

IDENTIFIKASI KERENTANAN SITE MENGGUNAKAN METODE *REFRACTION MICROTREMOR* (ReMi) DI KECAMATAN SAMBELIA LOMBOK TIMUR

IDENTIFICATION OF SITE VULNERABILITIES USING *REFRACTION MICROTREMOR* (REMI) METHOD IN SAMBELIA DISTRICT OF EAST LOMBOK

MARDATILLAH¹, SYAMSUDDIN²

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram Indonesia.

Jalan Majapahit No. 62 Mataram, Lombok, Nusa Tenggara Barat,

email: mardatillah334@gmail.com

² Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram

Abstrak. Penelitian tentang indentifikasi kerentanan site menggunakan metode *Refraction Microtremor* (ReMi) telah dilakukan di Kecamatan Sambelia kabupaten Lombok Timur. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi kerentanan tanah di daerah penelitian dengan menentukan litologi batuan bawah permukaan. Pengukuran *Refraction Microtremor* (ReMi) dilakukan di 16 titik yang tersebar di daerah penelitian. Pengolahan data untuk mendapatkan profil kecepatan gelombang geser 1D menggunakan *McSEIS seisimager surface wave analysis wizard*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh empat lapisan batuan yaitu lapisan pertama dengan nilai V_s 466-543 m/s berupa lempung pada kedalaman (0-6.0 m), lapisan kedua dengan nilai V_s 429-668 m/s berupa Pasir dan kerikil padat pada kedalaman (6.0-16.1 m), lapisan ketiga dengan nilai V_s 726 - 812 m/s berupa breksi pada kedalaman (16.1-18.6 m), dan lapisan keempat dengan nilai V_s 905 – 1454 m/s yang diidentifikasi sebagai tufa berada pada kedalaman (18.6-30.0 m). Kesimpulan dari penelitian ini bahwa Desa Belanting dan Sugian memiliki tingkat kerentanan tinggi karena di dominasi oleh tanah yang sangat padat dan batuan lunak (tipe C) dengan batuan penyusun yaitu batuan alluvial (pasir padat, kerikil, lempung, dan lanauan) dan Desa Darakunci memiliki tingkat kerentanan rendah yang tersusun dari batuan breksi dan tufa.

Kata kunci : ReMi, kecepatan gelombang geser (V_s), Sambelia

Abstract. Research on site vulnerability identification using the *Refraction Microtremor* (ReMi) method has been conducted in Sambelia District, East Lombok regency. The purpose of this study was to identify the vulnerability of the soil in the study area by determining the lithology of subsurface rocks. Measurement of *Microtremor Refraction* (ReMi) was carried out at 16 points spread over the study area. Data processing to obtain 1D shear wave velocity profile using *McSEIS seisimager surface wave analysis wizard*. Based on the research that has been done, four layers of rock are obtained, namely the first layer with a value of V_s 466-543 m/s in the form of clay at a depth of (0-6.0 m), the second layer with a value of V_s 429-668 m/s in the form of solid sand and gravel at a depth of (6.0-16.1 m), the third layer with a value of V_s 726-812 m/s in the form of breccia at a depth of (16.1 - 18.6 m), and the fourth layer with a value of V_s 905-1454 m/s identified as the Tuff is at a depth of (18.6 – 30.0 m). The conclusion of this study is that Belanting and Sugian villages have a high level of vulnerability because they are dominated by very dense soils and soft rocks (Type C) with constituent rocks, namely alluvial rocks (solid sand, gravel, clay, and silt) and Darakunci village has a low level of vulnerability composed of breccia and Tuff rocks.

Keywords: ReMi, shear wave velocity (V_s), Sambelia

I. PENDAHULUAN

Pulau Lombok merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang rawan dan berpotensi terhadap terjadinya bencana gempa. Sumber gempa yang mengancam wilayah ini terdapat di laut yang berasal dari zona subduksi yang terbentuk akibat interaksi antara lempeng Samudera Hindia-Australia dan lempeng Benua Eurasia pada bagian selatan dan dan sesar naik busur belakang Flores (*Flores back arc thrust*) yang terdapat di laut Flores pada bagian utara. Kedua Sumber gempa tersebut berpotensi memicu terjadinya tsunami, sedangkan sumber gempa di darat berasal dari sesar aktif (Didiek dkk, 2018).

Sumber gempa pada wilayah ini tidak hanya bersumber di laut tetapi sumber gempa bumi juga berada di darat. Menurut BNPB Kabupaten Lombok Timur (2018), pada tanggal 29 Juli 2018 aktivitas kegempaan di pulau Lombok dengan kekuatan Magnitudo 6.4 SR yang bersumber di kawasan Sambelia, Kabupaten Lombok Timur, kemudian di susul oleh gempa bumi berkekuatan 6.9 SR pada 19 Agustus 2018 yang menimbulkan kerusakan berat yang berpusat di Kecamatan Sambelia dengan intensitas VIII MMI (*Modified Mercalli Intensity*) (PUSGEN,2018).

Kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa 2018 di Kecamatan Sambelia Lombok Timur, banyak menelan korban jiwa dan kerusakan bangunan yang begitu banyak (PUSGEN,2018). Desa Belanting dan desa Sugian sendiri yang merupakan salah satu wilayah terdampak gempa dengan kerusakan yang cukup parah.

Besarnya dampak yang ditimbulkan dari kejadian gempa disebabkan oleh beberapa faktor di antaranya struktur geologi bawah permukaan, kedalaman tanah dan kemiringan lahan (Paimin, dkk., 2009). Dari beberapa faktor tersebut struktur geologi menjadi faktor utama penyebab besarnya dampak kerusakan yang terjadi apabila terjadi gempabumi. Dimana berdasarkan topografinya daerah Sambelia merupakan perbukitan terjal dengan hulu sungai yang sempit dan bagian bawahnya merupakan kipas alluvial (Kristiawan dan Sumaryono, 2018). Selain itu, Sambelia termasuk dalam batuan gunungapi tak terpisahkan, terdiri dari lava, breksi dan tufa yang merupakan hasil kegiatan gunungapi Pusuk-Nangi (Qhv pn) dan Rinjani (Qhv r) yang tak terpisahkan (Mangga dkk, 1994).

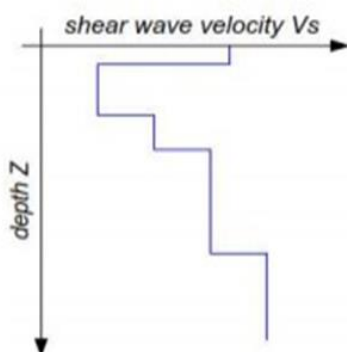
Untuk mengetahui struktur bawah permukaan daerah penelitian serta untuk mengetahui tingkat kerentanan tanah akibat guncangan gempa bumi digunakan Metode *Refraction Microtremor* (ReMi). Hal ini karena metode ini dapat mengetahui karakteristik batuan dari nilai indeks kerentanan tanah dalam cakupan wilayah yang luas berdasarkan kecepatan rata-rata gelombang geser hingga kedalaman 30 meter (Roser dan Gosar,2010). Selain itu pengeperasional lapangan lebih efektif dan memiliki akurasi dalam mendeteksi lapisan permukaan yang dangkal (Nausil dkk., 2015).

II. MATERI DAN METODE

Materi

Metode Gelombang Permukaan

Metode gelombang permukaan (*Surface Wave Method*) merupakan metode karakterisasi seismik yang berdasarkan analisis dispersi geometrik dari gelombang permukaan, dimana distribusi vertikal modulus geser dinamik suatu lapisan bawah permukaan dapat diperoleh dengan metode ini. Prosedurnya terdiri dari estimasi sifat dispersi suatu daerah dan kemudian menginversi data-data tersebut untuk mengestimasi sifat bawah permukaan. Hasil yang didapatkan merupakan profil vertikal dari kecepatan gelombang geser seperti gambar 3.5 (Rosyidi, dkk, 2006).



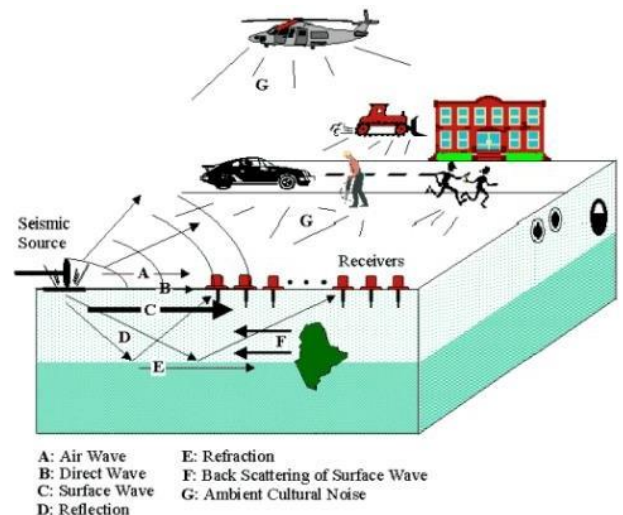
Gambar 3.5 Profil vertikal dari gelombang geser (Rosyidi, dkk, 2006)

Refraction Microtremor (ReMi)

Metode ReMi merupakan salah satu metode yang cukup efektif dan ekonomis dalam pengambilan data, karena dengan metode ini dapat diketahui karakteristik dari nilai indeks kerentanan tanah dalam cakupan wilayah yang luas. Metode pengambilan data ini baik digunakan untuk menentukan karakteristik batuan berdasarkan kecepatan

rata-rata gelombang geser hingga kedalaman 30 meter (Roser dan Gosar,2010).

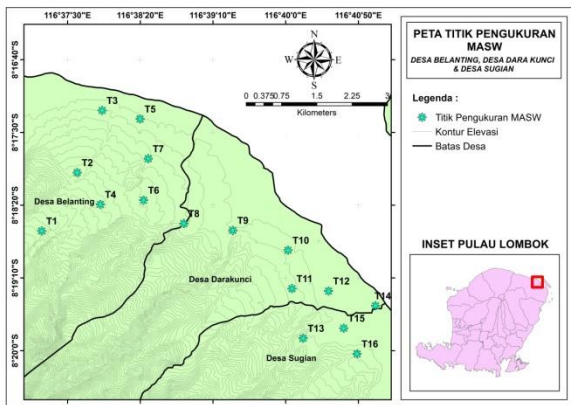
Metode ReMi menggunakan sumber dengan frekuensi rendah seperti pasang surut air laut, lalu lintas kendaraan ataupun kerumunan pejalan kaki seperti pada gambar 3.6 (Park, dkk., 1999).



Gambar 3.6 Gambaran umum survei metode MASW (Park, dkk., 1999)

Metode

Penelitian ini terletak di Kecamatan Sambelia yaitu di Desa Belanting, Desa Sugian dan Desa Darakunci. Pengukuran dilakukan pada 16 titik pengukuran dengan panjang bentangan 115 meter dan jarak antar *geophone* 5 meter. Gambar 1 menunjukkan posisi titik pengukuran seismik Refraction Microtremor (ReMi) di Kecamatan Sambelia.



Gambar 1 Peta titik pengukuran hasil plot dari peta anomali total data magnetik

Peralatan utama yang digunakan dalam survai terdiri dari Seismograph PASSI MD 16S24-P, kabel geophone, kabel seismik, geophone 24 buah, dan untuk peralatan lainnya antara lain meteran, Global Positioning System (GPS), software SeisImager (Processing Data), peta geologi, dan alat tulis menulis.

Pengukuran data di lapangan dimulai dengan membuat bentangan garis lurus, menentukan jarak antar *geophone* dan menentukan titik center dengan memperhatikan kondisi lingkungan, memasang geophone dengan interval 5 meter, dan mengukur posisi *geophone*, menghubungkan semua *geophone* dengan alat utama (seismograf) menggunakan kabel konektor, mengoperasikan alat Passi MD 16S24-P, pengambilan data dilakukan dengan cara pasif yaitu dengan cara membiarkan alat Passi bekerja tanpa memberikan gangguan pada shoot point, perekaman data berupa penjumlahan gelombang di bawah permukaan yang terekam secara otomatis pada alat passi.

Dari hasil pengukuran data diatas, kemudian mendownload data yang terekam pada alat Passi MD 16S24-P, memilih salah satu data rekaman pada setiap titik 1 sampai

16, setelah data dipilih, kemudian diproses kedalam program *Surface Wave Analysis Wizard* untuk mendapatkan rekaman gelombang seismograf, hasil dari gelombang seismograf diproses kembali kedalam program *Surface Wave Analysis Wizard* untuk mendapatkan *Dispersion Curve*, selanjutnya, data di save dalam bentuk file (*.pvs) proses selanjutnya, menggunakan program *WaveEq* untuk di inversi sehingga mendapatkan profil kecepatan gelombang geser, kemudian menentukan lapisan dengan memperhatikan kecepatan gelombang geser untuk setiap lapisan dan bidang batas lapisan.

Pengolahan data rekaman gelombang tersebut diproses menggunakan program *Surface Wave Analysis Wizard*. Bertujuan untuk mendapatkan kurva dispersi yang merupakan hubungan antara frekuensi dan kecepatan fase sebagai fungsi frekuensi diperoleh dari fase Cross Power Spectrum. Pembuatan kurva dispersi gelombang kecepatan dapat dilakukan dengan cara mengkorelasikan 2 buah gelombang pada fungsi frekuensi yang terdeteksi oleh *geophone* dengan dimensi jarak. Sinyal yang terekam dalam domain waktu kemudian ditransformasikan ke domain frekuensi. Selanjutnya interpretasi bawah permukaan dilakukan berdasarkan harga kecepatan gelombang geser dan sebaran nilai V_{s30} , dengan tujuan untuk mengetahui tingkat keretakan site di Kecamatan Sambelia. Model bawah permukaan direkonstruksi menggunakan metode pembalikan (*inverse modeling method*)

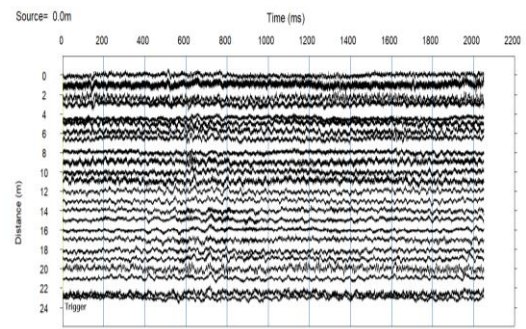
menggunakan program WaveEq. Hasil yang diperoleh dari pemodelan inversi berupa harga kecepatan gelombang geser terhadap struktur perlapisan batuan ditampilkan dalam profil 1-D.

III. ANALISIS DATA

Analisis dan interpretasi data didasarkan pada nilai kecepatan gelombang S (V_s) lapisan bawah permukaan yang telah didapatkan. Penentuan jenis lapisan tanah dilihat dari nilai V_s lapisan dengan tabel kecepatan V_s batuan dan tanah serta tabel klasifikasi tanah. Serta gunakan data tambahan agar mempermudah interpretasi. Data tambahan yang digunakan berupa data geologi serta profil singkapan batuan yang ada pada daerah penelitian. Penentuan kerentanan dilakukan dengan menganalisa sebaran nilai V_{s30} , kedalaman tanah dan ketebalan tanah.

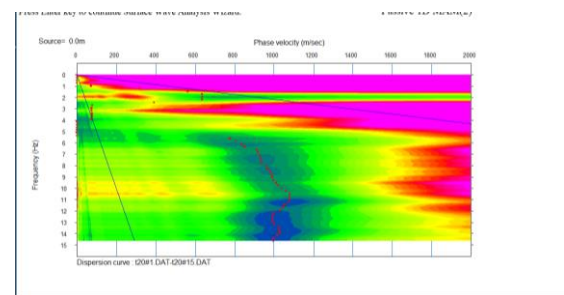
IV. HASIL DAN DISKUSI

Metode refraksi mikrotremor merupakan metode geofisika yang menggunakan sumber passive dari noise dekat permukaan. Pengambilan data yang dilakukan dengan cara passive yaitu dengan menggunakan sumber gangguan dari alam sebagai sumber energi. Kemudian data yang telah didapatkan merupakan hasil rekaman geophone. Data tersebut diperoleh dari tiap konfigurasi pasangan geophone dari setiap lintasan hasil perekaman yang ditunjukkan pada Gambar 2.



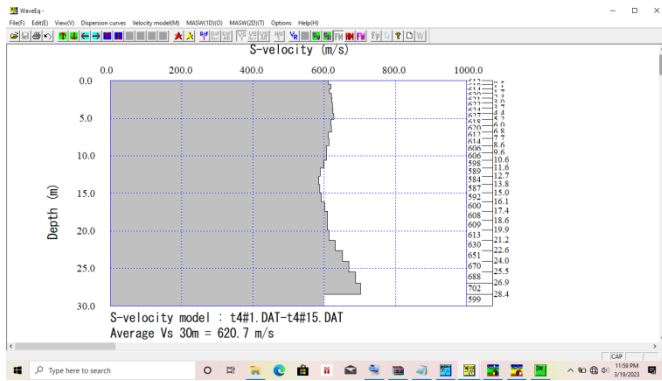
Gambar 2. Raw data hasil pengukuran lapangan pada titik 1

Rekaman dari data seismik dalam domain waktu dan jarak kemudian ditransformasikan ke dalam domain frekuensi terhadap kecepatan fase. Dari hasil transformasi perekaman data kecepatan fase sebagai fungsi dari frekuensi didapatkan fase cross power spectrum seperti terlihat pada Gambar 3.

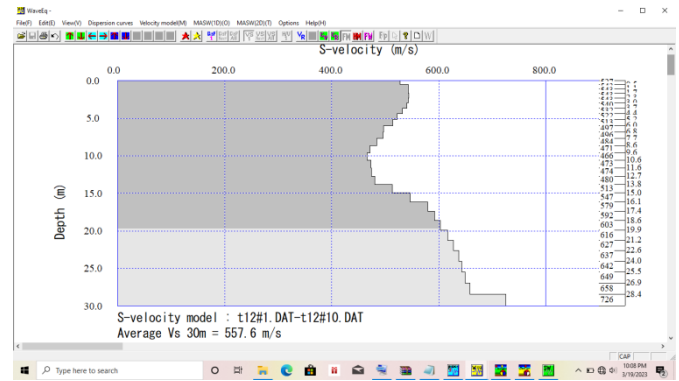


Gambar 3. Spektrum kurva dispersi titik 1

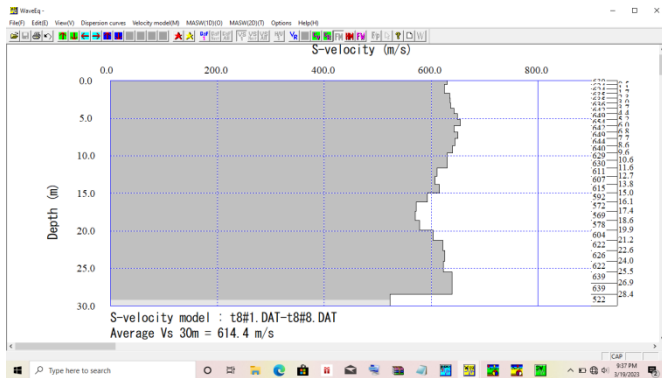
Dalam melakukan interpretasi model bawah permukaan, informasi geologi (batuan) di lapangan akan dijadikan data kontrol. Model 1-D data dari titik 1, 2, 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, dan 16 diinterpretasikan memiliki 2 struktur perlapisa batuan, dan untuk titik 3, 6, 7, 8, 10 juga memiliki 3 lapisan batuan. Model 1-D ditunjukkan oleh gambar 4-10.



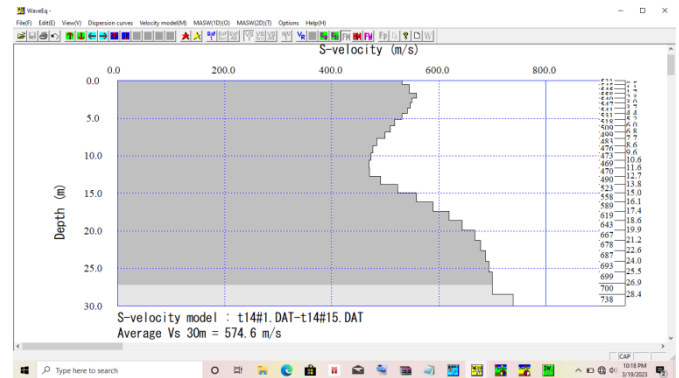
Gambar 4. Profil 1D untuk titik 1



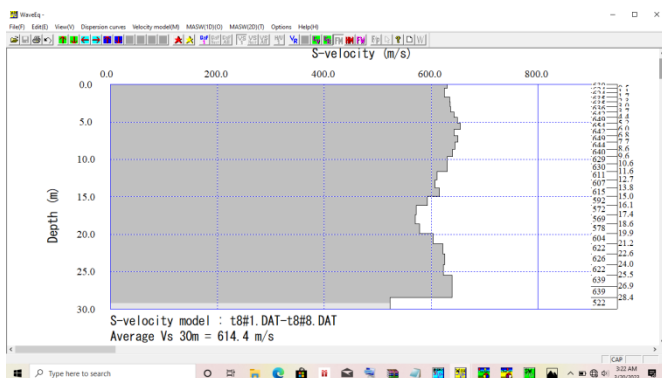
Gambar 8. Profil 1D untuk titik 5



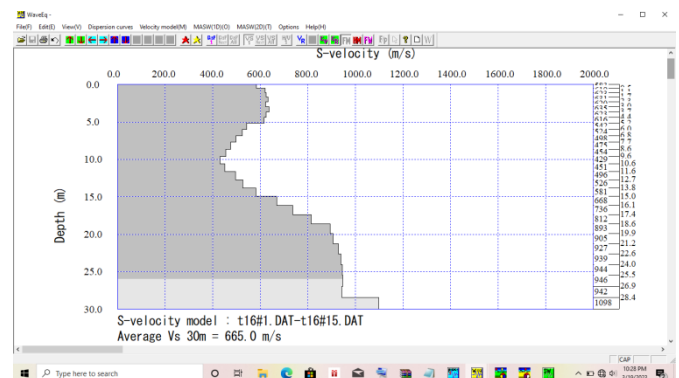
Gambar 5. Profil 1D untuk titik 2



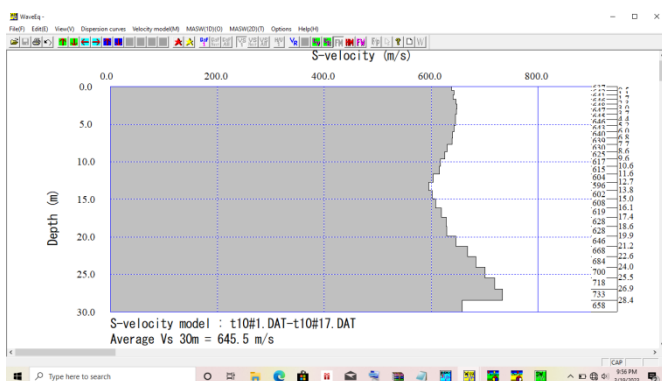
Gambar 9. Profil 1D untuk titik 6



Gambar 6. Profil 1D untuk titik 3



Gambar 10. Profil 1D untuk titik 7



Gambar 7. Profil 1D untuk titik 4

Hasil pemodelan 1-D pada titik 1 memiliki dua lapisan batuan, lapisan pertama dengan Vs 470 – 555 m/s pada kedalaman 0 – 18.6 m yang diidentifikasi sebagai lempung dan pada lapisan kedua dengan Vs 591 – 653 m/s pada kedalaman 18.6 - 30.0 m yang merupakan pasir dan kerikil padat.

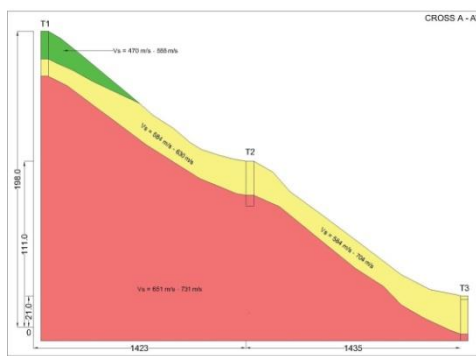
Hasil dari pemodelan secara singkat dari 16 titik pengukuran berdasarkan geometri, kecepatan gelombang, dan litologi batuan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Interpretasi litologi batuan bawah permukaan berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser.

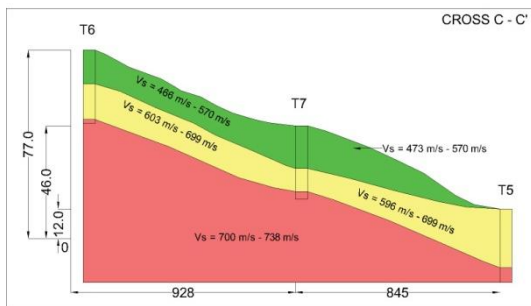
Titik	Lapisan	d (m)	Vs (m/s)	Interpretasi Litologi	Tipe Tanah
T1	1	0 – 18.6	470 – 555	lempung sangat kaku	C
	2	18.6 - 30.0	591 – 653	Pasir dan kerikil padat	
T2	1	0 - 22.6	584-630	Pasir dan kerikil padat	C
	2	22.6 - 30.0	651 – 702	Breksi	
T3	1	0 - 2.3	684 – 697	Pasir dan kerikil padat	C
	2	2.3 - 25.5	695 – 704		
	3	25.5 – 30.0	727 – 731		Breksi
T4	1	0 - 15.5	607 – 654	Pasir dan kerikil padat	C
	2	15.5 - 30.0	522 – 678		
T5	1	0 - 24.0	596 – 658	Pasir dan kerikil padat	C
	2	24.0 – 30.0	700 – 733	Breksi	
T6	1	0 – 13.8	466 – 543	Lempung sangat kaku	C
	2	13.8 – 28.4	603 – 658	Pasir dan kerikil padat	
	3	28.4 – 30.0	726	Breksi	
T7	1	0 – 17.4	473 – 570	Lempung sangat kaku	C
	2	17.4 – 26.9	619 – 699	Pasir dan kerikil padat	
	3	26.9 – 30.0	700 – 738	Breksi	
T8	1	0 – 16.1	429 – 668	Pasir dan kerikil padat	C
	2	16.1 – 18.6	736 – 812	Breksi	
	3	18.6 – 30.0	905 – 1098	Tufa	
T9	1	0 – 30.0	1000 – 1454	Tufa	B
T10	1	0 – 21.2	481 – 589	Lempung sangat kaku	C
	2	21.2 – 26.9	614 – 683	Pasir dan kerikil padat	
	3	26.9 – 30.0	683 – 713	Breksi	
T11	1	0 – 15.0	461 – 520	Lempung sangat kaku	C
	2	15.0 – 30.0	517 – 694	Pasir dan kerikil padat	C
T12	1	0 – 21.2	379 – 481	Lempung lanauan	C
	2	21.2 – 30.0	502 – 631	Pasir dan kerikil padat	
T13	1	0 – 13.8	361 – 391	Lempung lanauan	C
	2	13.8 – 30.0	402 – 592	Pasir dan kerikil padat	
T14	1	0 – 22.6	208 – 404	Lempung lanauan	D
	2	22.6 – 30.0	432 – 613	Pasir dan kerikil padat	C
T15	1	0 - 16.1	321 – 390	Lempung lanauan	D
	2	16.1 – 30.0	400 – 447	Pasir dan kerikil padat	C
T16	1	0 – 16.1	255 - 395	Lempung lanauan	D
	2	16.1 – 30.0	428 – 590	Pasir dan kerikil padat	C

Pemodelan 2D

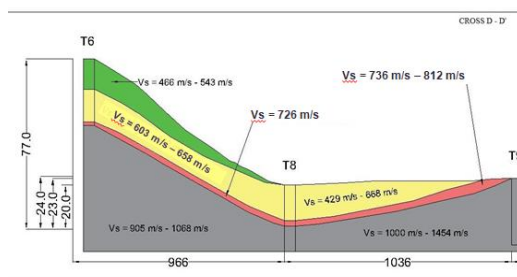
Berdasarkan tentang penelitian tentang indentifikasi kerentanan site menggunakan metode ReMi di Kecamatan Sambelia Lombok Timur, yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kerentanan tanah di daerah penelitian dengan mengetahui litologi batuan bawah permukaan. Pemodelan 2D untuk pengukuran Remi dapat dilihat pada gambar 11-13.



Gambar 11. sayatan AA'



Gambar 12. sayatan CC'



Gambar 13. sayatan DD'

Dari Gambar 11 dilihat bahwa pada sayatan AA' dibuat model struktur/strata lapisan bawah, di mana hasil pemodelan pada sayatan

AA' menunjukkan adanya 3 lapisan batuan. Lapisan pertama memiliki nilai Vs (470-555) m/s yang merupakan lempung sangat kaku. Batuan ini berada pada kedalaman 0-18.6 m. Lapisan kedua memiliki nilai Vs (584-704) m/s yang merupakan Pasir dan kerikil padat yang berada pada kedalaman 18.6-25.5 m yang merupakan pelapukan dari batuan breksi. Sedangkan pada lapisan ketiga memiliki nilai Vs (651-731) m/s yang diidentifikasi sebagai batuan breksi yang berada ada pada kedalaman 25.5-30 m.

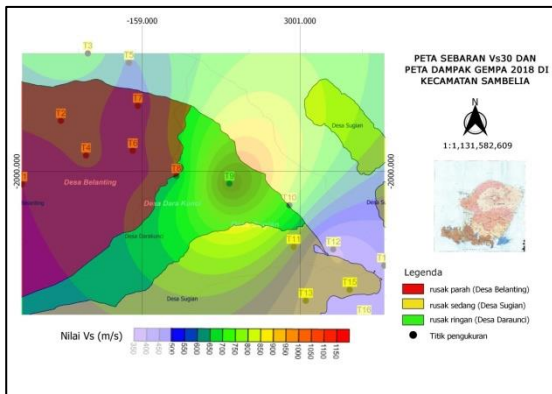
Hasil pada sayatan CC' terdapat tiga lapisan batuan sama seperti sayatan AA' yaitu lapisan pertama dengan nilai Vs (466-570) m/s yang merupakan lempung sangat kaku yang berada pada kedalaman 0-15.5 m. lapisan kedua dengan nilai Vs (596-699) m/s yang merupakan Pasir dan kerikil padat, hasil dari pelapukan dari breksi yang berada pada kedalaman 15.5-19.9 m. Sedangkan pada lapisan ketiga dengan nilai Vs (700-738) yang merupakan lapisan breksi, yang berada pada kedalaman 19.9-30 m.

Berbeda dengan sayatan AA' dan CC' pada sayatan DD' ini menunjukkan adanya 4 lapisan batuan. Lapisan pertama dengan nilai Vs (466-543) m/s yang merupakan lempung sangat yang berada pada kedalaman 0-6.0 m. Lapisan kedua dengan nilai Vs (429-668) m/s yang merupakan Pasir dan kerikil padat hasil dari pelapukan dari breksi yang berada pada kedalaman 6.0-16.1 m. Lapisan ketiga dengan nilai Vs (726-812) m/s yang merupakan lapisan breksi yang berada pada kedalaman 16.1-18.6 m. Sedangkan pada lapisan keempat dengan

nilai Vs (905-1454) m/s yang diidentifikasi sebagai lapisan tufa yang berada pada kedalaman 18.6-30.0 m.

Interpretasi 2D di atas dapat dijelaskan bahwa semakin dalam lapisan batuan maka semakin keras pula material yang dilalui. Hal ini dikarenakan nilai Vs yang rendah akan membuat kecepatan gelombang merambat lebih lama karena batumannya memiliki porositas yang besar dimana semakin besar porositasnya maka semakin kecil densitas batumannya. Demikian dengan nilai Vs yang tinggi di sebabkan karena porositas batumannya kecil akan membuat batuan lebih sulit untuk merekah.

Sebaran Nilai Vs30



Gambar 8. Peta overlay Sebaran nilai Vs30 dengan peta dampak gempa 2018 di kecamatan Sambelia.

Nilai sebaran Vs30 di Kecamatan Sambelia berkisar antara 335.1 m/s sampai dengan 1103.8 m/s sebagaimana di lampirkan pada lampiran 6, dari gambar 5.9 di atas dapat dilihat bahwa dari sebaran Vs30 yang dipetakan sesuai dengan peta sebaran dampak gempa bumi 2018 di Kecamatan Sambelia. Di mana pada Desa Belanting dan Desa Sugian cenderung memiliki nilai Vs yang kecil dibandingkan dengan Desa Darakunci.

Sehingga dapat di simpulkan bahwa Desa Belanting dan Desa Sugian memiliki tingkat kerentanan tanah yang lebih tinggi dibandingkan Desa Darakunci hal ini disebabkan oleh struktur geologi maupun batuan penyusun yang lemah yaitu seperti batuan lempung, pasir dan kerikil padat. Sehingga apabila terjadi gempa bumi akan mengalami kerusakan yang lebih dari pada daerah lainnya atau penguatan amplifikasinya sangat kurang. Sedangkan Desa Darakunci memiliki tingkat kerentanan tanah yang rendah karena memiliki struktur geologi dengan batuan penyusun berupa breksi dan tufa, di mana apabila terjadi gempa bumi akan mengalami penguatan amplifikasi yang lebih dari pada daerah lainnya.

V. KESIMPULAN

1. Pada daerah penelitian jenis batuan penyusun di daerah tersebut terdiri dari batuan alluvial (pasir, kerikil padat, lempung, dan lanauan), breksi dan tufa.
2. Desa Belanting dan Sugian memiliki tingkat kerentan tinggi karena di dominasi oleh tanah yang sangat padat dan batuan lunak (tipe C) dengan batuan penyusunnya berupa lempung sangat kaku, pasir, dan kerikil padat dan Desa Darakunci memiliki tingkat kerentanan rendah yang tersusun oleh batuan breksi dan tufa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Bapak Syamsuddin, S.Si., M.T. dan Bapak Dr. Hiden, S.Si.,M.T. (Almarhum) selaku Dosen

pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan, saran, dan motivasi dalam penulisan artikel ilmiah ini, serta teman-teman semua yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Kristiawan, Y. dan Sumaryono, 2018, Pemodelan Aliran Bahan Rombakan di Kecamatan Sambelia, Kabupaten Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat, *Jurnal Lingkungan Dan Bencana Geologi*, 11 (1): 49-62.
- <http://bpbd.grobongan.go.id/berita/berita/dampak-gempa-lombok-460-orang-meninggal-dunia460-dan-kerugian-ekonomi-745-tryliun-rupiah> (diakses 17 April 2022).
- <https://bappeda.ntbprov.go.id/peta-lokasi-dampak-gempa-lombok-timuri29-juli-2018/> (diakses 23 Mei 2023).
- Mangga, A., S., Atmawinata, S., Hermanto, B., Setyogroho, B., dan Amin, T.C, 1994, Peta Geologi Lembar Lombok, Nusa Tenggara Barat, Skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Nausil, Syamsuddin, Rustan E., Sandra, *Penentuan Struktur Batuan Daerah Rawan Longsor Menggunakan Metode Seismik Mikrotremor di Desa Enu Kecamatan Sindue Kabupaten Donggala*, Universitas Mataram.
- Roser, J, & Gosar, A, 2010, *Determination of Vs30 for Seismic ground Classfications in the Ljubljana Area, Slovenia*, Acta Geotechnicac Slovenia.
- Rosyidi, S.A, 2006, Kajian metode analisis gelombang seismik permukaan untuk mengembangkan teknik evaluasi perkerasan lentur dan kaku di Indonesia, 14(3), Edisi 26 (Oktober 2006).
- Tanggapan Kejadian Gempa Bumi Tanggal 19 Agustus 2018 di Timur Laut Lombok Timur Ntb <http://vsi.esdm.go.id/index.php/gempabumi-a-tsunami/kejadian-gempabumi-a-tsunami/2385-tanggapan-kejadian-gempa-bmi-tanggal-19-agustus-2018-timurlaut-lombok-timur-ntb> (di akses 17 April 2022).
- Paimin, S., dan Pramono, I. B, 2009, *Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor*, Balikpapan: Tropenbos Internasional Indonesia rogramme.
- Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1999, *Multichannel analysis of surface waves*, *Geophysics*, 64(3) (May-June 1999): 800– 808 .
- PUSGEN, 2018, *Kajian Rangkaian Gempa Lombok Provinsi Nusa Tenggara Barat*, Bandung, Kementrian PUPR.