

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik, sehingga menjadikannya salah satu wilayah dengan aktivitas seismik tertinggi di dunia. Kondisi geotektonik ini menyebabkan berbagai daerah di Indonesia berpotensi mengalami guncangan gempa bumi dengan intensitas yang bervariasi, tergantung pada karakteristik lokal tanah dan batuan penyusunnya (Hutchings & Moonet, 2021 dan Triana, dkk, 2017). Salah satu wilayah yang memiliki kondisi geologi kompleks dan berada dalam pengaruh sistem sesar aktif adalah Kabupaten Barru di Sulawesi Selatan. Wilayah ini dipengaruhi oleh keberadaan Sesar Walanae yang membentang dari Selat Makassar hingga Teluk Bone, sehingga memiliki tingkat kerawanan seismik yang patut diperhatikan (Serhalawan & Chen, 2024). Di sisi lain, Kabupaten Barru juga disusun oleh satuan batuan yang beragam, mulai dari batuan ultramafik dan metamorf hingga batugamping Formasi Tonasa dan endapan alluvial muda. Heterogenitas litologi tersebut berpotensi menghasilkan variasi besar dalam perilaku dinamika tanah saat terjadi guncangan seismik (Geomine et al., 2020).

Desa Anabanua, yang terletak di wilayah Kabupaten Barru, menjadi salah satu kawasan yang menarik untuk dikaji karena berada pada zona peralihan antara batuan karbonat Formasi Tonasa dan endapan sedimen permukaan yang relatif lunak. Perbedaan litologi ini dapat menyebabkan variasi nilai amplifikasi gelombang seismik di permukaan tanah. Fenomena tersebut penting untuk dikaji mengingat dampak gempa bumi tidak hanya ditentukan oleh magnitudo sumber gempa, tetapi juga oleh kondisi geoteknik setempat yang dapat memperkuat atau meredam gelombang seismik (Bottari & Capizzi, 2024). Oleh karena itu, analisis karakteristik dinamik tanah di wilayah ini diperlukan untuk memahami sejauh mana tanah di Desa Anabanua berpotensi memperkuat getaran dan meningkatkan risiko kerusakan infrastruktur di permukaan.

Salah satu pendekatan yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan untuk mengidentifikasi karakteristik tanah terhadap getaran adalah metode mikrotremor dengan pendekatan Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) (Priyadarsini & Neelima, 2020). Metode ini memanfaatkan getaran alami tanah untuk memperoleh parameter seismik utama seperti frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0), yang selanjutnya digunakan untuk menghitung indeks kerentanan tanah (K_g) (Laode, dkk, 2025). Nilai K_g memberikan gambaran mengenai tingkat kerentanan terhadap guncangan, semakin tinggi nilai K_g , semakin besar potensi kerusakan yang dapat terjadi.



Penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa metode HVSr berkaitan dengan zonasi seismik, estimasi kedalaman *bedrock*, dan kondisi tanah lokal (Laode, dkk., 2025; Syamsuddin, dkk., 2024). Namun penelitian tersebut sebagian besar berfokus pada wilayah yang memiliki

aktivitas seismik tinggi seperti Palu, Makassar, dan daerah-daerah di sepanjang jalur sesar besar di Sulawesi Tengah. Kajian yang secara spesifik menganalisis indeks kerentanan tanah di wilayah Barru, khususnya di Desa Anabanua, masih sangat terbatas. Padahal, wilayah ini memiliki kondisi geologi khas berupa kombinasi batuan karbonat keras dan sedimen lepas yang berpotensi menimbulkan kontras impedansi tinggi, suatu kondisi yang dapat meningkatkan nilai amplifikasi lokal. Ketiadaan data empiris mengenai karakteristik seismik tanah di wilayah ini menjadi celah penelitian yang perlu dijawab, terutama dalam konteks mitigasi bencana berbasis zonasi geotektonik lokal. Indeks kerentanan tanah (K_g) merupakan parameter penting untuk menilai tingkat kerentanan suatu daerah terhadap guncangan. Faktor yang mempengaruhi indeks kerentanan tanah diantaranya adalah sedimen yang memiliki tingkat soliditas yang rendah, sedangkan batuan yang lebih solid dan stabil cenderung tidak menimbulkan amplifikasi. Semakin tinggi nilai K_g , semakin rentan tanah tersebut terhadap kerusakan akibat getaran (Wibowo dan Huda, 2020).

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis berbagai parameter seismic utama, termasuk frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi seismic (A_0) serta menghitung indeks kerentanan tanah (K_g) di Desa Anabanua, Kabupaten Barru. Melalui pendekatan HVSR, penelitian ini berupaya memberikan gambaran spasial mengenai variasi nilai-nilai tersebut serta mengaitkannya dengan kondisi geologi setempat. Hasil analisis diharapkan dapat memperkaya pemahaman tentang hubungan antara litologi, dinamika tanah, dan potensi amplifikasi gelombang di wilayah dengan karakter batuan karbonat di Sulawesi Selatan. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar ilmiah bagi pengambilan keputusan dalam perencanaan tata ruang, pembangunan infrastruktur tahan gempa, serta penyusunan strategi mitigasi risiko seismik di tingkat lokal.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.2.1 Tujuan

Adapaun tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini, yaitu :

1. Mengidentifikasi sebaran nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi tanah (A_0) pada daerah penelitian
2. Mengidentifikasi tingkat kerentanan tanah berdasarkan nilai indeks kerentanan tanah (K_g) pada daerah penelitian

1.2.2 Manfaat

Hasil dari penelitian ini memberikan informasi mengenai kerentanan tanah terhadap guncangan, serta dapat menjadi bahan pertimbangan untuk perencanaan mitigasinya di lokasi penelitian.



1.3 Landasan Teori

1.3.1 Geologi Regional

Pulau Sulawesi merupakan salah satu pulau besar di Indonesia yang memiliki konfigurasi geologi dan geomorfologi yang sangat khas dan kompleks. Pulau Sulawesi terletak yaitu Lempeng Pasifik-Phillippina yang bergerak ke arah barat-barat laut, Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara-timur laut, dan Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah tenggara (Rahma, 2025). Sulawesi Selatan bagian barat terpisahkan secara struktural dari lengan barat Sulawesi oleh Depresi Walanae yang memanjang berarah utara-barat laut – selatan-tenggara.

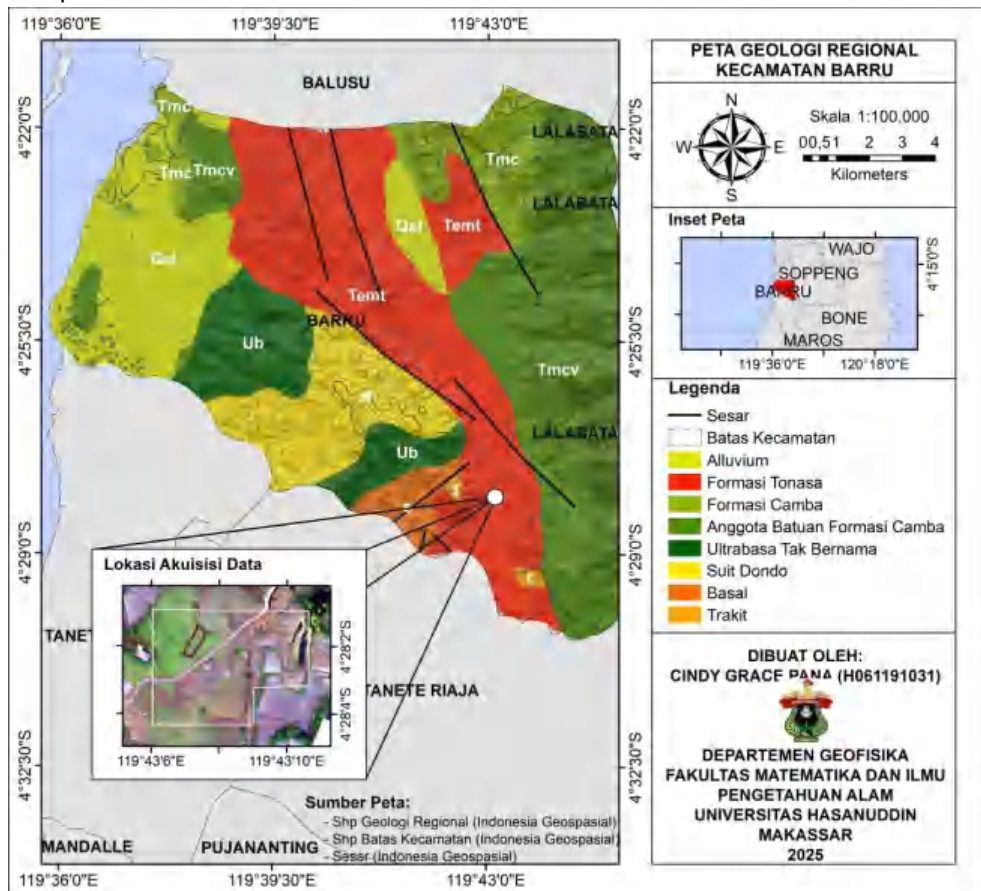
Struktur geologi di Kabupaten Barru cukup kompleks dan terdiri dari bagian kompleks tektonik pra-Tersier di bagian Selatan Pulau Sulawesi. Wilayah ini terdiri dari batuan dasar metamorfik, ultrabasa, dasit, dan sedimen laut dalam Formasi Balangbaru yang berumur Kapur, serta sedimen *terrestrial-marine* Formasi Mallawa yang berumur Eosen dan paparan (*platform*) karbonat batugamping Formasi Tonasa yang berumur Eosen hingga Miosen Tengah (Jaya, dkk, 2017; Jaya, dkk, 2021). Pada bagian atas yang merupakan lapisan penutup terdiri dari batuan vulkanik marine sampai dengan non-marine Formasi Camba yang berumur Miosen. Terdapat pula sedimen laut dangkal batugamping Formasi Tonasa yang merupakan sedimen yang terendapkan bersamaan dengan blok sesar (*faultes block*) sejak kala Eosen, sehingga beberapa fasiesnya adalah sedimen reposisi, pengendapan sedimen laut dangkal sedimen karbonat Formasi Tonasa dikontrol oleh segmen-segmen *rifting* (*rifting segmentation*) (Jaya, dkk, 2021).

Menurut Sokamto (1982) dan Ariansyah (2020), daerah penelitian termasuk ke dalam Peta Geologi Lembar Pangkajene dan Watampone Bagian Barat, secara stratigrafi lembar geologi ini terdiri dari beberapa jenis batuan yang berbeda. Batuan yang tertua adalah kompleks tektonik bantimala yang terdiri dari kelompok batuan ultramafik, batuan metamorf, dan malange, yang masing-masing saling bersentuhan secara struktural. Batuan ultramafik merupakan batuan peridotit, yang mengalami serpentiniasi, berwarna hijau tua sampai hijau kehitaman, dengan struktur foliasi, dan di beberapa tempat mengandung nodul kromit, lensa kromit, dan besi, diperkirakan terbentuk dari zaman trias; satuan ini tebalnya tidak kurang dan 2500 m, dan mempunyai sentuhan sesar dengan satuan batuan di sekitarnya. Batuan metamorf, yang tersusun dari sekis glaukofan, gneiss, kuarsa, feltspar, mengalami sesar naik ke arah barat daya, bersentuhan dengan batuan di sekitarnya. Berdasarkan penanggalan Kalium/Argon, umur absolutnya adalah 111 juta tahun atau berumur Jura. Batuan ini berkaitan erat dengan mineral seis dan mika. Kompleks Melange merupakan campuran tektonik batuan, terdiri dari *greywacke*, breksi, konglomerat, batu pasir, serpih abu-abu, serpih merah, serpih radiolarian, ultramafik, diorite, dan lempung. Kelompok ini umumnya berlembar (foliasi), dan berumur Jura. Kompleks Melange ini erat dengan (*chert*), jasper, dan mangan.

Susunan Kabupaten Barru terdiri dari beberapa jenis batuan, yaitu ultramafik, batuan metamorf, batuan melange, Formasi



Balangbaru, Formasi Mallawa, Formasi Tonasa, batuan teroban gunungapi, dan endapan alluvium.



Gambar 1 Peta Geologi Regional lokasi penelitian (Sukamto, 1982)

Berdasarkan **gambar 1**, daerah penelitian termasuk ke dalam Formasi Tonasa yang terdiri atas batugamping koral pejal yang sebagian terhablurkan. Berwarna putih dan kelabu muda; batugamping bioklatika dan kalkarenit. Berwarna putih, coklat muda, dan kelabu muda. Sebagian berlapis baik, berselingan dengan napal globinerenia tufan. Bagian bawahnya mengandung batugamping berbitumen, dan besisipan dengan batugamping breksi dan batugamping pasir. Di dekat Mallawa dan Camba terdapat batugamping yang mengandung gaunkonit dan di beberapa tempat di daerah Ralla ditemukan batugamping yang mengandung serpihan sekis dan batuan utramafik. Formasi ini diperkirakan memiliki ketebalan kurang dari mempunyai sentuhan sesar dengan batuan di sekitarnya (Sukamto,



Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSZ)

Horizontal to Vertical Ratio (HVSZ) pertama kali diperkenalkan oleh Shi pada tahun 1971, dan lebih diperluas oleh Nakamura pada

tahun 1989. Pada tahun 2000 metode HVSR ini kemudian mulai dikembangkan untuk berbagai bidang kebumihan (Ariyanto, 2014).

Metode HVSR merupakan metode geofisika pasif yang banyak digunakan untuk mengidentifikasi lapisan tanah dan memperkirakan respon tanah terhadap getaran, baik itu getaran alamiah tanah maupun buatan manusia (Nakamura, 2000., dan Nuramadani, 2023). Metode ini didasarkan pada perbandingan antara komponen vertikal dan komponen horizontal dari gelombang mikrotremor (ambien) yang direkam di permukaan tanah yang berkaitan dengan geologi setempat dan parameter fisik bawah permukaan (Arisona, dkk, 2023., dan Novtrisa, dkk, 2024). Data mikrotremor yang telah didapatkan dari akuisisi data kemudian diolah dan dianalisis untuk mendapatkan kurva HVSR. Rekomendasi akuisisi data metode HVSR dapat dilihat pada **tabel 1**.

Tabel 1 Rekomendasi Akuisisi Data Mikrotremor

Jenis Parameter	Main Recommendation	
	Nilai Minimum f_0 yang diharapkan [H_z]	Rekomendasi durasi minimal Perekaman [min]
Durasi Pengukuran	0.2	30'
	0.5	20'
	1	10'
	2	5'
	5	3'
	10	2'
Jarak Pengukuran	• Mikrozonasi : mulai dengan jarak besar (misalnya 500 m), dan jika terjadi variasi lateral dari hasil, sempitkan jarak titik pengukuran, misalnya hingga 250 m. • <i>Respons site</i> tunggal : jangan pernah menggunakan satu titik pengukuran untuk mendapatkan nilai f_0 buat setidaknya tiga titik pengukuran.	
Parameter perekaman	• Stabilkan posisi sensor dengan melakukan leveling.	
<i>In situ soil-sensor coupling</i>	• Tempatkan sensor langsung pada permukaan tanah. • Hindari menempatkan sensor seismograf pada permukaan tanah lunak (lumpur, semaksemak) atau tanah lunak setelah hujan.	
	• Hindari plat/lempengan yang terbuat dari material lunak seperti karet atau busa. • Pada kemiringan yang curam, dimana sulit untuk mendapatkan sensor dalam keadaan datar dengan baik, pasang sensor dalam timbunan pasir atau wadah yang berisipasir. • Pada salju atau es, pasang pelat logam atau kayu, atau wadsah yang diisi dengan pasir untuk menghindari kemiringan sensor akibat pencairan es.	
	• Hindari pengukuran dekat dengan bangunan, gedung bertingkat, dan pohon tinggi jika angin di atas 5 m/s.	

	Kondisi tersebut sangat mempengaruhi hasil analisa HVSR. • Hindari pengukuran di lokasi bawah tanah, seperti parkiran mobil, pipa air dan saluran pembuangan.
Kondisi cuaca	• Angin : Lindungi sensor dari angin (dengan kecepatan lebih dari 5 m/s). Ini membantu jika tidak ada bangunan di sekitarnya. • Hujan : Hindari pengukuran pada saat hujan lebat. Hujan ringan tidka memberikan gangguan berarti. • Suhu : Mengecek kondisi sensor dan mengikuti instruksi pabrik. • Gangguan meteorologi : tunjukkan pada lembar lapangan apakah pengukuran dilakukan pada tekanan rendah.
Gangguan	• Sumber monokromatik : hindari pengukuran mikrotremor dekat dengan mesin, induktri, pompa air, generator yang sedang beroperasi, dll. • Sumber sementara : jika terdapat sumber getar transient (jejak langkah kaki, mobil, motor) tingkatkan durasi pengukuran untuk memberikann jendela/window yang cukup untuk analisis setelah gangguan tersebut hiang.

Sumber : SESAME, 2004

Teknik HVSR pada dasarnya menggunakan seismometer tiga komponen, dimana komponen ini terdiri dari vertikal, horizontal utara-selatan, dan horizontal timur-barat (Risa, dkk., 2023). Dalam proses pemodelan kurva HVSR, data yang diperoleh dari setiap komponen masih merupakan sinyal dalam domain waktu, sehingga dilakukan *Fast Fourier Transform (FFT)* untuk mengubah data dari domain waktu ke dalam domain frekuensi. Dimana proses transformasi *Fourier* ini dirumuskan sebagai berikut (Syamsuddin, dkk, 2021) :

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (1)$$

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cos(2\pi ft) dt - j \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \sin(2\pi ft) dt \quad (2)$$

Dimana $X(f)$ adalah fungsi sinyal dalam domain frekuensi, $x(t)$ adalah fungsi sinyal dalam domain waktu, $-j2\pi ft$ adalah fungsi kernel, dan f adalah frekuensi. Hasil transformasi sinyal dari ketiga komponen tersebut akan dihitung rasio spectral antara komponen horizontal dan vertical dengan persamaan berikut (Ariyanto, 2024):

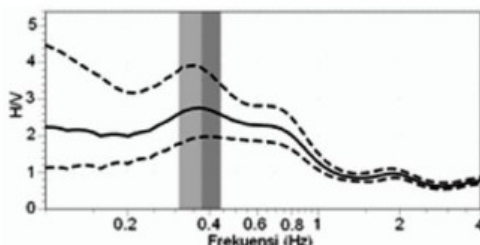
$$HVSR = \sqrt{\frac{[(S_{North-South})^2 + (S_{East-West})^2]}{S_v}} \quad (3)$$



S_{South} merupakan spectrum amplitude pada komponen utara-selatan, $S_{East-West}$ merupakan spectrum amplitude komponen barat-timur, Dan S_v merupakan spectrum amplitude pada komponen vertikal.

Hasil yang dihasilkan dari metode HVSR ini adalah nilai amplifikasi frekuensi dominan (f_0) dari suatu wilayah (Yulawati, dkk., 2019).

Kurva HVSR seperti yang ditunjukkan pada **gambar 2** terdiri dari 2 garis putus-putus dan garis hitam tanpa putus-putus. Dua garis putus-putus ini menunjukkan standar deviasi maksimum (batas atas) dan standar deviasi minimum (batas bawah) garis hitam tanpa putus-putus menunjukkan nilai rata-rata dari seluruh hasil rasio H/V yang dihasilkan dari analisis *Fast Fourier Transform (FFT)* (Mubin dan Nurcahya, 2014)



Gambar 2 Contoh Kurva HVSR (Karyomo, dkk., 2016)

1.3.3 Parameter Rasio Spektral H/V

1.3.3.1 Frekuensi Dominan (f_0)

Frekuensi dominan adalah frekuensi yang paling sering muncul sehingga dianggap sebagai nilai frekuensi dari suatu lapisan batuan yang tersusun di suatu area, atau dengan kata lain frekuensi dominan dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batuan di suatu area. Nilai frekuensi dominan juga berkaitan dengan kedalaman bidang pantul suatu gelombang di bawah permukaan. Bidang pantul tersebut dapat dikatakan sebagai batas antara sedimen dengan batuan keras (Arintafolla, 2020).

Lapisan tanah lunak cenderung memiliki nilai frekuensi rendah sehingga rentan mengalami gerakan tanah, berbeda dengan batuan keras yang cenderung memiliki nilai frekuensi yang tinggi sehingga cenderung lebih stabil terhadap gerakan tanah (Wahyuni, dkk, 2025). Besarnya nilai frekuensi dominan berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan sedimen suatu wilayah (Gemintang, dkk, 2022) Nilai fekuensi dominan suatu area dapat ditulis dengan persamaan berikut (Syamsuddin, dkk, 2024):

$$f_0 = \frac{V_b}{4A_0H} \quad (4)$$

Dimana f_0 merupakan frekuensi dominan, V_b adalah gelombang geser pada batuan dasar, A_0 faktor amplifikasi, dan H adalah ketebalan lapisan. Klasifikasi Nilai f_0 dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan



Tabel 2 Klasifikasi Nilai Frekuensi Dominan (f_0) Oleh Kanai 1983

Kategori	Nilai frekuensi Dominan (Hz)	Klasifikasi	Deskripsi
Jenis I	6.67 – 20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan <i>Hard sandy gravel</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis, didominasi oleh batuan keras
Jenis II	4 – 6.67	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5m. terdiri dari <i>sandy-gravel</i> , <i>sandy hard clay</i> , <i>loam</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaannya masuk dalam kategori 5-10 meter
Jenis III	2.5 – 4	Batuan alluvial, dengan ketebalan >5m. terdiri dari <i>sandy-gravel</i> , <i>sandi hard clay</i> , <i>loam</i> , dll.	Ketebalan sedimen permukaan masuk dalam kategori tebal, sekitar 10-30 meter
Jenis IV	< 2.5	Batuan alluvial, yang terbentuk dari sedimen delta, top soil, lumpur, dll.	Ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal dengan kedalaman 30 meter atau lebih.

Sumber : Laode, 2025

1.3.3.2 Amplifikasi Tanah (A_0)

Amplifikasi tanah merupakan peristiwa penguatan gelombang ketika melewati suatu medium tertentu (Zhu, dkk. 2020). Nilai faktor penguatan atau amplifikasi tanah terjadi akibat adanya perbedaan yang mencolok dari antar lapisan. Artinya, jika rasio kontras impedansi kedua lapisan tinggi, maka nilai faktor penguatan juga tinggi, begitu pula sebaliknya (Nakamura, 200).

Faktor amplifikasi juga mengacu pada seberapa besar getaran atau gelombang seismik diperkuat saat bergerak melalui lapisan tanah yang lebih lunak di permukaan dibandingkan dengan lapisan di bawahnya yang lebih keras. Nilai amplifikasi dapat meningkat jika batuan mengalami deformasi yang mengubah sifat fisik batuan. Pada jenis batuan yang sama, nilai amplifikasi dapat bervariasi sesuai dengan tingkat deformasi dan pelapukan massa batuan. Amplifikasi tanah dapat dirumuskan sebagai berikut (Nurwidyanto dan Zainuri, 2023) :

$$A_0 = \frac{\rho_b v_b}{\rho_s v_s} \quad (5)$$



A_0 merupakan faktor amplifikasi, ρ_b merupakan densitas batuan, v_b merupakan kecepatan rambat gelombang pada batuan dasar (m/s), ρ_s merupakan densitas batuan lunak (g/cc), dan v_s merupakan kecepatan rambat gelombang pada batuan sedimen. Nilai amplifikasi tanah dapat diklasifikasikan ke dalam kategori yang dapat dilihat pada **tabel 3**.

Tabel 3 Klasifikasi Nilai Amplifikasi Tanah (A_0) (Nurwidyanto dan Zainuri, 2023)

Kategori	Klasifikasi	Nilai Faktor Amplifikasi
I	Rendah	$A_0 < 3$
II	Sedang	$3 \leq A_0 < 6$
III	Tinggi	$6 \leq A_0 < 9$
IV	Sangat Tinggi	$A_0 \geq 9$

1.3.3.3 Indeks Kerentanan Tanah (K_g)

Indeks kerentanan tanah atau indeks kerentanan seismik merupakan indeks yang menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi guncangan. Faktor yang mempengaruhi indeks kerentanan tanah diantaranya adalah sedimen yang memiliki tingkat soliditas yang rendah, sedangkan batuan yang lebih solid dan stabil cenderung tidak menimbulkan amplifikasi (Wibowo dan Huda, 2020).

Nilai frekuensi dominan dan amplifikasi digunakan untuk perhitungan indeks kerentanan tanah. Nilai indeks kerentanan tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut (Deviciawati, dkk., 2025) :

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (6)$$

Dimana K_g merupakan indeks kerentanan tanah, A_0 merupakan faktor amplifikasi tanah, dan f_0 merupakan frekuensi dominan (Hz). Nilai K_g yang tinggi umumnya ditemukan pada tanah dengan litologi batuan sedimen yang lunak (Akkaya, 2020). Klasifikasi nilai indeks kerentanan tanah dapat dilihat pada **tabel 4**.

Tabel 4 Klasifikasi Nilai Indeks Kerentanan Tanah (K_g) (Akkaya, 2020)

Kategori	Klasifikasi	Indeks Kerentanan Tanah
I	Rendah	$K_g \leq 3$
II	Sedang	$3 < K_g \leq 5$
	Tinggi	$5 < K_g \leq 10$
	Sangat Tinggi	$K_g \geq 10$





Optimized using
trial version
www.balesio.com

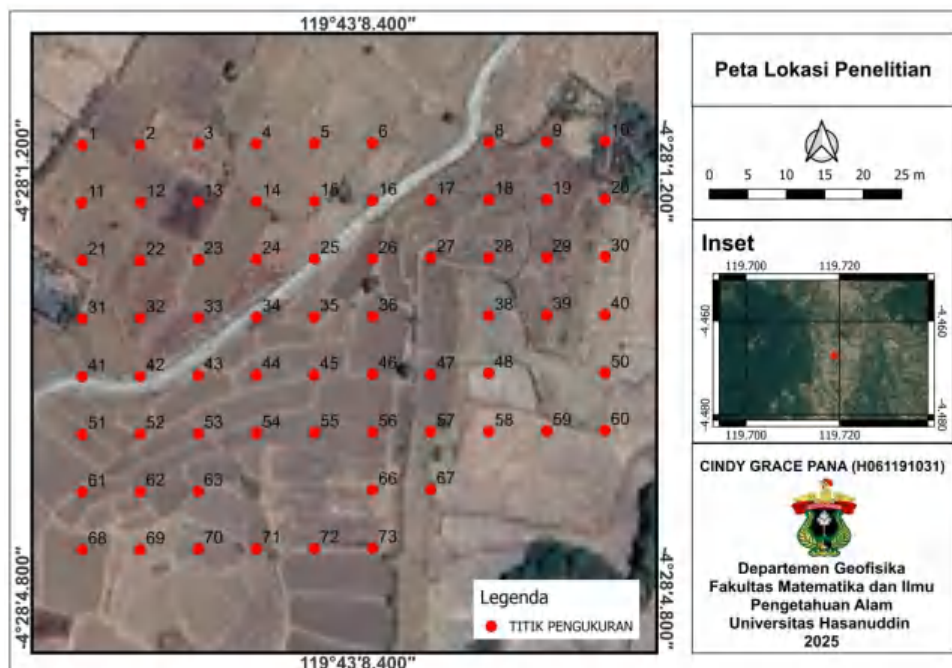
BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Data dan Perangkat Penelitian

2.1.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data hasil pengukuran mikrotremor yang dilakukan di desa Anabanua, Kabupaten Barru, Provinsi Sulawesi Selatan dengan titik koordinat $4^{\circ}05'49'' - 4^{\circ}47'35''$ LS dan $119^{\circ}35'00'' - 119^{\circ}49'16''$ BT.



Gambar 3 Peta Lokasi Penelitian

2.1.2 Perangkat Penelitian

Adapun perangkat atau alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat *Laptop* yang di dalamnya terdapat beberapa aplikasi berupa :

1. Geopsy 3.4.1 berfungsi untuk mengolah data hasil akuisisi mikrotremor menggunakan metode HVSR dimana dalam proses pengolahannya dilakukan windowing signal, smoothing dan transformasi sinyal dari domain waktu ke frekuensi guna memperoleh kurva HVSR.
2. Arcgis 10.8 berfungsi untuk membuat peta sebaran Frekuensi Dominan (A0), dan Indeks Kerentanan Tanah (K_g).
digunakan untuk membuat laporan akhir dari penelitian yang kan



2.2 Tahapan Penelitian

2.2.1 Tahap Pendahuluan

Tahapan pendahuluan dalam penelitian ini berupa studi literatur dengan mengumpulkan bahan bacaan mengenai gelombang permukaan, gelombang geser, metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr), serta bahan bacaan lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Pengumpulan data yang dilakukan yaitu mengumpulkan data sekunder berupa data hasil akuisisi lapangan menggunakan metode mikrotremor, dimana data ini selanjutnya akan digunakan dalam proses analisis data.

2.2.2 Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data mikrotremor menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) untuk menganalisis rasio spektral antara komponen horizontal dan vertikal gelombang seismik. Tahapan pengolahan adalah sebagai berikut:

1. Mengubah format data dari format data *trace* menjadi format Mseed dengan *Software DataPro*
2. Data *Mseed* selanjutnya diproses menggunakan *Software Geopsy* dengan langkah – langkah berikut :
 - a). *Windowing Signal*

Data rekaman seismik dibagi menjadi beberapa segmen dengan durasi 20 detik per *window* untuk memastikan kestabilan sinyal dalam setiap analisis. *Window* yang dipilih harus memiliki noise rendah, stabil dalam domain waktu, dan tidak mengandung anomali besar seperti transient signal akibat gangguan eksternal.

- b). *Smoothing Data*:

Smoothing Data menggunakan fungsi Konno & Ohmachi. Parameter *bandwidth* digunakan untuk menyeimbangkan antara resolusi frekuensi dan kehalusan kurva H/V. Fungsi Konno & Ohmachi sangat direkomendasikan karena fungsi ini memastikan titik bidang konstan pada frekuensi rendah dan tinggi.

- c). Transformasi Fourier:

Data seismik dikonversi dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan *Fast Fourier Transform (FFT)* dengan menggunakan **persamaan 1 dan 2**. Kurva H/V diperoleh dengan menghitung rasio spektral antara rata-rata spektrum horizontal dan spektrum vertikal. Parameter utama yang diperoleh adalah frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0). Nilai F_0 dan A_0 yang telah diperoleh selanjutnya

akan menggunakan *Arcgis* untuk melihat distribusi nilainya.

Nilai indeks kerentanan tanah (K_g) menggunakan **persamaan 3**. Indeks kerentanan seismik dapat diperoleh dari semua titik dengan mengkuadratkan nilai amplifikasi tanah (A_0) dibagi dengan frekuensi dominan (f_0). Nilai indeks kerentanan tanah yang



dperoleh kemudian dipetakan menggunakan *Arcgis* untuk melihat distribusi nilainya.

4. Pemetaan Hasil

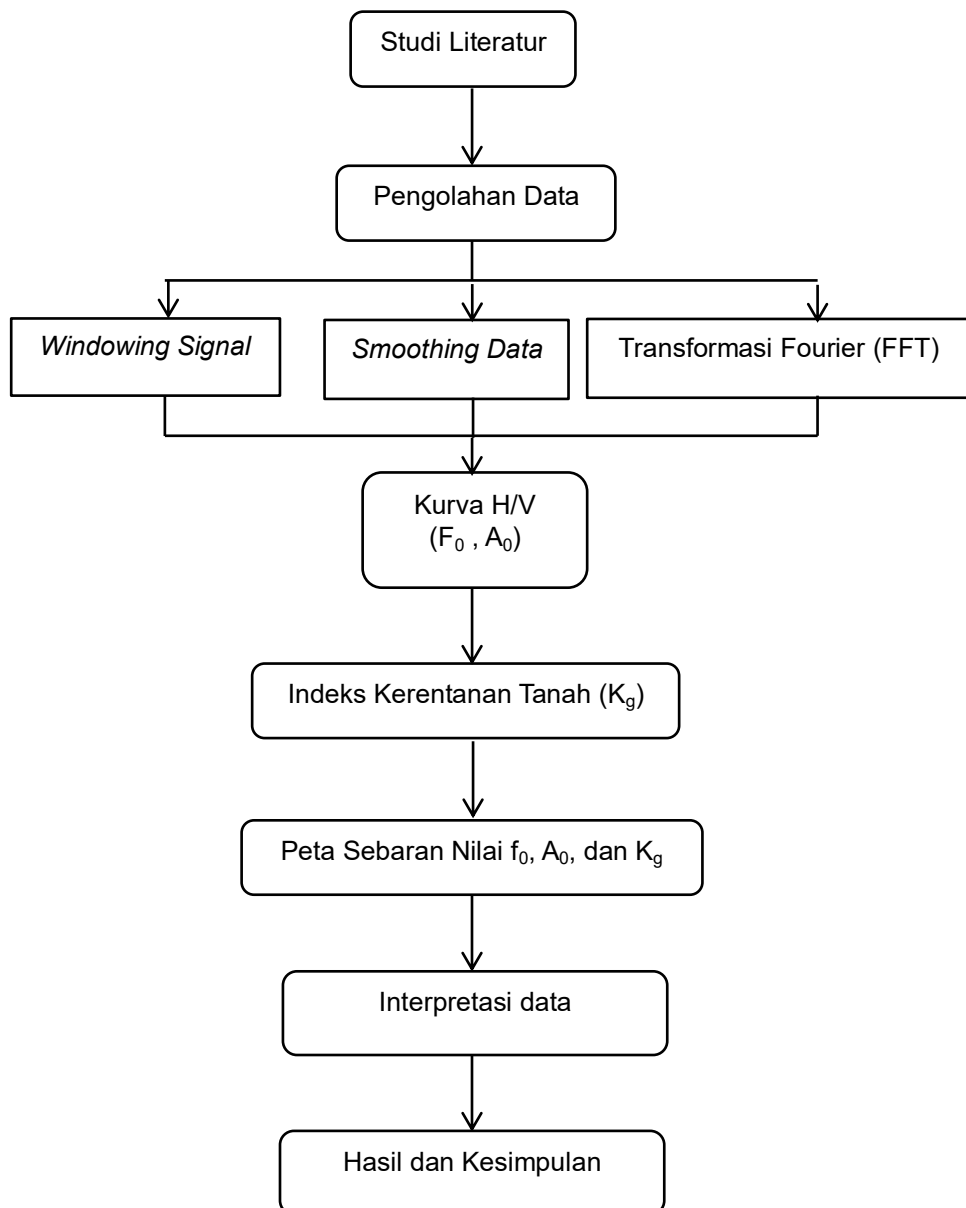
Parameter frekuensi dominan (f_0), amplifikasi tanah (A_0), dan indeks kerentanan seismik (K_g) pada tiap titik pengukuran kemudian dipetakan menggunakan *ArcGIS* untuk melihat pola distribusi dan mengidentifikasi area dengan potensi kerentanan seismik tinggi.

5. Interpretasi Data

Interpretasi pada penelitian ini berupa penggambaran dan penafsiran data sebaran frekuensi dominan (F_0). Amplifikasi tanah (A_0), serta indeks kerentanan tanah (K_g).



2.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4 Bagan Alir Penelitian

