

## Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen Menggunakan Metode Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) di Wilayah Pesisir Kecamatan Moramo Kabupaten Konawe Selatan

### *Analysis of The Thickness of The Sediment Layer using The Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) Method in The Coastal Area of Moramo District, South Konawe District*

Laode Ihksan Juarzan<sup>1</sup>, La Hamimu<sup>1\*</sup>, Wan Azizah Wan Jafar<sup>1</sup>, Indrawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Halu Oleo; Kendari; Fax (0401) 3190006

#### Article history:

Received: 18 October 2023

Accepted: 24 December 2023

#### Keywords:

Sediment layer thickness; microtremor; HVSr; moramo district..

#### Correspondent author:

[lahamimu@uho.ac.id](mailto:lahamimu@uho.ac.id)

**Abstrak.** Telah dilakukan penelitian di Wilayah pesisir Kecamatan Moramo, Kabupaten Konawe Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai sebaran ketebalan lapisan sedimen. Pengambilan data dilakukan menggunakan seismometer TDL-303S pada 15 titik pengukuran. Data mikrotremor dianalisis menggunakan metode HVSr (*Horizontal To Vertical Spectral Ratio*) menggunakan *software* geopsy 3.4.2 untuk memperoleh nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) yang selanjutnya menentukan nilai kecepatan gelombang *shear* (VS30) untuk memperoleh nilai ketebalan lapisan sedimen (h). Hasil analisis data memperoleh nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) yang diperoleh berkisar antara 1,025 Hz hingga 14,297 Hz dan nilai kecepatan gelombang *shear* ( $V_{s30}$ ) diperoleh dari [website www.USGS.gov](http://www.USGS.gov) dengan rentang nilai berkisar antara 234,43 m/s sampai 422,33 m/s. Berdasarkan data yang diperoleh maka akan ditentukan nilai sebaran ketebalan lapisan sedimen (h). Nilai ketebalan lapisan sedimen pada daerah penelitian berkisar antara 6,596 meter sampai 66,124 meter.

**Abstract.** Research has been carried out in the coastal area of Moramo District, South Konawe Regency. This study aims to determine the value of the distribution of sediment layer thickness. Data collection was carried out using a TDL-303S seismometer at 15 measurement points. Microtremor data were analyzed using the HVSr method (*Horizontal To Vertical Spectral Ratio*) use *software* geopsy 3.4.2 to obtain the dominant frequency value ( $f_0$ ) which then determines the value of the wave velocity *shear* (VS30) to obtain the value of the thickness of the sediment layer (h). The results of data analysis obtained the dominant frequency value ( $f_0$ ) obtained ranged from 1.025 Hz to 14.297 Hz and the wave speed values *shear* ( $V_{s30}$ ) obtained from [website www.USGS.gov](http://www.USGS.gov) with a range of values ranging from 234.43 m/s to 422.33 m/s. Based on the

data obtained, the value of the distribution of sediment layer thickness ( $h$ ) will be determined. The thickness of the sediment layer in the study area ranged from 6.596 meters to 66.124 meters.

© 2023 JRG (Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia)

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada pertemuan tiga lempeng besar di dunia dan beberapa lempeng kecil, yang menyebabkan Indonesia sebagai daerah tektonik aktif dengan tingkat seismisitas atau kegempaan yang tinggi. Indonesia dikelilingi tiga lempeng utama yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Pasifik (Syafitri, 2019). Gempa bumi adalah suatu akibat terjadinya pembebasan atau pelepasan energi yang menumpuk di dalam kerak bumi ke permukaan. Energi yang dibebaskan berubah menjadi gelombang getaran atau guncangan yang kemudian dirasakan oleh manusia (Partuti, 2019). Guncangan gempabumi tidak hanya bergantung pada magnitude atau kekuatan gempa dan jarak dari pusat gempa pada suatu wilayah, melainkan juga bergantung pada penyusun lapisan litologi wilayah tertentu. Lapisan litologi suatu wilayah lebih dikenal dengan *local site effect* (daryono, 2010).

Kecamatan Moramo merupakan salah satu Kecamatan dengan jumlah penduduk yang banyak. Dengan jumlah penduduk yang banyak menunjukkan terdapat potensi pembangunan infrastuktur di daerah Kecamatan Moramo. Dalam pembangunan infrastuktur, ketebalan lapisan sedimen memiliki peranan penting dalam perencanaan pembangunan. Karena ketebalan lapisan

sedimen menentukan penguatan gelombang ketika terjadi gempa bumi. Semakin besar ketebalan lapisan sedimen maka semakin besar kemampuan batuan memperbesar amplitudo gelombang.

Ketebalan lapisan sedimen merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya efek tapak lokal ketika gempabumi. Efek tapak lokal merupakan bahasan tentang adanya pengaruh kondisi geologi lokal daerah sekitar terhadap getaran tanah yang terjadi akibat gempabumi (Satria, 2020). Nakamura menyebutkan bahwa metode HVSR untuk analisis mikrotremor bisa digunakan untuk memperoleh frekuensi natural sedimen dan ketebalan lapisan sedimen. Parameter penting yang dihasilkan dari metode HVSR adalah frekuensi natural dan amplifikasi yang berkaitan dengan parameter fisik bawah permukaan (Sitorus, 2017). Menurut nakamura ketebalan lapisan sedimen dipengaruhi deformasi lapisan tanah yang dapat mempresentasikan ketebalan lapisan lapuk di atas batuan dasar, sedangkan kerentanan lapisan tanah bermanfaat untuk memprediksi zona lemah saat terjadi gempa bumi dan rekahan tanah akibat gempa bumi (Daryono, 2011). Batuan sedimen yang lunak dapat memperkuat gerakan tanah selama gempa. Gelombang yang terjebak di lapisan lunak akan mengalami superposisi antar

gelombang. Jika gelombang tersebut memiliki frekuensi yang sama, maka terjadi proses resonansi gelombang gempa. Akibat dari proses resonansi tersebut maka gelombang gempa akan saling menguatkan. Hal ini dapat diartikan bahwa batuan sedimen merupakan salah satu faktor penguat amplitudo gelombang gempa (Sudrajat, 2017). Ketebalan lapisan sedimen adalah suatu bagian yang sangat perlu diperhatikan dalam penentuan suatu lokasi pembangunain, karena akan berpengaruh terhadap ketahanan dan keamanan suatu bangunan

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Mikrotremor

Kanai (1983) menjelaskan mikrotremor merupakan getaran *ambient* dari tanah yang terjadi karena penyebab alamiah atau gangguan batuan seperti angin, gelombang laut, lalu lintas, dan mesin industri (Maimun, 2020). Mikrotremor dapat dikatakan sebagai getaran harmonik alami di bawah permukaan tanah yang terjadi secara terus menerus sehingga terjebak pada lapisan sedimen dan terpantulkan akibat adanya bidang batas lapisan dengan frekuensi tetap yang disebabkan oleh getaran mikro dan kegiatan alam lainnya di bawah permukaan tanah (Keosuma, 2018).

### 2.2. Metode HVSR (Horizontal To Vertical Spectral Ratio)

Metode HVSR digunakan untuk mengestimasi frekuensi alami dan amplifikasi geologi setempat dari data mikrotremor. Metode *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio* (HVSR) didasarkan pada asumsi bahwa

perbandingan spektrum horizontal dan vertikal dari getaran permukaan merupakan fungsi perpindahan (Satria, 2020). Nakamura (1989) mengembangkan analisis mikrotremor yang umumnya disebut sebagai metode H/V atau HVSR.

#### 2.2.1. Frekuensi Dominan

Frekuensi dominan akan merepresentasikan frekuensi suatu gelombang yang sering muncul dalam rentang waktu. Nilai frekuensi natural diperoleh dari sumbu horizontal puncak kurva H/V. nilai frekuensi dominan dapat diasumsikan sebagai frekuensi natural atau frekuensi original dari lapisan tanah, karena frekuensi tersebut mendominasi frekuensi lainnya contohnya frekuensi yang diakibatkan oleh kendaraan, aktivitas manusia, dan lain-lain (Prabowo dkk, 2017).

#### 2.2.2. Faktor Amplifikasi

Faktor amplifikasi adalah perbandingan antara batuan dasar (*bedrock*) terhadap percepatan maksimum gempabumi di permukaan tanah. Besaran amplifikasi dapat disestimasi dari kontras impedansi antara *bedrock* dan sedimen permukaan. Semakin besar perbedaan parameter tersebut, semakin besar pula nilai amplifikasi perambatan gelombangnya. Nakamura (2000) menyatakan bahwa nilai faktor penguatan (amplifikasi) tanah berkaitan dengan perbandingan kontras impedansi lapisan permukaan dengan lapisan di bawahnya. Bila perbandingan kontras impedansi kedua lapisan tersebut tinggi maka nilai faktor penguatan juga tinggi, begitu pula sebaliknya. Amplifikasi berbanding lurus

dengan nilai perbandingan spektral horizontal dan vertikalnya (Marjiyono, 2010).

**Tabel 1** Klasifikasi Site berdasarkan nilai Vs hasil penyelidikan tanah dan laboratorium 1726

Klasifikasi site	Vs (m/s)
Batuan keras	≥1500
Batuan	750 – 1500
Tanah sangat padat	350 – 750
Tanah sedang	175 – 350
Tanah lunak	< 175

### 2.2.3. Ketebalan Lapisan Sedimen

Ketebalan lapisan sedimen merupakan salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya efek tapak lokal (*local site effect*) ketika gempa bumi. Efek tapak lokal merupakan bahasan tentang adanya pengaruh kondisi geologi lokal daerah sekitar terhadap getaran tanah yang terjadi akibat gempa bumi. Frekuensi dominan memiliki pengaruh terhadap ketebalan lapisan sedimen. Dimana frekuensi dominan berbanding terbalik terhadap ketebalan lapisan sedimen (Satria, 2020). Secara sistematis ketebalan lapisan sedimen dapat dituliskan sebagai berikut :

$$h = \frac{V_s}{4f_0} \quad (1)$$

dimana h adalah ketebalan lapisan sedimen (m), Vs adalah kecepatan rambat gelombang pada lapisan sedimen dan  $f_0$  adalah frekuensi dominan. Selain frekuensi dominan, kecepatan gelombang *shear* ( $V_s$ ) juga menentukan hasil perhitungan ketebalan lapisan sedimen. Klasifikasi material berdasarkan kecepatan gelombang shear ( $V_s$ ) dapat dilihat pada **Tabel 1** (Pratama, dkk 2021).

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data primer hasil pengukuran mikrotremor dan data sekunder nilai kecepatan gelombang shear ( $V_s$ ) hingga kedalaman 30 meter ( $V_{s30}$ ) dari website USGS (*United States Geological Survey*). Pengukuran mikrotremor telah dilakukan pada bulan Agustus 2022 di kawasan pesisir Kecamatan Moramo, Kabupaten Konawe Selatan. Pengukuran mikrotremor dilakukan di 15 titik dengan jarak antara 500 sampai 1.000 m. Pengolahan data mikrotremor diolah menggunakan *software* Geopsy 3.4.2 yang menghasilkan dua parameter penting yaitu frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan faktor amplifikasi ( $A_0$ ). Untuk nilai  $V_{s30}$  didownload pada <https://earthquake.usgs.gov/data/vs30/>.

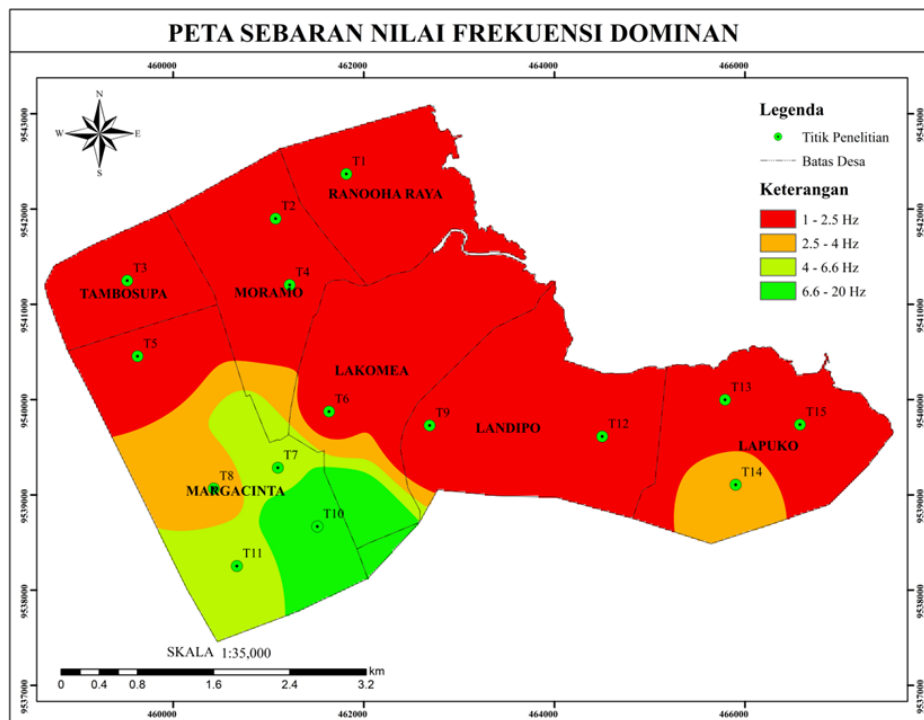
Hasil *download* berupa peta raser sehingga untuk mendapatkan  $V_{s30}$  disetiap titik pengukuran perlu dilakukan ekstrak menggunakan *software* ArcGis 10.4, setelah didapatkan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan kecepatan gelombang shear ( $V_s$ ) hingga kedalaman 30 meter ( $V_{s30}$ ) akan dicari nilai ketebalan lapisan sedimen menggunakan persamaan (1). Setelah penentuan ketebalan lapisan sedimen maka dilakukan pemetaan dengan metode interpolasi menggunakan *software* ArcGis 10.4. Interpretasi dilakukan dengan melihat hubungan antara frekuensi dominan hasil pengolahan data HVSR dengan nilai ketebalan lapisan sedimen dimana 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. Analisis Frekuensi Dominan

Data hasil pengukuran mikrotremor yang didapatkan terdiri dari tiga komponen seismogram yaitu komponen *vertical* (Z), komponen horizontal *East-West* (E), dan komponen horizontal *North-South* (N). Data mikrotremor yang telah di peroleh kemudian

dianalisis menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSR) dengan menggunakan *software* Geopsy 3.4.2. Data getaran tanah yang diolah dalam *software* Geopsy 3.4.2 menghasilkan data dalam domain waktu yang kemudian dapat dikonversi ke domain frekuensi sebagai pendahuluan untuk melihat nilai frekuensi dominan berada pada rentang berapa..



Gambar 1 Peta Sebaran Nilai Frekuensi Dominan Tanah ( $f_0$ )

Data lapangan yang ditampilkan masih mengandung banyak *noise* yang bersumber dari gelombang permukaan dan aktivitas manusia, sehingga untuk memperoleh data getaran mikrotremor maka dilakukan filtering menggunakan *Band Pass Filter* dengan rentang frekuensi 0,5 sampai 20 Hz. Tahap selanjutnya adalah melakukan proses *windowing* dengan membandingkan STA (*Short Term Average*) atau nilai rata-rata amplitude terpendek dan LTA (*Long Time Average*) atau nilai rata-rata amplitude

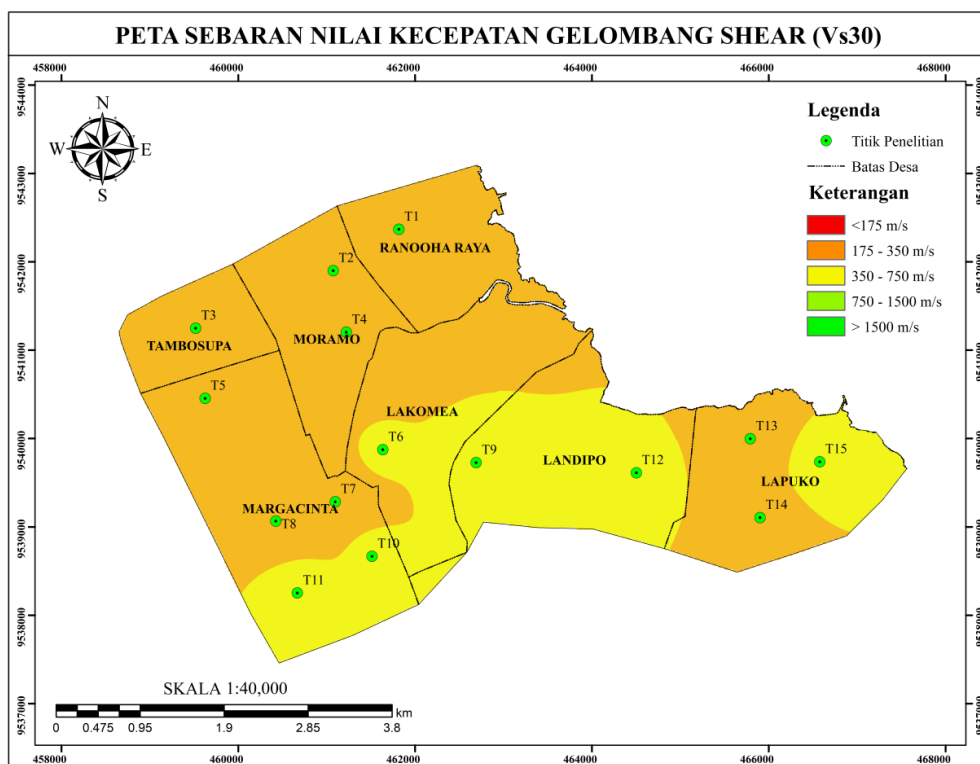
terpanjang untuk mendeteksi sinyal *transient*. Untuk memperhalus pola kurva maka dilakukan proses *smoothing* Konno-Ohmmachi dengan koefisien *bandwich* yang digunakan sebesar 40% dan *taper cosine* sebesar 5%. Data hasil analisis HVSR kemudian diperoleh kurva HVSR yang menunjukkan nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan faktor amplifikasi ( $A_0$ ). Nilai frekuensi dominan yang diperoleh berkisar antara 1,025 sampai 14,297 Hz. Adapun sebaran nilai frekuensi domianan di kawasan pesisir

Kecamatan Moramo dapat dilihat pada **Gambar 1**

**4.2. Analisis VS30**

$V_{s30}$  merupakan data yang paling penting dan paling banyak digunakan dalam geofisika untuk menentukan karakteristik struktur bawah permukaan. Nilai  $V_{s30}$  merupakan nilai rata-rata kecepatan nilai gelombang geser hingga kedalaman 30 meter.

Nilai  $V_{s30}$  dapat digunakan untuk klasifikasi batuan berdasarkan kekuatan getaran gempa bumi akibat efek local. Nilai  $V_{s30}$  diperoleh dari *website* data *United States Geological Survey* (USGS). Nilai  $V_{s30}$  yang diperoleh berkisar antara 231.123 – 422.33 m/s. Adapun sebaran nilai kecepatan gelombang *shear* ( $V_{s30}$ ) di kawasan pesisir Kecamatan Moramo dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Peta Sebaran Nilai Kecepatan Gelombang Shear ( $V_{s30}$ )

Berdasarkan **Gambar 2** memperlihatkan zonasi klasifikasi site nilai kecepatan gelombang *shear* ( $V_{s30}$ ) dengan nilai  $V_s$  dengan rentang 175 m/s sampai 350 m/s tersebar pada Desa Ranooha Raya, Desa moramo, Desa Tambosupa, sebagian besar Desa Lapuko, sebagian besar Desa marga Cinta, dan bagian Utara Desa Lakomea yang merupakan jenis tanah sedang yang ditandai dengan kontur berwarna orange. Sedangkan nilai  $V_s$  dengan

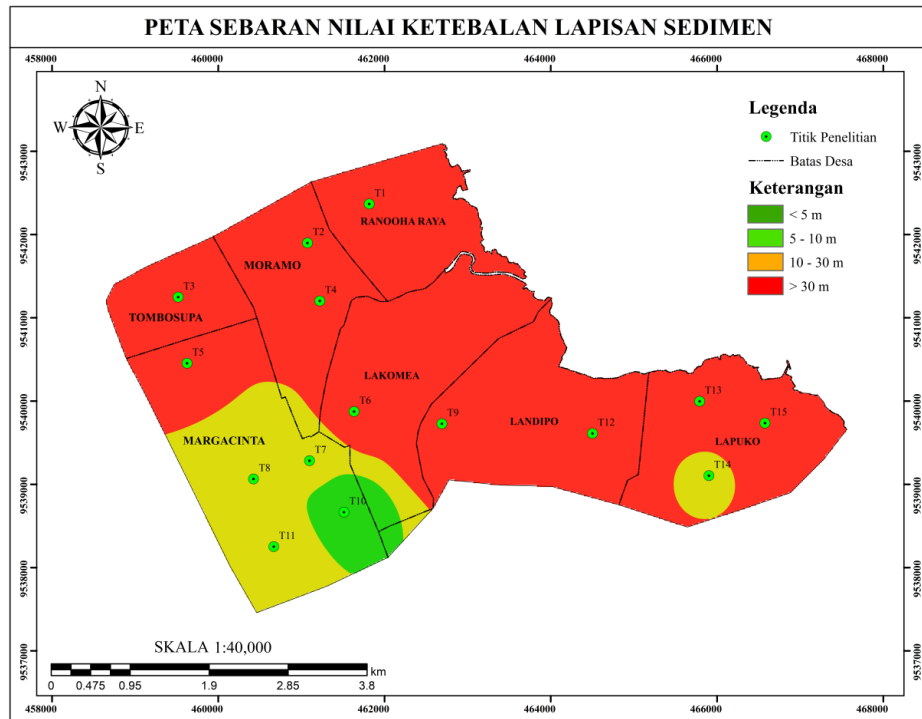
rentang 350 m/s sampai 750 m/s tersebar pada bagian Selatan Desa Lakomea, bagian Selatan Desa marga Cinta, bagian Timur Desa Lapuko dan Desa Landipo yang merupakan jenis tanah sangat padat yang ditandai dengan kontur berwarna kuning.

**4.3. Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen**

Ketebalan lapisan sedimen dipengaruhi oleh nilai frekuensi dominan ( $f_0$ ) dan nilai

kecepatan gelombang *shear* ( $V_{s30}$ ) dimana semakin kecil nilai frekuensi dominan maka ketebalan lapisan sedimennya akan semakin tebal. Ketebalan lapisan sedimen suatu wilayah akan berdampak pada penguatan guncangan saat terjadi gempa bumi. Ketebalan lapisan sedimen dapat ditentukan dengan

menggunakan persamaan (1). Nilai ketebalan lapisan sedimen yang diperoleh berkisar antara 6.596 – 66.124 m. Adapun sebaran nilai ketebalan lapisan sedimen di kawasan pesisir Kecamatan Moramo dapat dilihat pada Error! Reference source not found..



Gambar 3. Peta Sebaran Nilai Ketebalan Lapisan Sedimen (h)

Berdasarkan Error! Reference source not found. dapat diketahui bahwa daerah pesisir Kecamatan Moramo memiliki nilai ketebalan lapisan sedimen yang bervariasi. Nilai ketebalan lapisan sedimen menengah berada pada bagian Tenggara Desa Marga Cinta dan bagian Barat Daya Desa Lakomea dengan nilai ketebalan lapisan sedimen sebesar 6,596 m ditandai dengan kontur berwarna hijau. Desa yang memiliki sebaran nilai ketebalan lapisan sedimen dengan kategori tebal berada pada Desa Marga Cinta, bagian Barat Daya Desa Lapuko, bagian Selatan Desa Moramo dan bagian Tenggara Desa Lakomea dengan

rentang ketebalan sedimen 10,914 m sampai 29,577 m yang di tandai dengan kontur berwarna kuning. Pada daerah penelitian didominasi oleh ketebalan lapisan sangat tebal yang tersebar pada sebagian besar Desa Tombosupa, Desa Moramo, Desa Ranooha Raya, Desa Lakomea, Desa Landipo, sebagian besar pada Desa Lapuko dan bagian Barat Laut Desa Marga Cinta dengan nilai ketebalan sedimen 32,359 m sampai 66,124 m yang ditandai dengan kontur berwarna merah. Daerah dengan ketebalan lapisan sedimen yang tinggi memiliki resiko lebih besar mengalami kerusakan akibat gempa bumi bila

dibandingkan dengan daerah yang memiliki ketebalan lapisan lebih kecil.

Berdasarkan **Gambar 1** dapat dilihat bahwa nilai frekuensi dominan yang diperoleh dari penelitian ini dengan nilai frekuensi 1- 2,5 Hz tersebar pada Desa Ranooha Raya, sebagian besar Desa Moramo, Desa Tambosupa, sebagian besar Desa Lakomea, Desa Landipo, sebagian besar Desa Lapuko, dan bagian Utara Desa Marga Cinta yang ditandai dengan kontur berwarna merah, berdasarkan klasifikasi oleh Kanai 1983 tanahnya masuk dalam tipe II jenis IV yang terdiri dari batuan *alluvial* yang terbantuk dari sedimen *delta, top soil*, lumpur dengan kedalaman 30 m atau lebih. Nilai frekuensi dominan tanah dengan rentang 2,5 – 4,0 Hz terdapat pada bagian Selatan Desa Lapuko, bagian Selatan Desa moramo, bagian Selatan Desa Lakomea dan bagian Barat Desa Marga Cinta yang ditandai dengan kontur berwarna orange, berdasarkan klasifikasi oleh Kanai 1983 tanahnya masuk dalam tipe III jenis III yang terdiri dari batuan *alluvial* dengan ketebalan >5 m terdiri dari *sandy-Gravel, sandy hard clay, loam* dan lainnya. Nilai frekuensi dominan tanah dengan rentang 4,0 – 6,6 Hz terdapat pada bagian Selatan Desa moramo, bagian Selatan Desa Lakomea dan bagian Selatan Desa Marga Cinta yang di tandai dengan kontur berwarna hijau muda, berdasarkan klasifikasi oleh Kanai 1983 tanahnya masuk dalam tipe IV jenis II yang terdiri dari batuan *alluvial* dengan ketebalan 5 m, terdiri dari *sandy-gravel, sandy hard clay, loam* dan lainnya. Sedangkan frekuensi dominan tanah dengan rentang 6,6 – 20 Hz terdapat pada bagian

Tenggara Desa Marga Cinta dan bagian Selatan Desa Lakomea yang ditandai dengan kontur berwarna hijau, berdasarkan klasifikasi oleh Kanai tanahnya masuk dalam tipe IV jenis I yang terdiri dari batuan tersier atau batuan yang lebih tua, terdiri dari batuan *hard sandy, gravel* dan lainnya

## 5. KESIMPULAN

Sebaran ketebalan lapisan sedimen di Kecamatan Moramo Kabupaten Konawe Selatan berkisar antara 6,596 m sampai 66,124 m. Daerah dengan ketebalan lapisan sedimen dengan kategori menengah berada pada bagian Tenggara Desa Marga Cinta dan bagian Barat Daya Desa Lakomea dengan nilai ketebalan lapisan sedimen sebesar 6,596 m. Daerah dengan ketebalan lapisan sedimen dengan kategori tebal berada pada pada Desa Marga Cinta, bagian Barat Daya Desa Lapuko, bagian Selatan Desa Moramo dan bagian Tenggara Desa Lakomea dengan rentang ketebalan sedimen 10,914 m sampai 29,577 m. Daerah dengan ketebalan lapisan sedimen dengan kategori sangat tebal berada pada sebagian besar Desa Tombosupa, Desa Moramo, Desa Ranooha Raya, Desa Lakomea, Desa Landipo, sebagian besar pada Desa Lapuko dan bagian Barat Laut Desa Marga Cinta dengan nilai ketebalan sedimen 32,359 m sampai 66,124 m. Wilayah Kecamatan Moramo Kabupaten Konawe Selatan yang paling beresiko mengalami kerusakan akibat gempa bumi adalah Desa Tombosupa, Desa Moramo, Desa Ranooha Raya, Desa Lakomea, Desa Landipo, sebagian besar Desa Lapuko dan bagian Barat Laut Desa Marga Cinta. Hal

ini kerana daerah tersebut memiliki ketebalan lapisan sedimen sangat tebal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Satria Subkhi., Bagus Sapto Mulyanto., Marjiyono., Roby Setianegara., 2014, Penentuan Zona Rawan Guncangan Bencana Gempa Bumi Berdasarkan Analisis Nilai Amplifikasi HVSR Mikrotremor Dan Analisis Periode Dominan Daerah Liwa Dan Sekitarnya, Jurnal Geofisika Eksplorasi.
- Daryono, 2010, Zona Rawan "Lokal Site Effect" Gempa Bumi di Yogyakarta, Kebencanaan Indonesia 2.
- Daryon., 2011, Data Mikrotremor dan Pemanfatannya Untuk Pengkajian Bahaya Gempa Bumi, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.
- Koesuma, S, Pratiwi, S, Legowo, B, 2018, Penentuan Ketebalan Sedimen Menggunakan Metode Mikrotremor di Kota Surakarta, Vol.2, No.1 (2018) 25-28, ISSN: 2548-9011.
- Maimun, A. K, Silvia, U. N, Julia, V, Ariyanto, P, 2020, Analisis Indeks Kerentanan Seismik, Periode Diminan, dan Faktor Amplifikasi Menggunakan Metode HVSR di Stageof Tangerang, Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Vol.7, No.2 Juli 2020.
- Marjiyono, 2010, Estimasi Karakteristik Dinamika Tanah Dari Data Mikrotremor Wilayah Bandung, Thesis ITB, Bandung.
- Nakamura, Y., 1989, A Method For Dynamic Characteristics Estimation Of Subsurface, Quarterly Report Of The Railway Technical Research Institute, Tokyo, 30, 25-33.
- Nakamura, Y., 2000, Clear Identification Of Fundamental Idea Of Nakamura's Technique and Its Application, Tokyo University, Japan.
- Nakamura, Y., 2008, On The H/V Spectrum, China: Tokyo Institute Of Technology, Japan.
- Partuti, T, dan Umyanti, A, 2019, Pengenalan Upaya Mitigasi Bencana Gempa Bumi Untuk Siswa Sekolah Dasar di Kota Serang, Jurnal Pengabdian Dinamika, Vol.1 Tahun 2019, ISSN: 2088-2637.
- Prabowo, U. N, Amalia, A, Wiranta, F. E, 2017, Potensi Pergerakan Tanah Pada Lereng yang Dipicu Gempa Bumi Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor. ISSN : 2594-1989
- 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.2
- Satria, A, Resta, I. L, Muchtar, N, 2020, Analisis Ketebalan Lapisan Sedimen dan Indeks Kerentanan seismik Kota Jambi Bagian Timur, Jurnal Geofisika Eksplorasi, Vol.6, No.1 Tahun 2020: 18-30.
- Sitorus, N, Purwanto, S, Utama, W, 2017, Analisis Nilai Frekuensi Natural dan Amplifikasi Desa Olak Alen Blitar Menggunakan Metode Mikrotremor HVSR, Jurnal Geosaintek, Vol.3 No.2 Tahun 2017.
- Sudrajat, A, Wibowo, N. B, Darmawan, D, 2017, Analisis Litologi Lapisan Sedimen Berdasarkan Metode HVSR dan Data Bor Di Kawasan Jalur Sesar Opak, Jurnal Fisika Vol.6, No.2 Tahun 2017.
- Syahrudin, M. H, Aswad, S, Palullungan, E. F, Maria, Syamsuddin, 2014, Penentuan Profil Ketebalan Sedimen Lintasan Kota Makassar Dengan Mikrotremor, Jurnal Fisika Vol.4, No.1 Mei 2014