

IDENTIFIKASI LAPISAN PENYEBAB LONGSOR MENGGUNAKAN GROUND PENETRATING RADAR AREA MONUMEN PESAWAT SANGATTA (PT. KALTIM PRIMA COAL)

Meyliza Cronika Marbun¹, Supriyanto^{1,2}, Aditya Rinaldi^{1,3}

¹Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

²Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

³Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

*Corresponding Author : cronmarbun@gmail.com

ABSTRACT

A landslide is an event where a mass of rock, soil or a mixture of rock and soil are moved as a slope. One of the mechanical properties that can be a trigger of landslides is the reduction in rock shear strength. In this research, the authors used the Geophysical method that is Ground Penetrating Radar (GPR), by utilizing different dielectric properties of rocks when given electromagnetic wave propagation to see the amplitude contrast in the recorded data as an approach to the type of rock lithology and rock layers below the soil surface so that it can be used to identify layers that cause landslides. The frequency of GPR that used in this research is 40 MHz. The research aims to determine the type of layer that causes landslides in the area of Sangatta Aircraft Monument, PT. Kaltim Prima Coal. The results of this research are in the form of GPR data which is correlated with the carrying capacity of the soil so that the avalanche causing layer in the study area is sandy clay layer.

Keywords: *Amplitude, Soil Bearing Capacity, Electromagnetic Waves, Ground Penetrating Radar, Landslides.*

ABSTRAK.

Tanah longsor adalah peristiwa Bergeraknya massa batuan, tanah ataupun material campuran batuan dan tanah sebagai penyusun sebuah lereng. Salah satu sifat mekanik yang menjadi pemicu terjadinya tanah longsor adalah pengurangan kuat geser batuan. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan Metode Geofisika yakni *Ground Penetrating Radar (GPR)*, dengan memanfaatkan perbedaan sifat dielektrik batuan ketika diberi penjalaran gelombang elektromagnetik untuk melihat kontras amplitudo pada data yang terekam sebagai pendekatan jenis litologi batuan serta perlapisan batuan di bawah permukaan tanah sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi lapisan penyebab longsor. Besar frekuensi GPR yang digunakan pada penelitian ini adalah 40 MHz. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis lapisan yang menyebabkan longsor pada area Monumen Pesawat Sangatta, PT. Kaltim Prima Coal. Hasil dari penelitian ini berupa data GPR yang dikorelasikan dengan daya dukung tanah sehingga diperoleh lapisan penyebab longsor di area penelitian merupakan lapisan lempung pasir.

Kata Kunci : *Amplitudo, Daya Dukung Tanah, Gelombang Elektromagnetik, Ground Penetrating Radar, Tanah Longsor.*

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor adalah peristiwa Bergeraknya massa batuan, tanah ataupun material campuran batuan dan tanah sebagai penyusun sebuah lereng. Faktor alamiah yang dapat menyebabkan tanah longsor antara lain adalah curah hujan, gempa, sifat fisis batuan seperti litologi batuan dan struktur geologi. Kegiatan manusia yang dapat memicu terjadinya tanah longsor yakni kegiatan pembukaan lahan pertanian, pemotongan lereng baik untuk melakukan penimbunan lembah atau membuka lahan pemukiman dan juga kegiatan penambangan.

Sifat mekanik yang dapat memicu terjadinya tanah longsor salah satunya adalah pengurangan kuat geser batuan. Pengurangan kuat geser batuan ini menyebabkan terjadinya gelincir batuan ataupun material penyusun lereng karena tidak mampu menahan besarnya gaya dorong.

Metode *Ground Penetrating Radar* digunakan untuk melihat kontras antara material penyebab longsor terhadap material yang lebih keras, dengan memperhatikan parameter cepat rambat gelombang elektromagnetik dalam suatu medium untuk menentukan besarnya konstanta dielektrik tiap setiap medium.

2. TEORI

Gelombang elektromagnetik merupakan salah satu dari spektrum gelombang mikro. Sifat elektromagnetik suatu material bergantung pada komposisi dan kandungan air di dalamnya, dimana keduanya merupakan pengaruh utama pada perambatan kecepatan gelombang radar dan atenuasi gelombang elektromagnetik dalam material

Penggunaan gelombang elektromagnetik dalam *Ground Penetrating Radar* didasarkan pada persamaan Maxwell, dimana persamaan tersebut adalah rumusan sistematis yang melandasi fenomena elektromagnetik

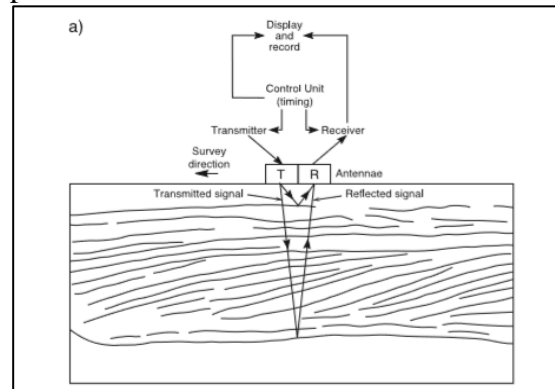
$$\nabla \times \bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \bar{H} = \bar{J} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \bar{D} = q$$

$$\nabla \cdot \bar{B} = 0$$

Prinsip kerja dari *Ground Penetrating Radar* adalah dengan memancarkan gelombang elektromagnetik (gelombang radar) ke dalam medium target dan selanjutnya akan dipantulkan oleh material kembali ke permukaan dan diterima oleh *receiver*



Gambar 1. Akuisisi Data pada Suatu Titik Survei, Menunjukkan Sistem Komponen GPR dan Konfigurasi Reflektor di Bawah Permukaan (Neal, 2004).

Kecepatan gelombang elektromagnetik dalam suatu medium bergantung pada nilai kecepatan cahaya, permitivitas dielektrik dan permeabilitas magnetik (material non magnetik). Persamaan kecepatan gelombang elektromagnetik dalam suatu medium adalah sebagai berikut

$$V_m = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{0.3}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

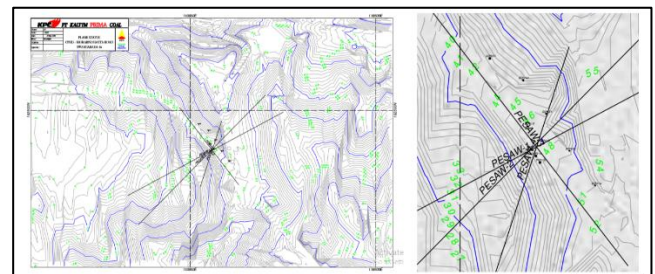
Tabel 1. Nilai Konstanta Dielektrik, Konduktivitas Listrik, Kecepatan dan Atenuasi pada Beberapa Material Umum (Sumber : Neal, 2004).

Medium	Relative Dielectric	Electromagnetic-wave velocity	Conductivity	Attenuation
--------	---------------------	-------------------------------	--------------	-------------

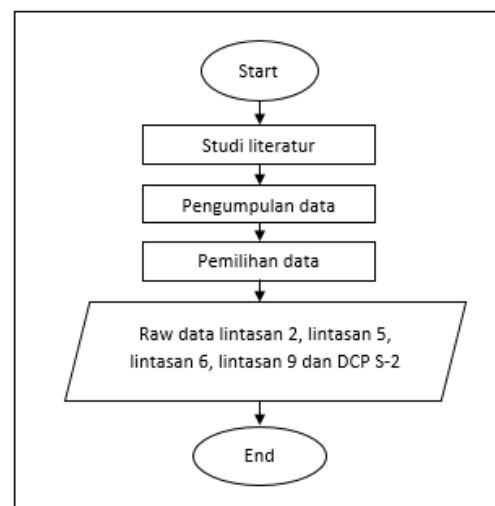
	Permittivity (ϵ_r)	($m\ ns^{-1}$)	($mS\ m^{-1}$)	(dB/m)
Air	1	0.30	0	0
Fresh Water	80	0.033	0.5	0.1
Seawater	80	0.01	30000	1000
Unsatrated sand	2.55-7.5	0.1-0.2	0.01	0.01-0.04
Saturated sand	20.-31.6	0.05-0.08	0.1-1	0.03-0.5
Unsatrated sand and gravel	3.5-6.5	0.09-0.13	0.007-0.06	0.01-0.1
Saturated sand and gravel	15.5-17.5	0.06	0.7-9	0.03-0.5
Unsatrated silt	2.5-5	0.09-0.12	1-100	1-300
Saturated Silts	22-30	0.05-0.07	100	1-300
Unsatrated Clay	2.5-5	0.09-0.12	2-20	0.28-300 ^a

Saturated clay	5-40	0.05-0.07	20-1000	0.28-300 ^a
Unsatrated till	7.4-21.1	0.1-0.12	2.5-10	b
Saturated till	24-34	0.1-0.12	2-5	b
Fresh water peat	57-80	0.03-0.06	<40	0.3
Bedrock	4-6	0.12-0.13	10 ⁻⁵ -40	7x10 ⁻⁶

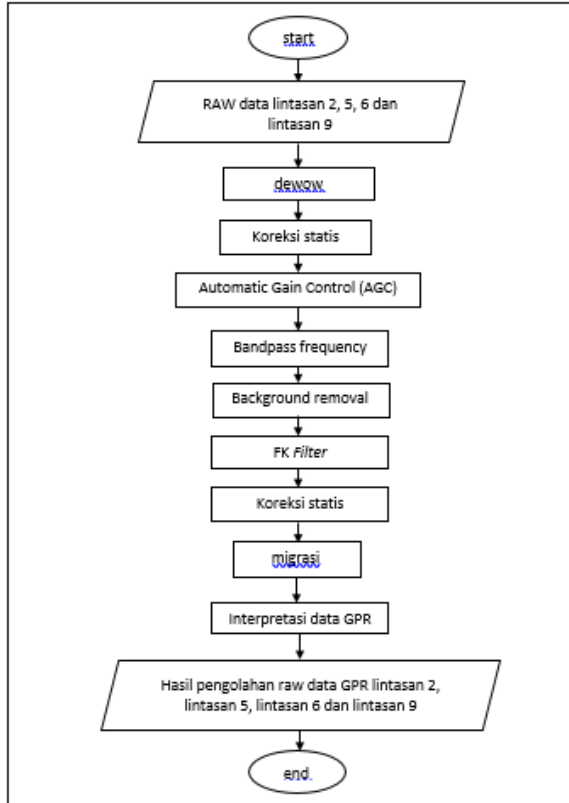
3. METODE PENELITIAN



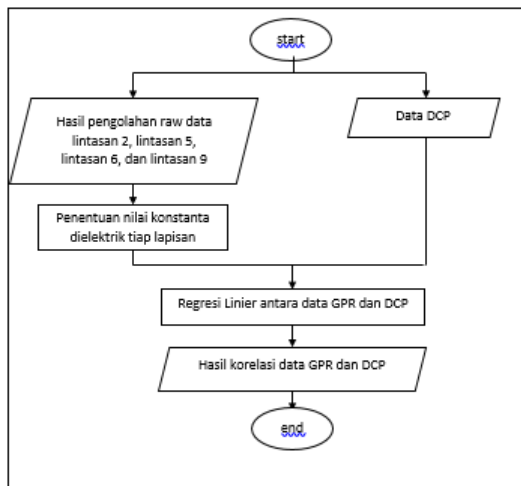
Gambar 2. Section Area Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Pre-Processing



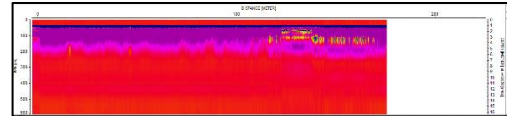
Gambar 4. Diagram Alir Processing



Gambar 5. Diagram Alir Post-Processing

Metode GPR

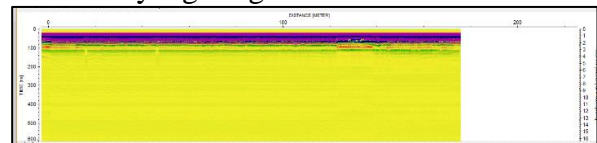
Tahap pertama dalam pengolahan data GPR adalah mengimport data pada *software Reflexw*. Kemudian radargram akan ditampilkan seperti gambar berikut



Gambar 6. Tampilan Radargram dari Raw Data yang Diimport

a. *Substract-mean (dewow)*

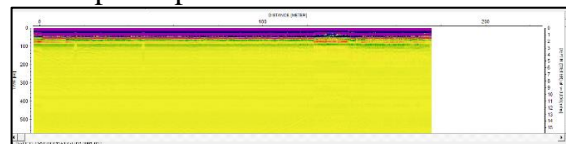
Sebuah aspek unik dari data GPR yang dihasilkan dari dekatnya *receiver* dengan *transmitter*. Medan yang berada di dekat *transmitter* mengandung energi berfrekuensi rendah yang berhubungan dengan elektrostatis dan medan induksi, dimana pengurangan energi terjadi secara cepat dalam jarak. *Noise* frekuensi rendah ini berasal dari instrumen elektronik yang tersaturasi oleh nilai amplitudo yang besar dari gelombang langsung dan gelombang udara. *Filter* pertama yang akan dilakukan adalah *substract-main (dewow)*. *Wow* adalah *noise* frekuensi rendah yang terekam oleh sistem radar, sehingga *dewow* adalah *filter* yang digunakan untuk menghilangkan frekuensi yang sangat rendah dari data GPR.



Gambar 7. Tampilan Radargram Setelah Dilakukan *Filter Substract-Mean Dewow*

b. *Static Correction (Move Starttime)*

Koreksi statis ini bertujuan untuk mengembalikan waktu tiba pertama gelombang pada pengolahan *trace* pada kontras pertama lapisan yang ditemukan (menempatkan posisi awal gelombang ke titik nol pada parameter waktu). Hal ini dikarenakan pada saat akuisisi data, alat tidak menempel di permukaan tanah.

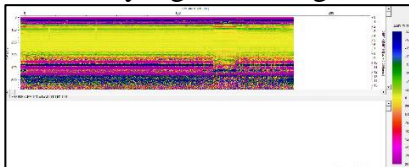


Gambar 8. Tampilan Radargram Setelah Dilakukan *Static Correction*

Setelah dilakukan koreksi statis (*move starttime*) maka pada radargram terlihat kontras lapisan pertama berada di titik nol ns.

c. Automatic Gain Control

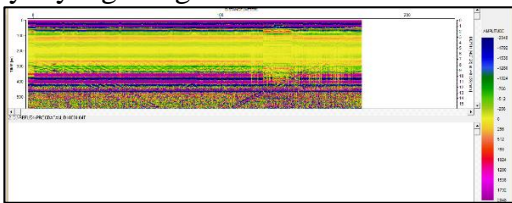
Pada proses akuisisi data, sinyal GPR mengalami pelemahan (*attenuation*) energi secara cepat, seiring bertambahnya kedalaman. Pelemahan tersebut terjadi karena adanya penyerapan oleh medium yang dilalui gelombang elektromagnetik. Oleh karena itu dilakukan *gain* (penguatan) agar sinyal pada kedalaman yang lebih tinggi dapat sama kuat dengan sinyal yang datang dari kedalaman yang lebih dangkal.



Gambar 9. Tampilan Radargram Setelah Dilakukan *Automatic Gain Control*

d. Bandpass Frequency

Tahap selanjutnya setelah dilakukan penguatan menggunakan *Automatic Gain Control* adalah melakukan *filter bandpass frequency*. Fungsi dari *filter bandpass frequency* ini adalah menghilangkan frekuensi-frekuensi yang tidak diinginkan (*noise*) dengan cara membatasi nilai jangkauan frekuensi sinyal pada radargram, yang berarti *filter* ini akan menekan *noise* yang ada di luar spektrum frekuensi dari sinyal yang diinginkan.

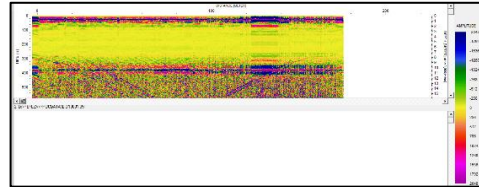


Gambar 10. Tampilan Radargram Setelah Dilakukan *Filter Bandpass Frequency*

e. Background Removal

Setelah dilakukan *filter bandpass frequency*, tahap selanjutnya adalah melakukan *filter 2-D* yakni *background removal*. *Background removal* berfungsi untuk menghilangkan *noise* yang selalu

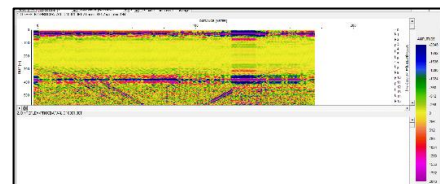
muncul secara konsisten pada seluruh profil, sehingga menutupi sinyal yang sebenarnya. Proses pada *filter* ini dapat dilakukan baik pada domain waktu maupun kedalaman tertentu (pada *noise*), tanpa mempengaruhi sinyal yang diinginkan.



Gambar 11. Tampilan Radargram Setelah Dilakukan *Filter Background Removal*. Setelah dilakukan *filter background removal*, kita dapat melihat sinyal yang konsisten muncul pada seluruh profil sudah menghilang.

f. FK Filter

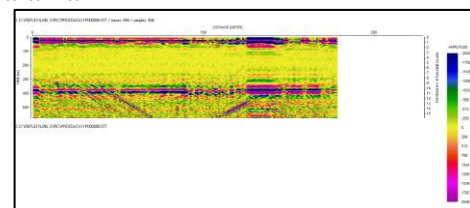
FK filter termasuk ke dalam *filter* dua dimensi yang yang didefinisikan dalam domain frekuensi dan bilangan gelombang pada sebuah *range* data yang dipilih. *Filter* ini digunakan untuk menghilangkan *noise* koheren berupa *ground-roll* gelombang langsung dan gelombang bias yang secara umum merupakan refleksi pertama dalam data.



Gambar 12. Tampilan Radargram Setelah Dilakukan *FK Filter*

g. Migration

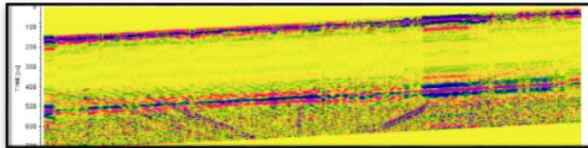
Migrasi adalah proses untuk memindahkan kedudukan reflektor pada lapisan miring ke posisi sebenarnya dibawah permukaan, baik dalam domain waktu atau kedalaman



Gambar 13. Tampilan Radargram Setelah Dilakukan Migration

h. Static Correction (Move to Positive Time)

Pengambilan data tidak selamanya pada bidang datar, oleh karena itu perlu dilakukan koreksi statis pada raw data yang sedang diolah, untuk menunjukkan keadaan lintasan dengan elevasi saat pengambilan data.



Gambar 14. Tampilan Radargram Setelah Dilakukan Static Corection (Move to Positive Time)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

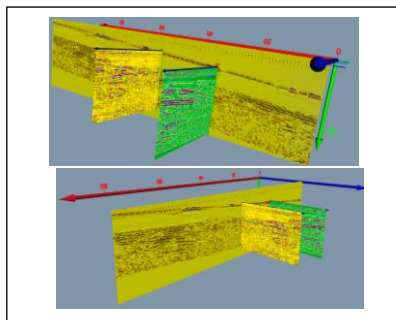
Dari pengolahan data GPR diperoleh interpretasi sebagai berikut

Lintasan 2	Kedalaman (m)	Konstanta Dielektrik	Interpretasi
Lapisan 1	0.00-0.80	19.04	Lapisan Aspal dan perkerasan
Lapisan 2	0.80-3.90	28.68	Lapisan Lempung Pasiran
Lapisan 3	3.90-7.60	28.99	Lapisan Lempung Padat
Lapisan 4	7.60-15.60	29.59	Lapisan Pasir

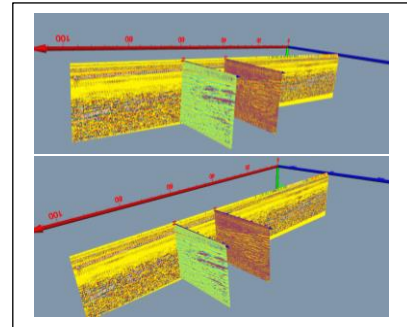
Lintasan 5	Kedalaman (m)	Konstanta Dielektrik	Interpretasi
Lapisan 1	0.00-0.80	19.04	Lapisan Aspal dan perkerasan
Lapisan 2	0.80-3.60	28.45	Lapisan Lempung Pasiran
Lapisan 3	3.60-7.60	29.10	Lapisan Lempung Padat
Lapisan 4	7.60-15.60	29.59	Lapisan Pasir

Lintasan 6	Kedalaman (m)	Konstanta Dielektrik	Interpretasi
Lapisan 1	0.00-0.80	19.04	Lapisan Aspal dan perkerasan
Lapisan 2	0.80-3.60	28.45	Lapisan Lempung Pasiran
Lapisan 3	3.60-7.40	29.03	Lapisan Lempung Padat
Lapisan 4	7.40-15.60	29.59	Lapisan Pasir

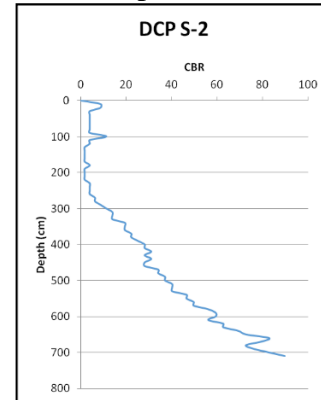
Lintasan 9	Kedalaman (m)	Konstanta Dielektrik	Interpretasi
Lapisan 1	0.00-0.80	19.04	Lapisan Aspal dan perkerasan
Lapisan 2	0.80-3.60	28.53	Lapisan Lempung Pasiran
Lapisan 3	3.60-7.60	28.80	Lapisan Lempung Padat
Lapisan 4	7.60-15.60	29.59	Lapisan Pasir



Gambar 15. Tampilan 3D Lintasan 2,5,6



Gambar 16. Tampilan 3D Lintasan 9,5,6

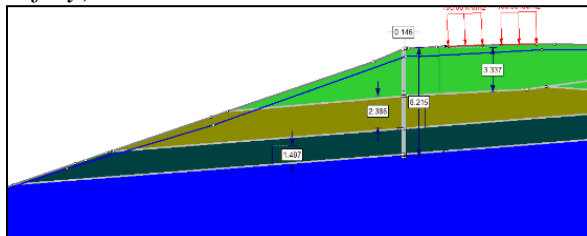


Gambar 17. Nilai CBR pada DCP S-2

- Dari permukaan hingga kedalaman 3.3 m merupakan tanah dengan konsistensi lunak (*soft*)
- Kedalaman 3.3 m hingga 5.7 m merupakan tanah dengan konsistensi sangat kaku (*very stiff*)
- Kedalaman 5.7 m hingga 7.1 m merupakan tanah dengan konsistensi sangat keras (*hard*)

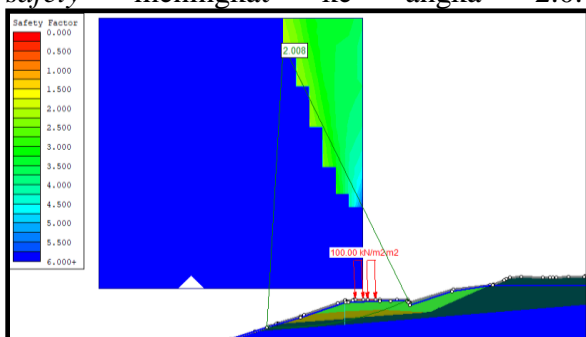
Perbandingan antara gaya penahan terhadap gaya pendorong (gaya penggerak tanah, baik dari segi situasi geologi lereng, kondisi air tanah, maupun faktor dari luar seperti getaran) disebut *Factor of Safety* atau faktor keamanan. Secara sistematis factor of safety suatu lereng mempunyai ketentuan antara lain :1. FoS > 1.0 berarti lereng dalam kondisi stabil ; 2. FoS = 1.0 berarti lereng cukup stabil ; 3. FoS < 1.0 maka lereng dalam kondisi kritis. Berhubung banyaknya faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng, FoS = 1 tidak dapat menjamin kondisi lereng cukup stabil. Maka diperlukan suatu nilai faktor keamanan minimum menjadi batas faktor

kemananan terendah yang masih aman. Maka faktor minimum yang digunakan adalah $FoS \geq 1.25$ yang berarti lereng aman, $FoS 1.07 - 1.25$ berarti lereng tidak aman, $FoS < 1.07$, lereng kritis. Dengan kondisi lapisan tanah yang jenuh serta beban kendaraan yang sangat besar maka, diperoleh interpretasi terhadap lereng berupa nilai FoS (*Factor of Safety*) sebesar 1.15.



Gambar 18. Rancangan Pemasangan *Sheet Pile* pada Lereng

Penggunaan *sheet pile* merupakan salah satu solusi untuk meningkatkan kestabilan lereng. Pemasangan *sheet pile* pada tebing lereng bertujuan untuk menahan pergerakan tanah. Sehingga dengan adanya pemasangan *sheet pile* dapat meningkatkan nilai *factor of safety* pada lereng. Lereng yang semula hanya memiliki *factor of safety* pada angka 1.15, ketika dirancangan pemasangan *sheet pile* dengan kuat tekanan sebesar 35000 kN/m^2 , dari permukaan hingga pada kedalaman sekitar 8 m, maka nilai *factor of safety* meningkat ke angka 2.0.



Gambar 19. Pemodelan Lereng setelah Dirancangan *Sheet Pile*

KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil pengolahan data GPR maka disimpulkan, pada setiap lintasan terdiri atas 4 lapisan. Lapisan pertama

pada setiap lintasan, dengan ketebalan 0.8 m, konstanta dielektrik sebesar 19.04 merupakan lapisan aspal dan perkerasannya. Lapisan kedua pada kedalaman sekitar 0.8-3.9 m, memiliki konstanta dielektrik sekitar 28.45-28.68, diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasir. Lapisan ketiga pada kedalaman sekitar 3.6-7.6 m, konstanta dielektrik sekitar 28.8- 29.1 diinterpretasikan sebagai lapisan lempung padat. Lapisan terakhir pada kedalaman sekitar 7.4-15.6 m memiliki nilai konstanta dielektrik sekitar 29.59-29.61, diinterpretasikan sebagai lapisan pasir.

Identifikasi zona penyebab longsor berdasarkan hasil interpretasi data GPR yang dikorelasikan dengan nilai CBR dari data DCP, adalah kontak litologi antara lapisan lempung pasir dengan lapisan lempung padat. Lapisan lempung pasir merupakan zona lemah pada area karena memiliki daya dukung tanah yang rendah dan juga merupakan lapisan tanah ekspansif yang mengakibatkan volume tanah mudah mengembang, menyusut, serta adanya penurunan kuat geser (*shear strength*).

2. Korelasi antara nilai konstanta dielektrik pada keempat lintasan dengan data nilai CBR menunjukkan korelasi langsung baik bernilai positif, menggunakan regresi linier maka dihasilkan *trendline* yang naik.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Achmad, F. 2011. *Korelasi Nilai Hambatan Konus (q_c) dan CBR Lapangan pada Tanah Lempung Desa Imbodu*. Gorontalo : Universitas Negeri Gorontalo.
- 2) Annan, A.P. 2003. *Ground Penetrating Radar, Principles, Procedures &*

- Applications*. German : Sensors & Software Inc.
- 3) Astutik, S. 2001. *Penggunaan Ground Penetrating Radar sebagai Metal Detector*. Jember : Universitas Jember.
 - 4) Dentith, M 2014. *Geophysics for The Mineral Exploration Geoscientist*. United Kingdom : Cambridge University Press.
 - 5) Elfarabi, 2016. *Pemetaan Bawah Permukaan pada Daerah Tanggulangin Sidoarjo dengan Menggunakan Metoda Ground Penetrating Radar (GPR)*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
 - 6) Harimei, B. 2018. *Analisis Daya Dukung Tanah pada Perencanaan Sarana dan Prasarana Umum*. Makassar : Universitas Hasanuddin.
 - 7) Joel, J. 2016. *Menerapkan Pengujian DCP sebagai Solusi untuk Mendapatkan Nilai CBR Lapangan pada Proyek Pelebaran Ruas Jalan Tumpaan-Lopana di Kabupaten Minahasa Selatan*. Manado : Politeknik Negeri Manado.
 - 8) Jol, H. M. 2009. *Ground Penetrating Radar : Theory and Applications*. Slovenia : Elsevier Science.
 - 9) Lengkong, P. (2013). *Hubungan Nilai CBR Laboratorium dan DCP pada Tanah yang Didapatkan pada Ruas Jalan Wori-Likupang Kabupaten Minahasa Utara*. Manado : Universitas Sam Ratulangi.
 - 10) Nandi. 2007. *Longsor*. Bandung : Universitas Pendidikan Indonesia
 - 11) Neal, A. 2004. *Ground Penetrating Radar and It's Use in Sedimentology : Principles, Problems and Progress*. United Kingdom : University of Wolverhampton.
 - 12) Nugroho, E. 2005 : *Analisa Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran dengan Menggunakan Plaxis V.7.11 Studi Kasus Ruas Jalan Menganti-Wangon STA 8 + 400 s/d 8 +750*. Semarang : Universitas Diponegoro.
 - 13) Prakoso, B. A. 2018. *Analisis Tingkat Risiko Tanah Longsor Berdasarkan Nilai Peak Ground Acceleration (PGA) di Desa Purwosari Kecamatan Girimulyo Kabupaten Kulon Progo*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
 - 14) Risqa, M. 2019. *Analisis Hubungan Ground Penetrating Radar dengan Uji Property Mechanic pada Lapisan Tanah Lunak di area Bengkoang PT. Kaltim Prima Coal*. Yogyakarta : Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
 - 15) Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung : Institut Tekonolgi Bandung.
 - 16) Shofiana. A. 2016. *Identifikasi Gua Bawah pada Struktur Gamping berdasarkan Interpretasi Data Ground Penetrating Radar*. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
 - 17) Sriharyani, L. 2016. *Kajian Penggunaan Dynamic Cone Penetrometer (DCP) untuk Uji Lapangan pada Tanah Dasar Pekerjaan Timbunan Apron (Studi Kasus di Bandar Udara Radin Inten II*

Lampung). Lampung : Universitas Muhammadiyah Metro.

- 18) Wahidah, R. 2017. *Interpretasi Potensi Sebaran Batubara Menggunakan Metode GPR (Ground Penetrating Radar) (Studi Kasus di Desa Kebo Ireng Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung Provinsi Jawa Timur)*. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- 19) Wiranata, A. 2017. *Estimasi Ketebalan Lapisan Gambut Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar di Sekitar Bandara Samarinda Baru, Samarinda, Kalimantan Timur*. Samarinda : Universitas Mulawarman