

**KAJIAN STABILITAS LERENG TIMBUNAN PADA PT. KAYAN
KALTARA COAL JOB SITE PT. NATA ENERGI RESOURCES
KABUPATEN BULUNGAN PROPINSI KALIMANTAN UTARA**

**Oleh :
Sundek Hariyadi¹ dan Achmad Wahyudhi²**

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai kesetabilan lereng timbunan terhadap kestabilan lereng, sehingga dapat mengetahui stabil atau tidaknya suatu lereng yang ditampilkan dalam bentuk nilai faktor keamanan. Tahapan dari proses analisis kestabilan lereng ini dilakukan dengan menggunakan metode Fellenius, yang dalam proses analisisnya menggunakan software Slide dan Phase2.

Parameter yang di gunakan yaitu sudut geser dalam Unit weight, Kohesi dan berat jenis tanah . Berdasarkan hasil analisis dengan metode Fellenius tersebut diperoleh nilai faktor keamanan yang termasuk kedalam lereng stabil yaitu lereng 1 pada batupasir, lempung, dan composit dengan geometri lerengnya sudut 45°, berm 8, tinggi 10 dengan nilai FK 1.469 (pasir), FK 2.449 (lempung), FK 1.492 (composite).

Dari data yang di peroleh dari setiap lereng maka untuk nilai dari kesetabilan lereng dengan nilai FK rata-rata di atas dari 1.4 maka dapat di simpulkan bahwa nilai FK dari nilai kesetabilan lereng di katakan dalam kondisi aman atau stabil. Jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran juga dapat mempengaruhi kestabilan suatu lereng, semakin jauh jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran dan semakin dekat jarak muka air tanah terhadap tanah permukaan lereng , maka semakin kecil nilai faktor keamanannya. Begitu pula sebaliknya semakin dekat jarak muka air tanah terhadap bidang dasar kelongsoran dan semakin jauh jarak dari permukaan lereng, maka semakin besar nilai faktor keamanannya.

Kata Kunci : Kestabilan lereng, faktor keamanan, muka air tanah.

¹ Dosen Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Kutai Kartanegara

² Mahasiswa Prodi. Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Kutai Kartanegara

PENDAHULUAN

Kestabilan lereng pada batuan lebih ditentukan oleh adanya bidang-bidang lemah yang disebut dengan bidang diskontinuitas, Seperti penggalian pada suatu lereng akan menyebabkan terjadinya erubahan gaya-gaya pada lereng tersebut, sehingga menyebabkan lereng tersebut longsor. Sebelum melakukan analisis kestabilan lereng ada beberapa hal yang perlu diketahui, salah satunya yaitu karakteristik material penyusun lereng. Pada daerah penelitian tanahnya merupakan tanah residual.

Dalam menentukan kestabilan lereng dikenal istilah faktor keamanan (FK). Faktor keamanan adalah perbandingan antara gaya penahan dan gaya penggerak yang bekerja pada suatu bidang miring. Hasil analisis dari faktor keamanan akan memberikan penilaian terhadap kondisi suatu lereng yang dinyatakan stabil atau tidak stabil. Lereng yang stabil mempunyai faktor keamanan lebih dari satu (>1) dan lereng yang tidak stabil faktor keamanan kurang dari satu (<1).

Masalah stabilitas lereng pada areal disposal PT. Kayan Kaltara Coal maka diperlukan manajemen disposal dan penanganan analisis stabilitas lereng hingga lereng timbunan cukup stabil dan aman untuk meminimalisir dampak-dampak negatif, terutama dampak tentang gerakan tanah (deformasi) di sekitar disposal area dan area penambangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa nilai kesetabilan lereng timbunan terhadap kestabilan lereng dengan menggunakan software Slide 6.0 dan Phase2, yaitu dengan metode Fellenius. Dengan menganalisis dari nilai faktor keamanan dan menentukan nilai kesetabilan lereng yang satabil dan aman, yang terjadi pada tiap-tiap lereng serta mengkaji muka air tanah yang mempengaruhi dari kestabilan lereng tersebut, dapat memberikan rekomendasi sebagai solusi dalam penanganan mencegah kelongsoran pada lereng.

MAKSUD DAN TUJUAN

1. Menghitung faktor keamanan lereng disposal yang stabil dan aman.
2. Menghitung Kedalaman Muka Air Tanah (MAT).
3. Menghitung Geometri lereng, untuk mendapatkan geometri lereng yang stabil dan aman sesuai dengan kondisi batuan (timnunan).

METODE PENELITIAN

1. Studi literature / Study Pustaka
Studi literatur dilakukan dengan mencari bahan-bahan pustaka yang menunjang, yang diperoleh dari :
 - a. Instansi terkait
 - b. Perpustakaan

- c. Jurnal Ilmiah
 - d. Geologi Regional Lembah Kalimantan
2. Pengamatan dilapangan
Dilakukan dengan melakukan peninjauan lapangan untuk melakukan pengamatan langsung terhadap topografi daerah, vegetasi dan cuaca yang akan diambil datanya.
 3. Pengambilan data
Berdasarkan dari pengambilan data yang di peroleh pengambilan data terbagi menjadi 2 yaitu:
 - a. Data Primer
Data primer merupakan data yang diperoleh dari penelitian langsung di lapangan. Dalam penelitian ini, data primer yang diambil adalah :
 - b. Foto – foto dokumentasi
Pengambilan gambar atau foto setiap kegiatan geoteknik berlangsung.
 - c. Pengamatan pemboran full coring
 - d. Mengamati Pengambilan/ peyemplingan sampel batuan
 4. Data Sekunder
Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung, dalam artian dapat dari penelitian sebelumnya atau data yang diperoleh dari perusahaan. Data primer yang diambil adalah :
 - a. Profil Perusahaan
 - b. Laporan Eksplorasi Perusahaan
Data yang dibutuhkan dalam laporan eksplorasi ialah tinjauan umum, keadaan geologi, rencana pembuatan desain tambang.
 - c. Hasil Uji Laboratorium, antara lain :
 - Uji Kuat Tekan Uniaksial (UCS)
 - Kuat Geser (Direct Sher)
 - Index Propertis Lengkap
 5. Akuisi Data
Pengelompokan data bertujuan untuk :
 - a. Menggumpulkan data dan mengelompokkannya agar penganalisaan lebih mudah.
 - b. Mengetahui keakuratan data sehingga kerja menjadi efisien
 - c. Mengolah nilai karakteristik data-data yang mewakili obyek pengamatan
 6. Pengolahan data
Dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan dan penggambaran, selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, grafik, atau rangkaian perhitungan pada penyelesaian dalam suatu proses tertentu.

7. Analisa hasil pengolahan data
Dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh kesimpulan sementara. Selanjutnya kesimpulan sementara ini akan diolah lebih lanjut pada bagian pembahasa.
8. Draft
Tahap penyusunan draft merupakan tahapan mengumpulkan semua hasil yang telah di peroleh serta tahapan dari awal sebelum penelitian. Di dalam draft terdapat tahapan sebelum penelitian, analisa data, pengolahan data.

WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan di PT. Kayan Kaltara Coal yang terletak di Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara. Sedangkan waktu penelitian telah dilakukan pada bulan September 2015.

GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

LOKASI DAN GEOLOGI

Lokasi

Secara administratif lokasi Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi (IUP OP) PT. Kayan Kaltara Coal termasuk dalam wilayah Kecamatan Tanjung Palas Timur, Kabupaten Bulungan, Provinsi Kalimantan Utara. Dengan luas area 4.974,4.

Geologi

Statigrafi daerah Penelitian terdiri dari batupasir, batulempung, Composite. Berdasarkan dari variasi ciri lithologi yang ada dan dikomplikasikan dengan peta Geologi Regional maka daerah penyelidikan dalam bagian cekungan Tarakan dengan formasi sajuau.

STRATIGRAFI DAERAH PENELITIAN

Wilayah IUP PT KKC berada pada lingkungan pengendapan transisi dan delta. Pada lingkungan pengendapan ini banyak terbentuk batubara, dimana berdasarkan penelitian terkini diketahui bahwa batubara terbentuk dilingkungan pengendapan delta.

Secara umum pada lingkungan pengendapan ini banyak terbentuk lapisan batubara dalam berbagai ketebalan, karakteristik, kualitas dan pola struktur yang mempengaruhinya, bersama-sama dengan batuan sedimen pembawa batubara (*coal bearing formation*). Di daerah ini lapisan batuan pembawa batubara berupa lapisan batulempung dan *coally shale*.

Batuan sedimen yang terdapat di daerah ini merupakan batuan sedimen hasil endapan Cekungan Kutai berumur Tersier yang kaya akan endapan hidrokarbon. Berdasarkan Peta Geologi Regional yang diterbitkan oleh Badan Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung, daerah penelitian termasuk dalam Formasi Sajuau.

FAKTOR KESETABILAN LERENG

Suatu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng batuan adalah dengan faktor keamanan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor (*Fellenius and Brook*). Secara matematis faktor kestabilan lereng dinyatakan sebagai berikut :

$$F = R / F_p$$

Dimana :

F = Faktor kestabilan lereng

R = Gaya penahan, berupa resultan gaya-gaya yang membuat lereng tetap stabil

F_p = Gaya penggerak, berupa resultan gaya-gaya yang menyebabkan lereng Longsor Pada keadaan :

F > 1,2 = lereng dalam keadaan stabil

F = 1,2 = lereng dalam keadaan seimbang (akan longsor)

F < 1,2 = lereng dalam keadaan tidak stabil.

RUMUS FAKTOR KESETABILANLERENG

Kriteria Keruntuhan Mohr – Coulomb :

$$S = c + \sigma' \tan \Phi \dots\dots\dots$$

dengan:

s = Kuat geser tanah

c = Kohesi tanah efektif

σ' = Tegangan normal efektif

Φ = sudut geser dalam tanah efektif

Tegangan Normal Efektif dinyatakan sebagai:

$$\sigma' = \sigma_n - \mu \dots\dots\dots$$

dengan:

σ_n = Tegangan normal total

μ = Tekanan air pori

Kemudian tegangan normal total yang bekerja pada bidang longsor dinyatakan sebagai:

$$\sigma_n = \frac{Pw}{l.1} \dots\dots\dots$$

dengan:

Pw = Gaya normal akibat berat sendiri tanah

l = Lebar alas irisan

1 = Satu satuan lebar bidang longsor

Substitusi persamaan (2) ke dalam persamaan (1) menghasilkan :

$$S = c + (\sigma_n - \mu) \tan \Phi \dots\dots\dots$$

dan substitusi persamaan (3) pada persamaan (4) menghasilkan :

$$S = c + \left(\frac{Pw}{l.1} - \mu \right) \tan \Phi \dots\dots\dots$$

Agar supaya lereng menjadi stabil maka gaya-gaya yang diperlukan untuk mengakibatkan longsor haruslah lebih kecil dari pada gaya-gaya penahan yang ada sehingga faktor keamanan akan menjadi lebih besar atau sama dengan satu. Nilai faktor keamanan bisa dituliskan dalam bentuk persamaan :

$$F = \frac{S}{\tau} \dots\dots\dots$$

$$\tau = \frac{S}{F} \dots\dots\dots$$

Kuat geser yang diperlukan adalah:

$$S = \tau . l . 1 \dots\dots\dots$$

Jika persamaan (7) disubstitusikan pada persamaan (8), maka diperoleh :

$$S = \frac{S.l.1}{F} \dots\dots\dots$$

Atau

$$S = \frac{1}{F} . S . l \dots\dots\dots$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (5) ke persamaan (10), maka diperoleh :

$$S = \frac{1}{F} \left(c + \left(\frac{Pw}{l.1} - \mu \right) \tan \Phi \right) . l \dots\dots\dots$$

$$S = \frac{1}{F} \left(c.l + \left(\frac{Pw.l}{l.1} - \mu.l \right) \tan \Phi \right) \dots\dots\dots$$

$$S = \frac{1}{F} \left(c.l + (Pw - \mu.l) \tan \Phi \right) \dots\dots\dots$$

Komponen gaya tangensial atau gaya yang bekerja sejajar irisan (T_w) adalah :

$$T_w = \tau \cdot l \cdot 1 \dots\dots\dots$$

Dari persamaan (8) dan persamaan (14), diperoleh :

$$T_w = S \dots\dots\dots$$

Dengan memasukkan nilai S kepersamaan (15), maka diperoleh :

$$T_w = \frac{1}{F} (c' \cdot l + (P_w - \mu \cdot l) \tan \Phi) \dots\dots\dots$$

Komponen gaya normal (P_w) yang bekerja pada pusat alas irisan akibat berat sendiri tanah (W) adalah:

$$P_w = W \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots$$

Komponen gaya tangensial (T_w) akibat berat massa tanah adalah:

$$T_w = W \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots$$

Selanjutnya dengan menguji kesetimbangan momen dari seluruh irisan terhadap titik pusat rotasi yaitu titik O maka diperoleh suatu bentuk persamaan :

$$\sum M = 0 \dots\dots\dots$$

$$\sum W \cdot l_w - \sum T_w \cdot R = 0 \dots\dots\dots$$

Dengan $l_w = x = R \sin \alpha \dots\dots\dots$

Dari persamaan (20), maka diperoleh :

$$\sum W \cdot l_w = \sum T_w \cdot R \dots\dots\dots$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (16), persamaan (21) ke persamaan maka diperoleh :

$$\sum W \cdot R \sin \alpha = \frac{1}{F} (\sum (c' \cdot l + (P_w - \mu \cdot l) \tan \Phi) \cdot R \dots\dots\dots$$

Dengan membagi kedua ruas dengan R maka akan diperoleh persamaan :

$$\sum W \cdot \sin \alpha = \frac{1}{F} (\sum (c' \cdot l + (P_w - \mu \cdot l) \tan \Phi)$$

Nilai F kita pindahkan ke ruas kanan sehingga didapat persamaan sebagai berikut :

$$F = \frac{\sum (c' \cdot l + (P_w - \mu \cdot l) \tan \Phi)}{W \cdot \sin \alpha} \dots\dots\dots$$

Selanjutnya kita substitusikan persamaan (17) ke persamaan (24), maka akan diperoleh

$$F = \frac{\sum (c \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - \mu \cdot l) \tan \Phi)}{W \cdot \sin \alpha}$$

Atau

$$F = \frac{cL + \tan \Phi \sum (W_i \cos \alpha_i - \mu_i \cdot l_i)}{W_i \sin \alpha_i}$$

Dimana :

c = Kohesi (kN/m^2)

Φ = Sudut geser dalam (derajat)

α = Sudut bidang gelincir pada tiap sayatan (derajat)

μ = Tekanan air pori (kN/m^2)

l_i = Panjang bidang gelincir pada tiap sayatan (m);

L = Jumlah panjang bidang gelincir

W = Luas tiap bidang sayatan (m^2) x bobot satuan isi tanah (γ , kN/m^3)

Persamaan diatas merupakan rumus dasar Faktor Keamanan akibat berat tanah (W) yang dirumuskan oleh Fellenius yang didapat dengan cara meninjau kesetimbangan momen seluruh irisan terhadap titik pusat rotasi O.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis kestabilan lereng dengan Slide 6.0 dan Phase2 dengan menggunakan parameter data tanah residual yaitu sudut gesek dalam ϕ , Kohesi c , dan berat jenis tanah γ pada masing-masing lereng. Pemboran Geoteknik dilaksanakan secara *Full Coring* untuk mengetahui parameter fisik dan mekanik batuan baik secara visual maupun secara laboratorium.

Pemboran Geoteknik dilaksanakan sebanyak 3 (tiga) titik untuk mewakili kondisi *Lowwall* dan *Highwall* bukaan tambang (*pit*), yaitu titik GT-01, GT-02, dan GT-03.

Dalam pemboran inti ini juga dilaksanakan pengambilan sampel *undisturbed* untuk kategori soil (material lunak) dan *core sampling* untuk material batuan, umumnya sampel diambil dengan interval rata-rata 5 ~ 10 meter

Dari hasil pemboran inti dapat diketahui variasi batuan penyusun daerah penelitian, yaitu batupasir, batulempung, dan batubara.

Pemboran inti secara *Full Coring* ini dimaksudkan juga sebagai salah satu pendekatan empirikal untuk menilai parameter mekanik batuan secara visual, jika material/batuan tidak dapat dilaksanakan *sampling* laboratorium, misalnya untuk lithologi tipe *sand loose*.



Gambar 2. Kegiatan pemboran Geotek menggunakan jacro 300,



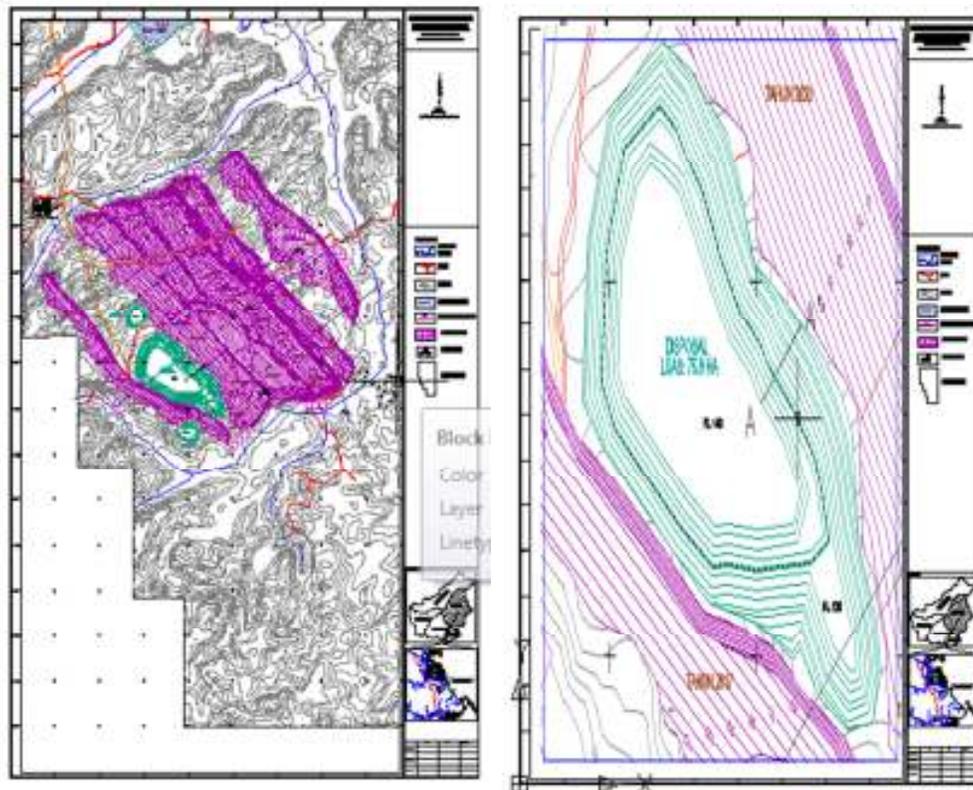
Gambar 3. Hasil Sampling yang telah dipacking dalam pipa paralon

Selama kegiatan pemboran inti dimasing-masing *hole* dilaksanakan pula pengamatan muka air tanah (MAT), pelaksanaan pengamatan M.A.T dilakukan setiap pagi sebelum pemboran dilakukan hal ini dimaksudkan untukantisipasi membedakan dengan air pemboran.

Tabel 1. Kedudukan muka air tanah pemboran geoteknik

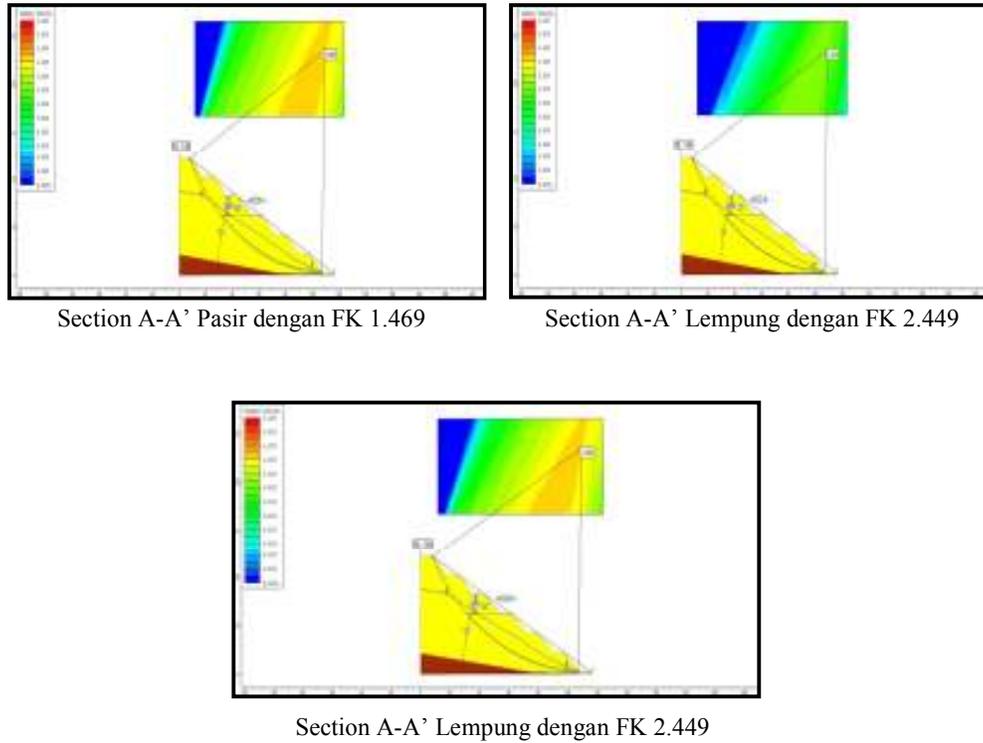
Hole no	Kedudukan M.A.T
GT-01	35.85
GT-02	52.478
GT-03	44.069

Lithology	Dry Density	Residual	
		C (Mpa)	f (°)
Sandstone	1.40	0.0157	6.1
Claystone	1.61	0.0114	4.7
Composite	1.58	0.0118	4.8



Gambar 4. Peta Section PT.Kayan Kaltara Coal section A-A

Perhitungan dan analisis lereng untuk semua lereng sama, pada pembahasan ini dilakukan contoh perhitungan untuk lereng -1 , dengan geometri sudut 45° dan berm 8, tinggi 10.

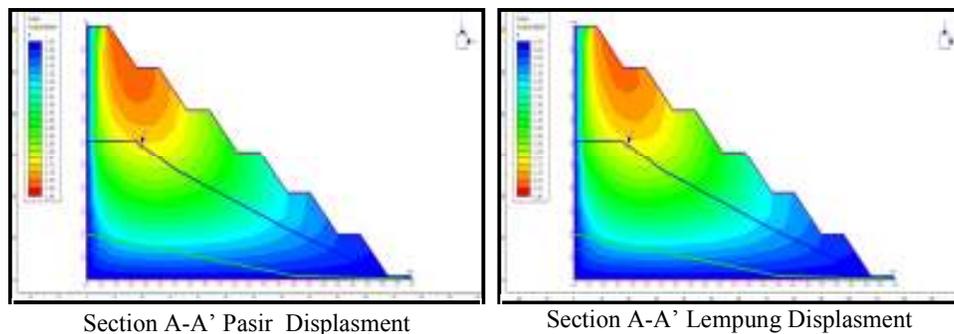


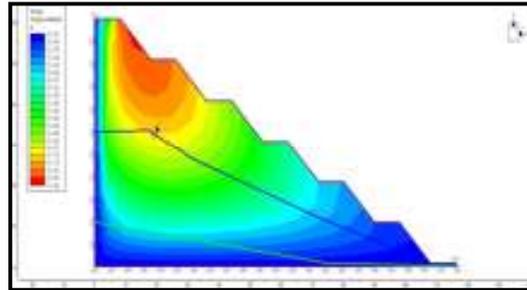
Gambar 5. Section A-A' Pasir dengan FK 1.469, Section A-A' Lempung dengan FK 2.449, Section A-A' Lempung dengan FK 2.449

Table. 2. Geometri Lereng Disposal PT. Kayan Kaltara Coal

No	Litologi	Sudut	Geometri Disposal Area Overall Slope			
		Keseluruhan	Berm	Sudut	Tinggi	FK
1	Batu Pasir	30°	8	45°	10	1.469
2	Batu Lempung		8	45°	10	2.449
3	Composite		8	45°	10	1.492

Dari hasil perhitungan Slide dengan melihat geometri lereng dan nilai faktor kesetabilan lereng pada suatu lereng maka , akan di buktikan lagi dengan menggunakan software Phase 2 untuk memantau pada suatu lereng masih ada atau tidaknyaa pergerakan suatu lereng pada suatu lereng.





Section A-A' Composite Displacement

Gambar 6. Section A-A'' Pasir Displacement, Section A-A' Lempung, Section A-A' Composite Displacement

Tabel. 3. Geometri lereng Disposal Displacement

No	Lithology	Sudut Keseluruhan	Geometri Disposal Area Overall Slope			
			Berm	Sudut	Tinggi	TD (m)
1	Batupasir	30°	8	45°	10	0.90
2	Batu Lempung		8	45°	10	0.90
3	Composite		8	45°	10	0.90

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tugas Akhir yang telah dilakukan dari bulan September s/d Oktober 2015, maka dapat saya kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemboran geologi teknik telah dilakukan berjumlah 3 titik pemboran yaitu GT-01 dan GT-02 dan GT-03 dengan cara *full coring*.
2. Dari data hasil penelitian Untuk material timbunan yang ada dari material pasir, lempung, dan composite bahwa nilai untuk Unit Weight 1.40, dan Kohesi (c) 0.0157, dan phi 6.1 untuk material (pasir), untuk material (lempung) dengan Unit Weight 1.61, dan kohesi (c) 0.0114, dan Phi 4.7, sedangkan untuk material (composite) Unit Weight 1.51, dan kohesi (c) 0.0118, dan Phi 4.8.
3. Dari data penelitian Muka Air Tanah (MAT) sangat berpengaruh untuk nilai Faktor Keamanan suatu lereng maka dari itu Muka Air Tanah (MAT) juga sangat di perhatikan untuk nilai kesetabilan suatu lereng.
4. Dari data hasil penelitian yang di lakukan bahwa Geometri lereng untuk suatu lereng juga sangat berpengaruh, dari sudut, Berm, tinggi suatu lereng, karena sangat berpengaruh untuk nilai Faktor Keamanan suatu lereng, dan juga memperhatikan dari segi material yang ada pada area timbunan, karena material juga sangat berpengaruh untuk nilai FK suatu lereng
5. Berdasarkan hasil penelitian untuk hasil dari nilai Faktor Keamanan di kondisikan aman dan sabil, maka saya masih membuktikan bahwa untuk

nilai FK tersebut masih terjadi pergerakan (*Displasmment*), dengan di buktikan dengan aplikasi phase 2 untuk membuktikan bahwa masih ada sedikit pergerakan (*Displasmment*) pada lereng timbunan disposal area.

6. Berdasarkan Hasil dari peta design PT. Kayan Kaltara Coal untuk nilai Faktor keamanan yang di peroleh di mana $FK > 1$, maka daerah lereng timbunan disposal area daerah telitian di kondisian aman dan stabil.

Saran

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan perusahaan harus melakukan Monitoring secara berkala untuk memantau pergerakan/ rayapan pada lereng timbunan pada PT. kayan Kaltara Coal.
2. Perhitungan Geometri Lereng pada timbunan, dan lereng tidak dihitung dengan menggunakan faktor dari getaran akibat peledaka

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, G. P. & Gastaldo, R., *The Modern Mahakam Delta (Indonesia) ; Seimentary Facies And Reservoir Geometry IN A Low Wave Energy , Mixed Tide and Fluvial Dominated Delta* . American Association Of Petroleum Geologist And Society of Eono,ic Paleontologis and Mineralogists annual convention , Abstracts volume,92-93. 1994.
- A. Soedrajat S., *Mekanika Fluida dan Hidrolika* , Nova -Bandung 1983.
- Bieniawski, *Enginerring Rock Mass Classification*, Jhon Wiley & Sons, 1989.
- Bishop A.W., Henkel, D.J., *The Measurement of Soil Properties in thr Triaxial Test*, Edward Arnold Ltd., London 1985.
- Chambers, J.L.C. & Daley , T., *A Tectonic Model For The Onshore Kutai Basin, East Kalimantan , Based On An Integrated Geological And Geophysical Interpretation* . Indonesia Petroleum Association , Proceedings 24th annual Convetion , Jakarta, 1995 I, 111-130.
- Harry Christiady H., *Mekanika Tanah 1 dan 2* , Gadjah Mada University, Edisi ke 4, 2007.
- Larry Thomas , *Coal Geology*, Jhon Wiley & Sons, Ltd., West Sussex England, 2005.
- Gian, Paolo Giani.(1992). *Rock Slope Stability Analysis*.
- Hoek, E. and Bray, J.W. (1981). *Rock Slope Engineering 3rd Ed.*, The Institution Of Mining and Metallurgy London.
- Made Astawa Rai. (1993). *Analisa Kemantapan Lereng : Proyeksi Stereografis dan Metode Grafis*, *Kursus Geoteknik dan Perencanaan Tambang Terbuka*. Bandung.
- Made Astawa Rai, (1993). *Kemantapan Lereng Batuan. Kursus Pengawas Tambang*. Bandung.
- Yudha m.(2010). *Analisis Kesetabilan Lereng PT. Sirih Emas Desa Jonggon jaya, Keamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur*, Tugas Akhir Teknik Geologi Tenggara.
- Hariyadi. S,(2014), *Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Pada PT. Kayan Putra Utama Coal, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur*, Tesis magister Teknik Pertambangan.

Kramadibrata.S.Dkk(2012), *Mekanika Batuan, Laboratorium Geoekanika Dan Peralatan Tambang*, Institut Teknologi Bandung.
<http://arisinta.blogspot.co.id/> Air tanah