

ISSN : 2088-9321

JURNAL TEKNIK SIPIL

JURNAL TEKNIK SIPIL

Vol. 5, No.2, Januari 2016



JURNAL TEKNIK SIPIL	Vol.5	No.2	Halaman 113 - 222	Banda Aceh Januari 2016	ISSN 2088-9321
---------------------	-------	------	----------------------	----------------------------	-------------------

REDAKSI JURNAL TEKNIK SIPIL

ISSN 2088 - 9321

Penasehat:

Dekan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala

Penanggung Jawab:

Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

Pemimpin Redaksi:

Dr. Ir. Taufiq Saidi, M. Eng

Ketua Editor :

Dr. Eng. Sugiarto., ST., M.Eng

Penyunting Pelaksana:

Purwandy Hasibuan, ST. M.Eng

Nafisah Al-Huda, ST. MT

Febriyanti Maulina. ST. MT

Enny Irmawati Hasan, ST

Penyunting ahli:

Dr. Halida Yunita., ST., MT

Dr. Ir. Abdullah., M.Sc

Dr. Ir. M.Isya., MT

Dr. Ing. T. Budi Aulia, ST., Dipl. Ing

Dr. Renni Anggraini., ST., M.Eng

Dr. Irin Caesarina., ST., M.Sc

Dr. Anita Rauzana., ST., MT

Dr. Eng. Sugiarto., ST., M.Eng

Dr. Ir. Sofyan M. Saleh, M.Sc.Eng

Dr. Ir. Taufiq Saidi, M. Eng

Dr. Ir. Moch. Afifuddin, M.Eng

Mitra Bebestari:

Dr. Ir. Tri Tjahjono M.Sc. (UI)

Prof.Dr.Ir Sobriyah, M.S (UNS)

Dr. Kusno Adi Sambowo S.T. (UNS)

Dr.Eng. Ir. Syafi'i. MT (UNS)

Dr. techn., Ir. Aswandy, MT (ITENAS)

Alamat Sekretariat/Redaksi:

Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

Jl. Syech Abdurrauf No. 7

Darussalam, Banda Aceh 23111

Website: <https://jurnal.unsyiah.ac.id/jts>

e-mail: jurnaltekniksipil@unsyiah.ac.id,

Telp/fax: 0651-7555444

JURNAL TEKNIK SIPIL

Jurnal Teknik Sipil Unsyiah merupakan wadah bagi seluruh civitas akademika dibidang konstruksi dan lingkungan mengembangkan dan menginformasikan perkembangan teknologi dan pengetahuan.

Frekuensi terbit tiga kali setahun pada bulan September, Januari, dan Mei.

DAFTAR ISI

Pengaruh Kadar Air Sisi Kering Dan Sisi Basah Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Ekspansif	113- 122
<i>Rina Yuliet</i>	
Kajian Kestabilan Lereng Galian Tambang Terbuka Berdasarkan Aspek Geoteknik Dan Keselamatan Kerja (Studi Kasus Pertambangan Batubara PT. Mifa Bersaudara Di Kecamatan Meurebo Kabupaten Aceh Barat)	123 - 134
<i>Dian Febrianti, Munirwansyah, Halida Yunita</i>	
Dampak Negatif Pelaksanaan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Pendidikan Universitas Andalas Dari Persepsi Masyarakat	135 – 142
<i>Yervi Hesna, Budi Satria Naro</i>	
Pengaruh Penggunaan Limbah Kerak Tanur Cangkang Sawit Dengan Bahan Pengikat Retona Blend 55 Terhadap Campuran Laston AC-WC	143 - 154
<i>Chaira, M. Isya, Sofyan M. Saleh</i>	
Pengaruh Hambatan Samping Terhadap Kinerja Jalan Di Persimpangan Tipe Y (Studi Kasus Simpang Pelor- Meulaboh)	155 - 166
<i>Bambang Tripoli, Sofyan M. Saleh, M. Isya</i>	
Pengaruh Substitusi Parsial Agregat Dan Aditif Terhadap Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi	167 - 180
<i>Muhammad Zacky Ardhyani, T. Budi Aulia, Muttaqin</i>	
Kekuatan Struktur Bangunan Penyelamat Tsunami Akibat Beban Gempa Di Kecamatan Kuta Alam Banda Aceh	181 - 190
<i>Sanneti Hevianis, Abdullah, T. Budi Aulia</i>	
Pemodelan Estimasi Biaya Rehabilitasi Rumah Di Bener Meriah Provinsi Aceh akibat Gempa Bumi	191 - 200
<i>Sidro Mujahid, Abdullah, Mochammad Afifuddin</i>	
Evaluasi Kebutuhan Pergerakan Kendaraan Untuk Pembangunan Jalan Alternatif Di Kota Idi Provinsi Aceh	201 - 210
<i>Zubir, Sofyan M. Saleh, Renni Anggraini</i>	
Kajian Awal Perencanaan Lentur Jembatan Menggunakan Gelagar <i>Ferro Foam Concrete</i>	211 - 222
<i>Syarifah Asria Nanda, Mochammad Afifuddin, Teuku Budi Aulia</i>	

KAJIAN KESTABILAN LERENG GALIAN TAMBANG TERBUKA BERDASARKAN ASPEK GEOTEKNIK DAN KESELAMATAN KERJA (STUDI KASUS PERTAMBANGAN BATUBARA PT. MIFA BERSAUDARA DI KECAMATAN MEUREBO KABUPATEN ACEH BARAT)

Dian Febrianti^{1,2}, Munirwansyah³, Halida Yunita⁴

¹⁾ Dosen Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

Jl. Kampus Alue Penyareng, Meulaboh Aceh Barat, email: dianfebrianti_heri@yahoo.co.id

²⁾ Mahasiswa Magister Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala

^{3,4)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111

Abstract: *Accident caused by the instability of slope have an impact on the safety of mineworkers, equipment, company, and the environment. That may lead to a loss of company and hinder the production process of minerals. This research is conducted to assess the stability of the slope in the coalmines excavations located in the excavated area Pit B at the area of Desa Sumber Batu, Meurebo District, West Aceh which is owned by PT Mifa Bersaudara. This research uses two methods for comparison, those are Limit Equilibrium calculated manually, and Plaxis with computing system aimed to describe the pattern of slope collapse. The use of both methods may solve the problem of slope stability easily and accurately to meet the security requirements of slope stability. In this research, there are two variants of model that is a variant of shear angle (θ) and variant of cohesion (c). The results of analysis by using LEM (Limit Equilibrium) and Plaxis program on slope excavation of coalmine produce two variants of model namely shear angle variant (θ) and variant of cohesion (c). the shear angle variant model shows that the smaller the slope angle of escarpment (α), then the value of safety factor obtained will be greater. While the result of analysis by using variant cohesion shows that the smaller the angle of slope of the escarpment, the value of safety factor will also be greater. The conclusion derived from this research is that the planning of an open pit excavation, the angle of slope of escarpment should be made as declivitous as possible to reduce the slide of the slope excavation*

Keywords : *Stability, excavation, collapse pattern, safety factor*

Abstrak: Kecelakaan yang diakibatkan oleh ketidakstabilan lereng akan berdampak pada keselamatan pekerja, peralatan, perusahaan dan lingkungan. Hal ini dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan dan menghambat proses produksi bahan galian. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji kestabilan lereng galian tambang batubara yang terletak di area galian Pit B di wilayah Desa Sumber Batu, Kecamatan Meurebo, Kabupaten Aceh Barat milik PT Mifa Bersaudara. Pada penelitian ini menggunakan dua metode sebagai acbanding yaitu metode LEM (*Limit Equilibrium*) yang dihitung secara manual dan Plaxis dengan sistim komputasi. Penggunaan kedua metode tersebut telah memberikan kemudahan dan keakuratan dalam pemecahan masalah kestabilan lereng untuk memenuhi persyaratan keamanan kestabilan lereng. Pada penelitian ini terdapat dua varian pemodelan yaitu varian sudut geser (θ) dan varian kohesi (c). Pada pemodelan varian sudut geser (θ) memberikan hasil bahwa semakin kecil sudut kemiringan lereng (α) maka nilai faktor keamanan yang diperoleh akan semakin besar, begitu juga pada varian kohesi (c) semakin kecil sudut kemiringan lereng (α) maka nilai faktor keamanan yang didapat akan semakin besar. Kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian ini adalah dalam perencanaan galian tambang terbuka sudut kemiringan pada lereng dibuat selandai mungkin untuk mengurangi kelongsoran pada lereng galian.

Kata kunci : *Stabilitas, galian, pola keruntuhan, safety factor*

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil batubara, salah satunya terdapat di pulau Sumatera, Provinsi Aceh, Kecamatan Meurebo, desa Sumber Batu Kabupaten Aceh Barat. Kegiatan penambangan Batubara di daerah ini menggunakan sistim penambangan terbuka (*Open Pit*).

Kestabilan lereng merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah. Hal ini menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Untuk meningkatkan efektifitas penambangan yang maksimal, diperlukan adanya jaminan perlindungan lingkungan serta Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dan desain kestabilan lereng penambangan untuk mendukung proses kegiatan penambangan.

Oleh sebab itu penulis tertarik untuk mengkaji kestabilan lereng tambang batubara di area Pit B. dengan menggunakan dua metode sebagai pembanding yaitu metode LEM (*Limit Equilibrium*) yang dihitung secara manual dan Plaxis dengan sistim komputasi yang dapat menunjukan pola keruntuhan lereng.

Dari kedua metode tersebut dapat dilihat kondisi faktor keamanannya, apabila $FK > 1$ maka menunjukan kondisi lereng galian aman, apabila $FK < 1$ maka menunjukan kondisi tidak aman, sehingga hasil yang diperoleh untuk kestabilan lereng harus diperhatikan, dengan cara melandaikan sudut kemiringan lereng ataupun dengan cara *soil reinforcement*, yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kelong-

soran dan dampak buruk lainnya yang dapat menghambat proses penambangan batubara.

KAJIAN KEPUSTAKAAN

Parameter Desain Pertambangan Batu bara

Tebay (2011) menyatakan bahwa ada beberapa bagian yang harus diperhatikan dalam area pertambangan, yang menjadi parameter dalam desain pertambangan yaitu

1. Kemiringan Jenjang (*Batter*)
2. Tinggi Jenjang
3. Sudut Lereng Inter-ramp dan Overal

Klasifikasi Kelongsoran

Berdasarkan Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Longsor. Klasifikasi longsor ditetapkan berdasarkan :

- a. Jenis material dan batuan dasarnya.
- b. Jenis gerakan/mekanisme kelongsoran dengan diskripsi lengkap mengenai bentuk bidang longsor/gelincir.

Analisis Kestabilan Lereng

Menurut Imran (2014), bahwa analisis stabilitas lereng cukup dibuat dengan pendekatan keseimbangan batas untuk mendapatkan nilai faktor keamanan terhadap keruntuhan - kelongsoran yang paling kecil. Berbagai cara tersedia untuk analisis ini, antara lain *Ordinary Slices*, *Bishop*, *Janbu*, *Morgen Stren - Prise*, dan *Sarma*. Paling sedikit dua cara harus dipakai dalam stabilitas ini dan faktor keamanan yang dipakai dalam perencanaan diambil dari nilai rata-rata hasil semua cara yang dipakai.

Pada analisis ini, faktor keamanan

didefinisikan sebagai suatu faktor dimana parameter-parameter kekuatan tanah harus dikurangi agar masa tanah sepanjang bidang longsor, yang diasumsikan berada dalam kondisi seimbang. Analisis dapat dilakukan berdasarkan tegangan efektif dan tegangan total.

Konsep Faktor Keamanan

Indriani dan Munirwansyah (2005) dalam analisa stabilitas lereng menggunakan persamaan dibawah, dimana angka faktor keamanan menggambarkan nilai keseimbangan antara gaya dorong yang mengakibatkan massa tanah bergerak dengan gaya geser yang termobilisasi menahan Bergeraknya massa tanah tersebut pada bidang gelincir (*potensial slip plane*).

$$FK = \frac{\tau_f}{\tau_d} \quad (1)$$

Dimana :

τ_d = Kuat geser tanah yang ditimbulkan oleh berat massa yang bergerak (Kg/ cm²)

τ_f = Kuat geser yang termobilisasi pada saat runtuh (kg/cm²)

FK = Angka Keamanan terhadap kekuatan tanah.

X = Cos β

$$W = \gamma \cdot b \cdot H_1 \cdot \cos \beta = \gamma \cdot H_1 \cdot \cos \beta \quad (2)$$

$$\tau_n = W \cos^2 \beta = \gamma \cdot H_1 \cdot \cos \beta \quad (3)$$

Dalam analisis kelongsoran gerak translasi, maka gaya dan parameter yang perlu dianalisis adalah seperti dalam persamaan (4) sampai dengan persamaan (7). Pada bidang geser (*Interface*) tidak akan terjadi gerak translasi (longsor) atau lereng akan tetap stabil, apabila tegangan geser (τ_f) yang termobilisasi

pada bidang runtuh (*Share Failure Plane*) lebih besar dari tegangan geser (τ_d) yang timbul oleh berat massa yang bergerak. Dimana tegangan geser tersebut dapat dihitung dengan persamaan (8)

$$\tau_f = c' + (\tau_n - u_w) \tan \theta \quad (4)$$

$$\sigma_n = \{ (1 - m) \gamma + m \cdot \gamma_{sa} \} \quad (5)$$

$$u_w = Y_w \cdot \gamma_w \cdot \cos^2 \beta \quad (6)$$

$$Y_w = m \cdot H_1 \quad (7)$$

$$\tau_d = \{ (1 - m) \gamma + m \cdot \gamma_{sa} \} \cdot H_1 \cdot \sin \beta \quad (8)$$

Dimana :

M = Konstanta kedudukan muka air tanah (0 < m < 1,25)

u = tegangan air pori (kg/cm²)

x = b = lebar pias tanah yang tinjau (1 meter)

σ_n = tegangan normal (kg/cm²)

w = Berat tanah (Kg)

H = tinggi (meter)

Y_w = ketinggian muka air tanah untuk $0 \leq m \leq 1.25$

u_w = Tegangan air pori (kg/cm²)

Solusi untuk penanganan kelongsoran bila FK < 1, maka perlu penurunan muka air perkolasi (Y_w), sehingga tegangan efektif tanah naik dan tegangan geser yang termobilisasi pada bidang runtuh meningkat. Bila solusi penurunan muka air perkolasi masih belum memberi angka keamanan yang cukup, perlu dilakukan usaha-usaha memperkecil volume lereng yang membebani bidang geser (*Shear Failurer*). Peningkatan keamanan masih dapat dilakukan dengan memberi konstruksi-konstruksi pasangan pada bagian kaki lereng yang runtuh seperti *sheet-pile*.

Abramson, et al (1996 ; 34) juga menunjukan nilai angka keamanan (FK) pada lereng adalah :

$FK > 1$ dimana menunjukkan lereng stabil
 $FK < 1$ dimana menunjukkan ketidak stabilan lereng
 $FK = 1$ dimana lereng menunjukkan dalam keseimbangan kritis.

Konsep Elemen Hingga

Dalam metode elemen hingga domain dari daerah yang dianalisis dibagi ke dalam sejumlah zona-zona yang lebih kecil. Zona-zona kecil tersebut dinamakan elemen. Elemen-elemen tersebut dianggap saling berkaitan satu sama lain pada sejumlah titik-titik simpul. Perpindahan pada setiap titik-titik simpul dihitung terlebih dahulu, kemudian dengan sejumlah fungsi interpolasi yang diasumsikan, perpindahan pada sembarang titik dapat dihitung berdasarkan nilai perpindahan pada titik-titik simpul. Selanjutnya, regangan yang terjadi pada setiap elemen dihitung berdasarkan besarnya perpindahan pada masing-masing titik simpul. Berdasarkan nilai regangan tersebut dapat dihitung tegangan yang bekerja pada setiap elemen. Elemen-elemen yang dipilih dengan idealisasi dua dimensi dapat berupa segitiga dengan tiga atau enam titik simpul ataupun segiempat dengan empat atau lebih titik simpul.

Pendekatan umum yang digunakan dalam analisis stabilitas lereng dengan menggunakan metode elemen hingga, yaitu:

1. Metode pengurangan kekuatan geser (*strength reduction method*).
2. Metode penambahan gravitasi (*gravity increase method*).

Prinsip dari metode pengurangan kekuatan geser (*strength reduction method*) yaitu kekuatan geser material nilainya dikurangi secara bertahap sampai terbentuk suatu mekanisme keruntuhan pada lereng. Arief (2007:36) menjelaskan pengurangan parameter kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) dapat dinyatakan dengan persamaan, sebagai berikut:

$$c_f = \frac{c}{SRF} \quad (9)$$

$$\phi_f = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi}{SRF} \right) \quad (10)$$

Dengan SRF adalah faktor reduksi kekuatan geser. Faktor keamanan (F) besarnya sama dengan nilai SRF pada saat tepat terjadi keruntuhan.

Program Plaxis

Kelebihan program Plaxis dalam menganalisis kestabilan lereng, adalah:

1. Program Plaxis mampu memodelkan elemen perkuatan secara mekanis, seperti bored pile, geotekstil, angkur dan interface untuk kestabilan lereng.
2. Program Plaxis juga dapat menjalankan simulasi konstruksi secara bertahap yang biasanya dilaksanakan pada konstruksi timbunan, berupa tahapan beban gravitasi (*gravity loading*), tahapan konsolidasi, tahapan gempa dan tahapan konstruksi (*construction stage*).
3. Dalam menganalisis kestabilan lereng, program Plaxis memberikan gambaran yang jelas, baik pada saat keruntuhan maupun kemantapan lereng dan

memberikan grafik keamanan yang efektif sesuai kriteria keamanan.

Analisis faktor keamanan pada Plaxis

Perhitungan faktor keamanan (*safety factor*) pada program Plaxis dapat dilakukan dengan memilih *phi-c reduction*. Pilihan tersebut hanya terdapat pada perhitungan plastis pada prosedur pengaturan manual atau *load advancement number of steps*. *Phi-c reduction* mendekati parameter sudut gesek (ϕ) dan kohesi (c) dengan mengurangnya hingga terjadi keruntuhan. *Total multiplier* (ΣMsf) digunakan untuk menentukan parameter yang diberikan pada tahap analisis (Brinkgreve dan Vermeer, 1998:4-34).

METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi

1. Data primer yang diperoleh adalah data hasil observasi dalam mengidentifikasi kelongsoran.
2. Data sekunder meliputi Peta lokasi, Data Sondir, data Parameter Tanah (sifat fisis tanah)

Pengolahan data dilakukan dengan menerapkan beberapa metode *Safety Factor* baik secara manual maupun komputasi. Secara manual dengan menggunakan metode LEM (*Limit Equilibrium*), dan untuk komputasi menggunakan program Plaxis. Selanjutnya dilakukan perbandingan dari hasil perhitungan kedua metode tersebut.

Untuk mengetahui aman atau tidaknya lereng nilai FK yang diperoleh harus lebih dari pada satu ($FK > 1$), dan pada perhitungan

manual maupun komputasi menggunakan pemodelan dengan varian kemiringan sudut lereng (α), varian sudut geser (θ) dan varian kohesi (C) yang berbeda-beda.

Metode LEM (Limit Equilibrium)

Yang digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng. Langkah – langkah yang perlu dilakukan adalah menghitung faktor keamanan agar dapat menggambarkan nilai yang seimbang pada massa tanah yang bergerak dengan gaya geser yang termobilisasi menahan Bergeraknya massa tanah pada bidang gelincir rumus yang digunakan :

$$\tau_f = c' + (\tau_n - u_w) \tan \theta$$

$$\sigma_n = \{(1 - m)\gamma + m \cdot \gamma_{sa} \cdot \}$$

$$u_w = Y_w \cdot \gamma_w \cdot \cos^2 \beta$$

$$Y_w = m \cdot H_1$$

$$\tau_d = \{(1 - m)\gamma + m \cdot \gamma_{sa} \cdot \} \cdot H_1 \cdot \sin \beta$$

Sehingga menghasilkan rumus faktor keamanan:

$$FK = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Analisis Program Plaxis

Analisis program Plaxis memiliki tiga tahapan, yaitu :

1. Tahap masukan data (input)

Adapun tahapan dalam masukan data, sebagai berikut:

- a. Pemasukan geometri dari lereng yang ditinjau;
- b. Pemilihan jenis analisis dan jenis elemen;
- c. Pemasukan propertis material dan pe-

- lapisan tanah, yang sesuai dengan Tabel. 1
- d. Penyusunan jaring elemen (mesh) secara keseluruhan;
 - e. Jalankan dari tegangan awal dari analisis tersebut; dan
 - f. Jalankan tahap perhitungan.

2. Tahap Kalkulasi Data (Calculation)

Analisis perhitungan pada program Plaxis dilakukan dengan tahap kalkulasi data

3. Tahap Keluaran Data (Output)

Tahap keluaran data adalah tahap hasil yang diperoleh dari tahap kalkulasi dengan program Plaxis. Hasil yang diperoleh pada tahap keluaran data adalah:

1. Kalkulasi angka keamanan yang diperoleh dari grafik hubungan ΣM_{sf} dan *displacement*; dan
2. Deformasi lereng yang ditunjukkan dari total displacement.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Metode LEM (*Limit Equilibrium*)

Pada Metode LEM terdapat beberapa pemodelan, yaitu pada pemodelan pertama kondisi sudut lereng sesuai dengan kondisi natural atau kondisi existing yang membentuk sudut 60 derajat, pemodelan kedua sudut natural ditambahkan 10% ($\alpha_n + 10\%$) dan pemodelan ketiga sudut natural dikurangi 10% ($\alpha_n - 10\%$).

Pada ketiga pemodelan sudut lereng tersebut, dilakukan dua varian pemodelan pada parameter tanahnya. Varian yang pertama yaitu pada sudut geser (θ), yang dibuat tiga

pemodelan, pemodelan pertama dengan sudut geser yang natural (θ_n). Pemodelan yang ke dua sudut geser natural yang ditambah 10% ($\theta_n + 10\%$). Pemodelan yang ke tiga sudut geser natural dikurangi 10% ($\theta_n - 10\%$). Sedangkan pada varian yang kedua yaitu pada kohesi (c), yang dibuat tiga pemodelan, pemodelan pertama dengan kohesi yang natural (c_n). Pemodelan yang kedua kohesi natural ditambah 10% ($c_n + 10\%$). Pemodelan yang ke tiga kohesi natural dikurangi 10% ($c_n - 10\%$). Hasil dari pemodelan tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Pada Tabel 2 menunjukan semakin besar sudut geser (θ), kohesi (c) dan semakin rendah derajat kemiringan lereng (α) maka nilai Faktor Keamanan (FK) yang diperoleh pada lereng galian tambang batubara akan semakin aman.

Garis grafik diatas menggambarkan semakin rendah sudut kemiringan lereng maka faktor keamanan yang diperoleh semakin tinggi angkanya

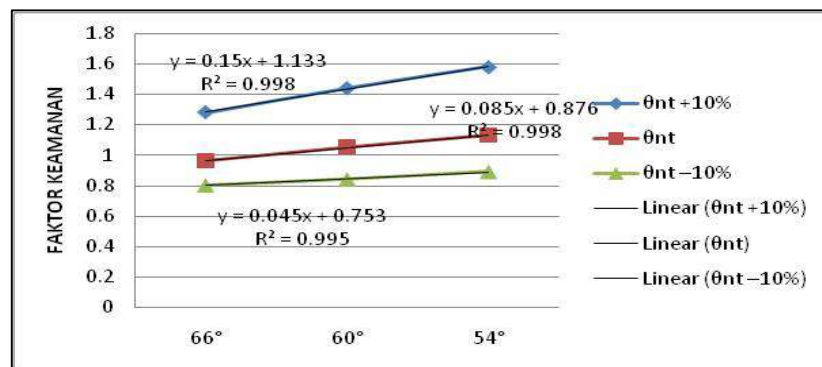
Pada Gambar 2 menunjukan pemodelan varian kohesi (c). Garis grafik tersebut menggambarkan semakin rendah sudut kemiringan lereng maka faktor keamanan yang diperoleh semakin tinggi. Nilai faktor keamanan yang diperoleh pada varian kohesi sangat berdekatan, sehingga garis grafik terlihat pada gambar diatas seperti satu garis yang tebal.

Tabel 1. Material Set Pada Plaxis

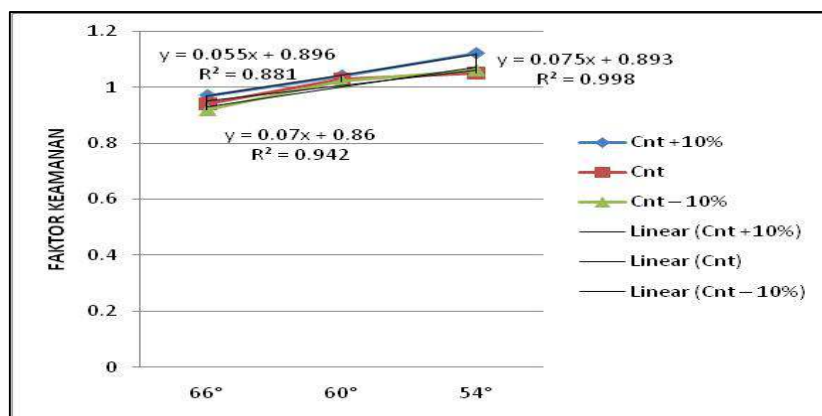
	Parameter	Name	Lanau berlempung 1,5 m	Lempung kelanauan 2,42 m	Lanau berpasir 7,08 m	Unit
Normal	Material model	Model	MC	MC	MC	-
	Type of behavior	Type	Undrained	Undrained	Undrained	-
	Dry soil weight	γ_{dry}	11.5	12	18.52	kN/m ³
	Wet soil weight	γ_{wet}	21,5	17,6	20.53	kN/m ³
	Horizontal permeability	K_x	8,64x10-5	0,0864	2.80E-07	m/day
	Vertical permeability	K_y	8,64x10-5	0,0864	2.80E-07	m/day
	Young's modulus	E_{ref}	2000	4500	980.7	kN/m ²
	Poisson's ratio	ν	0.3	0.4	0.2	-
	Cohesion	c_{ref}	1	2	17.75	kN/m ²
	Friction angle	ϕ	25	0	1.45	°
	Dilatancy angle	Ψ	0	0	0	°

Tabel 2. Hasil perhitungan metode LEM

Pemodelan	Faktor Keamanan Varian θ			Faktor Keamanan Varian C		
	$\theta_{nt}+10\%$	θ_{nt}	$\theta_{nt}-10\%$	$C_{nt}+10\%$	C_{nt}	$C_{nt}-10\%$
$\alpha f_n + 10\%$	1,28	0,96	0,80	0,99	0,96	0,94
αf_n	1,44	1,05	0,84	1,07	1,05	1,02
$\alpha f_n - 10\%$	1,58	1,13	0,89	1,15	1,13	1,11



Gambar 1. Grafik Faktor Keamanan Metode LEM untuk Permodelan Varian Sudut Geser (θ)



Gambar 2. Grafik Faktor Keamanan Metode LEM untuk Permodelan Varian Kohesi (c)

Hasil Analisis Plaxis

Berdasarkan hasil perhitungan kestabilan

lereng menggunakan program Plaxis, hasil

yang ditampilkan oleh program Plaxis

sebagian aman dan sebagian tidak memenuhi kriteria dari faktor keamanan. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel. 3 dibawah.

Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa semakin rendah derajat kemiringan lereng (α) maka Faktor Keamanan (FK) semakin besar.

Berdasarkan geometri hasil analisis kestabilan lereng dengan program Plaxis pada kondisi natural (α_n dan θ_n) menunjukkan kondisi lereng stabil karena FK (1,03) > 1 diperlihatkan pada Gambar 3.

Geometri hasil analisis kestabilan lereng dengan program Plaxis pada kondisi natural (α_n dan c_n) menunjukkan kondisi lereng stabil karena FK (1,03) > 1 diperlihatkan pada Gambar 4.

Pada Tabel 3 dapat dilihat angka faktor keamanan paling tinggi mencapai 1,56 pada saat pemodelan varian sudut geser yang mendapatkan penambahan 10% ($\theta_n + 10\%$) dan sudut kemiringan lereng 54 derajat ($\alpha_n - 10\%$). Hasil Plaxis menunjukkan kondisi aman dan dapat dilihat pada Gambar 5.

Dari hasil Tabel 3 dapat dibuat hubungan varian sudut geser dan kohesi terhadap nilai

faktor keamanan yang dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 6.

Pada Gambar 6 menunjukan pemodelan varian sudut geser (θ). Grafik tersebut menggambarkan semakin rendah sudut kemiringan lereng maka faktor keamanan yang diperoleh semakin tinggi.

Pada Gambar 7 menunjukan pemodelan varian kohesi (c). Garis grafik tersebut menggambarkan semakin rendah sudut kemiringan lereng maka faktor keamanan yang diperoleh semakin tinggi angkanya. Nilai faktor keamanan yang diperoleh pada varian kohesi sangat berdekatan, sehingga garis grafik terlihat pada gambar diatas seperti satu garis yang tebal.

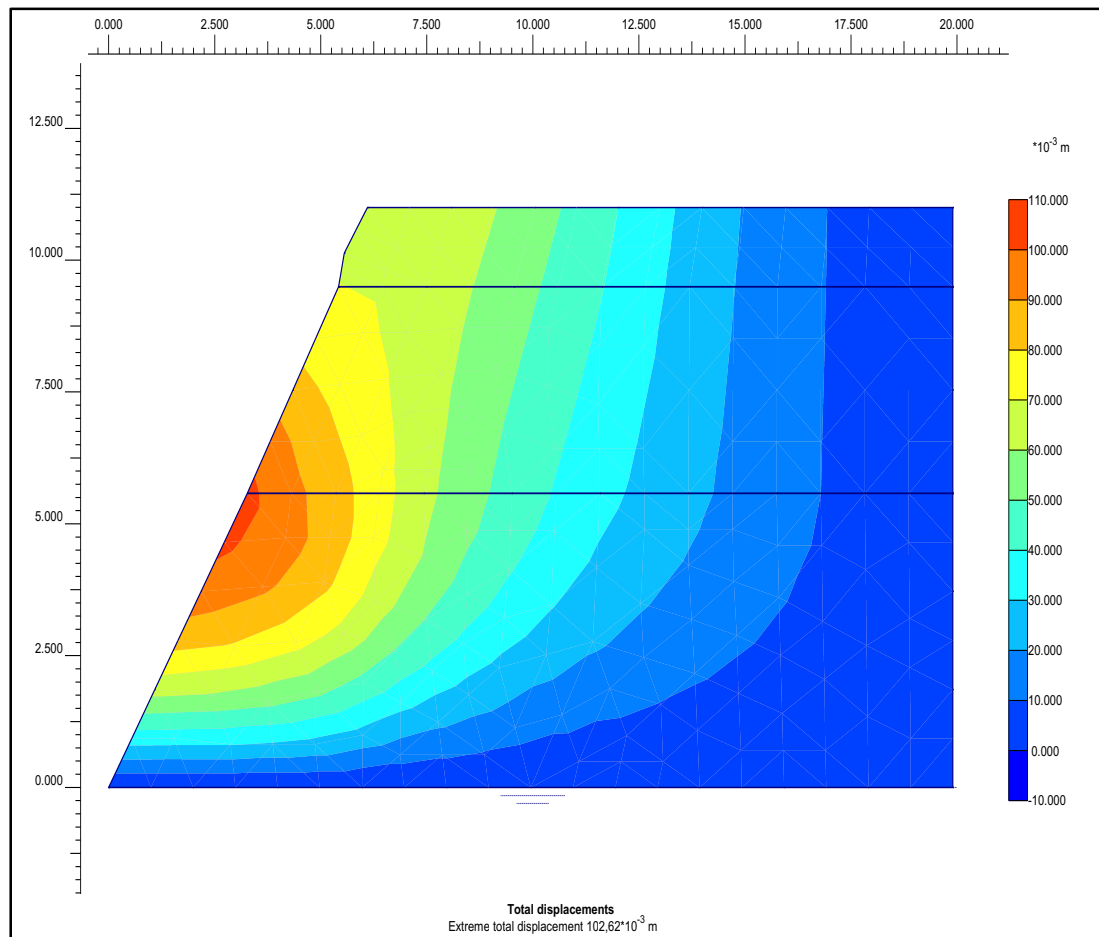
Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng pada galian Pit B faktor keamanan yang diperoleh menggunakan metode LEM (*Limit Equilibrium*) dan Plaxis menghasilkan faktor keamanan yang relatif sama besar. Berdasarkan hasil perbandingan faktor keamanan diperoleh bahwa faktor keamanan yang dihitung dengan metode LEM dan Plaxis memiliki selisih angka $\pm 5\%$. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel. 3 Hasil perhitungan Plaxis

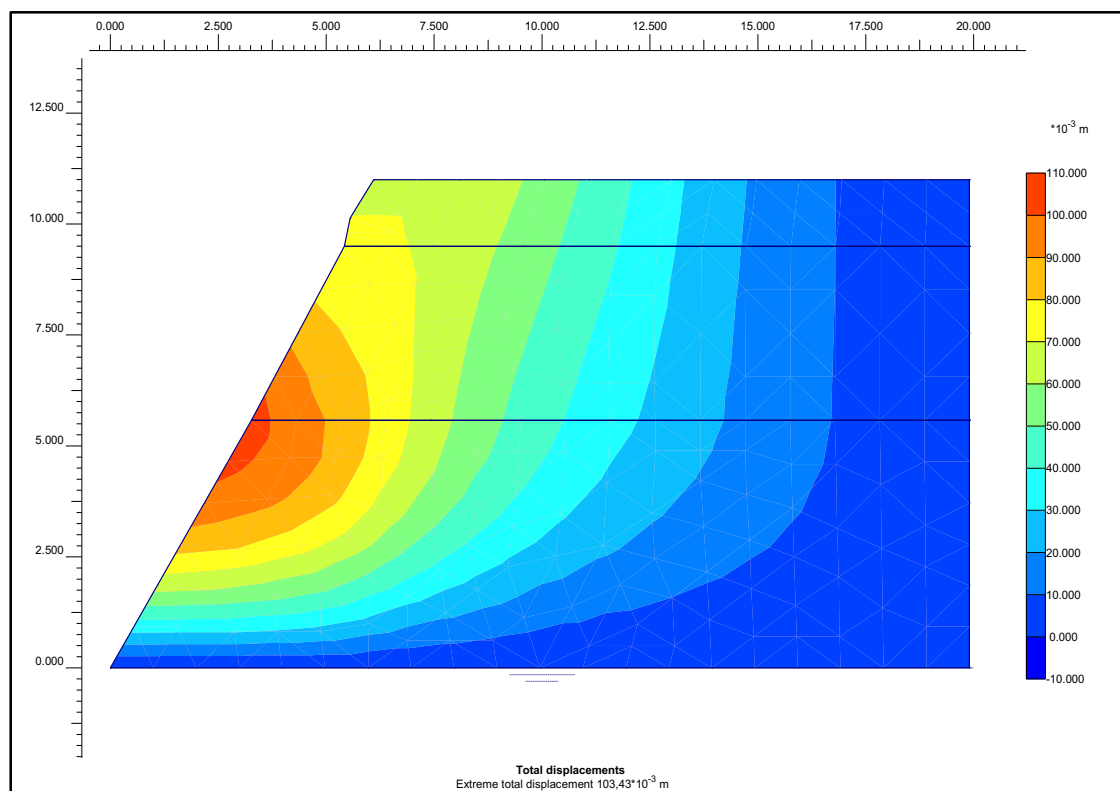
Pemodelan	Faktor Keamanan Varian θ			Faktor Keamanan Varian C		
	$\theta_n + 10\%$	θ_n	$\theta_n - 10\%$	$C_n + 10\%$	C_n	$C_n - 10\%$
$\alpha_n + 10\%$	1,18	0,94	0,78	0,97	0,94	0,92
α_n	1,42	1,03	0,82	1,04	1,03	1,02
$\alpha_n - 10\%$	1,56	1,05	0,87	1,12	1,05	1,06

Tabel 4. Perbandingan Metode LEM dan Plaxis

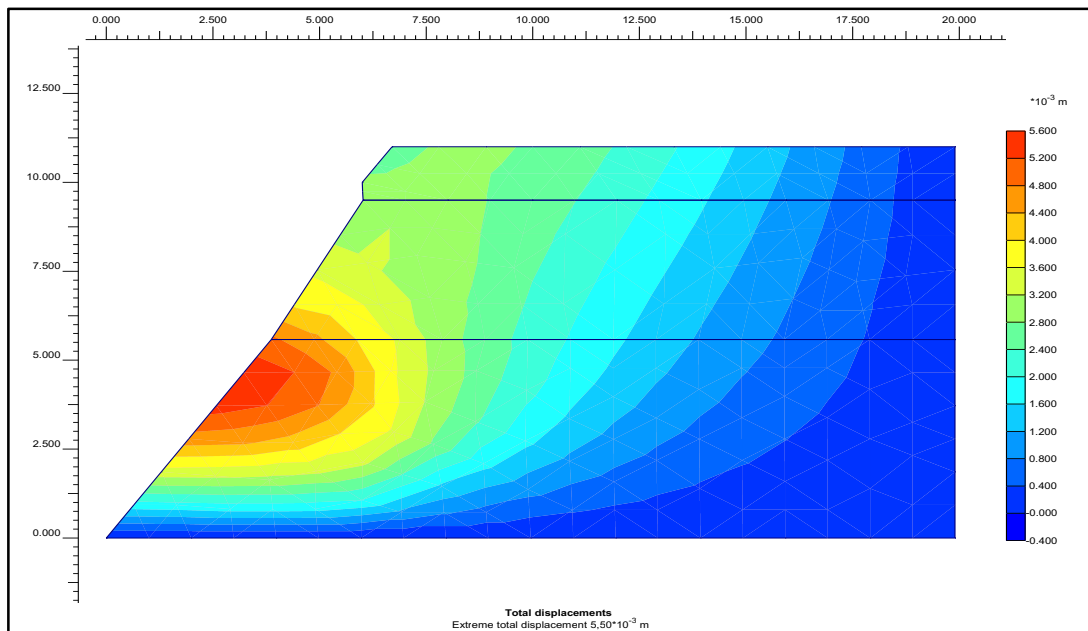
Metode	Pemodelan	Faktor Keamanan Varian θ			Faktor Keamanan Varian C		
		$\theta_n + 10\%$	θ_n	$\theta_n - 10\%$	$C_n + 10\%$	C_n	$C_n - 10\%$
LEM	$\alpha_n + 10\%$	1,28	0,96	0,80	0,99	0,96	0,94
Plaxis		1,18	0,94	0,78	0,97	0,94	0,92
LEM	α_n	1,44	1,05	0,84	1,07	1,05	1,02
Plaxis		1,42	1,03	0,82	1,04	1,03	1,02
LEM	$\alpha_n - 10\%$	1,58	1,13	0,89	1,15	1,13	1,11
Plaxis		1,56	1,05	0,87	1,12	1,05	1,06



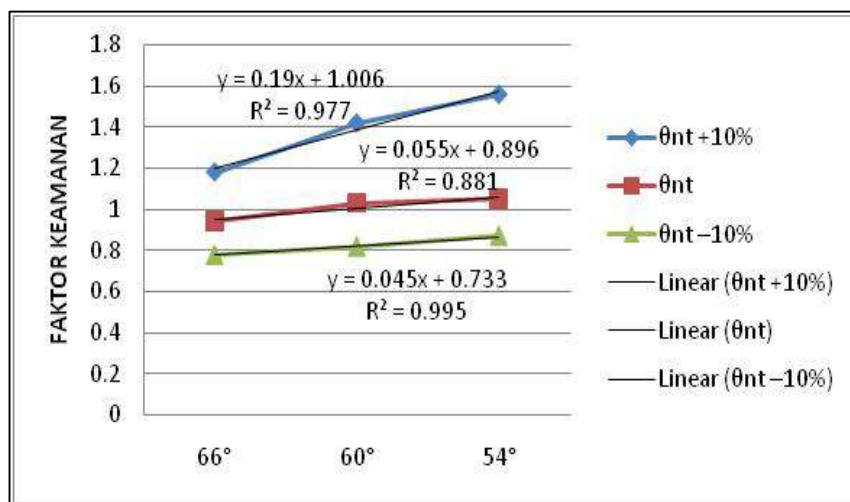
Gambar 3. Hasil Plaxis Total Displacement Pemodelan Varian Kohesi (αf_n) dan (θ_{nt})



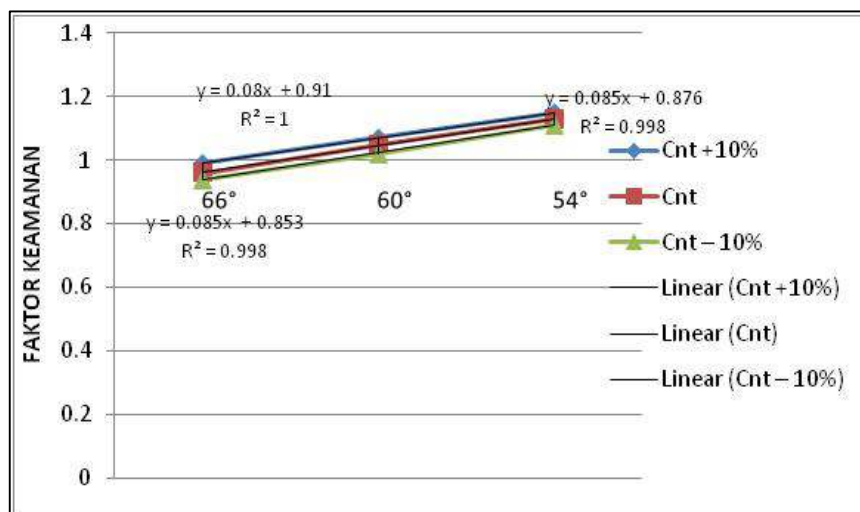
Gambar 4. Hasil Plaxis Total Displacement Pemodelan Varian Kohesi (αf_n) dan (c_{nt})



Gambar 5. Hasil Plaxis Total Displacement Permodelan Varian Sudut Geser ($\alpha_n - 10\%$). dan ($\theta_{nt} + 10\%$)



Gambar 6. Grafik Faktor Keamanan Plaxis untuk Permodelan Varian Sudut Geser (θ)



Gambar 7 Grafik Faktor Keamanan Plaxis untuk Permodelan Varian Kohesi (c)

Pembahasan

Pada perhitungan metode LEM pada lereng tersebut diperoleh nilai Faktor Keamanan (FK) masing-masing 1,28, 1,44, 1,56 1,05, 1,13, 1,07,1,15 1,02, 1,11 yang mana nilai tersebut jelas di atas standar faktor keamanan dengan $FK > 1$. Perhitungan metode LEM (*Limit Equilibrium*) yang memperoleh nilai $FK < 1$ yaitu bernilai 0,96, 0,80, 0,84, 0,89 dan 0,99, nilai tersebut tidak memenuhi syarat aman.

Pada tahapan out put pada Plaxis di dapat hasil faktor keamanan yang sesuai dengan standar aman yaitu 1,18, 1,42, 1,56, 1,03, 1,05, 1,04, 1,28, 1,05, 1,13, 1,02, dan 1,11. Berdasarkan hal tersebut, maka lereng galian Pit B sebagian dinyatakan aman terhadap longsoran dan mendapatkan faktor keamanan yang memenuhi syarat aman. Hasil analisis lereng tersebut dinyatakan stabil. Sedangkan pada tahap kalkulasi yang tidak memenuhi syarat aman pada lereng yaitu pada nilai $FK < 1$ masing-masing bernilai 0,94, 0,80, 0,84, 0,89, 0,97, 0,94, dan 0,92. Berdasarkan pemodelan yang telah dibuat, maka galian lereng area Pit B tidak aman, apabila semakin besar sudut kemiringan lereng maka kondisi lereng akan semakin labil atau longsor, begitu juga pada pemodelan berikutnya, apabila semakin kecil kohesi (c) dan semakin besar sudut kemiringan lereng (α) maka kondisi lereng akan semakin labil dan mudah longsor.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kestabilan

lereng baik dengan metode LEM (*Limit Equilibrium*) maupun program Plaxis pada galian lereng tambang batubara dapat diambil kesimpulan adalah:

1. Penggunaan metode LEM dan program Plaxis memberikan kemudahan dalam mendapatkan nilai faktor keamanan, sehingga suatu lereng yang ditinjau dapat secara mudah dikategorikan rawan atau aman terhadap bahaya kelongsoran;
2. Analisis kestabilan menghasilkan kondisi $FK > 1$ yang artinya lereng galian aman dan ada juga hasil yang menunjukan $FK < 1$ yang artinya lereng galian tidak aman..

Saran

1. Perencanaan kestabilan lereng yang baik agar terhindar dari kelongsoran adalah dengan memperkecil sudut kemiringan jenjang, sehingga lereng lebih landai dan stabil.
2. Secara teknik kestabilan lereng dapat dilakukan dengan cara perkuatan tanah (*soil reinforcement*), pemasangan talut pada lereng atau pemasangan angker yang dikaitkan dengan wayermesh pada lereng galian agar lereng terhindar dari kelongsoran

DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, L. W. et al, 1996 Slope Stability and Stabilization Methods Wiley and Son inc, New York
- Bowles, J. E. 1993 Sifat Fisis Dan Gioteknis Tanah. terjemahan J.K Hainim, Edisi Kedua, Penerbit

- Erlangga Jakarta
- Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat
Bina Teknik, Buku Petunjuk Teknis
Perencanaan Dan Penangan Longsor
- Imran, I. Irsyam, M, Kusuma, M.S. 2014,
Pedoman Pelaksanaan Kontruksi
Bangunan dan Bukit Tes Tsunami,
Jakarta
- Indriani, N. 2005. Analisis Stabilitas
Lereng Pada Kasus Kelongsoran
Jalan Gunung Medang STA 107.800
S/D STA 108.400 Banda Aceh
Meulaboh, Universitas Syiah Kuala
Banda Aceh
- Tebay, D. 2011. Rancangan Teknik
Pertambangan Batubara Blok
Siambul PT Riau Barat Harum Desa
Kelesa Kabupaten Indragiri Hulu
Provinsi Riau. Universitas
Pembangunan Nasional Veteran,
Yogya Karta