

**KESTABILAN LERENG TAMBANG TERBUKA BATUBARA  
DI DAERAH DESA PURWAJAYA, KECAMATAN LOAJANAN,  
KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**  
*COAL OPEN MINE SLOPE STABILITY AT PURWAJAYA AREA,  
LOAJANAN DISTRICT, KUTAI KARTANEGARA REGENCY,  
EAST KALIMANTAN PROVINCE*

**\*Sulaeman, \*\*Rd. Irvan Sophian, \*\*Geni Dipatunggoro, \*\*Febri Hirnawan**

\*Pusat Sumber Daya Geologi

Jalan Soekarno-Hatta No.444, Bandung

\*\*Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor

sul\_geo08@yahoo.co.id

diterima : 9 Juni 2014

direvisi : 13 Juli 2014

disetujui : 1 Agustus 2014

### **ABSTRAK**

Pertambangan batubara pada 10 tahun terakhir mengalami peningkatan. Kegiatan pertambangan tidak terlepas dari kegiatan eksplorasi dan eksploitasi. Tambang terbuka maupun tambang bawah permukaan erat hubungannya dengan kajian geoteknik dan menjadi persyaratan dalam mengajukan izin kegiatan penambangan. Lokasi administrasi daerah penelitian terletak di daerah Desa Purwajaya, Kecamatan Loajanan, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Dalam kegiatan di lapangan dilakukan pemetaan geologi teknik dan pengeboran geoteknik. Dari hasil kegiatan tersebut data diolah di laboratorium dan menghasilkan sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan untuk dapat mengetahui kekuatan massa batuan.

Analisis laboratorium menghasilkan data sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan. Hasil analisis tersebut digabungkan dengan hasil deskripsi pengeboran geoteknik yang kemudian digunakan untuk menentukan kekuatan massa batuan (*RMR*) di setiap titik bor. Pada titik bor GT 01 dengan *RMR* kisaran 37 termasuk dalam kelas IV (*poor rock*) dan kelas III (*fair rock*). Titik bor GT 02 dengan kisaran *RMR* 35 termasuk kelas IV (*poor rock*) dan 68 untuk kelas II (*good rock*). Titik bor GT 03 dengan kisaran *RMR* 30 termasuk kelas IV (*poor rock*) dan 73 untuk kelas II (*good rock*). Simulasi kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan data hasil analisis laboratorium pada kedalaman dan sudut lereng tertentu dan menghasilkan nilai FS 1,265 untuk *highwall* dan 1,311 untuk *lowwall*.

**Kata kunci** : analisis geoteknik, longsor, tambang terbuka, *RMR*.

### **ABSTRACT**

*During 10 years, coal mining shows increasing activities. Mining activities cannot be separated from the activities of exploration and exploitation. Open pit or underground mining activities are related to geotechnical studies and become the requirements for applying mining permits. Study area is located at Purwajaya Village, District of Loajanan, Kutai Kartanegara Regency of East Kalimantan. In the fieldwork, engineering geological mapping and geotechnical drilling are carried out to obtain field data. Field samples are analysed in the laboratory to obtain the physical and mechanical properties of soils, which are used for slope stability simulation.*

*The combination of laboratory results and description from geotechnical drilling are used to determine the Rock Mass Rating (RMR). The GT 01 drill hole has RMR range of 37, included in class IV (poor rock) and class III (fair rock). The GT 02 has RMR range of 35 included in class IV (poor rock) and 68 for class II (good rock). The GT 03 has RMR range of 30*

included in class IV (poor rock) and 73 for class II (good rock). The slope stability analysis shows that the safety factor (FS) has values of 1.265 for highwall and 1.311 for lowwall.

**Keywords :** geotechnical analysis, landslide, open pit mining, RMR.

## PENDAHULUAN

Dalam metode penambangan terbuka (*open pit mining*) kondisi kestabilan lereng menjadi hal yang sangat penting. Hal ini tidak terlepas dari aktivitas pembentukan jenjang dari lereng alaminya untuk kepentingan eksploitasi. Semakin dalam jenjang penambangan maka beban lereng akan semakin bertambah besar pula, sehingga masalah kestabilan lereng menjadi sangat penting untuk diperhatikan.

Dalam kerangka pengawasan dan evaluasi kestabilan lereng tambang, kajian geoteknik memiliki peran yang penting dalam penentuan batasan pembentukan geometri lereng dan evaluasi maksimum *pit floor*-nya secara menerus serta melakukan upaya-upaya penstabilan lereng untuk mencegah dan meminimalisir terjadinya longsor pada dinding tambang yang dapat menimbulkan berbagai macam kerugian (Hoek, 2006; Hirnawan dan Zakaria, 2002). Bieniawski (1989) menjelaskan bahwa kestabilan lereng

diantaranya tercermin dari nilai kekuatan massa batuan (*rock mass rating, RMR*). Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan massa batuan dan desain lereng stabil di daerah penelitian.

## Geologi

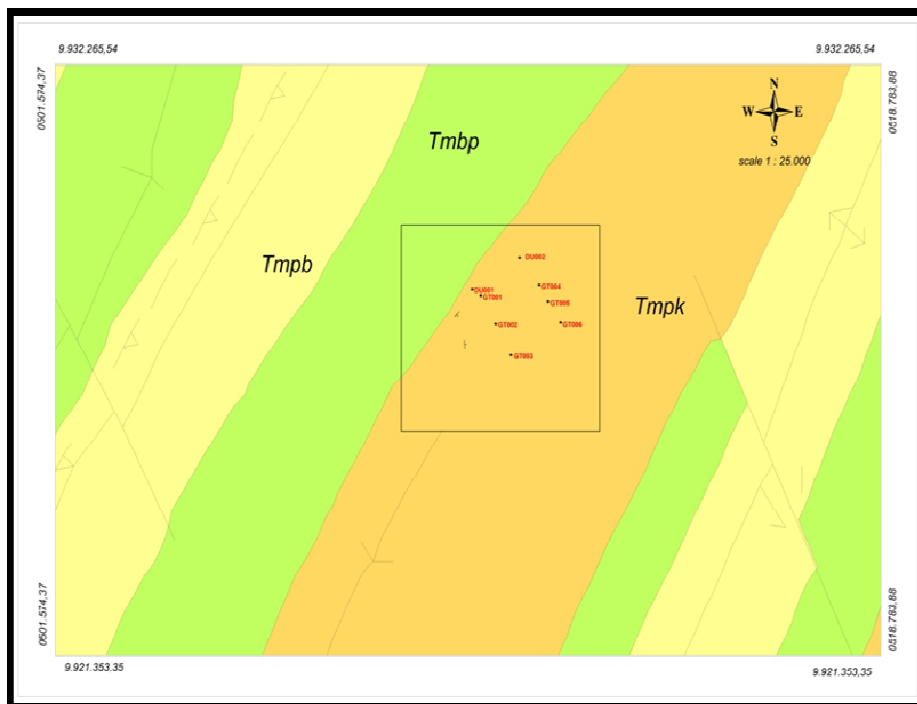
Supriatna, dkk (1995) menjelaskan bahwa secara geologi regional daerah penyelidikan merupakan bagian dari Cekungan Kutai yang disusun oleh sejumlah formasi batuan sedimen berumur Tersier seperti yang dijelaskan berikut ini :

### 1. Formasi Balikpapan (Tmbp)

Formasi ini berumur Miosen Akhir bagian bawah sampai Miosen Tengah bagian atas, yang tersusun oleh perselingan batupasir dan lempung dengan sisipan batulanau, serpih, batugamping dan batubara.

### 2. Formasi Kampung Baru (Tpkb)

Formasi ini berumur Miosen Akhir sampai Plio-Pleistosen yang terdiri dari batu pasirkuarsa dengan sisipan batulempung, serpih, lanau, dan batubara.



Gambar 1. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (modifikasi dari Supriatna, dkk, 1992).

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini objek yang dikaji yaitu sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan, karakteristik batuan dan tanah serta faktor eksternal yang mempengaruhi kestabilan lereng di daerah penelitian. Pemetaan geologi teknik dilakukan dengan tujuan mengetahui penyebaran tanah secara keteknikan dan kondisi geologinya. Dari hasil pemetaan tersebut dihasilkan peta sebaran tanah yang didasarkan pada klasifikasi *USCS (Unified Soil Classification System)* menurut Hoek (2006). Kegiatan penelitian dilanjutkan dengan pengeboran geoteknik yang bertujuan untuk mengetahui litologi lapisan penyusun bawah permukaan serta kondisi geologi di daerah penelitian. Dari pengeboran tersebut diambil sampel tanah dan batuan untuk keperluan analisis laboratorium untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan.

Analisis laboratorium yang dilakukan seperti uji triaxial, *direct shear*, dan *UCS (Uniaxial Compressive Strength)* masing-masing akan menghasilkan nilai kohesi dan sudut geser dalam pada sampel tanah serta nilai kekuatan batuan. Dari hasil uji laboratorium tersebut dikombinasikan dengan hasil deskripsi *core* pada saat pengeboran geoteknik akan digunakan untuk pembobotan massa batuan/*RMR (Rock Mass Rating)* untuk mengetahui kualitas massa batuan dan setelah itu dilakukan simulasi kestabilan lereng pada kedalaman dan sudut lereng tertentu (Hirawan & Zakaria, 2002).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Morfologi Daerah Penelitian

Morfologi daerah penelitian tergolong kedalam bentang alam dataran rendah, dengan ketinggian antara 36 m s.d. 86 m di atas permukaan laut. Kemiringan lereng umumnya 0,75° atau 1,3% sampai 8,8° atau 15,5% sehingga masuk dalam kelas lereng datar hingga landai (bergelombang).

### Pemetaan Geologi Teknik

Pemetaan Geologi Teknik merupakan orientasi lapangan di daerah penelitian dalam upaya mengetahui jenis tanah dan batuan di daerah penelitian berdasarkan klasifikasi *USCS (Unified Soil Classification System)* serta penyebaran dari tanah dan batuan di daerah penelitian. Dalam Pemetaan geologi teknik ini akan menghasilkan peta sebaran tanah yang berdasarkan klasifikasi *USCS*, seperti yang ditunjukkan pada gambar.

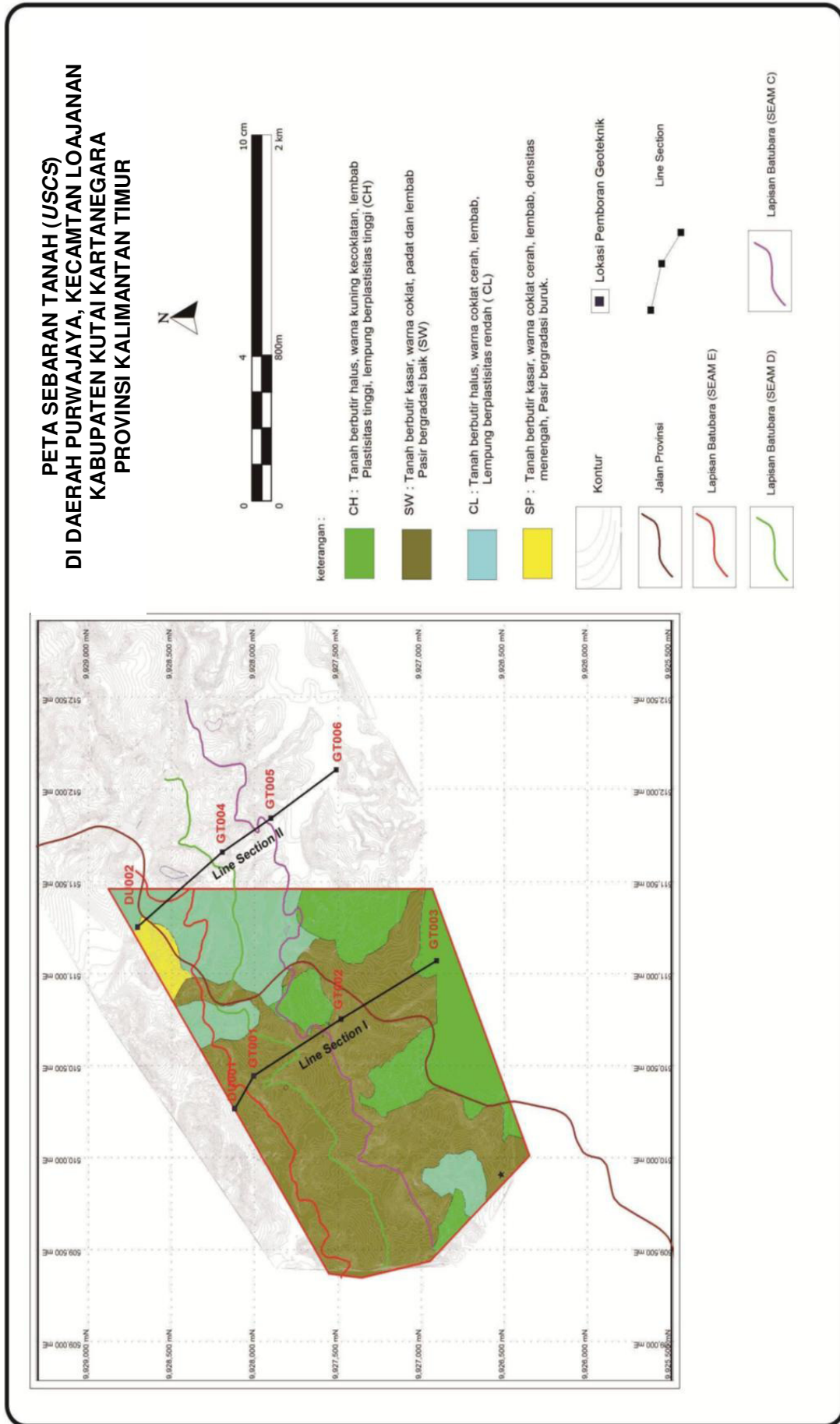
Dari peta sebaran tanah *USCS* dapat dilihat penyebaran tanah yang terdapat di daerah penelitian. Hasil dari pemetaan geologi teknik di atas dapat dikelompokkan menjadi 4 satuan tanah yang mengacu pada klasifikasi *USCS*, yaitu :

**a. Sand Poor Graded (SP)**, dengan karakteristik ukuran butir kasar, warna coklat terang, lembab, kepadatan sedang, bergradasi buruk, terdapat mineral kuarsa, jenis tanahnya pasir (Gambar 3).

**b. Sand Well Graded (SW)**, dengan karakteristik ukuran butir kasar, warna coklat, padat, lembab, bergradasi buruk, jenis tanahnya pasir (Gambar 4).

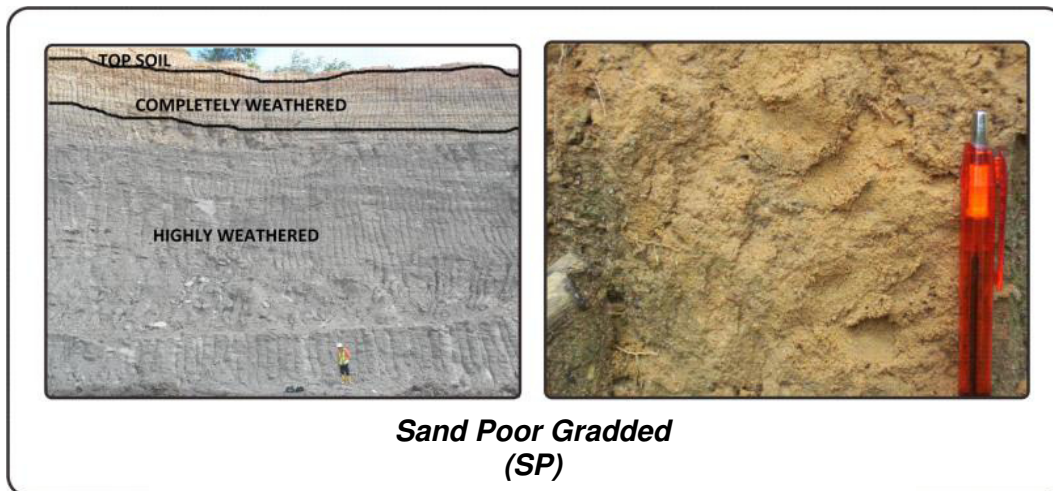
**c. Clay High Plasticity (CH)**, dengan karakteristik ukuran butir halus, warna kuning kecoklatan, lembab, plastisitas tinggi, jenis tanah lempung (Gambar 5).

**d. Clay Low Plasticity (CL)**, dengan karakteristik ukuran butir halus, warna coklat terang, lembab, plastisitas rendah, jenis tanahnya lempung (Gambar 6).

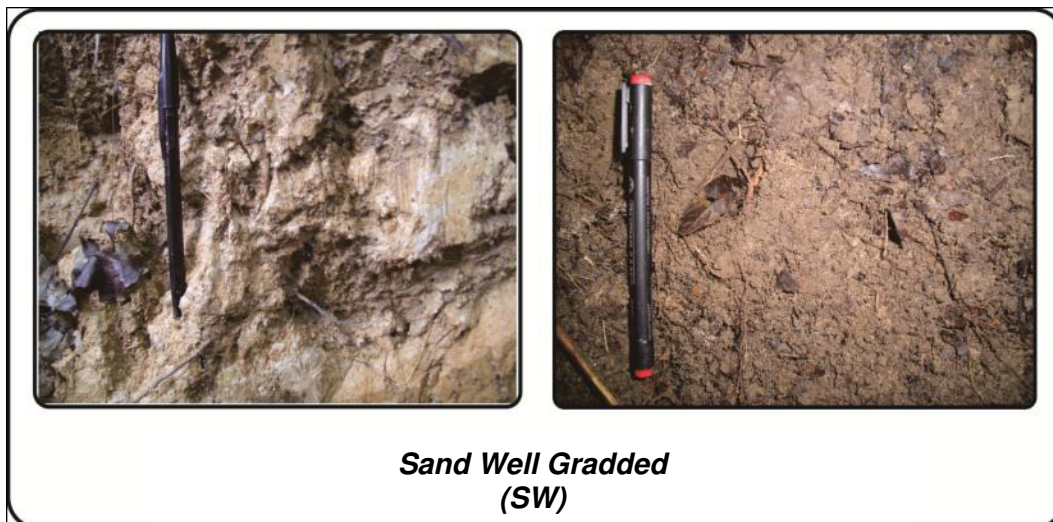


Gambar 2. Peta Sebaran Tanah daerah penelitian didasarkan pada klasifikasi USCS.

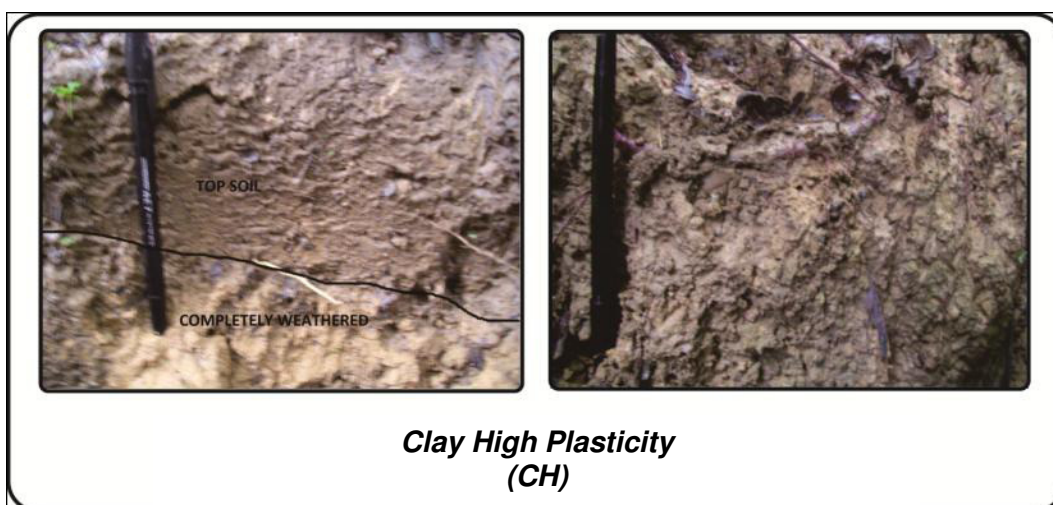




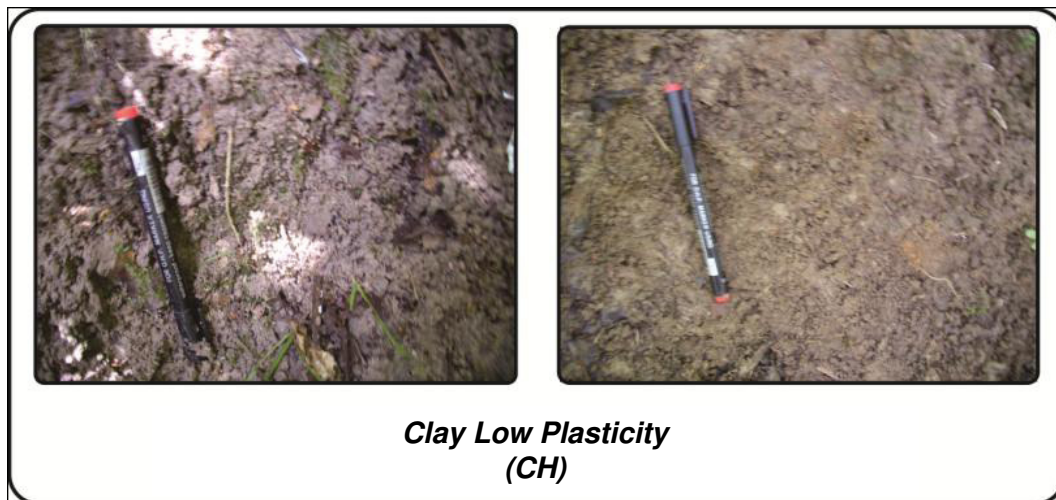
Gambar 3. Tanah SP (*Sand Poor Graded*) pada stasiun TEK 01



Gambar 4. Tanah SW (*Sand Well Graded*) pada stasiun TEK 22



Gambar 5. Tanah CH (*Clay High Plasticity*) pada stasiun TEK 20



Gambar 6. Tanah CL (*Clay Low Plasticity*) pada stasiun TEK 42

### Pengeboran Geoteknik

Selain dilakukannya pemetaan geologi teknik, upaya kajian geoteknik agar data yang diambil di lapangan valid dan memenuhi persyaratan maka dilakukan pengeboran geoteknik (Gambar

7 dan Gambar 8). Posisi pengeboran dilakukan dengan arah tegak lurus terhadap permukaan mengingat kemiringan lapisan batuan relatif datar ( $18^\circ$ ).



Gambar 7. Aktifitas Pengeboran di Lokasi Titik Bor GT 02





Gambar 8. Data hasil pemboran (*core*) pada titik bor GT 02

Penampang bawah permukaan daerah penelitian dapat dilihat dari setiap penampang titik bor geoteknik (GT 01, GT 02, dan GT 03) yang dikorelasikan satu sama lain. Dari penampang bawah permukaan pada Gambar 9 dan Gambar 10, dapat diketahui litologi penyusun daerah penelitian sebagai berikut :

1. *Soil*/Tanah Permukaan, pada umumnya memiliki karakteristik warna coklat terang, ukuran butiran halus, permeabilitas sedang, basah, lunak, padat, lempung pasiran, dan homogen.
2. Batupasir, memiliki karakteristik warna abu-abu terang, masif, kekerasan sedang, ukuran butir halus, pemilahan baik, permeabilitas sedang, sementasi baik, dan karbonan.
3. Batulempung, memiliki karakteristik; warna abu-abu, kekerasan sedang sampai keras, masif, lembab, dan *low slacking potential*.
4. Batulanau, banyak ditemukan dengan karakteristik; warna abu-abu terang, lembab, kekerasan sedang, dan *low slacking potential*.
5. Batubara, memiliki karakteristik warna hitam, keras, kekuatan sedang, lembab, goresan hitam, dan *dull*.

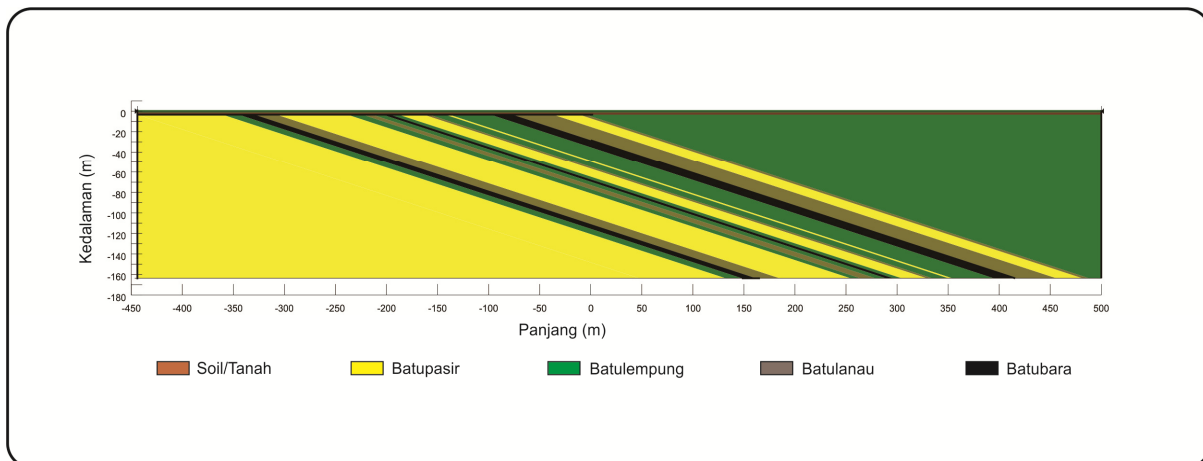
### Sifat Fisik dan Mekanik Tanah dan Batuan

Dari Uji Triaxial atau uji kuat geser didapatkan nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) dari suatu batuan dan tanah yang diuji. Berikut di bawah ini hasil uji Triaxial dari beberapa sampel yang diambil dari lubang bor GT 02 (Tabel 1).

Uji *direct shear* merupakan salah satu uji geser pada material tanah atau batuan yang menghasilkan nilai kohesi dan sudut geser dalam. Berikut di bawah ini dicantumkan nilai kohesi dan sudut geser dalam pada setiap batuan pada salah satu titik bor di daerah penelitian pada tabel 2.

Gambar 9. Korelasi litologi pada lubang bor GT 01, GT 02, dan GT 03





Gambar 10. Penampang litologi bawah permukaan daerah penelitian

Tabel 1. Hasil Uji *Triaxial* dari sampel pada titik bor GT 02

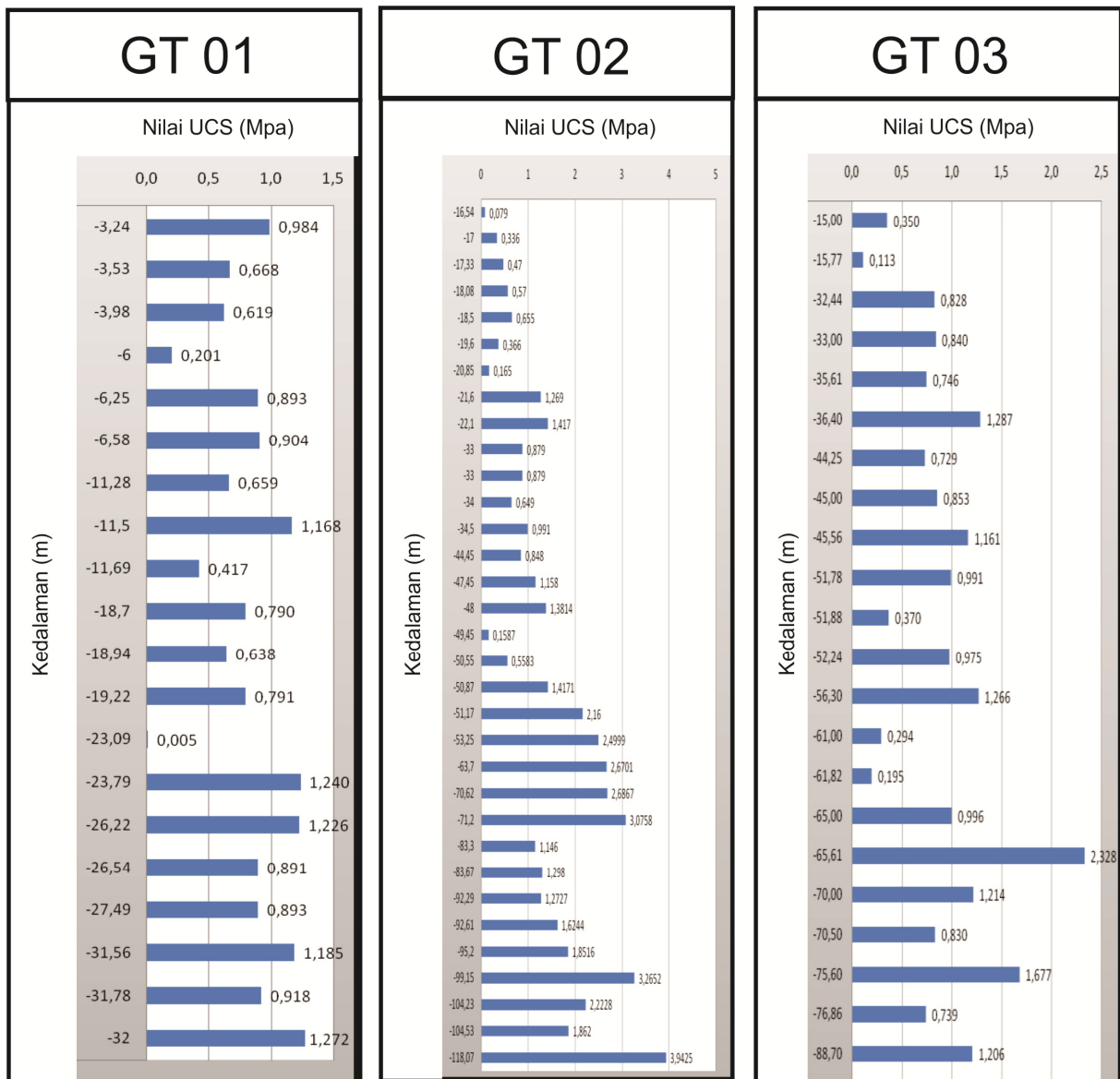
No	Kedalaman (m)	Kohesi (KN/m <sup>2</sup> )	Sudut Geser dalam (°)	Litologi
1	13,65-13,92	1062,09	19,85	Batulempung
2	16,30-16,54	726,62	26,07	Batupasir
3	18,08-18,33	413,81	31,45	Batulanau
4	28,05-28,35	1207,81	11,38	Batubara
5	38,00-38,50	666,81	18,78	Batulempung
6	47,45-47,95	594,24	24,42	Batulempung

Tabel 2. Hasil Uji *Direct Shear* pada sampel dari titik bor GT 02

No	Kedalaman (m)	c peak (KN/m <sup>2</sup> )	φ peak (°)	c residual (KN/m <sup>2</sup> )	φ residual (°)	Litologi
1	13,65-13,92	27,4568	9,03	1,8828	5,42	Batulempung
2	16,30-16,54	191,8054	10,06	28,0452	5,27	Batupasir
3	28,05-28,35	413,9113	15,11	121,6925	7,42	Batubara
4	33,00-33,50	305,9472	10,58	102,8846	6,58	Batulempung
5	38,00-38,50	258,8784	16,82	35,9880	10,92	Batulempung
6	44,45-44,82	256,9172	15,82	12,0614	12,77	Batulempung

Hasil Uji *UCS* dilakukan untuk mengetahui nilai dari berat satuan suatu batuan dan tanah, hasil uji *UCS* pada titik

bor GT 01, GT 02 dan GT 03 ditampilkan dalam Gambar 11.



Gambar 11. Grafik UCS vs Kedalaman (Titik Bor GT 01, GT 02, dan GT 03)

**PEMBAHASAN**

Berdasarkan hasil uji UCS yang didapatkan dari setiap titik bor, maka dapat dijelaskan sebagai berikut :

**1. GT 01**

Terdapat variasi besaran nilai UCS dari setiap kedalaman. Pada titik bor GT 01 nilai UCS antara 0,005 sampai dengan 1,27, sehingga material diklasifikasikan antara *very soft soil* sampai *very weak rock* (Hoek & Bray, 1977).

**2. GT 02**

Pada titik bor GT 02 nilai UCS menunjukkan antara 0,07 sampai dengan

3,94, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai *soft soil* sampai *very weak rock* (Hoek & Bray, 1977).

**3. GT 03**

Pada titik bor GT 03 nilai UCS menunjukkan angka antara 0,11 sampai dengan 2,32, sehingga dapat diklasifikasikan sebagai *firm soil* sampai *very weak rock* (Hoek & Bray, 1977).

Kualitas massa batuan dapat ditentukan dengan pembobotan *RMR (Rock Mass Rating)* berdasarkan metode *Bieneawsky, (1989)* yang klasifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi *RMR* berdasarkan Bieniawski, (1989)

A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS								
Parameter		Range of values						
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	>10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range - uniaxial compressive test is preferred	
		Uniaxial comp. strength	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa
	Rating	15	12	7	4	2	1	0
2	Drill core Quality <i>RQD</i>	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%		
	Rating	20	17	13	8	3		
3	Spacing of discontinuities	> 2 m	0.6 - 2 . m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	<60 mm		
	Rating	20	15	10	8	5		
4	Condition of discontinuities (See E)	Very rough surfaces	Slightly rough surfaces	Slightly rough surfaces	Slickensided surfaces	Soft gouge >5 mm thick or Separation > 5 mm		
		No separation	Separation < 1 mm	Separation < 1 mm	or Gouge < 5 mm thick or Separation 1-5 mm	Continuous		
5	Groundwater	Inflow per 10 m tunnel length (l/m)	None	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125	
		(Joint water press)/ (Major principal $\sigma$ )	0	< 0.1	0.1, - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5	
6	General conditions	Completely dry	Damp	Wet	Dripping	Flowing		
		Rating	15	10	7	4	0	
B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS (See F)								
Strike and dip orientations		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable		
Ratings	Tunnels & mines	0	-2	-5	-10	-12		
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25		
	Slopes	0	-5	-25	-50			
C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS								
Rating	100 ← 81	80 ← 61	60 ← 41	40 ← 21	< 21			
Class number	I	II	III	IV	V			
Description	Very good rock	Good rock	Fair rock	Poor rock	Very poor rock			
D. MEANING OF ROCK CLASSES								
Class number	I	II	III	IV	V			
Average stand-up time	20 yrs for 15 m span	1 year for 10 m span	1 week for 5 m span	10 hrs for 2.5 m span	30 min for 1 m span			
Cohesion of rock mass (kPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100			
Friction angle of rock mass (deg)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15			
E. GUIDELINES FOR CLASSIFICATION OF DISCONTINUITY conditions								
Discontinuity length (persistence)	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			
Rating	6	4	2	1	0			
Separation (aperture)	None	< 0.1 mm	0.1 - 1.0 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			
Rating	6	5	4	1	0			
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided			
Rating	6	5	3	1	0			
Infilling (gouge)	None	Hard filling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft filling < 5 mm	Soft filling > 5 mm			
Rating	6	4	2	2	0			
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Moderately weathered	Highly weathered	Decomposed			
Rating	6	5	3	1	0			
F. EFFECT OF DISCONTINUITY STRIKE AND DIP ORIENTATION IN TUNNELLING**								
Strike perpendicular to tunnel axis				Strike parallel to tunnel axis				
Drive with dip - Dip 45 - 90°		Drive with dip - Dip 20 - 45°		Dip 45 - 90°		Dip 20 - 45°		
Very favourable		Favourable		Very unfavourable		Fair		
Drive against dip - Dip 45-90°		Drive against dip - Dip 20-45°		Dip 0-20 - Irrespective of strike°				
Fair		Unfavourable		Fair				

Klasifikasi *RMR* dipakai dalam memperkirakan kestabilan lereng suatu massa batuan. Penilaian kestabilan lereng menggunakan data hasil penelitian di lapangan dan data laboratorium sehingga

dalam pembobotan dapat dilihat dari nilai *RMR*. Massa batuan dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Tabel 4) :



Tabel 4. Klasifikasi dan kualitas batuan berdasarkan nilai *RMR*

Kelas	Kualitas Massa Batuan	Nilai <i>RMR</i>
I	<i>Very Poor Rock</i>	0 - 20
II	<i>Poor Rock</i>	21 - 40
III	<i>Fair Rock</i>	41 - 60
IV	<i>Good Rock</i>	61 - 80
V	<i>Very Good Rock</i>	81 - 100

Berikut hasil pembobotan massa batuan/*RMR* pada masing-masing titik bor di daerah penelitian.

**1. Titik Bor GT 01**

Nilai *RMR* berkisar antara 37 sampai 52. Nilai tersebut menunjukkan batuan pada titik bor GT 01 termasuk ke dalam kelas IV (*Poor Rock*) dan kelas III (*Fair Rock*).

Nilai *RMR* terkecil pada titik bor GT 01 dengan kelas IV (*Poor Rock*) didapat karena salah satu dari batuan penyusunnya itu adalah batulempung, dengan RQD 43,99%, jarak antar kekar 13 cm/kekar, nilai *UCS* 1,3 Mpa, dan kandungan air pada batuan dalam kondisi basah. Untuk nilai *RMR* yang terbesar pada titik bor ini yaitu 53 termasuk kelas III (*Fair Rock*), dengan salah satu batuan penyusunnya batupasir, dengan RQD 93,11%, jarak antar kekar 40 cm/kekar, dengan nilai *UCS* 0,2 Mpa, dan pada kondisi lembab (*moist*).

**2. Titik Bor GT 02**

Hasil pembobotan nilai *RMR* pada GT 02 berdasarkan klasifikasi *Bieneawski* (1989), didapat nilai *RMR* berkisar antara 35 sampai 68. Nilai tersebut menunjukkan batuan di GT 02 termasuk kelas IV (*Poor Rock*) dan kelas II (*Good Rock*).

Nilai *RMR* terkecil pada titik bor GT 02 dengan kelas IV (*Poor Rock*) didapat karena salah satu batuan penyusunnya batupasir, dengan RQD 57,3%, jarak antar kekar 12,2 cm/kekar, nilai *UCS* 3,9 Mpa, dan kandungan air pada batuan dalam kondisi basah. Untuk nilai *RMR* yang terbesar pada titik bor ini yaitu 68 termasuk kelas II (*Good Rock*) dengan salah satu batuan penyusunnya adalah batulanau, dengan RQD 93,8%, jarak

antar kekar 0 cm/kekar, dengan nilai *UCS* 2,5 Mpa dan pada kondisi basah (*wet*).

**3. Titik Bor GT 03**

Hasil pembobotan nilai *RMR* pada GT 03 berdasarkan klasifikasi *Bieneawski* (1989) didapat nilai *RMR* berkisar antara 30 sampai 73. Nilai tersebut menunjukkan batuan di GT 03 termasuk batuan kelas IV (*Poor Rock*) dan kelas II (*good Rock*).

Nilai *RMR* terkecil pada titik bor GT 03 dengan kelas IV (*Poor Rock*) didapat karena salah satu batuan penyusunnya adalah batupasir, dengan RQD 43,99%, jarak antar 1,5 cm/kekar, nilai *UCS* 0,830 Mpa, dan kandungan air pada batuan dalam kondisi basah. Untuk nilai *RMR* yang terbesar pada titik bor ini yaitu 73 termasuk kelas II (*good Rock*) dengan salah satu batuan penyusunnya adalah batulempung dengan RQD 100%, jarak antar kekar 0 cm/kekar, dengan nilai *UCS* 0,350 Mpa dan pada kondisi basah (*wet*).

**Desain Kestabilan Lereng**

Data-data parameter sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan penyusun lereng yang dipergunakan untuk simulasi analisis kestabilan lereng antara lain kohesi (*c*), bobot isi jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) diambil dari data hasil uji laboratorium (Tabel 5). Faktor keamanan lereng dapat dihitung dengan menggunakan metode *Fellenius*. Dalam mengantisipasi lereng longsor, nilai FS yang diambil adalah nilai FS yang terkecil, dengan demikian antisipasi akan diupayakan maksimal. Nilai FS ditentukan pada prinsipnya menggunakan persamaan sebagai berikut :

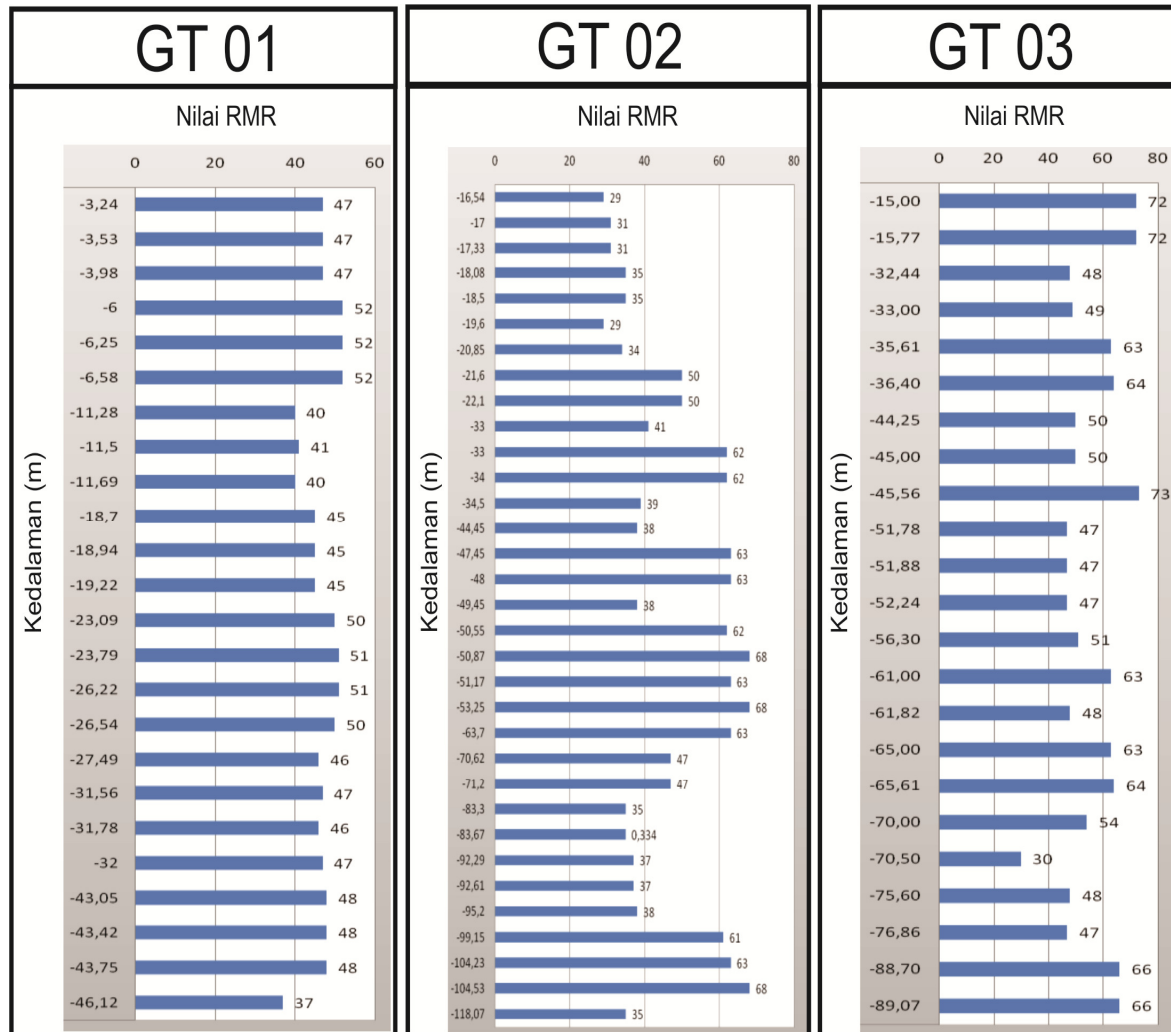
$$FS = \frac{cL + \tan\phi \sum (W_i \cos \alpha_i - u_i \times L_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

Keterangan :

$c$  = Kohesi ( $\text{KN/m}^2$ ),  $\Phi$  = sudut geser dalam (derajat),  $\alpha$  = sudut bidang gelincir pada tiap sayatan,  $\mu$  = tekanan air pori ( $\text{KN/m}^2$ ),  $l$  = panjang bidang gelincir pada tiap sayatan (m),  $L$  = jumlah panjang bidang

gelincir,  $W$  = luas tiap bidang sayatan ( $\text{m}^2$ ) x bobot satuan isi tanah.

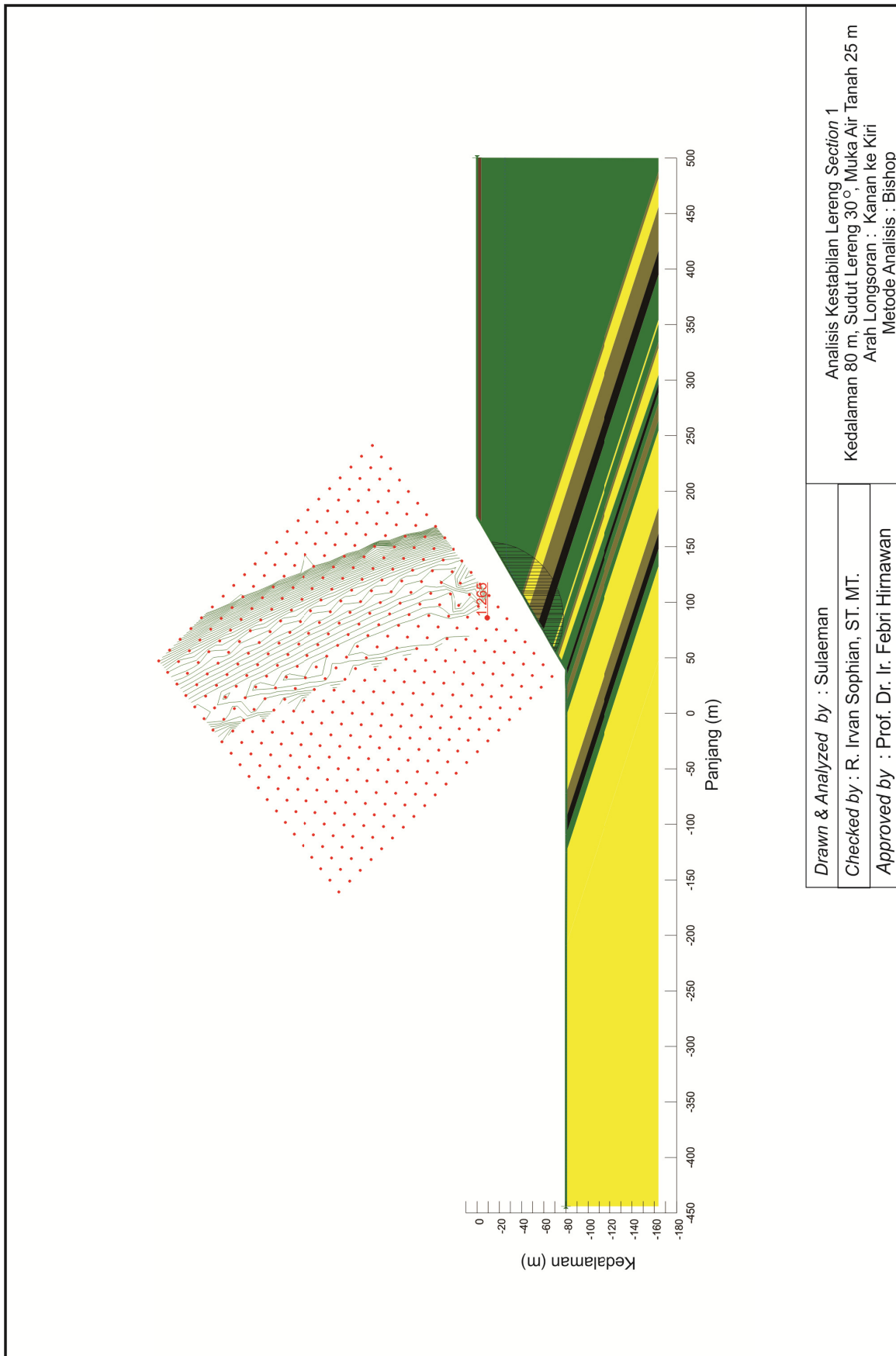
Hasil dari simulasi lereng dengan menggunakan perangkat lunak didapat nilai FS untuk lereng *highwall* dan *lowwall* yaitu FS = 1,265 dan FS = 1,311 (Gambar 14 dan Gambar 15).



Gambar 13. Grafik RMR vs Kedalaman (pada bor GT 01, GT 02, dan GT 03)

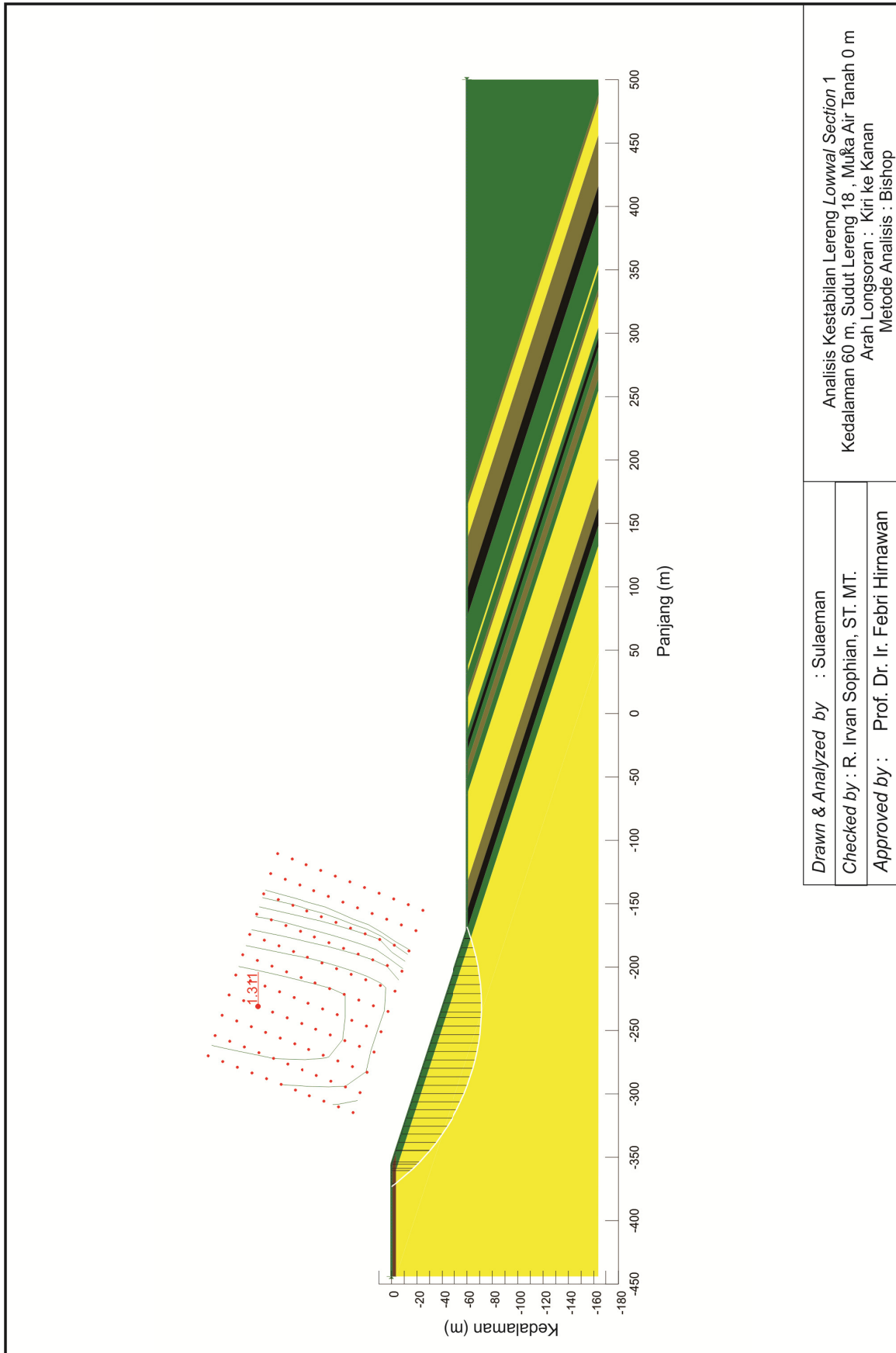
Tabel 5. Nilai bobot isi jenuh, kohesi, dan sudut geser dalam

No.	Material	$\gamma_{\text{sat}}$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$c$ (MPa)	$\phi$ ( $^\circ$ )
1	Soil/Tanah	18,531	15,788	2,34
2	Batupasir 1	22,24	155	14,03
3	Batulanau 1	20,298	100	10
4	Batulempung 1	19,484	131,4	11
5	Batubara	14,6	207	25
6	Batupasir 2	21,573	155,52	6,33
7	Batulempung 2	22,26	134,54	13,44
8	Batulanau 2	22,298	191,81	11,33
9	Batulempung 3	24,613	200,44	9,79



Gambar 14. Simulasi lereng stabil (Highwall) pada kedalaman 80 meter, Slope 30° pada kondisi muka air tanah 25 meter.





Gambar 15. Simulasi lereng Stabil (Lowwall) pada kedalaman 60 meter, Slope 18° pada kondisi muka air tanah di permukaan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan sifat fisik dan mekanik batuan dari setiap titik bor dapat disimpulkan bahwa kualitas massa batuan di daerah penelitian tergolong pada kelas II (*Good Rock*) sampai kelas IV (*Poor Rock*).

Keberadaan muka air tanah dapat mempengaruhi sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan, sehingga air tanah

dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Nilai  $F_s$  yang didapat dari simulasi lereng tambang di dapat  $F_s$  1,265 untuk *highwall*. dan  $F_s$  1,311 untuk *lowwall*. Nilai faktor keamanan lereng dari kedua lereng tersebut lebih dari 1,25 yang artinya menunjukkan lereng tersebut jarang terjadi longsor atau lereng tersebut relatif stabil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2012. *Report of Geotechnical and Hidrogeology Study, Purwajaya, Loajanan, East Borneo*. PT Britmindu. Bandung.
- Bieniawski, Z.T. 1989. *Engineering Rock Mass Classification: A Complete Manual for Engineer and Geologist in Mining, Civil and Petroleum*.
- Hirawan, F., dan Zakaria, Z. 2002. *Geoteknik dan Geomekanik*. Bandung. Laboratorium Geoteknik-Fakultas Teknik Geologi. Universitas Padjdjaran.
- Hoek, E. 2006. *Rock Engineering: Rock Mass Classification*. Canada.
- Supriatna, S.dkk. 1995. *Peta Geologi Regional Lembar Samarinda, Kalimantan Timur, Puslitbang Geologi*, Bandung.
- Zakaria, Z. 2011. *Analisis Kestabilan lereng*. Bandung: Laboratorium Geoteknik-Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjdjaran.