing*. Available from: https://www.researchgate .net/publication/ 340516553_Geopsy_A_User-Friendly_