

KAJIAN KESTABILAN LERENG DISPOSAL UNTUK OVERALL SLOPE OPTIMUM PADA TAMBANG BATUBARA DI PT ADARO INDONESIA MABURAI KECAMATAN MURUNG PUNDAK KABUPATEN TABALONG KALIMANTAN SELATAN

Elvira Trada Hartono¹ R. Andy Erwin Wijaya² Bayurohman Pangacella Putra³
^{1,2,3}Institut Teknologi Nasional Yogyakarta; Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman,
Yogyakarta 55281/Fax. (0274) 487249

Abstrak

Salah satu kegiatan pertambangan adalah pengupasan tanah penutup, pengangkutan tanah penutup diangkut ke disposal/waste dump. Alat yang digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng disposal adalah Standard Penetration Test (SPT) dan Cone Penetration Test (CPT). Pengaruh kolam lumpur dan lapisan dasar dengan material lunak sangat berpengaruh pada faktor keamanan, semakin banyak lumpur yang terdapat pada area disposal, maka semakin tinggi potensi longsor yang akan terjadi pada area tersebut. Tingginya potensi longsor mengharuskan geotech engineer untuk meredesain geometri tersebut. Metode yang digunakan pada analisis kestabilan lereng disposal yaitu metode kesetimbangan batas atau Limit Equilibrium Method dengan menggunakan Morgenstren-Price. Software yang digunakan pada analisis ini adalah menggunakan Slide V.6.0. Pada analisis kestabilan lereng disposal parameter yang digunakan antara lain Unit Weight untuk Overburden dan Soil = 19 kN/m³, untuk Bed rock = 25 kN/m³, dan untuk Lumpur = 12 kN/m³. Sedangkan untuk Kohesi pada Overburden (Top = 85,6, Change = 1,9, Cutoff = 160 kPa), Kohesi Soil = 80 kPa, Kohesi Lumpur = 30 kPa. Diperlukan uji lapangan dan uji sampel untuk overburden agar lebih memahami cara menghitung saat di laboratorium. Diperlukan pengamatan secara langsung ke lapangan, agar mengetahui kondisi di lapangan.

Kata Kunci : analisis, kestabilan lereng, disposal

Abstract

One of the mining activities is overburden stripping, overburden transportation is transported to disposal / waste dump. The tools used to analyze the stability of the disposal slope are the Standard Penetration Test (SPT) and the Cone Penetration Test (CPT). The effect of mud ponds and the base layer with soft material greatly influences the safety factor, the more mud there is in the disposal area, the higher the potential for landslides to occur in the area. The high potential for landslides requires geotech engineers to redesign the geometry. The method used in the analysis of the stability of the disposal slope is the limit equilibrium method using the Morgenstren-Price method. The software used in this analysis is using Slide V.6.0. In the stability analysis of the disposal slope, parameters used include Unit Weight for Overburden and Soil = 19 kN / m³, for Bed rock = 25 kN / m³, and for Mud = 12 kN / m³. As for Cohesion in Overburden (Top = 85.6, Change = 1.9, Cutoff = 160 kPa), Soil Cohesion = 80 kPa, Mud Cohesion = 30 kPa. Field tests and sample tests for overburden are needed to better understand how to count while in the laboratory. Observation is needed directly to the field, in order to know the conditions on the field.

Keywords: analysis, slope stability, disposal

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Adaro Indonesia sebagai salah satu perusahaan yang bergerak pada tambang batubara di daerah Maburai, Murung Pundak, Kabupaten Tabalong, Kalimantan Selatan. Kegiatan yang dilakukan PT. Adaro Indonesia adalah pertambangan. Salah satu kegiatan pertambangan adalah pengupasan tanah penutup, pengangkutan tanah penutup diangkut ke disposal/waste dump. Material yang terdapat pada area disposal merupakan material insitu yang berasal dari pit dengan

batuan *sandstone* dan *mudstone*. Terbatasnya area disposal pada PT. Adaro Indonesia, sehingga diperlukan optimasi pada area disposal. Optimasi dilakukan untuk menambah kapasitas disposal menggunakan analisis geoteknik.

Berdasarkan analisis geoteknik, lereng yang tidak aman dapat menimbulkan longsor dan memberikan gangguan pada karyawan maupun infrastruktur, diantaranya dapat menimbulkan kehilangan nyawa manusia, menyebabkan kerugian hilang dan menurunnya operasional yang dimiliki perusahaan. Lereng pada area disposal memiliki peranan penting untuk suatu kegiatan penambangan. Salah satu masalah yang terdapat pada lereng disposal adalah terdapatnya lumpur pada area disposal karena area disposal berdampingan dengan *settling pond*. Semakin banyak lumpur yang diletakkan pada area disposal dikhawatirkan akan semakin besar potensi kelongsoran, untuk itu perlu di analisis agar dapat mempertimbangkan kestabilan lereng pada area disposal.

Lapisan dasar disposal pada PT. Adaro Indonesia yang berupa material lumpur juga dapat berpotensi longsor, karena lapisan dasar disposal merupakan material lain yang lunak. Selain itu, material lumpur yang terdapat di area lain juga ditimbun terlapis ditengah – tengah pada area *north-west*. Oleh karena itu, kestabilan lereng disposal pada area *north-west* tersebut perlu dianalisis. Jika area tersebut tidak segera ditangani, maka potensi longsor semakin besar. Untuk menganalisis kestabilan lereng dibutuhkan data – data dari lereng tersebut agar kita dapat mengetahui kondisi lereng tersebut. Data – data yang digunakan untuk analisis diambil dari lapangan dan dari analisis balik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh lapisan dasar disposal yang berupa material lumpur pada kestabilan lereng disposal?
2. Bagaimana pengaruh penempatan material lumpur dalam kestabilan lereng disposal?

1.3 Batasan Masalah

1. Metode yang digunakan adalah metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*),
2. Analisis kestabilan lereng disposal menggunakan *non circular*,
3. *Design* disposal *north-west* yang digunakan adalah tahun 2019, dan
4. Tidak membahas mengenai *singe slope angle*.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis data dengan alat uji lapangan (*Standard Penetration Test and Cone Penetration Test*),
2. Menentukan dimensi lereng disposal dengan $FK = 1.2$,
3. Menentukan rekomendasi geoteknik untuk design disposal area *north-west*.

1.5 Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan melakukan pengumpulan data, selanjutnya melakukan survey pendahuluan yang diperlukan untuk mengetahui kondisi sekitar lokasi penelitian. Kemudian melakukan pengambilan data yang berupa data primer dan data sekunder. Kemudian melakukan analisis dan akuisisi data yaitu mengelempokan data yang termasuk data primer maupun data sekunder. Selanjutnya melakukan pengolahan data dimulai dari menghitung SPT dan CPT sampai dengan optimasi lereng disposal pada area *north-west* dengan menggunakan metode kesetimbangan batas (*Finite Elemen Method*), untuk selanjutnya ditarik kesimpulan.

2. DASAR TEORI

2.1 Metode Penambangan

Sistem penambangan yang digunakan di PT. Adaro Indonesia adalah *Open Pit*. *Open pit* adalah kegiatan penambangan yang dilakukan di atas permukaan dan para pekerja langsung berhubungan dengan udara luar. Sedangkan metode penambangan batubara yang digunakan adalah metode *Strip Mine*.

Metode *strip mine* ini dilakukan dengan mengupas terlebih dahulu lapisan material penutup batubara kemudian dilanjutkan dengan pengambilan batubaranya. Penambangan tipe *strip mine* ini biasanya dilakukan pada endapan batubara yang mempunyai lapisan tebal serta dilakukan dengan menggunakan beberapa *bench* (jenjang). Tipe penambangan terbuka yang diterapkan pada endapan batubara yang lapisannya datar dekat permukaan tanah.

2.2 Disposol

Tempat penimbunan dapat dibagi menjadi dua, yaitu *waste dump*/disposal dan *stockpile*. *Waste dump*/disposal yaitu daerah pada suatu operasi tambang terbuka yang dijadikan tempat membuang material kadar rendah dan/atau material bukan bijih.

2.3 Kestabilan Lereng

Lereng adalah bagian permukaan bumi yang berbentuk miring, sedangkan kestabilan lereng didefinisikan sebagai suatu kondisi atau keadaan yang mantap/stabil terhadap suatu bentuk dan dimensi lereng.

2.4 Faktor Keamanan Lereng

Gaya penahan adalah gaya yang menahan massa dari pergerakan agar tidak terjadi kelongsoran, sedangkan gaya penggerak adalah gaya yang menyebabkan massa bergerak yang menyebabkan terjadinya kelongsoran. Perbandingan antara gaya penahan dan penyebab longsor inilah yang disebut dengan faktor keamanan (FK).

$$F = \frac{\text{Gaya Penahan Longsor}}{\text{Gaya Penyebab Longsor}} \quad (2.1)$$

2.5 Pola Longsoran

Longsoran busur (*Circular Failure*) merupakan longsoran yang paling umum terjadi di alam, terutama pada material tanah dan batuan yang telah mengalami pelapukan sehingga menyerupai tanah. Sesuai dengan namanya, bidang longsorannya berbentuk busur. Pada batuan yang keras, longsoran busur hanya dapat terjadi jika batuan sudah mengalami pelapukan dan mempunyai bidang-bidang diskontinu (rekahan) dengan jarak/spasi yang sangat rapat kedudukannya (batuan sangat terkekalkan). Pada tanah, pola strukturnya tidak menentu dan tergantung pada karakteristik tanah, dimensi lereng, kondisi air tanah, serta adanya faktor eksternal, sehingga bidang gelincir bebas terbentuk dengan mencari posisi yang paling kecil hambatannya.

2.6 Metode Kestabilan Lereng

Metode Morgenstern-Price (Morgenstern & Price, 1965) dikembangkan terlebih dahulu daripada metode kesetimbangan batas umum. Metode ini dapat digunakan untuk semua bentuk bidang runtuh dan telah memenuhi semua kondisi kesetimbangan. Metode Morgenstern-Price bentuk bidang runtuh dan telah memenuhi semua kondisi kesetimbangan. Metode Morgenstern-Price menggunakan asumsi yang sama dengan metode kesetimbangan batas umum yaitu terdapat hubungan antara gaya geser antar-irisan dan gaya normal antar-irisan.

2.7 Uji Lapangan

a. SPT (*Standard Penetration Test*)

Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT bertujuan memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus, yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi per lapisan tanah. Alat Uji SPT ini merupakan suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan.

$$N_{60} = (E_f / 60) N_M \quad (2.2)$$

Dengan :

N_{60} : efisiensi 60% ;
 E_f : efisiensi yang terukur ;
 N_M : nilai N terukur yang harus dikoreksi.

$$(N_1)_{60} = N_M \times C_N \times C_E \times C_B \times C_R \times C_S \quad (2.3)$$

$$C_N = 2,2 / (1,2 + (\sigma'_{vo}/Pa)) \quad (2.4)$$

Dengan :

$(N_1)_{60}$: nilai SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh efisiensi tenaga 60 %;
 N_M : hasil uji SPT di lapangan;
 C_N : faktor koreksi terhadap tegangan vertikal efektif (nilainya $\leq 1,70$);
 C_E : faktor koreksi terhadap rasio tenaga palu (Tabel 8.2);
 C_B : faktor koreksi terhadap diameter bor (Tabel 8.2);
 C_R : faktor koreksi untuk panjang batang SPT (Tabel 8.2);
 C_S : koreksi terhadap tabung contoh (*samplers*) dengan atau tanpa pelapis (*liner*);
 σ'_{vo} : tegangan vertical efektif (KPa);
 Pa : 100 KPa.

b. CPT (*Cone Penetration Test*)

Uji penetrasi lapangan dengan alat sondir dilakukan untuk memperoleh parameter - parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan menggunakan alat sondir (penetrasi *quasi static*). Parameter tersebut berupa perlawanan konus (q_c), perlawanan geser (f_s), angka banding geser (R_f), dan geseran total tanah (T_f), yang dapat digunakan untuk interpretasi perlawanan tanah yang merupakan bagian dari desain fondasi.

$$q_t = N_{kt} S_u + \sigma_{v0} \quad (2.5)$$

Dengan :

q_t = resistensi kerucut dikoreksi
 N_{kt} = faktor empiris kerucut
 S_u = *undrained shear strength*
 σ_{v0} = tegangan total overburden

Di mana N_{kt} merupakan faktor kerucut empiris dan σ_{v0} adalah total tegangan vertikal *in situ*. Nilai-nilai N_{kt} berkisar dari 10 hingga 20 dan dipengaruhi oleh plastisitas tanah, rasio terkonsolidasi lebih, gangguan sampel, regangan - regangan dan efek skala, serta uji referensi dari mana S_u telah ditetapkan. Pendekatan empiris yang tersedia untuk interpretasi S_u dari juga dapat mengandalkan korelasi menggunakan resistensi kerucut 'efektif' dan tekanan pori berlebih. senneset et al. (1982) menyarankan untuk mengambil S_u dari perbedaan antara resistensi ujung kerucut dan tekanan *porewater*, diukur pada bahu kerucut (u_2):

$$S_u = \frac{(q_t - u_2)}{N_{ke}} \quad (2.6)$$

Dengan :

U_2 = ukuran pori dibelakang krucut
 N_{ke} = faktor kerucut

Studi eksperimental menunjukkan bahwa nilai-nilai N_{ke} tersebar di sekitar nilai rata-rata 9 dan tampaknya berkorelasi dengan parameter tekanan pori B_q (Lunne et al., 1985) sebagai alternatif, S_u dapat dinyatakan secara langsung sebagai fungsi tekanan air berlebih sebagai (misalnya Battaglio et al., 1981):

$$S_u = \frac{(u_2 - u_0)}{N_{\Delta u}} \quad (2.7)$$

Dengan :

U_0 = tekanan pori insitu

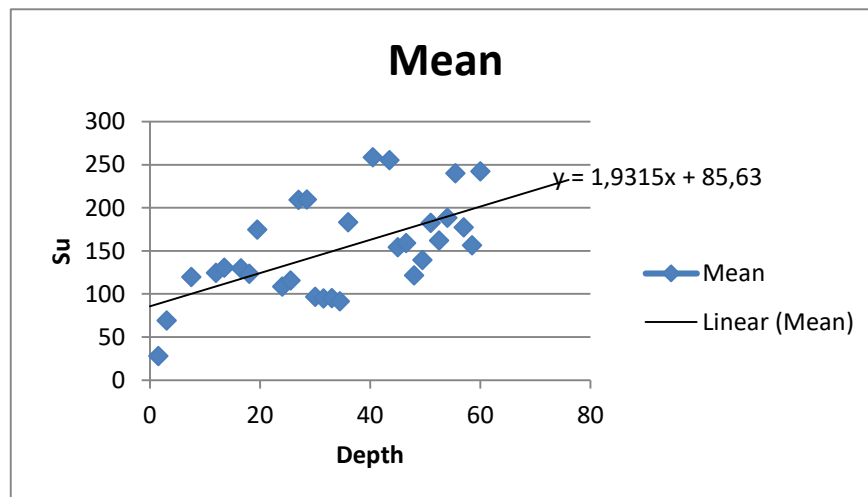
$N_{\Delta u}$ = faktor kerucut

Di mana $N_{\Delta u}$ ditunjukkan dari ekspansi rongga jatuh dalam kisaran 2 hingga 20. beberapa upaya telah dilakukan untuk mengkorelasikan faktor kerucut N_{kt} , N_{ke} dan $N_{\Delta u}$ ke parameter tekanan pori B_q dalam tujuan mempersempit pita nilai prediksi. Eksplorasi kemungkinan ini dengan menghasilkan korelasi, di mana nilai-nilai terukur S_u diperoleh dari tes laboratorium CIU pada sampel Sherbrooke yang berkualitas tinggi. Korelasi ini menghasilkan lebih banyak data yang tersebar.

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Perhitungan *Standard Penetration Test*

Pada data SPT (*Standard Penetration Test*) yang harus diketahui terlebih dahulu adalah data kedalaman pada setiap titik bor SPT. Tahap yang selanjutnya adalah menghitung tegangan efektif, faktor koreksi terhadap tegangan vertikal efektif, dan menghitung nilai SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh efisiensi tenaga 60% ($(N_1)_{60}$). Dikarenakan kedalaman, titik bor dan perhitungan sama maka diambil contoh pada titik bor BH-W08 terdapat $depth=1,5$ meter dan $N_M=6$, maka nilai N_{60} nya adalah $=8,5$. Selanjutnya menghitung nilai SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh efisiensi tenaga 60%, dan didapatkan $C_E=0,7$, $C_B=1$, $C_R=0,8$, $C_S=1$. Lalu menghitung tegangan vertikal efektif dengan $S_u=0,6$, $\sigma'_{vo}=28,5$ kN/m³, $\sigma'_{vo}/Pa=0,285$, $C_N=1,48$. Jadi, $S_u=51$ KPa. Data tersebut diurutkan sesuai $depth$ untuk mengetahui *mean*. Data yang akan dijadikan *mean* adalah data S_u . Selanjutnya, data dimasukkan kedalam grafik *Mean* seperti berikut :



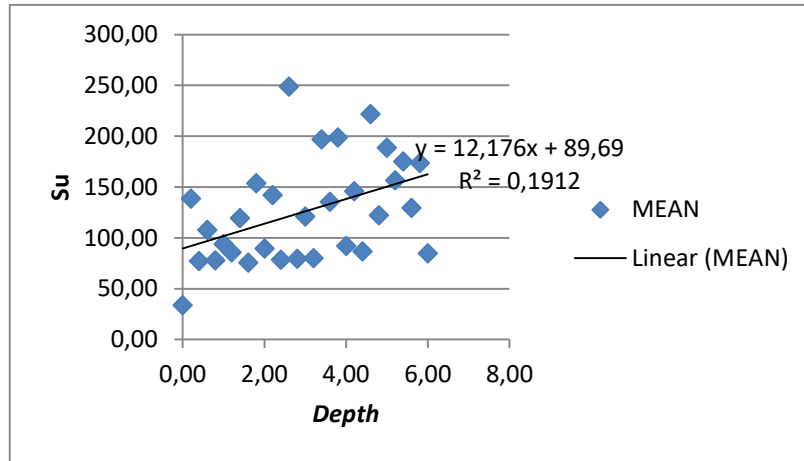
Gambar 1. Grafik *Mean* Nilai SPT

Pada grafik diatas terlihat bahwa semakin dalam titik bor SPT maka *Undrined Shear Strength* semakin tinggi, dan didapatkan persamaan $y = 1.9315x + 85.63$. Dimana persamaan tersebut akan dimasukkan dalam material *properties* pada *software slide*.

3.2 Perhitungan Sondir/*Cone Penetration Test*

Langkah awal untuk menghitung perhitungan sondir adalah mengetahui data kedalaman titik bor sondir, membaca grafik CPT dan mencatat $depth$, $cone\ resistance$ (MPa), dan $pore\ pressure$ (KPa) pada grafik CPT tersebut. Terlebih dahulu $cone\ resistance$ (MPa) dirubah terlebih dahulu ke KPa. Dikarenakan perhitungan tiap kedalaman sama, maka diambil contoh pada titik bor CPT 15-3 dengan $depth=0,4$ meter, $cone\ resistance=500$ KPa, $pore\ pressure=10$, $N_{ke}=9$, $N_{kt}=10$ atau 20, $\gamma=19$ kN/m³. Maka, $\sigma_{vo}=7,6$ kN/m², dan $S_u=24,62$. Contoh yang kedua, jika diketahui tahanan konus=30 kg/cm² dan $depth=0,2$ m maka $C=2942$ KPa, $\sigma_{vo}=3,8$ kN/m², $S_u=293,82$.

Setelah melakukan perhitungan diatas, sama halnya seperti perhitungan SPT, yaitu harus dicari *mean* dari data titik bor sondir tersebut. Setelah diketahui data *mean* lalu hasil akhirnya akan berupa grafik yang nantinya akan dimasukkan dalam material *properties* pada *software slide*.



Gambar 2. Grafik *mean* nilai sondir

Grafik tersebut merupakan hasil dari rata-rata nilai yang diperoleh dari uji Sondir. Nilai R^2 tersebut merupakan *unit weight* yang terdapat pada parameter tanah.

3.3 Menentukan Dimensi Lereng Disposal

Faktor yang ditetapkan perusahaan yaitu 1,2, untuk mendapatkan FK 1,2 tersebut perlu adanya rancangan dimensi lereng. Dimensi lereng terdiri dari sudut, tinggi jenjang dan lebar jenjang. Untuk dimensi lereng disposal sudah ditetapkan dari perusahaan, yaitu:

- Tinggi jenjang : 12 meter
- Lebar jenjang : 50-100 meter
- Sudut : 20°

Untuk sudut *overall slope angle* pada setiap *section* berbeda-beda, terdapat 6 *section* yang dioptimasi, yaitu:

Tabel 1. *Overall slope Angle* Tiap *Section*

No.	Nama <i>Section</i>	<i>Overall Slope Angle</i> (°)		
1.	<i>Section 3</i>	7	8	9
2.	<i>Section 5 Timur</i>	9	10	11
	<i>Section 5 Barat</i>	6	7	9
3.	<i>Section 6 Timur</i>	4	5	6
	<i>Section 6 Barat</i>	3	4	5
4.	<i>Section 7 Timur</i>	4	6	7

3.4 Menentukan Rekomendasi Geoteknik

Pada kondisi aktual FK yang diperoleh >1,2. Maka dari itu perlu dilakukan optimasi pada *section-section* yang memiliki FK lebih dari 1,2. Berikut tabel kondisi aktual dan kondisi setelah dioptimasi:

Tabel 2. Faktor Keamanan Tiap *Section*

Kondisi Aktual Lereng Disposal		Kondisi Setelah Optimasi Pada Lereng Disposal		
Nama <i>Section</i>	FK	Nama <i>Section</i>	<i>Overall Slope Angle</i> (°)	FK
<i>Section 1</i>	1,246	<i>Section 1</i>	-	1,246
<i>Section 2</i>	1,221	<i>Section 2</i>	-	1,221
<i>Section 3</i>	1,424	<i>Section 3</i>	(7 ; 8 ; 9)	1,212 ; 1,212 ; 1,211
<i>Section 4</i>	1,213	<i>Section 4</i>	-	1,213
<i>Section 5 Timur</i>	1,687	<i>Section 5 Timur</i>	(9 ; 10 ; 11)	1,266 ; 1,208 ; 1,158
<i>Section 5 Barat</i>	1,383	<i>Section 5 Barat</i>	(6 ; 7 ; 9)	1,253 ; 1,260 ; 1,267
<i>Section 6 Timur</i>	1,824	<i>Section 6 Timur</i>	(4 ; 5 ; 6)	1,234 ; 1,254 ; 1,257
<i>Section 6 Barat</i>	1,578	<i>Section 6 Barat</i>	(3 ; 4 ; 5)	1,196 ; 1,157 ; 1,158
<i>Section 7 Timur</i>	2,589	<i>Section 7 Timur</i>	(4 ; 6 ; 7)	1,286 ; 1,138 ; 1,131
<i>Section 7 Barat</i>	1,262	<i>Section 7 Barat</i>	-	1,262

Setelah menghitung dan menganalisis dari *section* tersebut, untuk mencapai FK = 1,2, maka dapat direkomendasikan untuk *overall slope angle* sebagai berikut :

Tabel 3. Rekomendasi

Nama <i>Section</i>	<i>Overall Slope Angle</i> (°)	Tinggi (m)
<i>Section 3</i>	5,12	4185,74
<i>Section 5 Timur</i>	5,74	2257,78
<i>Section 5 Barat</i>	1,61	2742,78
<i>Section 6 Timur</i>	2,88	3088,97
<i>Section 6 Barat</i>	6,34	9262,20
<i>Section 7 Timur</i>	5,22	4517,70

4. PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Lapisan Dasar Disposal berupa Material Lumpur

Pada lapisan dasar disposal terdapat berbagai macam material yang ditimbun, material tersebut dapat berupa tanah, ataupun lumpur. Lumpur atau yang biasa disebut lumpur merupakan material lunak yang dapat mengakibatkan kelongsoran dan membuat lereng tersebut tidak stabil. Adanya lumpur diakibatkan karena area tersebut merupakan area *Settling Pond* yang akan ditimbun. Faktor – faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan kestabilan lereng seperti gaya dari luar yang bekerja pada lereng disposal. Dalam gaya penahan (longsor) lebih besar dari gaya penggeraknya, maka lereng tersebut akan berada dalam keadaan yang mantap (stabil). Tetapi apabila gaya penahan menjadi lebih kecil dari gaya penggeraknya, maka lereng tersebut menjadi tidak mantap dan longsor pun terjadi. Untuk menyatakan bobot (tingkat) kemantapan suatu lereng dikenal dengan faktor keamanan, yang merupakan perbandingan antara besarnya gaya penahan dengan gaya penggerak longsor.

Semakin banyak material yang ditimbun dan alat yang melewati area tersebut maka, lapisan dasar yang berupa lumpur/*settling pond* akan terus menekan lumpur sehingga mengakibatkan lumpur tersebut berjalan. Saat lumpur berjalan akan terjadi retakan pada permukaan *overburden* dan kemungkinan besar terjadi longsor pada area tersebut. Terjadinya kelongsoran dapat dideteksi dengan GPS dan *Geotech Engineer* akan segera mengetahui, lalu setelah itu ditangani dengan melakukan survey lapangan terlebih dahulu.

a. Perhitungan SPT

Pada setiap *section* perlu dianalisis agar dapat dioptimasi dengan FK 1,2. Oleh karena itu, pengujian menggunakan SPT dan CPT sangat diperlukan untuk mengetahui parameter yang akan dianalisis. Untuk melakukan perhitungan tersebut terlebih dahulu membaca grafik SPT dan CPT.

Untuk mengetahui cara menghitung Nilai SPT langkah yang pertama adalah membaca grafik SPT dan mencatat *depth* dan jumlah pukulan pada SPT tersebut. N_{60} merupakan efisiensi 60% diperoleh dari parameter efisiensi yang terukur dibagi 60 lalu dikali nilai N yang harus dikoreksi. $\sigma'_{vo} = 28,5 \text{ kN/m}^2$ diperoleh dari parameter *unit weight* dan kedalaman. Hasil tegangan vertikal dirubah ke Pa, yaitu dibagi 100. $C_N = 1,48$ diperoleh dari persamaan. Untuk menghitung $(N_1)_{60}$ yang diperoleh dari persamaan, lalu untuk mencari S_u (Ton) diperoleh dari parameter N_{60} dikali 0,6 lalu untuk mengubah ke dalam Kpa yaitu hasil tersebut dikali 10.

Jadi, $S_u = 51 \text{ KPa}$. Rumus yang digunakan sama untuk setiap titik bor. Setelah menghitung seperti perhitungan diatas. data tersebut diurutkan sesuai *depth* untuk mengetahui mean. Data yang akan dijadikan mean adalah data S_u . Selanjutnya, data dimasukkan kedalam grafik Mean (Gambar 1).

b. Perhitungan CPT

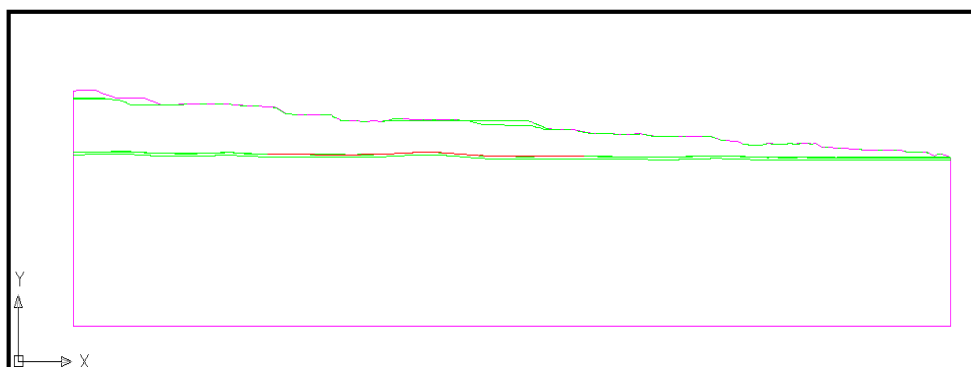
Untuk mengetahui cara menghitung CPT langkah yang pertama adalah membaca grafik CPT dan mencatat *depth*, *cone resistance* (MPa), dan *pore pressure* (KPa) pada grafik CPT tersebut. Terlebih dahulu *cone resistance* (MPa) dirubah terlebih dahulu ke KPa. Rumus yang digunakan (Aas et al., 1986; Mesri, 1989, 2001; Lunne et al., 1997). $\sigma_{vo} = 7,6 \text{ kN/m}^2$ diperoleh dari kedalaman dikali *unit weight*. $S_u = 24,62$ diperoleh dari *cone resistance* (KPa) dikurangi σ_{vo} lalu dibagi dengan N_{kt} . N_{kt} merupakan faktor empiris kerucut yang mana nilai 10 atau 20 adalah ketentuan.

Contoh 2, jika diketahui tahanan konus, maka perhitungan yang dilakukan dengan $C = 2942$ diperoleh dari tahanan konus dikali 98,7 KPa. $\sigma_{vo} = 3,8 \text{ kN/m}^2$ diperoleh dari *unit weight* dikali kedalaman, dan $S_u = 293,82$ diperoleh dari C dikurangi σ_{vo} lalu dibagi N_{kt} . Setelah perhitungan selesai untuk semua titik bor CPT, kemudian S_u diurutkan sesuai dengan *depth*. Setelah itu menghitung *mean* dan dimasukkan kedalam grafik (Gambar 2).

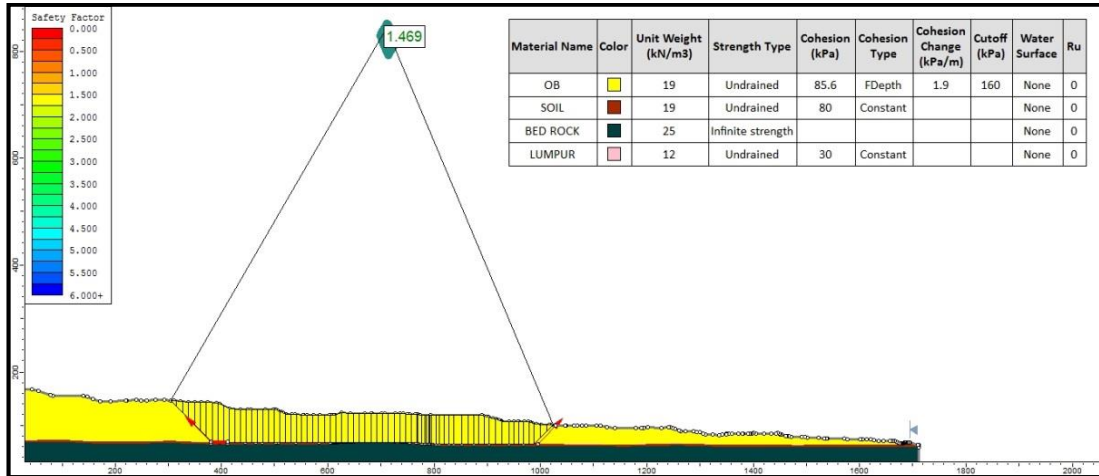
4.2 Lokasi Kolam Lumpur pada Disposal

Disposal di PT. Adaro Indonesia mengandung lumpur yang dapat berpotensi longsor. Karena area disposal yang terbatas maka perlu dioptimasi pada area disposal yang sudah ada. Namun, adanya lumpur yang terlalu banyak akan membahayakan bagi lereng, maka dari itu kolam lumpur ditempatkan dibagian atas area disposal agar kemungkinan terjadi longsor kecil. Kolam lumpur yang terletak diluar cakupan analisis tidak menjadi masalah dan tidak berpengaruh pada lereng.

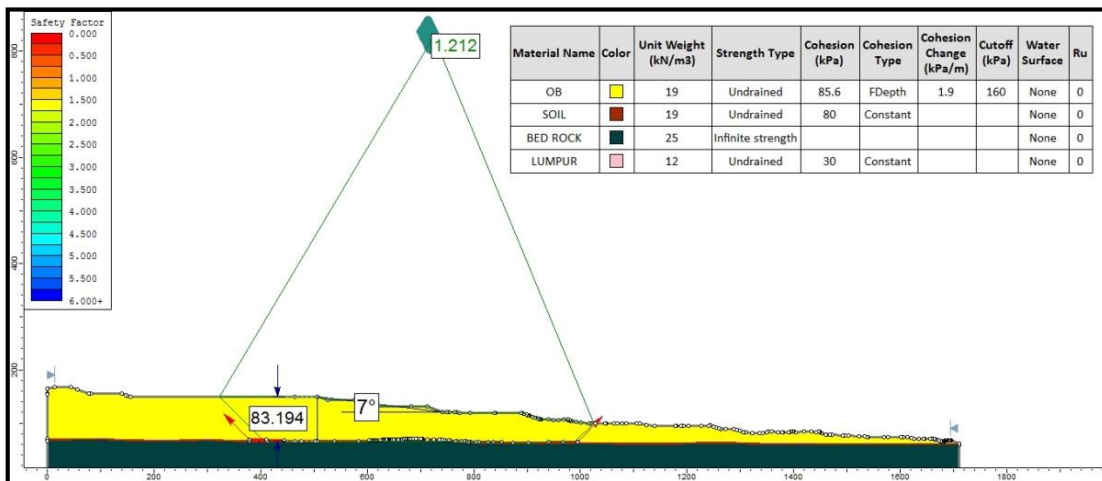
Untuk itu diperlukan analisis geoteknik dengan merekomendasikan *design* disposal pada area *north-west*. Sebelum merekomendasikan desain geometri pada lereng yang dapat dioptimasi, ada 7 *section* yang telah dianalisis dan mendapatkan FK >1,19 atau dapat dibulatkan menjadi FK = 1,2, namun yang ditampilkan merupakan contoh dari salah satu *section* tersebut.



Gambar 3. Contoh kondisi aktual *section 3*



Gambar 4. Contoh Section 3



Gambar 5. Contoh kondisi setelah dioptimasi pada section 3

5. KESIMPULAN

Alat yang digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng disposal adalah *Standard Penetration Test (SPT)* dan *Cone Penetration Test (CPT)*. Dengan SPT untuk analisis lapisan *overburden* dan CPT untuk analisis *soil*.

Parameter dari perhitungan SPT dan CPT diperoleh *Unit Weight* untuk *Overburden* dan *Soil* = 19 kN/m³, untuk *Bed rock* = 25 kN/m³, dan untuk *Lumpur* = 12 kN/m³. Sedangkan untuk Kohesi pada *Overburden* (*Top* = 85,6, *Change* = 1,9, *Cutoff* = 160 kPa), Kohesi *Soil* = 80 kPa, Kohesi *Lumpur* = 30 kPa.

Dimensi lereng yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu, Tinggi jenjang 12 meter, lebar jenjang 10-20 meter, dan sudut (*single slope angle*) 20°.

Section yang dianalisis ada tujuh *section*, namun pada *section* 5, 6, dan 7 terbagi atas area timur dan barat. FK yang ditentukan yaitu 1,2. Terdapat 4 *section* yang dapat dioptimasi, yaitu *section* 3, 5, 6, dan 7. Terdapat tiga α untuk menentukan FK pada *section* yang dioptimasi dan diperoleh tiga grafik dari perbandingan tersebut, yaitu grafik hubungan faktor keamanan dengan α .

Pengaruh kolam lumpur dan lapisan dasar dengan material lunak sangat berpengaruh pada faktor keamanan, semakin banyak lumpur yang terdapat pada area disposal, maka semakin tinggi potensi longsor yang akan terjadi pada area tersebut. Tingginya potensi longsor mengharuskan *geotech engineer* untuk meredesain geometri tersebut.

6. SARAN

Diperlukan uji lapangan dan uji sampel untuk *overburden* agar lebih memahami cara menghitung saat di laboratorium. Diperlukan pengamatan secara langsung ke lapangan, agar mengetahui kondisi di lapangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih pada semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan Karya Ilmiah ini, khususnya kepada:

1. Bapak Dr. R Andy Wijaya S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I saya.
2. Bapak Bayurohman Pangacella Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, sekaligus Dosen Pembimbing II saya.
3. Orang Tua, Keluarga, Sahabat dan Pihak Perusahaan PT. Adaro Indonesia, sehingga karya ilmiah ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata kesempurnaan. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna memperbaiki pada penulisan berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Braja M. Das, 1993, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Surabaya : Institut Teknologi 10 Nopember.
2. E. E., De Beer, Geolen, E., Heyney, W.J. and Joustra, K., 1998, “*Cone Penetration test (CPT) : International reference test procedure*”, in Penetration Testing 1988 Volume 1, Edited by J. De Ruiter, A.A. Balkema, Rotterdam/Brookfield, 1988.
3. Hoek, E. and J. W. Bray, 1974, *Rock Slope Engineering Civil And Mining*, Abingdon, Oxon: The Institute of Mining and Metallurgy, England.