

Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) di Daerah Perbukitan Kecamatan Moramo

Analysis of Sediment Thickness Using the Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR) Method in the Hills Area of Moramo District

La Hamimu¹, La Ode Ihksan Juarzan^{1*}, Nurul Irana Pathiasari¹

¹Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Halu Oleo; JL. H. E. A. Mokodompit, Kendari; Tlp. (0401) 3194163

Article history:

Received: 13 October 2023

Accepted: 29 April 2024

Keywords:

Ketebalan lapisan sedimen;
HVSR; Mikrotremor;
Kecamatan Moramo;
Daerah perbukitan.

Correspondent author:

juarzan.ode@uho.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai ketebalan lapisan sedimen (h) dan jenis lapisan tanah di daerah perbukitan Kecamatan Moramo. Penelitian ini menggunakan data mikrotremor yang diperoleh dari alat Seismometer TDL-303S di 15 titik dengan jarak antar titik 400 m-800 m dan nilai kecepatan gelombang *shear* hingga kedalaman 30 m (V_{s30}) yang diperoleh dari *website* data USGS. Data mikrotremor dianalisis menggunakan metode HVSR dengan *software* Geopsy 3.4.2 untuk memperoleh nilai frekuensi dominan (f_0). Nilai kecepatan gelombang *shear* (V_{s30}) diekstrak menggunakan *software* ArcGis 10.8 untuk menentukan nilai V_{s30} disetiap titik pengukuran. Nilai f_0 dan V_{s30} digunakan untuk menentukan nilai ketebalan lapisan sedimen (h). Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai ketebalan lapisan sedimen (h) berkisar antara 5,03 m - 47,43 m. Peta sebaran nilai ketebalan lapisan sedimen menunjukkan daerah penelitian dengan nilai ketebalan lapisan sedimen tinggi terletak pada sebagian kecil Desa Ulusena dan Desa Watu Porambaa. Sehingga kedua daerah ini beresiko lebih besar akan mengalami kerusakan akibat gempabumi. Jenis lapisan tanah yang didasarkan pada klasifikasi tanah oleh Kanai (1983) diklasifikasikan menjadi 4 jenis tanah dengan daerah penelitian yang didominasi oleh tanah Jenis I, dimana jenis ini berupa batuan tersier atau lebih tua yang terdiri dari batuan pasir berkerikil keras. Jenis I ini terletak pada Desa Wonua Jaya, bagian barat dan selatan Desa Summersari, bagian timur Desa Pudaria Jaya, serta sebagian kecil Desa Watu Porambaa dan Desa Ulusena

Abstract. This research aims to determine the value of the thickness of the sediment later (h) and the type of soil layer in the hilly area of Moramo District. This research uses microtremor data obtained from the TDL-303S

Seismometer at 15 points with a distance between points of 400 m – 800 m and shear wave velocity values up to a depth of 30 m (V_{s30}) obtained from USGS website data. Microtremor data were analyzed using the HVSR method with Geopsy 3.4.2 software to obtain the dominant frequency value (f_0). The shear wave velocity (V_{s30}) value was extracted using ArcGis 10.8 software to determine the V_{s30} value at each measurement point. The f_0 and V_{s30} values are used to determine the sediment layer thickness (h). The analysis results show that the sediment layer thickness range between 5,03 m – 47,43 m. The distribution map of sediment layer thickness values shows that the research area with high sediment layer thickness values is located in a small part of Ulusena Village and Watu Porambaa Village. So, these two areas are at greater risk of experiencing damage due to earthquakes. The type of soil layers based on soil classification by Kanai (1983) are classified into 4 types of soil with the research area being dominated by Type I soil, where this type is tertiary or older rock consisting of hard gravelly sandstone. Type I is located in Wonua Jaya Village, the western and southern parts of Summersari Village, the eastern part of Pudaria Jaya Village, as well as small parts of Watu Porambaa Village and Ulusena Village.

© 2024 JRGI (Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia)

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara kepulauan yang terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif dunia yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik yang tetap bergerak satu sama lainnya. Kondisi ini menjadikan Indonesia sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas atau kegempaan yang tinggi (Syafitri, dkk, 2018). Menurut Nakamura (2000), gempabumi merupakan salah satu bencana alam yang menyebabkan kerusakan bangunan dan korban jiwa. Tingkat kerusakan akibat gempabumi di suatu daerah dipengaruhi beberapa faktor antara lain jarak dari sumber gempabumi, magnitudo gempabumi dan

kondisi geologi permukaan (Prabowo, dkk, 2021).

Kondisi geologi permukaan berkaitan dengan karakteristik lapisan sedimen di permukaan yang dapat memperbesar guncangan gelombang gempabumi yang disebut amplifikasi (Sungkono, 2011). Kondisi geologi permukaan yang mempengaruhi fenomena amplifikasi dan tingkat kerusakan adalah salah satunya ketebalan lapisan sedimen permukaan. Lapisan sedimen yang tebal menyebabkan suatu daerah menjadi rawan mengalami kerusakan bangunan akibat gempabumi (Prabowo, dkk, 2021).

Ketebalan lapisan sedimen di suatu Kawasan dapat diselidiki dengan menggunakan metode geofisika, salah satunya

adalah dengan memanfaatkan data gelombang mikrotremor atau yang biasa disebut sebagai *ambient noise*. Data mikrotremor dapat dianalisis dengan menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) (Pratama, dkk, 2021). Deformasi lapisan tanah dipengaruhi oleh ketebalan lapisan sedimen, dimana ketebalan lapisan sedimen menggambarkan ketebalan lapisan lapuk pada permukaan tanah di atas batuan dasar. Ketebalan lapisan sedimen juga merepresentasikan kedalaman dari batuan dasar (Sulistiawan, dkk, 2016). Ketebalan lapisan sedimen merupakan suatu bagian yang perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi pembangunan, karena akan berpengaruh terhadap ketahanan dan keamanan bangunan (Syahrudin, dkk, 2014).

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan ketebalan lapisan sedimen menggunakan metode HVSr (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) data mikrotremor telah dilakukan oleh para peneliti terdahulu. Pratama, dkk (2021) merupakan salah satu contoh yang telah melakukan penelitian mengenai estimasi ketebalan lapisan sedimen kawasan perbukitan dengan menggunakan metode HVSr, dengan hasil kawasan perbukitan Kecamatan Wangi-Wangi memiliki ketebalan lapisan sedimen kategori rendah, sedang dan tinggi.

Sulawesi Tenggara merupakan salah satu wilayah dari Pulau Sulawesi yang memiliki aktivitas gempabumi cukup besar. Banyaknya gempabumi yang terjadi mengindikasikan banyaknya sesar yang masih aktif di wilayah Sulawesi Tenggara dan sekitarnya (Surono, 2013). Berdasarkan data hasil penelitian Asna (2017), Kabupaten Konawe Selatan memiliki

percepatan tanah yang besar. Sehingga, semakin besar nilai percepatan tanah yang pernah terjadi di suatu tempat, semakin besar resiko gempabumi yang mungkin terjadi. Selain itu, salah satu kawasan di Kabupaten Konawe Selatan yaitu Kecamatan Moramo pernah mengalami peristiwa jalan ambles akibat tanah longsor di daerah perbukitan. Hal ini dikarenakan kondisi topografi Kabupaten Konawe Selatan yang umumnya bergunung dan berbukit yang diapit oleh dataran rendah (BPS, 2021).

Pada suatu daerah yang mengalami longsor cenderung berada pada daerah yang memiliki lapisan sedimen lebih tebal yang berasosiasi dengan kondisi topografi lebih tinggi daripada arah longsorannya (Sitorus, dkk, 2017). Bencana tersebut sering mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana lainnya yang bisa berdampak pada kondisi ekonomi dan sosial (Effendi dan Hariyanto, 2016). Diharapkan dalam penelitian ini, dapat memberikan gambaran mengenai resiko kerusakan akibat gempabumi berdasarkan nilai ketebalan lapisan sedimen dan jenis lapisan tanah pada daerah tersebut yang dapat dipertimbangkan sebagai referensi penataan bangunan dan pengembangan wilayah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional Daerah Penelitian

Berdasarkan letak geografisnya, Kabupaten Konawe Selatan berada di bagian tenggara Provinsi Sulawesi Tenggara. Kabupaten Konawe Selatan terletak antara 3°58'56" dan

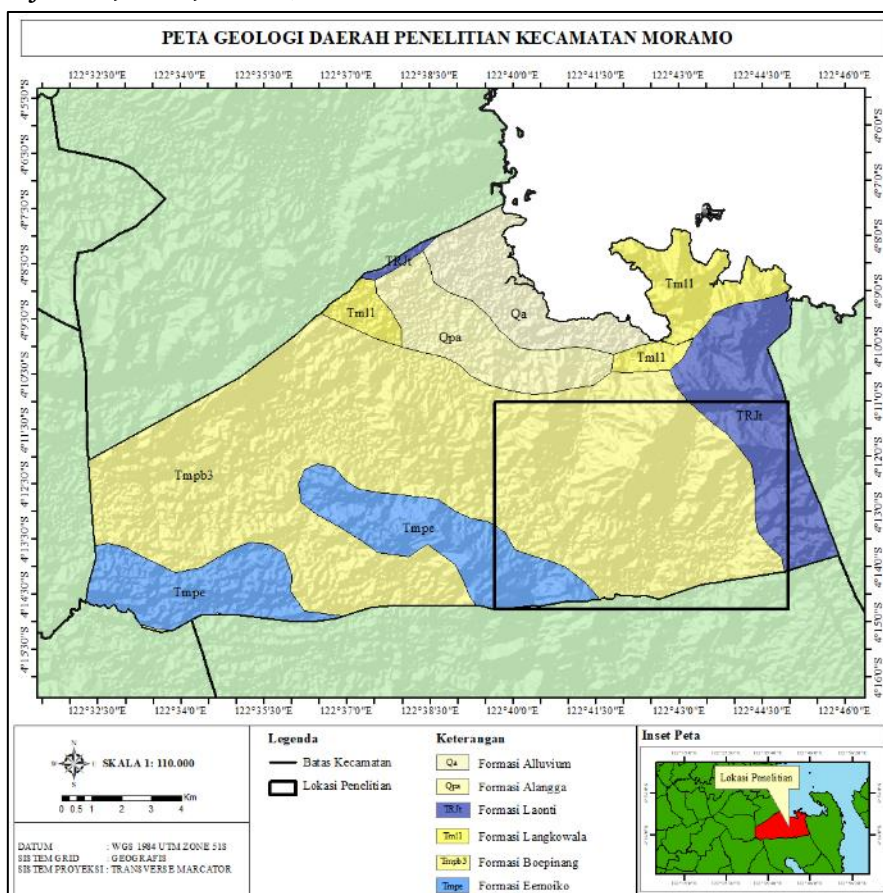
4°31'52" Lintang Selatan dan antara 121°58' dan 122°16' Bujur Timur. Wilayah Kecamatan Moramo secara geografis terletak antara 4°12'39,05" Lintang Selatan dan 122°39'1,26" Bujur Timur yang terdiri dari lereng dan pucak, berbukit serta daratan dengan total wilayah 251,90 km² (BPS, 2021).

Geologi regional pada daerah penelitian termasuk dalam peta geologi lembar Kolaka Sulawesi Tenggara skala 1:250.000 (Simandjuntak, dkk, 1993). Stratigrafi regional lengan Tenggara Sulawesi terdiri dari 3 kelompok utama batuan penyusun yaitu, kompleks Ofiolit, Molasa Sulawesi dan kompleks batuan Metamorf (Surono, 2013). Berdasarkan ciri fisik dan kesebandingan yang dilakukan terhadap Peta Geologi Lembar Kolaka (Simandjuntak, dkk, 1993) batuan

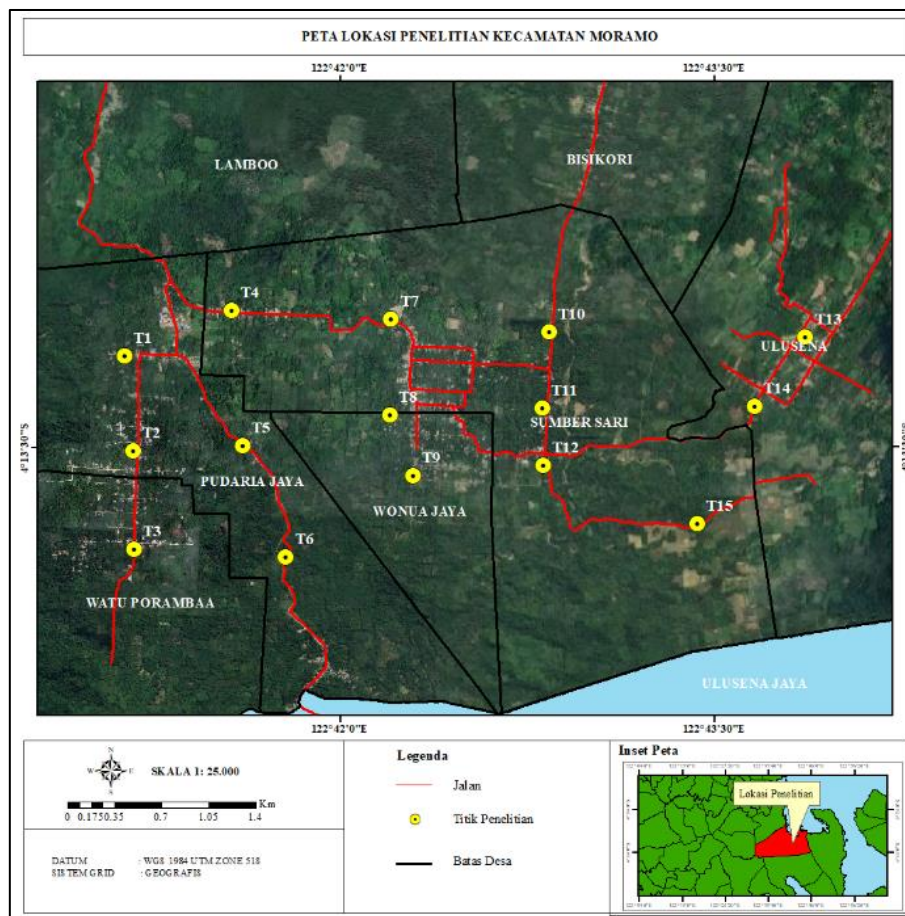
penyusun daerah Kabupaten Konawe Selatan dapat dikelompokkan menjadi 5 (lima) satuan batuan yang terdiri dari batuan muda ke batuan lebih tua sebagai berikut (Syahrul, dkk, 2021):

1. Satuan Aluvial;
2. Satuan Batupasir;
3. Satuan Kalkarenit;
4. Satuan Konglomerat;
5. Satuan Ultramafik.

Daerah penelitian Kecamatan Moramo memiliki 6 (enam) formasi geologi yaitu (Simandjuntak, 1993), Formasi Alluvium (Qa), Formasi Alangga (Qpa), Formasi Laonti (TRJt), Formasi Langkowala (Tml1), Formasi Boepinang (Tmpb3) dan Formasi Eemoiko (Tmpe).



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian



Gambar 2. Peta lokasi penelian

2.2. Mikrotremor

Berdasarkan Kanai (1983), mikrotremor (*ambient vibration*) merupakan getaran tanah yang kecil dan terus menerus yang berasal dari dua sumber utama, yaitu alam dan aktivitas manusia. Mikrotremor dapat diartikan sebagai getaran alami tanah yang terjadi secara terus menerus, serta terjebak pada lapisan permukaan sedimen dan terpantulkan oleh adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi tetap (Arifin, dkk, 2013).

Secara umum perekaman mikrotremor memerlukan seismometer dengan tiga komponen yang merekam komponen NS (*north-south*), EW (*east-west*), dan vertikal (*up-down*). Aplikasi dari penelitian mikrotremor

dapat dimanfaatkan untuk menentukan nilai frekuensi dominan (f_0), amplifikasi (A_0), nilai ketebalan sedimen (h), nilai kerentanan gempa (K_g), dan kondisi geologi bawah permukaan (Mandiri, 2017).

2.3. Metode HVSR

Metode HVSR merupakan metode yang memperlihatkan hubungan antara struktur bawah permukaan tanah dengan perbandingan rasio spektrum fourier dari sinyal mikrotremor komponen horisontal terhadap komponen vertikalnya (Nakamura, 1989).

$$HVSR = T_{SITE} = \frac{\sqrt{(S_{n-s})^2 + (S_{e-w})^2}}{S_{vertikal}} \quad (1)$$

Metode HVSR menghasilkan parameter penting yaitu nilai frekuensi dominan dan faktor amplifikasi yang berkaitan dengan parameter fisik bawah permukaan. Nakamura mengusulkan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* untuk mengestimasi frekuensi alami dan amplifikasi geologi setempat dari data mikrotremor (Sungkono dan Santosa, 2011). Metode HVSR sangat berguna untuk mengidentifikasi respon resonansi cekungan yang berisi material sedimen. Fenomena resonansi dalam lapisan sedimen adalah terjebaknya gelombang seismik di lapisan permukaan karena adanya kontras impedansi antara lapisan sedimen dengan batuan keras yang lebih dalam. Interferensi antara gelombang seismik yang terjebak pada lapisan sedimen berkembang menuju pola resonansi yang berkenaan dengan karakteristik lapisan sedimen. Metode ini juga dapat digunakan untuk melokalisir daerah rawan kerusakan bangunan akibat efek lokal, interaksi antara bangunan dan tanah, dan kekuatan bangunan (Sudrajat, 2017).

2.4. Frekuensi Dominan (f_0)

Frekuensi dominan adalah nilai frekuensi yang kerap muncul sehingga diakui sebagai nilai frekuensi dari lapisan batuan di daerah penelitian tersebut sehingga nilai frekuensi dapat menunjukkan jenis dan karakteristik batuan tersebut (Arifin, dkk, 2013).

2.5. Ketebalan Lapisan Sedimen (h)

Ketebalan sedimen merupakan salah satu faktor penyebab adanya pengaruh geologi lokal (*local site effect*) Ketika terjadi gempa bumi. Ketebalan lapisan sedimen

menggambarkan lapisan lunak atau lapuk pada lapisan permukaan tanah di atas batuan dasar.

Semakin Semakin kecil nilai frekuensi dominan (f_0) maka semakin tebal lapisan sedimen sehingga kedalaman dari batuan dasar juga semakin dalam. Frekuensi dominan (f_0) dipengaruhi oleh besarnya kecepatan rata-rata dan ketebalan lapisan sedimen bawah permukaan. Frekuensi dominan (f_0) berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan sedimen (h), semakin tebal lapisan sedimen pada suatu daerah cenderung akan memiliki frekuensi dominan (f_0) yang kecil. Sehingga dapat dinyatakan dengan (Nakamura, 2008).

$$f_0 = \frac{v_s}{4h} \quad (2)$$

dengan h sebagai ketebalan sedimen sehingga

$$h = \frac{v_s}{4f_0} \quad (3)$$

Ketebalan lapisan sedimen berhubungan dengan frekuensi dominan (f_0) dan kecepatan gelombang S pada permukaan (V_s). Gelombang S pada permukaan tanah (V_s) merupakan gelombang geser hingga kedalaman 30 m yang dapat mendeformasikan litologi lapisan batuan. Nilai kecepatan gelombang geser hingga kedalaman 30 m juga dapat digunakan sebagai parameter geoteknik dalam pembangunan infrastruktur (Sulistiawan, dkk, 2016).

Berdasarkan persamaan (3) tersebut, selain frekuensi dominan, kecepatan gelombang *shear* juga menentukan hasil perhitungan ketebalan lapisan sedimen. Klasifikasi *site* berdasarkan nilai kecepatan gelombang *shear* (V_s) hasil penyelidikan tanah dan

laboratorium oleh SNI 1726 dapat dilihat pada Tabel 1 (Pratama, dkk, 2021).

Tabel 1. Klasifikasi site berdasarkan nilai V_s hasil penyelidikan tanah dan laboratorium oleh SNI 1726

Klasifikasi Site	V_s (m/s)
Batuan Keras	>1500
Batuan	750-1500
Tanah Sangat Padat	350-750
Tanah Sedang	175-350
Tanah Lunak	<175

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan pada tanggal 24-27 Agustus 2022 di daerah perbukitan Kecamatan Moramo, Kabupaten Konawe Selatan. Penelitian ini menggunakan

data hasil pengukuran mikrotremor dan nilai kecepatan gelombang *shear* (V_s) hingga kedalaman 30 m (V_{s30}) dari *website* data USGS (*United States Geological Survey*).

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif kuantitatif, yaitu dengan melakukan pengambilan data berupa pengukuran mikrotremor dalam bentuk *transient* sinyal seismik berdomain waktu, yang bertujuan untuk menentukan nilai ketebalan lapisan sedimen dan jenis lapisan tanah menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1 set alat mikrotremor TDL-303S, Digitizer, GPS (*Global Positioning System*), Kabel sensor, Kompas, Laptop, *Logsheet* dan Aki

Tabel 2 Klasifikasi tanah berdasarkan nilai frekuensi dominan oleh Kanai (1983)

Klasifikasi Tanah		f_0 (Hz)	Klasifikasi Kanai	Deskripsi
Tipe	Jenis			
Tipe IV	Jenis I	6,667-20	Batuan tersier atau lebih tua. Terdiri dari batuan pasir berkerikil keras	Ketebalan sedimen sangat tipis, dominasi oleh batuan keras
	Jenis II	4-6,667	Batuan alluvial, dengan ketebalan 5 m terdiri dari pasir berkerikil keras.	Ketebalan sedimen termasuk dalam kategori menengah 5-10 m.
Tipe III	Jenis III	2,5-4	Batuan alluvial, dengan ketebalan >5 m. terdiri dari pasir berkerikil, pasir berlempung keras, dan lempung.	Ketebalan sedimen termasuk dalam kategori tebal 10-20 m.
Tipe II	Jenis IV	<2,5	Batuan alluvial, terbentuk sedimentasi delta, <i>top soil</i> , lumpur, dengan kedalaman 30 m atau lebih.	Ketebalan sedimen permukaan sangat tebal.

Penelitian ini diawali dengan pra-survei yaitu melakukan penentuan lokasi penelitian, survei umum lokasi penelitian dan pembuatan desain survei. Selanjutnya dilakukan survei lapangan yang bertujuan untuk menemukan lokasi titik penelitian yang telah dibuat pada desain survei dan menentukan lokasi penempatan sensor sesuai dengan aturan *SESAME European Research Project*, sehingga mempermudah pengambilan data. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan 1 set alat mikrotremor TDL-303S dengan durasi kurang lebih 30 menit pada setiap titik pengukuran. Distribusi titik pengukuran respon mikrotremor sebanyak 15 titik dengan jarak antar titik 400 m – 800 m.

Hasil perekaman mikrotremor kemudian diolah menggunakan *software* Geopsy 3.4.2 untuk menghasilkan nilai frekuensi dominan (f_0). Guna mendapatkan nilai V_{s30} diunduh melalui *website* data USGS (*United States Geological Survey*). Hasil unduhan berupa peta raster, sehingga untuk mendapatkan nilai V_{s30} di setiap titik pengukuran perlu dilakukan ekstrak menggunakan *software* ArcGis 10.8. Setelah mendapatkan nilai frekuensi dominan (f_0) dan nilai kecepatan gelombang *shear* (V_s) hingga kedalaman 30 m (V_{s30}), kemudian dilanjutkan dengan menentukan nilai ketebalan lapisan sedimen (h) menggunakan persamaan (3). Setelah mendapatkan nilai-nilai untuk setiap parameter tersebut, maka dilakukan pemetaan sebaran untuk setiap parameter menggunakan *software* ArcGis 10.8. Sedangkan untuk menentukan jenis lapisan tanah pada daerah penelitian dapat dilakukan dengan mengacu pada klasifikasi tanah oleh Kanai (1983).

Interpretasi dilakukan dengan melihat hubungan antara frekuensi dominan hasil pengolahan data HVSR dengan nilai ketebalan sedimen. Persamaan (3) tersebut menunjukkan frekuensi dominan berbanding terbalik dengan ketebalan lapisan sedimen. Semakin tebal lapisan sedimen suatu kawasan maka resiko akibat gempa akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Frekuensi Dominan (f_0)

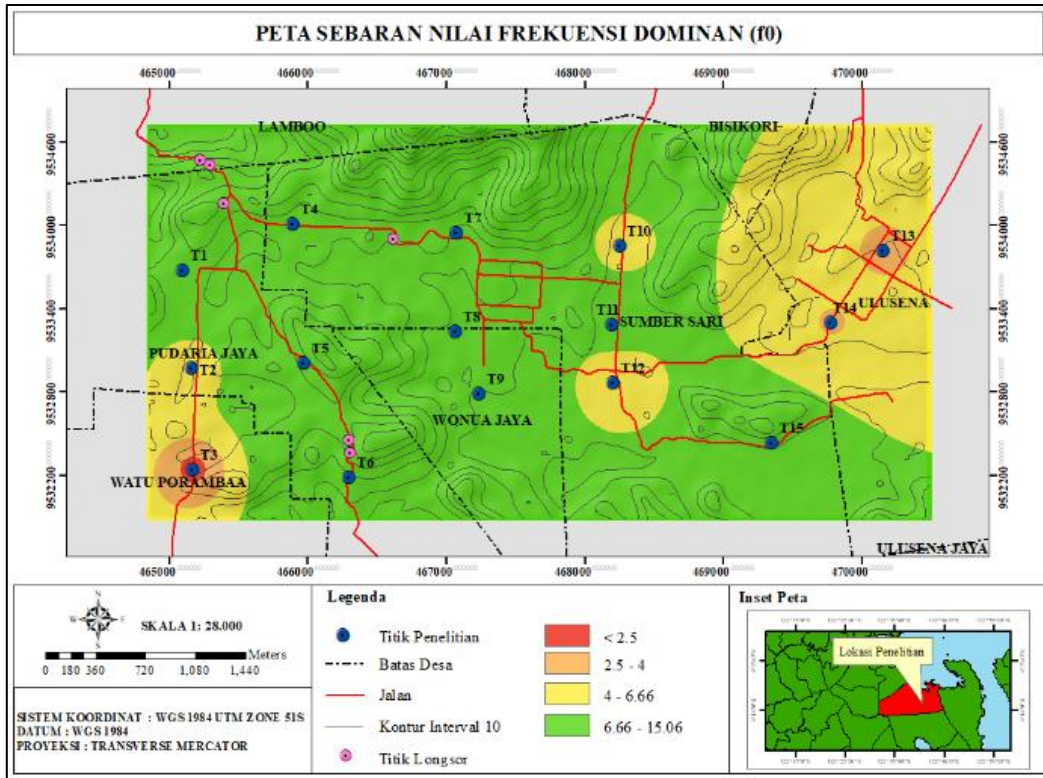
Hasil yang diperoleh dari pengolahan data berupa kurva grafik HVSR. Sebaran nilai frekuensi dominan (f_0) daerah penelitian berkisar antara 2,19-15,06 Hz. Peta sebaran nilai frekuensi dominan ditunjukkan pada **Gambar 3**. Peta sebaran nilai frekuensi dominan tersebut menunjukkan bahwa daerah penelitian yang mempunyai frekuensi dominan tinggi dicirikan dengan zona berwarna hijau yang berada pada T1, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T11 dan T15. Sedangkan daerah yang mempunyai nilai frekuensi dominan rendah dicirikan dengan zona berwarna merah yang berada pada T3 yang terletak pada sebelah utara Desa Watu Porambaa.

4.2. Kecepatan Gelombang Shear (V_s)

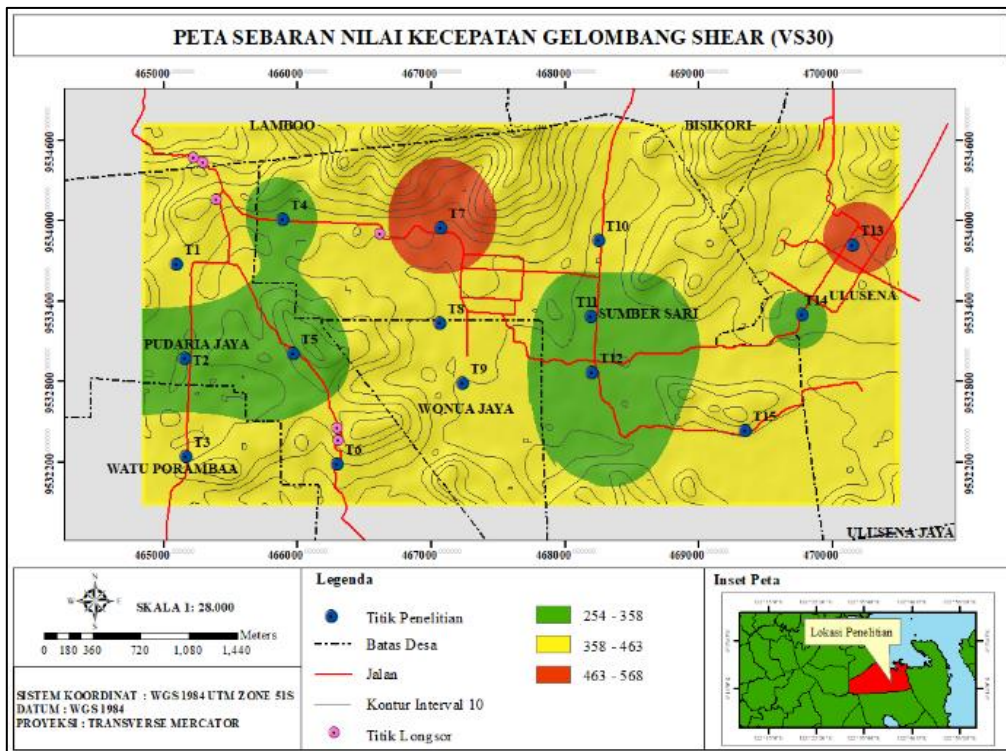
Mengutip dari Wangsadinata (2006) oleh Maulana dkk. (2019), V_{s30} adalah kecepatan gelombang geser hingga pada kedalaman 30 m dari permukaan tanah. Nilai V_{s30} dipergunakan dalam menentukan standar bangunan tahan gempa dan digunakan untuk penentuan klasifikasi batuan berdasarkan

kekuatan getaran dari gempa bumi akibat efek lokal. Sebaran kecepatan gelombang shear (V_s) hingga kedalaman 30 m diperoleh dari

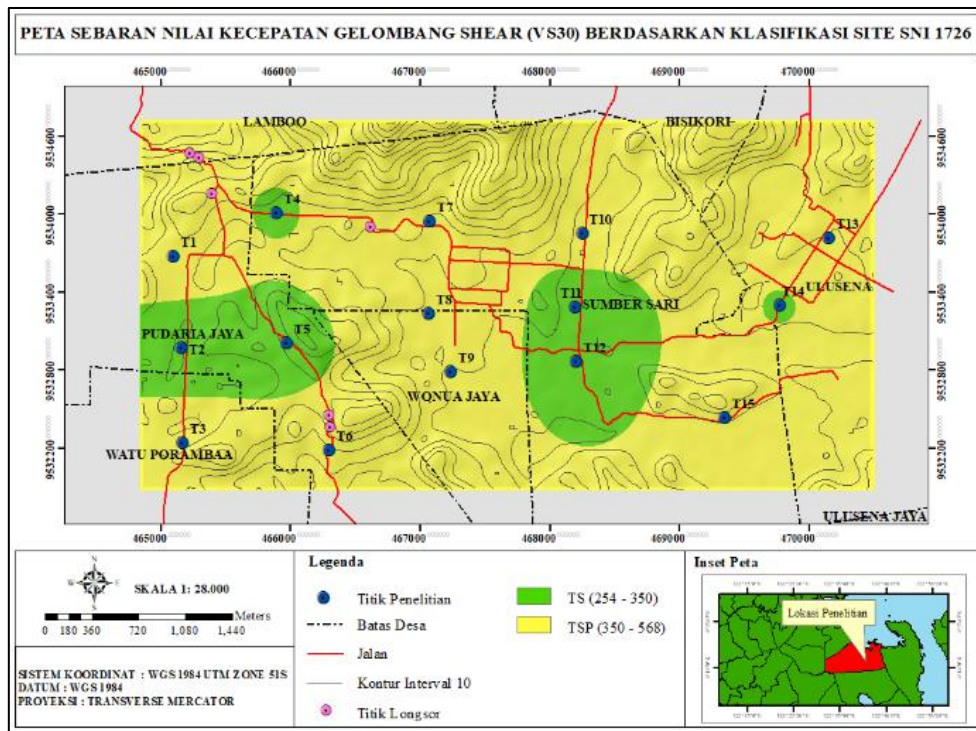
website data USGS (United States Geological Survey) pada <https://earthquake.usgs.gov/data/vs30/>.



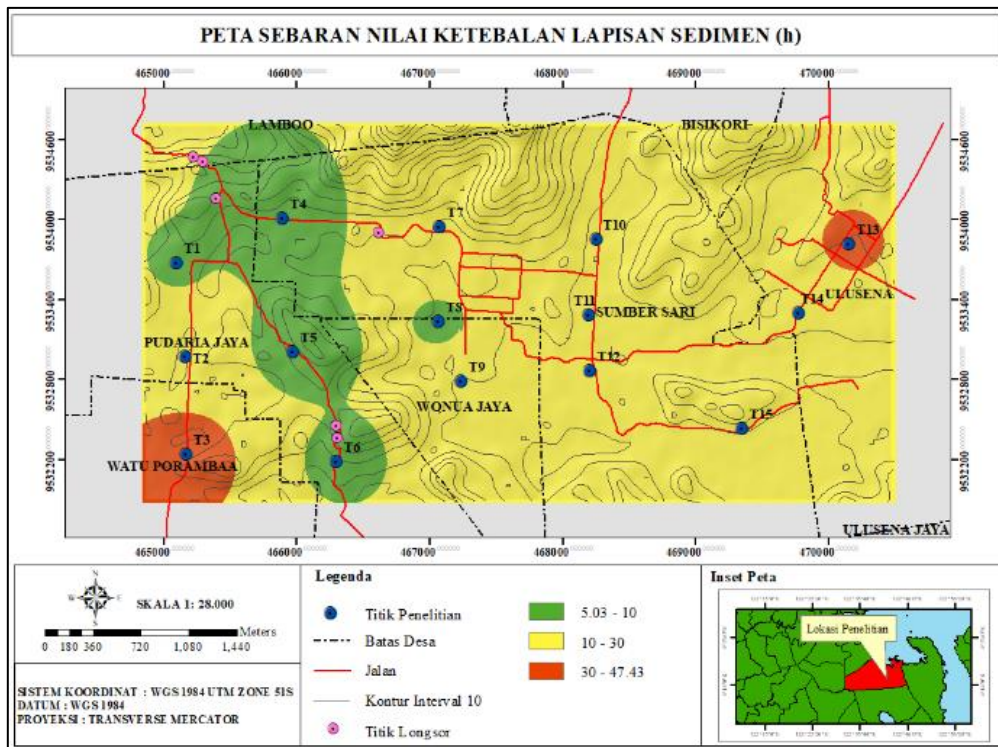
Gambar 3. Peta Sebaran Nilai Frekuensi Dominan (f_0) Daerah Penelitian



Gambar 4. Peta Sebaran Nilai (V_{S30}) Daerah Penelitian



Gambar 5. Peta Sebaran Nilai (V_{S30}) Berdasarkan Klasifikasi Site SNI 1726



Gambar 6. Peta Sebaran Nilai Ketebalan Lapisan Sedimen (h) Daerah Penelitian

Peta sebaran nilai kecepatan gelombang shear (V_{S30}) ditunjukkan pada **Gambar 4**. Mengutip Roser dan Gosar (2010) dalam

Prasisila dkk. (2021), bahwa nilai V_{S30} dapat digunakan untuk menentukan standar bangunan yang tahan gempa dan

memperkirakan suatu daerah yang rentan terhadap gempa bumi. Selain itu, dengan nilai V_{s30} ini dapat menentukan klasifikasi situs tanah berdasarkan kekuatan getaran gempa bumi akibat efek lokal

Berdasarkan klasifikasi *site* SNI 1726, kawasan perbukitan Kecamatan Moramo diklasifikasikan menjadi 2 jenis lapisan tanah. Hal ini dapat dilihat pada **Gambar 5** yang merupakan peta sebaran nilai V_{s30} berdasarkan klasifikasi *site* SNI 1726. Daerah dengan zona berwarna kuning mewakili klasifikasi *site* tanah sedang (TS) dengan rentang nilai 254-350 m/s yang berada pada T2, T4, T5, T11, T12 dan T14. Sedang daerah dengan zona berwarna hijau mewakili klasifikasi *site* tanah sangat padat (TSP) dengan rentang nilai 350-568 m/s yang terletak pada T1, T3, T6, T7, T8, T9, T10, T13 dan T15. Berdasarkan klasifikasi *site* SNI 1726, daerah perbukitan Kecamatan Moramo didominasi oleh klasifikasi *site* tanah sangat padat.

4.3. Ketebalan Lapisan Sedimen (*h*)

Ketebalan lapisan sedimen menggambarkan lapisan lunak atau lapuk pada lapisan permukaan tanah. Ketebalan lapisan sedimen dapat dicari menggunakan persamaan (3). Nilai ketebalan sedimen daerah penelitian berkisar antara 5,03 m hingga 47,43 m. Secara kualitatif, semakin tebal lapisan sedimen di suatu daerah maka semakin tinggi pula resiko kerusakan akibat gempabumi.

Ditinjau dari peta sebaran nilai ketebalan lapisan sedimen pada **Gambar 6**, daerah dengan ketebalan lapisan sedimen tinggi

terletak pada titik pengukuran T3 dan T13 yang dicirikan dengan zona berwarna merah yang terletak pada sebagian kecil Desa Ulusena dan Desa Watu Porambaa. Secara kualitatif, kedua daerah ini gempabumi bila dibandingkan dengan titik pengukuran lain.

Tabel 3. Nilai frekuensi dominan (f_0), kecepatan gelombang shear hingga kedalaman 30 m (V_{s30}), dan ketebalan lapisan sedimen (*h*) daerah penelitian

Titik Lokasi	f_0 (Hz)	V_{s30} (m/s)	<i>h</i> (m)
T1	11,57	425	9,17
T2	5,10	254	12,43
T3	2,19	417	47,43
T4	15,06	342	5,67
T5	14,84	299	5,03
T6	13,56	400	7,37
T7	8,85	568	16,03
T8	11,70	431	9,20
T9	8,37	391	11,67
T10	6,29	383	15,22
T11	7,29	297	10,17
T12	5,29	297	14,02
T13	3,78	491	32,44
T14	3,90	344	22,04
T15	8,78	375	10,67

Untuk daerah dengan ketebalan sedimen sedang terletak pada T2, T7, T9, T10, T11, T12, T14 dan T15 yang dicirikan dengan zona berwarna kuning yang terletak pada sebagian besar Desa Sumbersari, Desa Ulusena, Desa Wonua Jaya, Desa Pudaria Jaya dan sebagian kecil pada Desa Watu Porambaa. Sedangkan daerah dengan ketebalan sedimen rendah terletak pada T1, T4, T5, T6 dan T8 yang dicirikan dengan zona berwarna hijau yang terletak pada sebagian kecil Desa Sumbersari, Desa Wonua Jaya dan Desa Pudaria Jaya. Daerah yang memiliki ketebalan sedimen

rendah akan lebih rendah mengalami resiko akibat gempa bumi.

4.4. Jenis Lapisan Tanah

Jenis lapisan tanah mengacu pada klasifikasi tanah berdasarkan frekuensi dominan oleh Kanai (1983) ditunjukkan pada

Tabel 4. Klasifikasi tanah daerah penelitian mengacu pada Kanai (1983)

Titik lokasi penelitian	Nilai (Hz)	Klasifikasi	Kondisi tanah
T1, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T11, T15	7,29 - 15,06	Jenis I	Ketebalan sedimen permukaan sangat tipis, didominasi oleh batuan keras.
T2, T10, T12	5,10 - 6,29	Jenis II	Ketebalan sedimen permukaan termasuk dalam kategori menengah, 5-10 m
T13, T14	3,79 - 3,90	Jenis III	Ketebalan sedimen permukaan sangat termasuk dalam kategori tebal sekitar 10-30 meter
T3	2,19	Jenis IV	Ketebalan sedimen permukaan sangat tebal.

Berdasarkan tabel tersebut, terdapat empat jenis klasifikasi yaitu jenis I, II, III dan IV. Dimana berdasarkan klasifikasi tanah oleh Kanai (1983), jenis I didominasi batuan keras berupa batuan tersier atau lebih tua, terdiri dari batuan pasir berkerikil keras (*hard sandy gravel*). Jenis ini berada pada Desa Wonua Jaya, bagian barat dan selatan Desa Summersari, bagian timur Desa Pudaria Jaya, serta sebagian kecil pada Desa Watu Porambaa dan Desa Ulusena (**Gambar 3**). Jenis II mengindikasikan klasifikasi tanah berupa batuan *alluvial* dengan ketebalan 5 m, terdiri dari pasir kerikil (*sandy gravel*), lempung keras berpasir (*sandy hard clay*) dan lempung (*loam*). Jenis ini berada pada Desa Ulusena, Desa Watu Porambaa serta sebagian kecil pada Desa Pudaria Jaya dan Desa Summersari. Jenis III mengindikasikan klasifikasi tanah berupa batuan *alluvial* dengan ketebalan lebih dari 5 m yang terdiri

Tabel 2. Hasil analisis mikrotremor menunjukkan adanya variasi jenis lapisan tanah di daerah perbukitan Kecamatan Moramo. Berdasarkan tabel klasifikasi tanah oleh Kanai (1983), hubungan antara frekuensi dominan dan keadaan geologi wilayah penelitian dapat dilihat pada **Tabel 4**.

dari pasir berkerikil (*sandy gravel*), pasir berlempung keras (*sandy hard clay*) dan lempung (*loam*). Jenis ini berada pada Desa Ulusena dan sebagian kecil pada Desa Watu Porambaa. Jenis IV mengindikasikan klasifikasi tanah batuan *alluvial*, terbentuk sedimentasi delta, *top soil*, lumpur, dengan kedalaman 30 m atau lebih. Jenis ini hanya berada pada Desa Watu Porambaa (**Gambar 3**).

Ditinjau dari peta geologi daerah penelitian (**Gambar 1**), terlihat bahwa Formasi Boepinang (Tm_{pb}) merupakan formasi yang mendominasi daerah penelitian yang tersusun oleh batu lempung pasir, napal pasir dan batupasir. Namun, berdasarkan hasil pengolahan HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), daerah penelitian diperkirakan didominasi oleh ketebalan sedimen yang tipis. Hal ini menunjukkan bahwa pada daerah tersebut

dimungkinkan memiliki karakteristik tanah yang keras dan berasosiasi dengan kedalaman *bedrock* yang dangkal. Selain itu, daerah penelitian terdapat di daerah perbukitan dimana cenderung memiliki tingkat sedimentasi yang relatif rendah.

Menurut Nakamura (2000) suatu daerah dinyatakan mengalami kerusakan parah umumnya terjadi karena pada dataran alluvial yang tersusun oleh material sedimen yang tebal. Mengutip dari Prokopovich (1984) dan Sarah (2014) oleh Pramudyo (2022), kondisi geologi daerah yang berupa endapan alluvial yang lunak mudah mengalami pemampatan sehingga memudahkan terjadinya proses konsolidasi secara alamiah. Proses konsolidasi yang cepat disebabkan oleh penurunan muka air tanah, pembebanan akibat batuan dan tanah timbunan yang akhirnya mempercepat amblesan tanah. Hal ini terjadi apabila nilai frekuensi dominan menunjukkan nilai yang rendah sehingga membuat daerah tersebut rentan terdeformasi akibat gempa bumi.

Longsor yang terjadi di daerah perbukitan Kecamatan Moramo berada di Desa Lamboo dan Desa Pudaria Jaya. Berdasarkan nilai ketebalan sedimennya dapat dilihat pada daerah tersebut berada pada nilai sekitar 5,03 – 30 m. Alhasanah (2006), menyatakan bahwa tanah longsor identik dengan kondisi kemiringan lereng. Dengan kata lain longsor akan terjadi pada daerah dengan elevasi lebih tinggi dengan arah longsor ke daerah yang memiliki elevasi lebih rendah.

Berdasarkan **Tabel 5**, ditunjukkan bahwa beberapa frekuensi dominan tinggi berasosiasi dengan nilai elevasi tinggi dan beberapa titik pada elevasi yang lebih rendah memiliki nilai

frekuensi dominan yang rendah. Nilai frekuensi dominan (f_0) yang tinggi mengidentifikasi lapisan bawah permukaan pada suatu daerah terdiri dari lapisan batuan yang keras, begitu sebaliknya bahwa nilai frekuensi dominan (f_0) yang rendah mengidentifikasi lapisan bawah permukaan suatu daerah terdiri dari lapisan batuan yang lunak.

Tabel 5. Asosiasi nilai (f_0) dan elevasi

Titik	X	Y	f_0 (Hz)	Elevasi (m)
T1	465101	9533676	11,57	109
T2	465166	9532970	5,10	107
T3	465174	9532240	2,19	114
T4	465897	9534007	15,06	117
T5	465977	9533003	14,84	141
T6	466300	9532179	13,56	105
T7	467080	9533947	8,85	104
T8	467070	9533232	11,70	90
T9	467243	9532786	8,37	75
T10	468254	9533851	6,29	74
T11	468202	9533285	7,29	69
T12	468206	9532862	5,29	74
T13	470155	9533814	3,78	94
T14	469779	9533300	3,90	85
T15	469352	9532428	8,78	85

Nilai frekuensi dominan (f_0) yang kecil disebabkan oleh gelombang seismik yang terjebak pada lapisan sedimen lunak yang tebal dalam waktu yang lama sehingga daerah yang memiliki lapisan sedimen lunak yang tebal sangat mudah untuk mengalami kerusakan akibat guncangan gelombang seismik (Sitorus, dkk, 2017). Jika ditinjau pada tabel klasifikasi tanah oleh Kanai (1983), daerah yang mengalami tanah longsor tersebut memiliki karakteristik tanah keras dan ketebalan sedimen yang tipis. Oleh

karena itu, untuk daerah penelitian yang mengalami jalan ambles akibat tanah longsor masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Berdasarkan uraian terkait nilai ketebalan lapisan sedimen dan jenis lapisan tanah, hal yang dapat penulis rekomendasikan pada daerah perbukitan Kecamatan Moramo adalah perlunya pembangunan infrastruktur publik berbahan ringan, kuat dan kokoh pada daerah yang memiliki resiko tinggi mengalami kerusakan akibat gempa bumi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data penelitian, dapat disimpulkan bahwa daerah perbukitan Kecamatan Moramo memiliki nilai ketebalan lapisan sedimen dengan kisaran 5,03 m hingga 47,43 m. Daerah dengan ketebalan lapisan sedimen tinggi terletak pada titik pengukuran T3 dan T13 yang berada pada Sebagian kecil Desa Ulusena dan Desa watu Porambaa dengan nilai ketebalan 30 m hingga 47,43 m. Berdasarkan klasifikasi tanah oleh Kanai (1983), terdapat empat jenis lapisan tanah di daerah perbukitan Kecamatan Moramo. Jenis I berada pada Desa Wonua Jaya, bagian barat dan selatan Desa Sumbersari, bagian timur Desa Pudaria Jaya, serta sedikit bagian pada Desa Watu Porambaa dan Desa Ulusena. Jenis II berada pada Desa Ulusena, Desa Watu Porambaa serta Sebagian kecil pada Desa Pudaria Jaya dan Desa Sumbersari. Jenis III berada pada Desa Ulusena dan sebagian kecil pada Desa Watu Porambaa. Jenis IV hanya berada pada Desa Watu Porambaa.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S.S., Mulyatno, B.S., Marjiyono, & Setianegara, R., 2013, Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor Dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa Dan Sekitarnya, Geofisika Eksplorasi, Vol 2, No 1, 30.
- Asna, 2017, Pemetaan Daerah Rawan Bencana Gempabumi di Wilayah Sulawesi Tenggara Berdasarkan Nilai Percepatan Tanah Maksimum dengan Menggunakan Metode MC. Guirre R.K, Skripsi, UIN Alauddin Makassar, Makassar.
- BPS Kabupaten Konawe Selatan, 2021, Kecamatan Moramo dalam Angka (Moramo Sub District in Figures), Andoolo, Konawe Selatan.
- Effendi, A.Y., dan Hariyanto, T., 2016, Pembuatan Peta Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor dengan Menggunakan Metode Fuzzy logic (Studi Kasus: Kabupaten Probolinggo), Jurnal Teknik ITS, Vol. 5, No. 2.
- Kanai, K., 1983, Seismology in Engineering. Tokyo University. Japan.
- Mandiri, T.P., 2017, Sharing Knowledge Microseismic Method, PT. Andalan Tunas Mandiri, Semarang.
- Maulana, A.R., dkk., 2019, Analisis Indeks Kerentanan Seismik dan Percepatan Tanah Maksimum Berdasarkan Model V_{s30} USGS di Kabupaten Kulonprogo, Prosiding Seminar Nasional Kebumihan Ke-12, Universitas Gadjah Mada.
- Nakamura, Y., 1989, A Method for Dynamic Characteristic Estimation of Subsurface using Microtremor on The Ground Surface, Q.R. of RTRI, Vol. 30, 32.
- Nakamura, Y., 2000, Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and Its Applications, Roc XII World Conf. Eartquake Engineering N. Z. 2656.

- Nakamura, Y., 2008, On The H/V Spectrum, Tokyo Institute of Technology, Japan.
- Prabowo, U.N., Sehad dan Ferdiyan, A., 2021, Estimasi Ketebalan Lapisan Sedimen Permukaan Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor di Pemalang Jawa Tengah, Jurnal Teras Fisika, Universitas Jenderal Soedirman, Vol. 4, No. 1.
- Pramudyo, T., dkk., 2022, Karakterisasi Amblesan Tanah Berdasarkan Analisis Data Geoteknik dan Kedudukan Muka Air Tanah Daerah Semarang Utara, Provinsi Jawa Tengah, Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, 156-171.
- Prasisila, M., dkk., 2021, Klasifikasi Kelas Situs Tanah dengan Nilai V_{s30} di Kecamatan Muara Bangkahulu Kota Bengkulu Menggunakan Metode Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW), Prosiding Seminar Nasional Fisika, 277-282.
- Pratama, M.P., Hamimu, L., Manan, A., dan Puspitafuri, C., 2021, Estimasi Ketebalan Lapisan Sedimen Kawasan Perbukitan Kecamatan Wangi- Wangi Kabupaten Wakatobi Menggunakan Metode HVSR, Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia, Universitas Halu Oleo, Vol. 03, No. 02.
- Roser, J. and Gosar, A., 2010, Determination of V_{s30} for Seismic Ground Classification in the Ljubljana Area, Slovenia. Acta Geotechnica Slovenica. 7(1), pp. 61–76.
- Sarah, D., dkk., 2014, Strategi Pengurangan Risiko Bencana Amblesan Tanah di Kota Semarang. Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung
- Simandjuntak, T.O., Surono, dan Sukido, 1993, Peta Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sitorus, N.M.H., M.S. Purwanto, dan W. Utama, 2017, Estimasi Ketebalan Lapisan Sedimen dan Amplifikasi Desa Olak Alen Blitar Menggunakan Metode Mikrotremor HVSR, Jurnal Teknik ITS, Vol. 6, No. 2.
- Sulistiawan, H., Supriyadi, dan Yulianti, I., 2016, Studi Ketebalan Lapisan Sedimen Daerah Kampus UNNES dengan Menggunakan Metode Mikroseismik, Research Gate, 45.
- Sungkono dan Santosa, B.J., 2011, Karakteristik Kurva Horizontal to Vertical Spectral ratio: Kajian Literatur dan Permodelan, Jurnal Neutrino, Vol. 4, No. 1.
- Surono, 2012, Geologi Lengan Tenggara Sulawesi, Badan Geologi, Jakarta.
- Surono, 2013, Geologi Lengan Tenggara, Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung.
- Syafitri, Y., Bahtiar, dan Didik, L.A., 2018, Analisis Pergeseran Lempeng Bumi yang Meningkatkan Potensi Terjadinya Gempa Bumi di Pulau Lombok, Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Mataram, Vol. 3, No. 2.
- Syahrudin, M.H., Aswad, S., Palullangan, E.F., Maria, dan Syamsuddin, 2014, Penentuan Profil Ketebalan Sedimen Lintasan Kota Makassar dengan Mikrotremor, Jurnal Fisika, Vol. 4, No. 1, 17.
- Syahrul dan Purba, E.S., 2021, Studi Teknis Pemetaan Cadangan Bawah Permukaan Bijih Nikel Daerah Kabupaten Konawe Selatan, Jurnal Geologi Terapan, Universitas Sembilanbelas November, Vol. 03, No. 02.
- Wangsadinata, W., 2006, Perencanaan Bangunan Tahan Gempa Berdasarkan SNI 1726-2002, Shortcourse HAKI 2006, Jakarta.