

Studi Gelombang Rayleigh untuk Prediksi DayaDukung Tanah dengan Menggunakan Metode Seismik *Multi-Channel Analysis of Surface Wave(Masw)*

¹Norlaila, ²Piter Lepong, ²Rahmiati

¹Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman
²Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

Email : nolanorlaila@gmail.com

Manuscript received: 16 Januari 2023; Received in revised form: 6 Februari 2023;
Accepted: 28 Februari 2023

ABSTRACT

This research was conducted to determine subsurface lithology and soil carrying capacity in the study area by using the results of shear wave analysis using the MASW seismik method. This study used secondary seismic refraction data with three lines, where the data was collected on street Poros Samarinda-Tenggarong, East Kalimantan. Data processing is divided into two stages, namely the determination of the dispersion and inversion curves to produce shear wave velocity values. The resulting shear wave value is used to analyze the soil bearing capacity. The results of this study are that there is sandstone material (unsaturated) in the first layer and clay rock and at that location has a soil permit carrying capacity value range of 74.46-79.8 KPa with a moderate soil type class.

Keywords: *Rayleigh waves, shear waves, soil bearing capacity*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui litologi bawah permukaan dan daya dukung tanah daerah penelitian dengan menggunakan hasil analisis gelombang geser menggunakan metode seismik MASW. Penelitian ini menggunakan data sekunder seismik refraksi dengan tiga lintasan yang pengambilan datanya dilakukan di Jalan Poros Samarinda-Tenggarong, Kalimantan Timur. Pengolahan data dibagi menjadi dua tahap yaitu penentuan kurva dispersi dan inversi untuk menghasilkan nilai kecepatan gelombang geser. Nilai gelombang geser yang dihasilkan digunakan untuk menganalisis nilai daya dukung tanah. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat material batu pasir (tidak tersaturasi) pada lapisan pertama dan batuan lempung, pada lokasi tersebut memiliki range nilai daya dukung izin tanah 74.46-79.33 KPa dengan kelas jenis tanah sedang.

Kata Kunci : *Gelombang Rayleigh, Gelombang geser, Daya Dukung Tanah*

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di beberapa wilayah di Indonesia. Hal ini menimbulkan banyak kerugian baik dari segi material maupun immaterial. Salah satu contoh kerugian akibat longsor adalah terhambatnya lalu lintas apabila longsor terjadi di jalan raya. Hal inilah yang pernah terjadi di jalan poros Samarinda-Tenggarong yang merupakan studi area pada penelitian ini. Peristiwa longsor juga dapat dipengaruhi oleh faktor internal seperti litologi bawah permukaan yang mempengaruhi daya dukung tanah. Penyebab longsor yang terjadi di suatu daerah perlu diketahui penyebabnya sehingga dapat dilakukan penanganan yang tepat agar bisa diminimalisir dampaknya. Longsor yang dipengaruhi litologi bawah permukaan bisa dilakukan analisis dengan menggunakan metode Geofisika. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah metode seismik.

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh [1] menyatakan bahwa metode seismik tomografi dapat mengidentifikasi adanya zona lemah dan keberadaan daerah bidang gelincir. Metode seismik refraksi hanya menghasilkan model kecepatan gelombang P, sehingga pada penelitian ini dengan menggunakan data yang sama, digunakan metode MASW yang menghasilkan model kecepatan gelombang S. Penelitian tentang metode MASW telah banyak dilakukan, beberapa diantaranya adalah identifikasi struktur bawah permukaan [2], pemetaan bedrock di olathe Kansas [3], evaluasi kompaksi tanah [4], analisis daya dukung tanah melalui penelusuran kecepatan gelombang geser tanah [5]. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan studi analisis gelombang rayleigh untuk mengetahui litologi bawah permukaan dan memprediksi daya dukung tanah di daerah penelitian dengan menggunakan metode *analysis surface of wave* (MASW).

2. TEORI

2.1 Metode Seismik *Multichannel Analysis of Surface Wave* (MASW)

Metode Seismik *Multichannel Analysis of Surface Wave* MASW adalah metode seismik yang memanfaatkan gelombang geser sebagai sinyal utamanya. Gelombang geser mempunyai amplitudo yang sangat besar dibandingkan dengan gelombang badan. Sehingga menyebabkan gelombang geser adalah gelombang paling kuat diantara gelombang lainnya. Selain itu, gelombang geser merambat sangat lambat dengan waktu rambat yang panjang di dalam tanah. Hal inilah yang menyebabkan MASW mempunyai signal to noise ratio lebih tinggi dibandingkan metode seismik konvensional (metode seismik refraksi dan metode seismik refleksi). Hal ini disebabkan karena kedua metode seismik konvensional tersebut memanfaatkan gelombang badan (*body-waves*) sebagai sinyal dan gelombang geser (*Surface- 8 wave*) dianggap sebagai noise. Gelombang badan merambat sangat cepat di dalam tanah, selain itu gelombang ini juga mempunyai amplitudo yang sangat kecil jika dibandingkan dengan gelombang geser [5].

Dalam metode MASW, data seismik yang telah diukur dan direkam oleh seismograf atau sering disebut sebagai data rekaman multi-channel, selanjutnya akan diproses serta dianalisis. Terdapat dua tahapan untuk mengolah dan menganalisis data seismik tersebut sehingga pada akhirnya akan diperoleh satu profil material bawah permukaan (kecepatan geser tanah terhadap kedalaman). Kedua tahapan itu adalah tahapan pembentukan kurva dispersi dan proses inversi terhadap kurva dispersi untuk mendapatkan profil material bawah permukaan [9].

2.2 Daya Dukung Tanah

Pada dasarnya daya dukung tanah (q) merupakan kemampuan memikul beban atau tekanan maksimum yang diijinkan

bekerja pada tanah pondasi. Daya dukung tanah batas atau ultimate bearing capacity (q_u) adalah tekanan maksimum yang dapat diterima oleh tanah akibat beban yang bekerja tanpa menimbulkan longsor geser pada tanah pendukung tepat dibawah dan sekeliling pondasi. Tanah yang mendapatkan tekanan mempunyai sifat untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan gesernya. Apabila beban yang bekerja pada tanah pondasi telah melampaui batas daya dukungnya, tegangan geser yang ditimbulkan melampaui kekuatan geser tanah, maka akan mengakibatkan keruntuhan geser (N) pada tanah [4].

Tezcan & Ozdemir (2012) memberikan persamaan untuk menentukan daya dukung dari data gelombang sebagai berikut:

$$q_u = \gamma D \quad (1)$$

Selain itu, nilai unit berat (γ) juga dapat diperkirakan menggunakan persamaan

empiris sebagaimana dilakukan Tezcan & Ozdemir (2012) dengan memanfaatkan nilai V_s seperti dituliskan pada pers. 2

$$\gamma = 4,3V_s^{0,25}$$

q_u = Daya dukung batas (kN/m^2)

γ = Unit berat (kN/m^3)

D = Kedalaman (m)

V_s = Kecepatan gelombang-S (m/s)

Setelah nilai q_u diperoleh, langkah selanjutnya ialah menghitung daya dukung izin atau *allowable bearing capacity* (q_a). Daya dukung izin merupakan beban per satuan luas yang diizinkan untuk dibebankan pada tanah agar terhindar dari kemungkinan terjadinya keruntuhan (N). Beban tersebut termasuk beban mati atau beban hidup di atas permukaan tanah, berat fondasi dan berat tanah yang terletak tepat di atas fondasi [8].

$$q_a = \frac{\gamma D}{n}$$

q_a = Daya dukung izin tanah (kN/m^2)

n = Faktor keamanan

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di bulan Juli 2021 sampai November 2022 di Laboratorium Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman. Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data seismik refraksi dalam format data SEG2 yang telah diambil di jalan poros Samarinda–Tenggarong. Prosedur pengambilan data dilakukan dengan tahapan seismik refraksi pada umumnya menggunakan seismograph DAQlink III yang terhubung dengan laptop berisi *software* Vibroscope untuk meng-export data rekaman seismik dalam bentuk SEG2 atau SEG. Kemudian data yang tersimpan dalam bentuk SEG2 diolah menggunakan *software* seisimager yang terdiri atas ‘surface wave analysis wizard’ dan ‘waveEq’. Kemudian data rekaman seismik berbentuk SEG2 diolah dengan aplikasi *surface wave analysis wizard*, dan memunculkan kurva bentuk trace dimana

akan dilakukan analisis transformasi jarak terhadap waktu menjadi *phase velocity* terhadap frekuensi. Setelah dilakukan transformasi akan dilakukan picking terhadap kurva dispersi yang dihasilkan untuk mendapatkan kurva inversi.

Kemudian setelah dilakukan *picking* kurva ditransformasi menggunakan aplikasi *waveEq* untuk mendapatkan kurva inversi 1D dimana *phase velocity* terhadap frekuensi menjadi kecepatan gelombang terhadap kedalaman. Setelah mendapatkan kurva inversi dilakukan iterasi untuk mengetahui RMSE dari tiap kurva inversi 1D lalu didapatkan hasil akhir kecepatan gelombang geser berbentuk kurva inversi 1D untuk menentukan lapisan batuan dan jenis tanah di lintasan tersebut. Gambar Penampang yang dihasilkan diinterpretasi dengan data lapangan berdasarkan *velocity* dari setiap lapisan batuan yang didapatkan dengan memperhatikan kondisi lokasi penelitian dan tabel gelombang geser. Kemudian menganalisis daya dukung tanah

menggunakan data gelombang geser yang didapatkan dengan menghitung nilai daya dukung tanah untuk mendapatkan daya dukung izin tanah menggunakan persamaan (3).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang diperoleh diantaranya kurva dispersi, kurva inversi satu dimensi dan data nilai daya dukung izin tanah. Pada Gambar 1 merupakan kurva dispersi setelah dilakukan transformasi dari domain waktu menjadi kecepatan fase-frekuensi. Pada tahap ini akan dilakukan *picking* untuk mendapatkan suatu profil tanah setelah melakukan proses inversi.

Pada gambar 2 merupakan shooting 1 terlihat model 1D yang dikorelasikan dengan penetrasi kedalaman maksimal 30 m setelah dilakukan iterasi sebanyak 5 kali dengan nilai RMSE 7.06%, berdasarkan tabel nilai kecepatan gelombang sekunder berdasarkan jenis material (widodo, 2012) dapat dilihat pada lapisan pertama dengan

kedalaman 0 – 2,1 m memiliki rentang kecepatan gelombang permukaan 76 m/s yang diduga lapisan pasir (tidak tersaturasi). Pada kedalaman 2.1 – 5m memiliki rentang kecepatan gelombang permukaan sekitar 114 m/s yang diduga lapisan pasir (tidak tersaturasi). Pada kedalaman 5 – 8.6 m memiliki rentang kecepatan gelombang 164 m/s yang diduga lapisan pasir (tidak tersaturasi) dan aluvium. Pada kedalaman 8.6 – 12.9 m memiliki rentang kecepatan gelombang 188 m/s yang diduga lapisan pasir (tidak tersaturasi) dan aluvium. Pada lapisan selanjutnya adalah lapisan hasil dari inversi aplikasi yang masih memiliki nilai ambiguitas yang tinggi maka tidak dilakukan interpretasi lebih lanjut. Berdasarkan Gambar 2 lintasan pertama hasil kurva inversi 1D yaitu memiliki nilai rata-rata kecepatan, gelombang geser (V_s) 162.2 m/s dimana jenis tanah yang berada di lintasan ini yaitu tanah lunak (SE) dan memiliki jenis material lempung dan lanau.

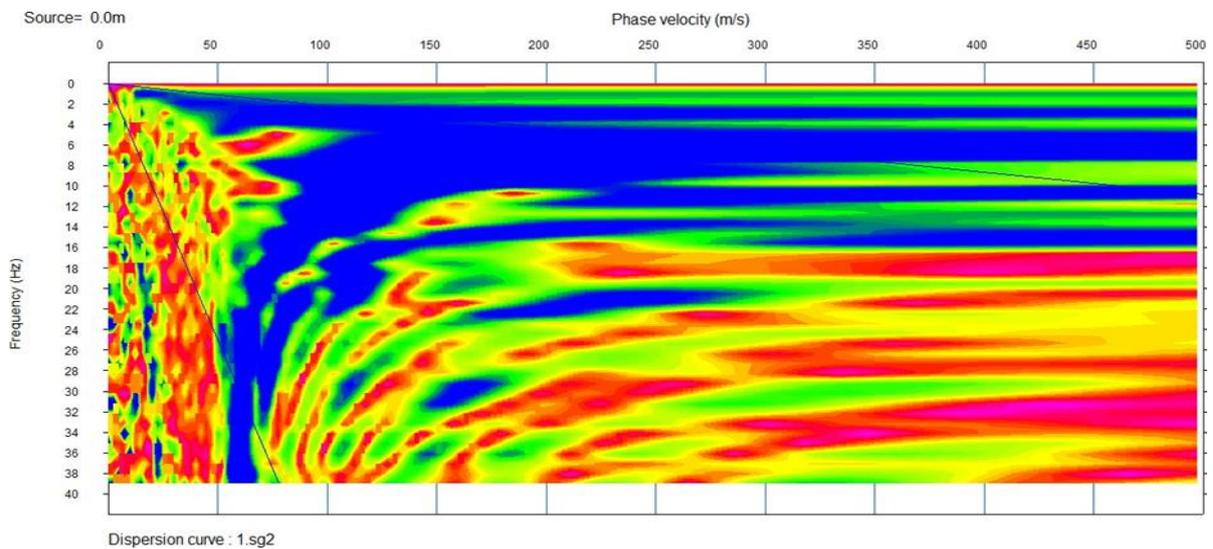
Tabel 1. Nilai Kecepatan Gelombang Sekunder Berdasarkan Jenis Material (Widodo, 2012)

No.	Material	Kecepatan gelombang S (m/s)
1	Pasir (tidak tersaturasi)	80 – 400
2	Pasir (tersaturasi)	320 – 8800
3	Lempung	400 – 1000
4	Aluvium	120 - 3600

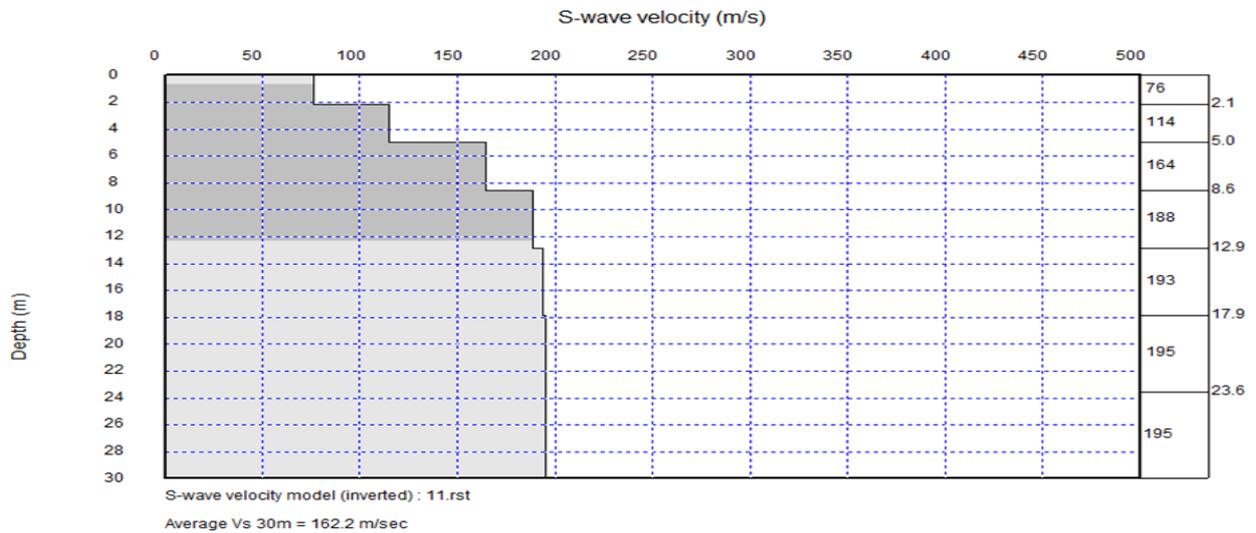
Tabel 2. Klasifikasi dan Jenis Tanah dan Batuan Berdasarkan ASCE (2010) dan BSN (2012) dalam Rusydy, dkk. (2016).

Kelas situs	V_s (m/s)	\bar{N}	Su (Kpa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 – 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)	350 – 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 – 350	15 – 50	50 – 100
SE (tanah lunak)	>175	<15	<50

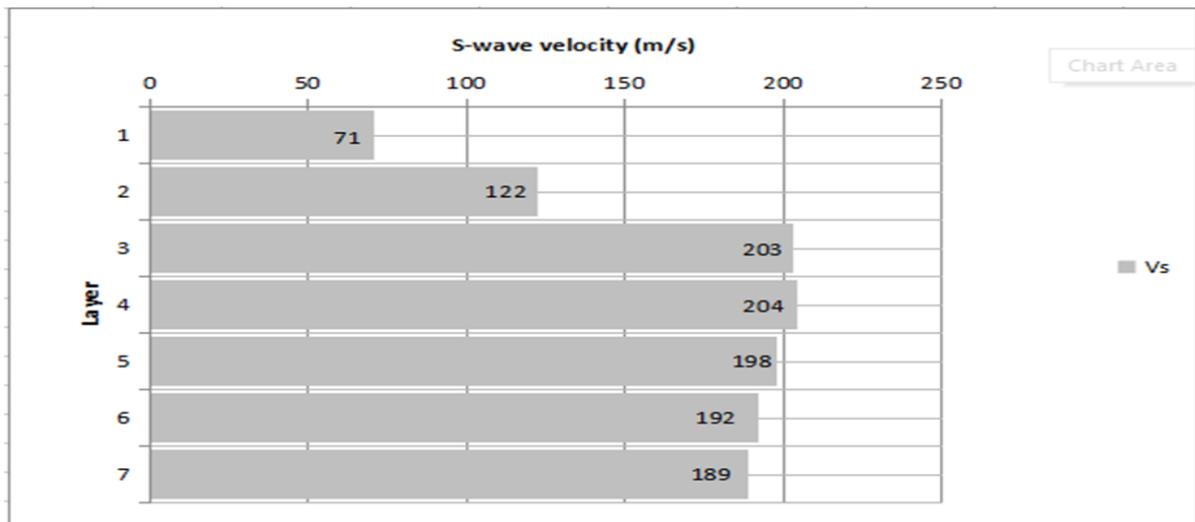
	atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none">1. Indeks plastisitas $PI > 20$2. Kadar air, $w \geq 40\%$3. Kuat geser $S_u > 25$ Kpa
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respon spesifik)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut ini: <ol style="list-style-type: none">1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah2. Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$)3. lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$)4. lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ Kpa



Gambar 1. Kurva Dispersi



Gambar 2. Kurva Inversi 1D



Gambar 3 Nilai Daya Dukung Izin Tanah

Setelah melakukan analisis perhitungan nilai daya dukung ijin tanah Pada gambar 3 menunjukkan nilai q_a yang diperoleh yaitu *range* antara 8.89-160.69 Kpa. Dengan nilai rata-rata q_a 75.37 Kpa. Pada hasil analisis daya dukung ijin tanah pada lokasi penelitian dapat dilihat bahwa pada tiap lintasan memiliki nilai rata-rata q_a yang hampir sama hal ini menunjukkan bahwa data tiap lintasan merupakan satu lokasi yang sama. Nilai- nilai daya dukung ijin tanah ini menunjukkan perubahan daya dukung ijin yang terus meningkat seiring bertambahnya kedalaman tiap lapisan. Berdasarkan tabel klasifikasi jenis tanah tabel 2.3 jika nilai q_a dan nilai V_s

dihubungkan dengan nilai kuat geser nilai tersebut melebihi atau sama dengan 50 KPa. Bila mengacu pada nilai kuat geser maka dapat menjadi acuan bahwa pada daerah penelitian memiliki kapasitas daya dukung tanah yang cukup memadai untuk area pembangunan.

Pada lokasi penelitian litologi batuan yang terdapat di poros samarinda – tenggarong yaitu dari hasil interpretasi lintasan satu hingga tiga yaitu pada lapisan atas terdapat batu pasir (tidak tersaturasi) hingga batuan lempung dengan jenis tanah lunak dan tanah sedang, hal ini sesuai dengan informasi geologi yaitu daerah tersebut berada di daerah formasi

Balikpapan. Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi gelombang geser didapatkan hasil nilai daya dukung tanah dengan nilai rata-rata tiap lintasan 74,46 -79,33 KPa jika dihubungkan dengan nilai kuat geser maka nilai tersebut melebihi nilai 50 Kpa dimana berada di jenis tanah sedang.

5. KESIMPULAN

Pada lokasi penelitian litologi batuan yang terdapat di poros samarinda – tenggarong yaitu dari hasil interpretasi lintasan satu hingga tiga yaitu pada lapisan atas terdapat batu pasir (tidak tersaturasi) hingga batuan lempung dengan jenis tanah lunak dan tanah sedang, hal ini sesuai dengan informasi geologi yaitu daerah tersebut berada di daerah formasi Balikpapan. Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi gelombang geser didapatkan hasil nilai daya dukung tanah dengan nilai rata-rata tiap lintasan 74,46 -79,33 KPa jika dihubungkan dengan nilai kuat geser maka nilai tersebut melebihi nilai 50 KPa dimana berada di jenis tanah sedang.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada keluarga dan teman-teman penulis yang banyak membantu dalam menyelesaikan studi dan penulisan artikel ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

[1] Hasani, Ruslan (2018) Identifikasi Zona Lemah Bidang Gelincir Menggunakan Metode Seismik Refraksi Tomografi Universitas Mulawarman: Samarinda

[2] Samsuddin, Eko Prabowo (2021), Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode

Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW). Univesitas Hasanuddin: Makassar

[3] Miller, R.D., dkk. (1999), Using MASW to Map Bedrock in Olathe Kansas. Kansas: Geological Survey.

[4] Nasri, Muhammad (2020), Analisis Daya Dukung Tanah Menggunakan Metode Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW). Makassar: Universitas Hasanuddin.

[5] Hayadi, N.K. (2018), Identifikasi Endapan Hasil Letusan Gunung Rinjani Menggunakan Metode (Multichannel Analysis of Surface Wave (MASW) Di Kabupaten Lombok Tengah. Universitas Mataram

[6] Narwold, C.F. (2002), Seismik Refraction Analysis of Landslides. *Proceedings of the Geophysics 2002 Conference*. Los Angeles California

[7] Lengkong, dkk. (2013), Hubungan Nilai CBR Laboratorium dan DCP Pada Tanah Yang Dipadatkan Pada Ruas Jalan Wori - Likupang kabupaten Minahasa Utara. Universitas Sam Ratulangi: Medan.

[8] Das, Braja. M. (1995), Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa. Geoteknik) Jilid I. Erlangga: Jakarta.

[9] Rosyidi, S.A.P. (2015), Pemetaan Daya Dukung Tanah dan Diskontinuitas Sturktur Tanah Dasar Menggunakan Metode Multi-Channel Analysis of Surface Waves (MASW). Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. *Seminar Nasional Teknik Sipil V Tahun 2015 – UMS*.

[10] Widodo, P. (2012), Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan. Universitas Yogyakarta.