

**ANALISIS POTENSI LIKUIFAKSI MENGGUNAKAN METODE MASW DI
KECAMATAN KAYANGAN LOMBOK UTARA**
*ANALYSIS OF LIQUIFACTION POTENTIAL USING MASW METHOD IN KAYANGAN
DISTRICT NORTH LOMBOK*

M. Afif Nadhowi¹, Hiden Hiden¹, Suhayat Minardi¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Indonesia.
Email: afifnadhowi@gmail.com

ABSTRAK

Pada bulan Juli dan Agustus tahun 2018 Pulau Lombok dilanda serangkaian gempa bumi yang cukup kuat. Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara merupakan salah satu daerah yang terdampak serangkaian gempa tersebut. Kejadian serangkaian gempa dengan guncangan yang cukup kuat tersebut menimbulkan kerusakan geologi dan kerusakan bangunan serta menimbulkan bahaya likuifaksi. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daerah mana saja yang berpotensi likuifaksi di Kecamatan Kayangan. Akuisisi data dilakukan dengan metode seismik MASW dengan menggunakan sumber aktif dan pasif. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa daerah yang berpotensi likuifaksi terletak di wilayah pesisir daerah penelitian yaitu pada titik pengukuran T1, T4, T7, dan T10. Ketebalan lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi pada keempat titik pengukuran tersebut berkisar antara (5.5 – 10.5) meter. Dari keempat titik tersebut, titik pengukuran T1 yang berada di pesisir Desa Gumantar memiliki potensi likuifaksi paling tinggi.

Kata Kunci: Likuifaksi, MASW, Tanah Lunak

ABSTRACT

In July and August 2018 the island of Lombok was hit by a series of fairly strong earthquakes. Kayangan District, North Lombok Regency is one of the areas affected by the series of earthquakes. The occurrence of a series of earthquakes with a fairly strong shock caused geological damage and damage to buildings and created a liquefaction hazard. This study aims to determine which areas have the potential for liquefaction in Kayangan District. Data acquisition was carried out using the MASW seismic method using active and passive sources. Based on the results of the research that has been done, it can be concluded that the area with the potential for liquefaction is located in the coastal area of the research area, namely at the measurement points T1, T4, T7, and T10. The thickness of the soil layer with the potential for liquefaction at the four measurement points ranges from (5.5 – 10.5) meters. Of the four points, the T1 measurement point located on the coast of Gumantar Village has the highest liquefaction potential.

Keywords: Liquefaction, MASW, Soft Soil

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pulau Lombok merupakan salah satu pulau yang berada pada zona subduksi pertemuan antar dua buah lempeng Eurasia dan Indo-Australia. Zona ini merupakan daerah dimana gempabumi sangat sering terjadi. Pada tahun 2018 tepatnya bulan Juli dan Agustus Pulau Lombok dilanda serangkaian gempabumi dengan magnitudo yang cukup kuat. Kejadian serangkaian gempabumi dengan guncangan yang cukup kuat tersebut menimbulkan kerusakan geologi dan kerusakan bangunan secara masif terutama di bagian utara Pulau Lombok serta menimbulkan bahaya likuifaksi.

Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara merupakan salah satu daerah yang terdampak serangkaian gempabumi tersebut. Serangkaian gempabumi ini menimbulkan

kerusakan geologi serta kerusakan bangunan yang cukup berat dimana sebagian besar bangunan mengalami keruntuhan. Selain itu likuifaksi jenis sand boil juga ditemukan di Kayangan. Fenomena likuifaksi ditambah dengan guncangan gempabumi yang kuat tersebut mengakibatkan kerusakan rumah penduduk dan sumur menjadi miring (PuSGeN, 2018).

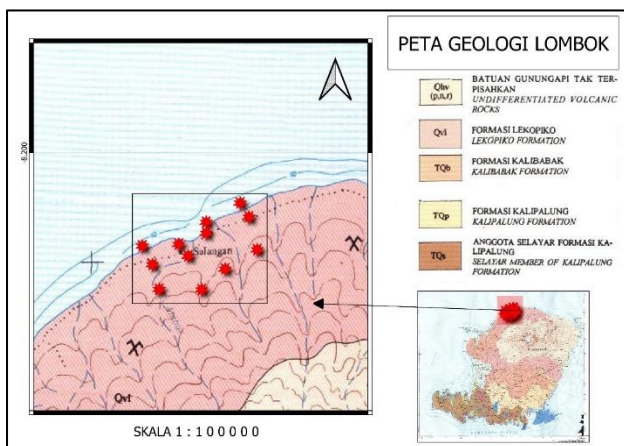
Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan pengkajian mengenai struktur bawah permukaan untuk mengetahui daerah dengan tanah yang rentan akan guncangan dan juga daerah yang berpotensi likuifaksi. Hal ini dilakukan sebagai salah satu langkah mitigasi terkait kerentanan tanah terhadap guncangan gempabumi dan juga potensi likuifaksi agar dapat dijadikan acuan dalam pembangunan pada wilayah penelitian.

Terdapat beberapa metode investigasi geoteknik dan geofisika yang dapat digunakan untuk menganalisis potensi likuifaksi dan perilaku

tanah, salah satunya Metode MASW (*Multichannel Analysis Surface Wave*). Metode MASW merupakan salah satu metode seismik dengan ketepatan dan resolusi yang tinggi untuk pemodelan struktur geologi bawah permukaan bumi (Park dkk., 2002; Ismet dkk., 2006). Metode ini menghasilkan data kecepatan gelombang geser dengan menganalisis sifat dispersi gelombang permukaan (Shearer, 2009). Metode ini digunakan karena dapat membedakan lapisan struktur bawah permukaan berdasarkan tingkat kekerasannya dengan baik. Hal ini karena kecepatan gelombang geser (V_s) berkaitan dengan densitas batuan. Nilai kecepatan gelombang geser pada batuan yang keras memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan pada batuan yang lunak.

12 Kondisi geologi daerah penelitian

Kecamatan Kayangan, terletak di bagian utara Pulau Lombok dan berbatasan langsung dengan laut Bali di bagian utaranya. Secara geologis Kecamatan Kayangan terdapat pada formasi kuartar yaitu Formasi Lekopiko (Qv1) dan Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan (Qhv). Daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 yaitu berada pada formasi lekopiko (Qv1) berupa tufa berbatapung breksi lahar dan lava (Mangga, dkk., 1994).



Gambar 1 Peta geologi Lombok (Mangga, dkk., 1994)

13 Tanah Lunak

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang sebagian besar terdiri dari butir-butir yang sangat kecil seperti lempung dan lanau. Lapisan tanah lunak mempunyai sifat gaya geser yang rendah, kemampuan yang tinggi, koefisien permeabilitas yang rendah, dan mempunyai daya dukung yang rendah (Siska dan Yakin, 2016).

Sifat tanah lunak yang mempunyai sifat kohesif tersebut akan mengakibatkan getaran yang dihasilkan tanah akan membawa efek kepada

struktur atas yang lebih besar dibandingkan dengan struktur tanah lainnya. (Apriani, dkk., 2017). Selain itu bangunan yang berdiri di atas tanah lunak akan terjadi penurunan yang dalam bahkan roboh akibat daya dukung tanah tersebut yang rendah akibat guncangan yang berlebihan. (Darmawandi, dkk., 2020)

14 Kecepatan gelombang geser

Gelombang geser merupakan gelombang yang dikenal sebagai gelombang S yang berarti sekunder atau *shear*. Dinamakan gelombang sekunder karena kecepatannya lebih rendah dibandingkan dengan gelombang P. Dalam medium yang padat, gelombang geser menjalar dengan kecepatan antara 3-4 km/detik. Ketika menjalar di bawah permukaan, gelombang geser memberikan regangan geser pada material yang dilaluinya, sehingga dinamakan gelombang geser (Thompson dan Turk, 1997). Nilai kecepatan gelombang geser (V_s) suatu batuan atau lapisan dapat dilihat pada tabel 1 dibawah.

Tabel 1 Tabel kecepatan gelombang geser (V_s) tanah dan batuan

Tanah dan Tipe Batuan	V_s (m/s)
Tufa	830
Breksi vulkanik	2490
Kerikil, pasir kering (dry sand)	200 – 300
Pasir lepas (loose sand)	150 – 500
Lapisan aluvial yang lunak dan dalam dengan muka air yang tinggi	< 200
Lempung lunak (soft clay), lempung lanauan (silty clay)	< 200
Lempung kaku (stiff clay), lempung lanauan (silty clay)	200 – 300
Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang (medium dense)	200 – 400
Batuan metamorf lunak yang sangat lapuk dan batuan sedimen yang tersemen dengan bidang diskontinuitas	400 – 700
Pasir dan kerikil padat (dense sand and gravel)	400 – 700
Lempung sangat kaku (very stiff clay), lempung lanauan (silty clay)	300 – 700

(sumber: (Keceli, 2012), dan (TSC, 1998))

Nilai kecepatan gelombang geser (V_s) yang dihasilkan, diperlukan dalam respons struktur tanah serta pengklasifikasian tanah atau kelas tapak. (Andrus dan Stokoe, 2000). Profil klasifikasi tanah suatu situs tanah dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Klasifikasi situs tanah

Tipe Tanah	Deskripsi Umum	Vs (m/s)
A	Batuan keras (<i>hard rock</i>)	Vs > 1500
B	Batuan (<i>rock</i>)	760 < Vs ≤ 1500
C	Tanah yang sangat pada dan batuan lunak	360 < Vs ≤ 760
D	Tanah kaku (<i>stiff soil</i>)	180 ≤ Vs ≤ 360
E	Tanah lunak (<i>soft soil</i>)	Vs < 180
F	Tanah yang membutuhkan evaluasi yang spesifik	-

(sumber: IBC, 2009)

15. Metode MASW

Metode ini merupakan metode yang memanfaatkan fenomena dispersi gelombang permukaan yang bertujuan untuk mengevaluasi karakter suatu medium solid. Secara garis besar metode ini akan mengukur variasi kecepatan gelombang permukaan seiring dengan bertambahnya kedalaman. Panjang gelombang berhubungan dengan kedalaman, panjang gelombang akan berkurang seiring bertambahnya kedalaman. Pengukuran metode ini membutuhkan sumber seismik pasif dan atau aktif untuk menghasilkan gelombang permukaan dengan 12 sampai 24 geophone.

Metode MASW terbagi menjadi dua jenis yaitu metode MASW aktif dan pasif. Perbedaan dari kedua metode ini terletak pada sumber gelombang yang digunakan, pada MASW aktif sumber gelombang yang digunakan harus memiliki frekuensi yang tinggi yaitu dapat berupa palu atau weightdrop. Sedangkan metode MASW pasif menggunakan sumber dengan frekuensi rendah seperti pasang surut air laut, lalu lintas kendaraan ataupun kerumunan pejalan kaki (Park, dkk., 1999).

16. Transformasi fourier dan pembentukan kurva dispersi

Metode MASW merupakan metode seismik yang menganalisis nilai kecepatan gelombang S (Vs) berdasarkan sifat dispersi gelombang permukaan dari kurva disepersi yang dihasilkan. Kurva disperse dihasilkan menggunakan Transformasi Fourier dengan mengubah data seismik yang didapat dalam domain waktu menjadi domain frekuensi (Nasution, 2016).

Transformasi Fourier adalah dari sebuah fungsi f(t) di definisikan sebagai berikut:

$$f(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i\omega t} dt \quad (3.4)$$

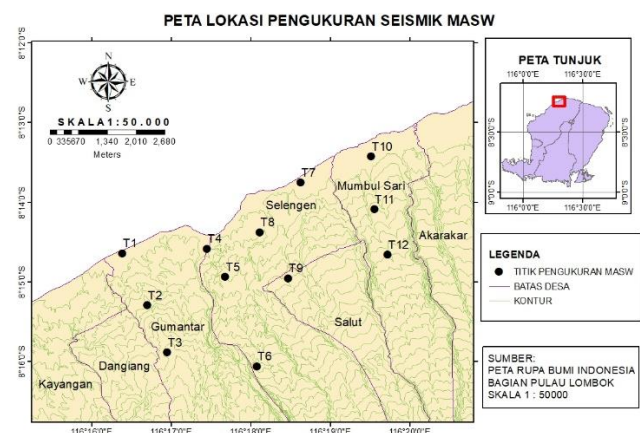
Dimana $\omega = 2\pi f$ (variabel frekuensi sudut) (rad/s) (Nasution, 2016). Kurva disperse yang dihasilkan sangat bergantung pada data hasil rekaman seismik dilapangan. Dari citra kurva dispersi yang terbentuk, jenis-jenis gelombang dapat teridentifikasi dengan lebih jelas sehingga penentuan mode dasar (*fundamental mode*) untuk membentuk kurva dispersi dapat dilakukan dengan lebih akurat. Jika kurva dispersi dapat diperoleh dengan akurat, maka tingkat ketelitian profil kecepatan gelombang geser dari hasil inversi juga akan lebih tepat.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode seismic MASW (*Multichannel Analysis Surface Wave*) dengan sumber getaran aktif dan pasif. Metode ini mengidentifikasi struktur bawah permukaan berdasarkan nilai kecepatan gelombang geser (Vs) yang dihasilkan dengan memanfaatkan sifat disperse gelombang permukaan.

2.1. Pengambilan Data

Dalam pengambilan data survei seismik MASW ini dilakukan konfigurasi *in line seismic* dengan menyusun *geophone/receiver* dan sumber getaran pada satu garis lurus. Digunakan 24 *geophone/receiver* dengan spasi antar geophone yang 2 meter. Pada MASW aktif sumber getaran yang digunakan berupa *sledgehammer*. Sedangkan metode MASW pasif digunakan sumber alami dari bumi. Penelitian ini dilakukan di 12 titik pengukuran seperti ditunjukkan pada gambar 2 yang terletak di Kecamatan Kayangan, Kabupaten Lombok Utara. Daerah penelitian meliputi 4 desa yaitu Desa Gumantar, Desa Selengen, Desa Salut, dan Desa Mumbul Sari.

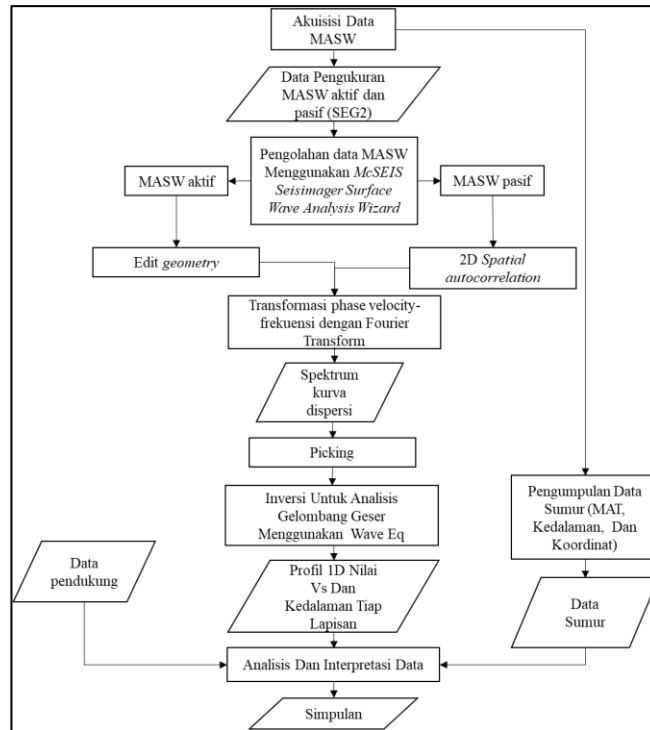


Gambar 2. Peta lokasi penelitian

2.2 Pengolahan Data

Data seismik yang diperoleh pada akuisisi data baik MASW aktif dan pasif kemudian akan diolah menggunakan software *McSEIS Seisimager Surface Wave Analysis Wizard*. Data seismik berupa format

SEG2 file kemudian ditransformasi *phase velocity*-frekuensi untuk menghasilkan spektrum kurva dispersi. Dari spektrum kurva dispersi tersebut kemudian di-*picking* untuk menghasilkan profil 1D kecepatan gelombang geser terhadap kedalaman. Alur pengolahan data MASW aktif dan pasif dapat dilihat pada gambar diagram alir 3.

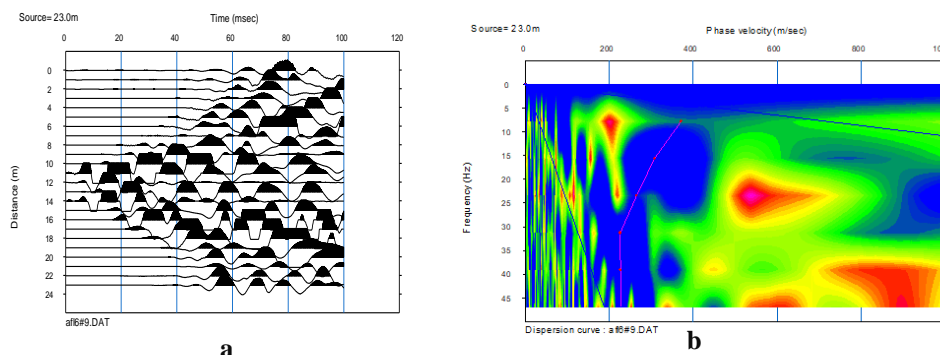


Gambar 3. Diagram alir

3. Hasil dan Pembahasan

Data seismik MASW yang didapat (Gambar 4a) (*raw data* di semua titik terlampir pada lampiran 1), setelah diolah menggunakan software *Surface Wave Analysis Wizard*, didapat hasil berupa spektrum kurva disperse (Gambar 4b) (spektrum kurva dispersi di semua titik terlampir pada lampiran 2).

Spektrum kurva disperse tersebut menunjukkan hubungan antara frekuensi dengan kecepatan fasa (*phase velocity*). Amplitudo tinggi ditunjukkan pada spektrum berwarna biru. Setelah proses *picking* pada kurva disperse tersebut, didapatkan hasil berupa profil 1D kecepatan gelombang geser (*Vs*) terhadap kedalaman.

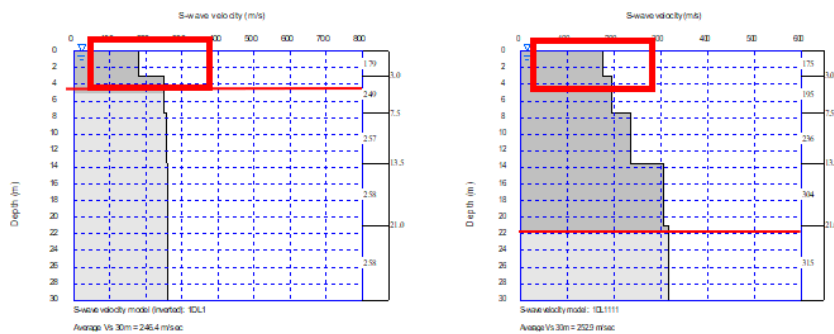


Gambar 4 a) *Raw data* dalam bentuk SEG2. b) spektrum kurva disperse

3.1. Profil 1D kecepatan gelombang geser (Vs) terhadap kedalaman

Pada profil kecepatan gelombang geser (Vs) seperti Gambar 5 didapatkan bahwa MASW aktif memiliki etimasi kedalaman (garis merah horizontal) lebih dangkal dibandingkan dengan MASW pasif. Hal ini dikarenakan pada MASW aktif digunakan sumber (source) getaran berupa pukulan menggunakan sledgehammer, sedangkan

pada MASW pasif digunakan sumber (source) getaran berupa getaran alami dari bumi. Sumber getaran menggunakan sledgehammer menciptakan frekuensi yang tinggi dibawah permukaan dan menciptakan panjang gelombang yang pendek, sedangkan sumber getaran alami dari bumi menciptakan frekuensi yang rendah dan panjang gelombang yang lebih panjang



Gambar 5 Profil 1D kecepatan gelombang S (Vs) terhadap kedalaman untuk MASW aktif (kiri) dan MASW pasif (kanan) pada titik 1 (T1).

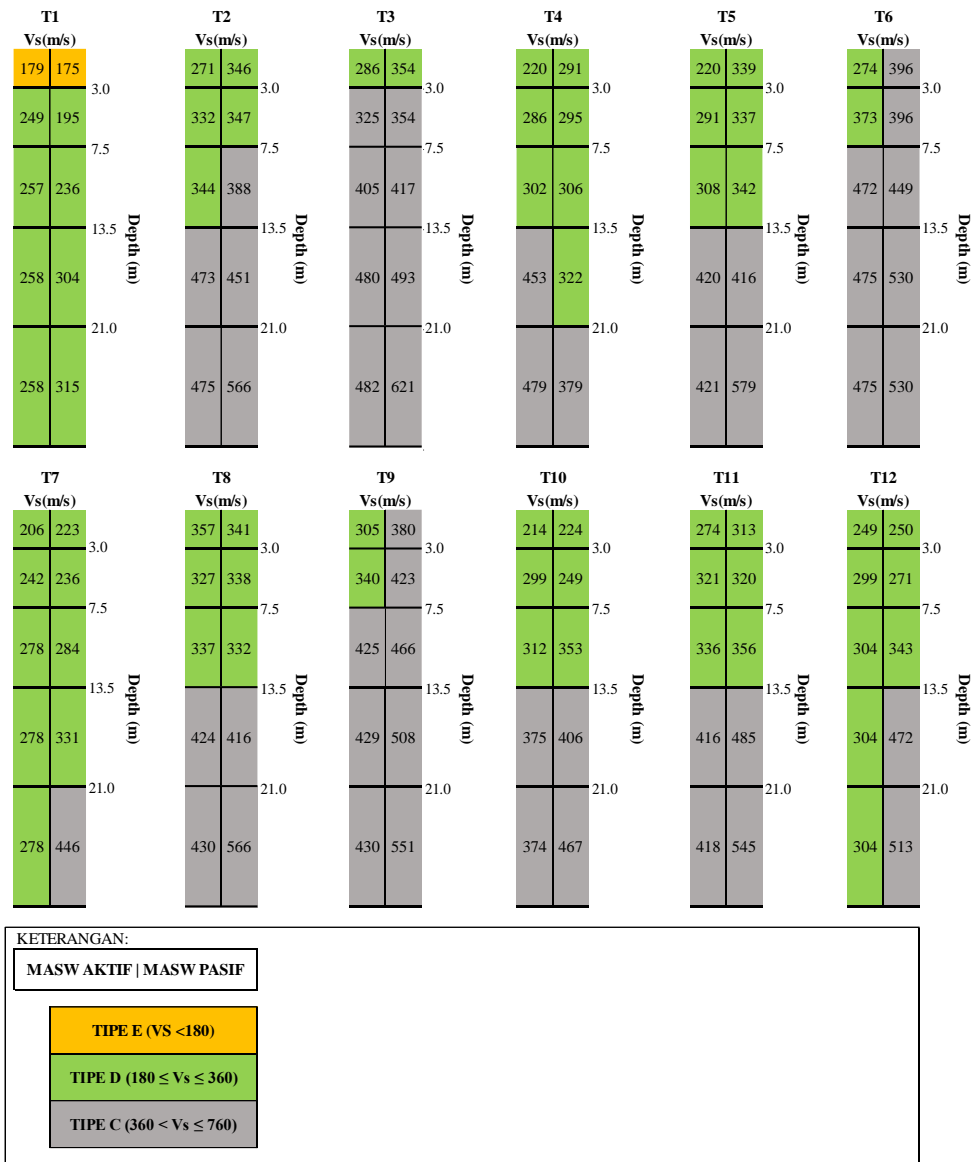
Frekuensi yang dihasilkan pada masing-masing sumber getaran tersebut juga akan memengaruhi resolusi profil bawah permukaan yang didapat. Dapat dilihat pada kotak merah Gambar 5, MASW aktif memiliki resolusi yang lebih baik pada lapisan dekat permukaan dibandingkan dengan MASW pasif. Namun pada lapisan yang lebih dalam, MASW pasif memiliki resolusi yang lebih baik dibandingkan dengan MASW aktif. MASW aktif tidak mampu menjangkau lapisan yang lebih dalam tersebut sehingga akan menciptakan rentang nilai Vs yang berdekatan.

Dapat disimpulkan, MASW aktif memiliki keunggulan untuk meneliti pada target dekat permukaan, sedangkan MASW pasif memiliki keunggulan untuk meneliti pada target lebih dalam. Hal ini berkaitan jika dibandingkan pada penelitian oleh Ariffin., dkk (2016). Pada penelitiannya menyimpulkan bahwa metode MASW aktif memiliki keterbatasan cakupan kedalaman namun

memiliki keunggulan sinyal yang baik pada dekat permukaan, sedangkan MASW pasif memiliki keterbatasan sinyal dekat permukaan yang tidak mencukupi namun memiliki keunggulan cakupan kedalaman yang lebih dalam.

3.2. Litologi Bawah Permukaan Berdasarkan Nilai Vs

Pada tabel interpretasi litologi, daerah penelitian memiliki nilai Vs MASW aktif berkisar antara (179 – 482) m/s dan nilai Vs MASW pasif berkisar antara (175 – 621) m/s secara umum dapat digambarkan pada gambar 5.4. Semakin dalam lapisan menunjukkan peningkatan nilai Vs yang menandakan meningkatnya tingkat kekerasan lapisan. Lokasi penelitian didominasi oleh tanah kaku (stiff soil) (tipe D), tanah padat dan batuan lunak (tipe C), dan juga terdapat tanah lunak (soft soil) (tipe E) pada titik T1. Lapisan tanah lunak hanya ditemukan di lapisan permukaan pada titik pengukuran T1 dengan ketebalan 3 meter yang berada di daerah pesisir Desa Gumantar.



Gambar 6 Peta log nilai Vs MASW aktif dan pasif

Lapisan tanah lunak mengindikasikan lapisan tanah muda dan belum terkonsolidasi sehingga memiliki daya dukung tanah yang rendah. Pada lapisan ini memiliki kerentanan yang tinggi terhadap guncangan gempa bumi. Guncangan gempa bumi yang kuat akan menyebabkan bangunan pada tanah lunak tersebut mengalami penurunan yang dalam bahkan roboh. Berdasarkan interpretasi litologi dari nilai Vs yang didapat, lokasi penelitian disusun oleh lapisan alluvium (pasir, kerikil, lempung dan lanau), batupung, tufa dan breksi.

3.3 Analisa Potensi Likuifaksi

Berdasarkan interpretasi litologi, pada lapisan permukaan di setiap titik diinterpretasikan adanya lapisan pasir dan lanau dengan tingkat kepadatan yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa pada

lapisan permukaan di setiap titik memiliki kerentanan akan likuifaksi berdasarkan jenis tanahnya. Namun selain jenis tanah, kedalaman muka airtanah juga memiliki peranan penting pada proses likuifaksi. Data kedalaman muka airtanah pada lokasi penelitian, diklasifikasikan tingkat kerentanannya terhadap likuifaksi berdasarkan tabel 3

Tabel 3 Kerentanan likuifaksi berdasarkan kedalaman muka air tanah

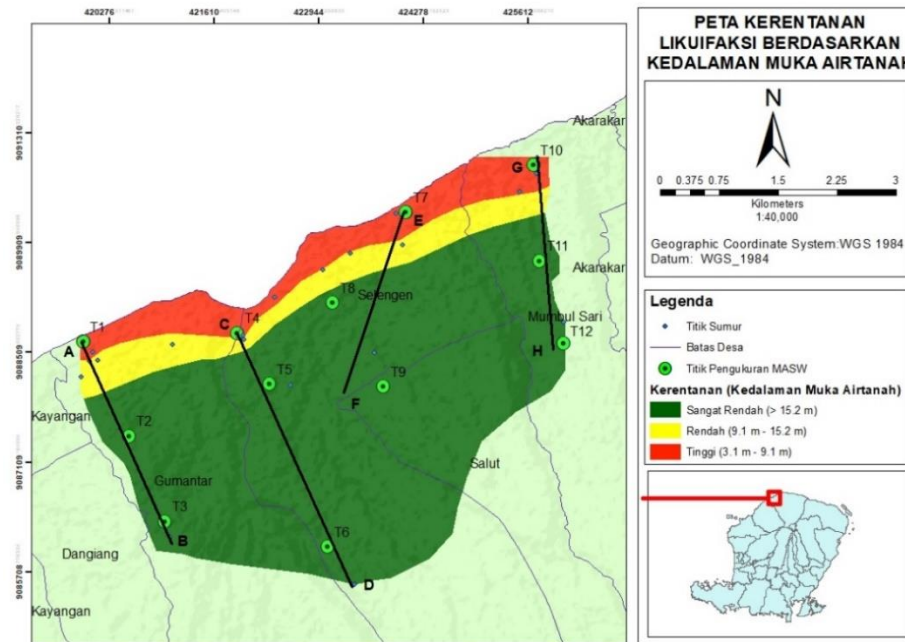
Kedalaman muka Air Tanah (meter)	Kerawanan likuifaksi
< 3.0	Sangat tinggi
3.0 – 9.1	Tinggi
9.1 – 15.2	Rendah

> 15.2

Sangat rendah

Gambaran potensi likuifaksi berdasarkan kedalaman muka airtanah dapat dilihat pada Gambar 7.

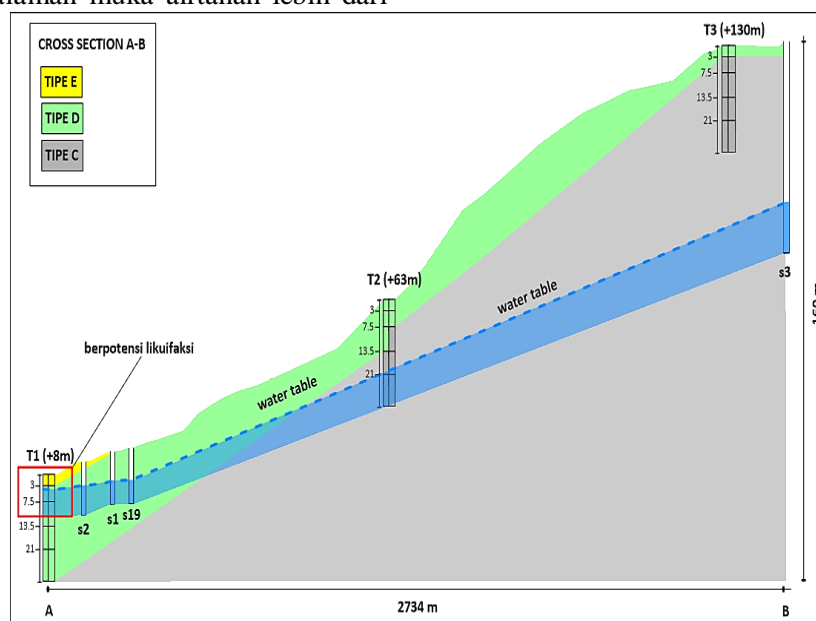
(sumber: Youd dan Perkins, 1978)



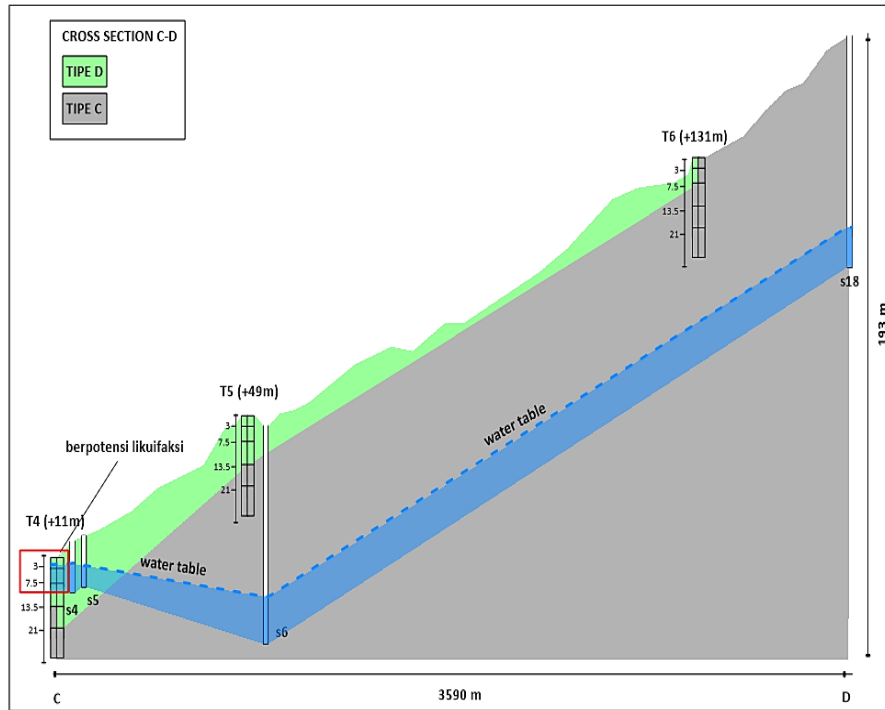
Gambar 7. Peta kerentanan likuifaksi berdasarkan kedalaman muka airtanah

Berdasarkan Gambar 5.8, daerah yang memiliki kerentanan tinggi terhadap likuifaksi berdasarkan kedalaman muka airtanahnya berada pada titik pengukuran dekat pantai yaitu pada titik pengukuran T1, T4, T7, dan T10 dengan kedalaman muka airtanah berkisar antara (3 – 9.1) meter, sedangkan pada titik pengukuran jauh dari pantai (T2, T3, T5, T6, T8, T9, T11 dan T12) memiliki kerentanan yang sangat rendah dengan kedalaman muka airtanah lebih dari

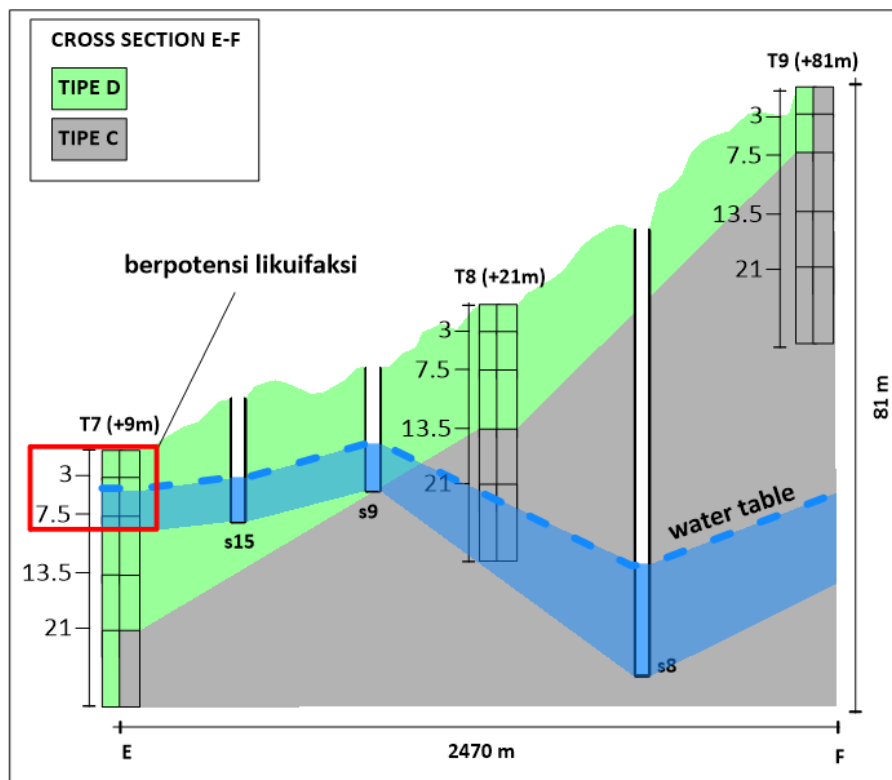
15.2 meter. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun adanya lapisan pasir dan lanau di setiap titik pengukuran, tidak semua titik tersebut berpotensi likuifaksi. Agar mempermudah interpretasi, digambarkan 2D cross-section pada titik pengukuran dekat pantai hingga titik pengukuran jauh dari pantai yang ditunjukkan garis hitam pada Gambar 7, sehingga didapatkan gambaran penampang bawah permukaan seperti Gambar 8 sampai 11.



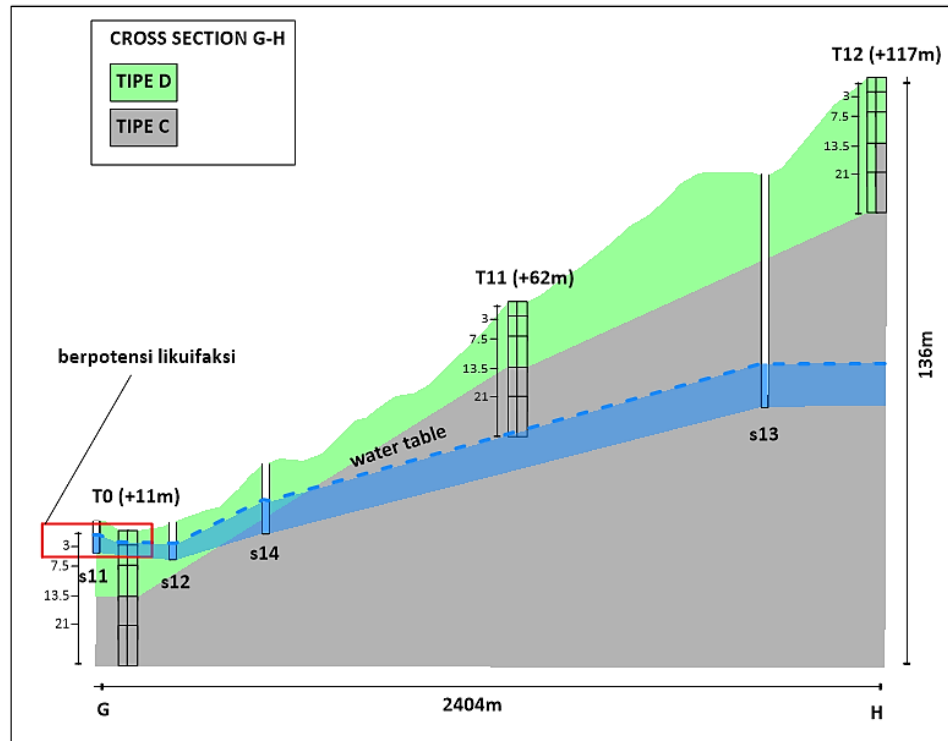
Gambar 8. 2D cross-section A-B



Gambar 9. 2D cross-section C-D



Gambar 10. 2D cross-section E-F



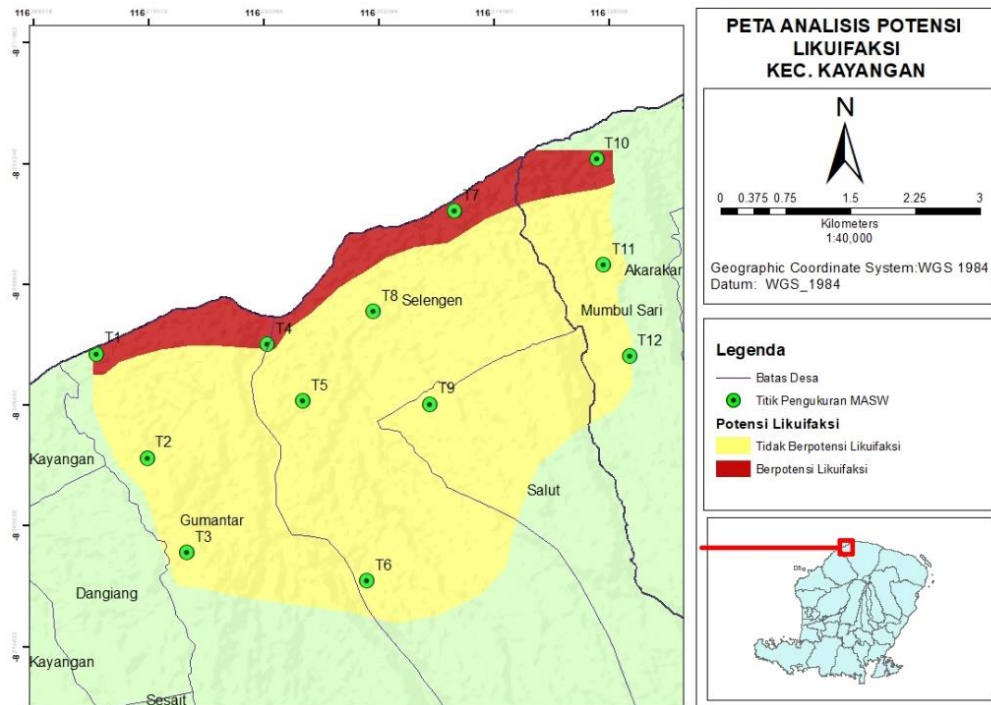
Gambar 11. 2D cross-section G-H

Dari hasil korelasi antara jenis tanah dan kedalaman muka airtanah ini, titik yang berpotensi likuifaksi hanya berada pada titik pengukuran dekat pantai yaitu pada titik T1, T4, T7, dan T10, sedangkan pada titik pengukuran jauh dari pantai (T2, T3, T5, T6, T8, T9, T11 dan T12) tidak berpotensi likuifaksi. Hal ini dikarenakan keempat titik dekat pantai tersebut memiliki kedalaman muka airtanah (*water table*) yang dangkal dan lapisan di atas muka airtanah tersebut merupakan lapisan yang diinterpretasikan sebagai pasir lepas, lempung pasiran dan lempung lanauan.

Guncangan yang cukup kuat seperti gempa bumi dapat menimbulkan tegangan pada bawah permukaan yang menimbulkan naiknya air pada lapisan tersaturasi menuju atas dan mengisi pori-pori lapisan pasir di atasnya. Pori-pori lapisan pasir yang telah terisi air akan mengubah sifat

lapisan tersebut yang awalnya *granural* padat menjadi cair. Tebal lapisan yang berpotensi likuifaksi dikeempat titik tersebut berkisar antara (5.5 – 10.5) meter.

Titik pengukuran T1 memiliki potensi likuifaksi paling tinggi. Hal ini dikarenakan lapisan permukaan titik T1 memiliki nilai V_s paling rendah yang diinterpretasikan sebagai lapisan tanah lunak. Lapisan ini diindikasikan sebagai lapisan tanah muda yang belum terkonsolidasi dengan baik. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, daerah yang berpotensi likuifaksi terletak di pesisir daerah penelitian. Potensi likuifaksi menurun seiring menjauhnya posisi dari pantai seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Peta analisis potensi likuifaksi

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa daerah yang berpotensi likuifaksi terletak di wilayah pesisir daerah penelitian yaitu pada titik pengukuran T1, T4, T7, dan T10. Ketebalan lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi pada keempat titik pengukuran tersebut berkisar antara (5.5 – 10.5) meter. Dari keempat titik tersebut, titik pengukuran T1 yang berada di pesisir Desa Gumantar memiliki potensi likuifaksi paling tinggi.

Daftar Pustaka

- Ariffin, J., Ismail, M. A. M., Tan, C. G., dan Muztaza, N. M., 2016, Site characterization of marine clay deposits in South Seberang Prai, Penang using combined active and passive multichannel analysis of surface wave (MASW). In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 136(1): 012032.
- Andrus, R.D., Stokoe, K.H., 2000. Liquefaction resistance of soils shear-wave velocity. J. Geotech. Geoenvironmental Eng. 126.
- Darmawandi, A., Waruwu, A., Halawa, T., Harianto, D., dan Muammar, M., 2020, Karakteristik Tanah Lunak Sumatera Utara Berdasarkan Pengujian Kuat Tekan Bebas. In Seminar Nasional Teknik

(SEMNASSTEK) UISU 3(1):16-20.

- International Building Code, 2009, IBC (International Building Code), International Code Council, INC, USA.
- Ismet Kanli, P. Tildy, Z. Prónay, A. Pinar, dan L. Hermann., 2006. Vs30 mapping and soil classification for seismic site effect evaluation in Dinar region, SW Turkey. Geophys. J. Int.,165(1): 223–235.
- Keceli, A., 2012, Soil parameters which can be determined with seismic velocities, Jeofizik, 16(1): 17-29.
- Mangga, A. S., Atmawinata, S., Hermanto, B., dan Amin, T.C., 1994, Peta Geologi Lembar Lombok, Nusa Tenggara, Direktorat Jendral Geologi dan Sumberdaya Mineral, Departemen Pertambangan dan Energi.
- Nasution, Achmadi A., 2016, Pemetaan Kecepatan Gelombang Geser (Vs30) Menggunakan Metode MASW (Multichannel Analysis Of Surface Wave) Kota Kalabahi Kab. Alor Nusa Tenggara Timur, Skripsi, Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Park, C.B., Miller, R.D., dan Xia, J., 1999, Multichannel analysis of surface waves, Geophysics, 64(3): 800– 808 .
- Park, C.B ., R. D. Miller, dan H. Miura., 2002, Optimum

field parameters of an MASW survey, Proc. Soc. Explor. Geophys. Japan Tokyo 22-23

PuSGeN, 2018, KAJIAN RANGKAIAN GEMPABUMI LOMBOK PROVINSI NUSA TENGGARA BARAT, Kementrian PUPR, Bandung

Shearer, M., 2009, Introduction to seismology, Cambridge University Press, New York, USA.

TSC, 1998, Ministry of Public Works and Settlement Government of Republic of Turkey, Specification for Structures to be built in Disaster Areas.

Youd, T.L dan Perkins, D.M., 1978, Mapping Liquefaction Induced Ground Failure Potential. J Geotech Eng Div. ASCE. 104(4): 443-446.

Tabel Hasil Interpretasi Litologi

T	L	h (m)	d (m)	Aktif	Pasif	Tipe	Interpretasi litologi
				Vs (m/s)	Vs (m/s)		
T1	1	0	3	179	175	E	Pasir lepas, lempung lanauan, lempung lunak, lempung pasiran.
	2	3	4.5	249	195	D	Lapisan aluvial dalam dengan muka airtanah tinggi, lempung kaku, lempung lanauan.
	3	7.5	6	257	236		
	4	13.5	7.5	258	304		
	5	21	~	258	315		
T2	1	0	3	271	346	D	Lempung kaku, lempung lanauan, pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, batu apung
	2	3	4.5	332	347		Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, lempung sangat kaku, lempung lanauan, tufa pasiran, batu apung
	3	7.5	6	344	388	D-C	
	4	13.5	7.5	473	451	C	Pasir padat, kerikil, batuan metamorf lunak yang sangat lapuk dan batuan sedimen yang disemen dengan bidang diskontinuitas, tufa pasiran, breksi lunak,
	5	21	~	475	566		
T3	1	0	3	286	354	D	Lempung kaku, lempung lanauan, pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, batuapung
	2	3	4.5	325	354	C	Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, lempung sangat kaku, lempung lanauan, tufa pasiran, batuapung
	3	7.5	6	405	417		Batuan metamorf lunak yang sangat lapuk dan batuan sedimen yang tersemen dengan bidang diskontinuitas, tufa pasiran, breksi lunak
	4	13.5	7.5	480	493		
	5	21	~	482	621		
T4	1	0	3	220	291	D	Pasir lepas, lempung pasiran, lempung kaku, lempung lanauan
	2	3	4.5	286	295		Lempung sangat kaku, lempung lanauan, pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang,
	3	7.5	6	302	306		
	4	13.5	7.5	453	322	D-C	Pasir padat dan kerikil, lempung sangat kaku, lempung lanauan, batuan lunak
	5	21	~	479	379	C	
T5	1	0	3	220	339	D	Lempung kaku, lempung pasiran, lempung lanauan, batuapung
	2	3	4.5	291	337		Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, lempung sangat kaku, lempung lanauan, tufa pasiran
	3	7.5	6	308	342		

	4	13.5	7.5	420	416	C	Pasir padat, kerikil, batuan metamorf lunak yang sangat lapuk dan batuan sedimen yang disemen dengan bidang diskontinuitas, tufa pasir, breksi lunak
	5	21	~	421	579		
T6	1	0	3	274	396	D-C	Lempung kaku, lempung lanauan, batuapung
	2	3	4.5	373	396		Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, lempung sangat kaku, lempung lanauan, tanah sangat padat dan batuan lunak, tufa pasir
	3	7.5	6	472	449	C	Pasir padat, kerikil, batuan metamorf lunak yang sangat lapuk dan batuan sedimen yang disemen dengan bidang diskontinuitas, tufa pasir, breksi lunak
	4	13.5	7.5	475	530		
	5	21	~	475	530		
T7	1	0	3	206	223	D	Pasir lepas, lempung pasir, lempung kaku, lempung lanauan
	2	3	4.5	242	236		Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, lempung sangat kaku, lempung lanauan
	3	7.5	6	278	284		
	4	13.5	7.5	278	331	D-C	Pasir padat dan kerikil, lempung sangat kaku, lempung lanauan, batuan lunak
	5	21	~	278	446		
T8	1	0	3	357	341	D	Lempung sangat kaku, lempung lanauan, batuapung
	2	3	4.5	327	338		Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, lempung kaku, lempung lanauan, tufa pasir
	3	7.5	6	337	332		
	4	13.5	7.5	424	416	C	Batuan metamorf lunak yang sangat lapuk dan batuan sedimen yang disemen dengan bidang diskontinuitas, pasir padat, kerikil, tufa pasir, breksi lunak
	5	21	~	430	566		
T9	1	0	3	305	380	D-C	Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, batuapung
	2	3	4.5	340	423		Pasir padat, kerikil, lempung sangat kaku, lempung lanauan, tufa pasir
	3	7.5	6	425	466	C	Batuan metamorf lunak yang sangat lapuk dan batuan sedimen yang disemen dengan bidang diskontinuitas, pasir padat, kerikil, tufa pasir breksi lunak
	4	13.5	7.5	429	508		
	5	21	~	430	551		
T10	1	0	3	214	224	D	Pasir lepas, lempung pasir, lempung kaku, lempung lanauan
	2	3	4.5	299	249		Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, lempung sangat kaku,

	3	7.5	6	312	353		lempung lanauan
	4	13.5	7.5	375	406	C	Pasir padat dan kerikil, lempung sangat kaku, lempung lanauan, batuan lunak
	5	21	~	374	467		
T11	1	0	3	274	313	D	Lempung kaku, lempung lanauan, batuapung
	2	3	4.5	321	320		Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, lempung sangat kaku, lempung lanauan, tufa pasiran
	3	7.5	6	336	356	C	Pasir padat, kerikil, batuan metamorf lunak yang sangat lapuk dan batuan sedimen yang disemen dengan bidang diskontinuitas, tufa pasiran, breksi lunak
	4	13.5	7.5	416	485		
	5	21	~	418	545		
T12	1	0	3	249	250	D	Lempung kaku, lempung lanauan, batuapung
	2	3	4.5	299	271		Pasir dan kerikil dengan kepadatan sedang, lempung sangat kaku, lempung lanauan, tufa pasiran
	3	7.5	6	304	343	D-C	Pasir padat, kerikil, batuan metamorf lunak yang sangat lapuk dan batuan sedimen yang disemen dengan bidang diskontinuitas, tufa pasiran, breksi lunak
	4	13.5	7.5	304	472		
	5	21	~	304	513		