

Kajian Geoteknik Untuk Perencanaan Geometri Lereng Pit Tambang Endapan Lempung PT Solut Solog Tambang

Ramli^{1}, Adriansyah Wuriadin Lantapi²*

¹*Teknik Geologi, Universitas Bosowa*

²*Teknik Geologi, Universitas Sulawesi Tenggara*

**Email ramli.geologi@universitashosowa.ac.id*

SARI

Permasalahan kestabilan lereng pada kegiatan tambang terbuka endapan lempung menjadi perhatian penting untuk menjamin keselamatan kerja dan efisiensi produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi geoteknik dan menghasilkan rekomendasi geometri lereng tambang yang aman berdasarkan karakteristik fisik dan mekanik tanah. Metode yang digunakan mencakup studi literatur, pengambilan sampel tanah UDS (Undisturbed Sample) pada kedalaman 3,5–4 meter di wilayah Desa Solog, Kecamatan Lolak, Kabupaten Bolaang Mongondow, serta pengujian laboratorium di PT Sucofindo, Makassar. Parameter yang diuji meliputi sifat fisik (kadar air, porositas, kepadatan) dan mekanik (kohesi, sudut geser dalam, kuat tekan) tanah. Selanjutnya, analisis stabilitas lereng dilakukan menggunakan metode Bishop Simplified yang dibantu perangkat lunak Rocscience Slide 6.020 untuk mengevaluasi Faktor Keamanan (FK) dalam kondisi tidak jenuh, jenuh, serta jenuh dengan beban kendaraan tambang sebesar 200 kN/m². Hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah lempung di lokasi penelitian tergolong medium plasticity dengan jenis mineral dominan Kaolinite. Nilai FK yang diperoleh berkisar antara 1,0 hingga 2,78, yang masih berada dalam rentang aman menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Berdasarkan kriteria kestabilan dan hasil uji laboratorium, maka direkomendasikan desain geometri lereng dengan tinggi lereng 5 meter, lebar jenjang kerja 10 meter, sudut lereng tunggal 30°, dan sudut overall 27°. Analisis menunjukkan bahwa kondisi air jenuh dan beban alat berat dapat menurunkan nilai FK secara signifikan, sehingga pemantauan retakan menggunakan crackmeter sangat disarankan sebagai sistem peringatan dini. Pengaruh topografi dan metode pengambilan material juga berperan dalam kestabilan lereng dan potensi longsor. Dapat disimpulkan bahwa pendekatan geoteknik melalui pengujian laboratorium dan simulasi kestabilan lereng mampu menghasilkan desain lereng yang aman dan sesuai dengan karakteristik lokal endapan lempung.

Kata kunci: Kestabilan Lereng, Endapan Lempung, Faktor Keamanan, Uji Laboratorium Tanah, Geometri Lereng Tambang.

How to Cite: Ramli dan Lantapi, A.W. 2025. Kajian Geoteknik Untuk Perencanaan Geometri Lereng Pit Tambang Endapan Lempung PT Solut Solog Tambang. Jurnal Geomine, 13 (2): 150-161.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Phone:

+6285299961257
+628124190813

Article History:

Submit July 11, 2025

Received in from May 30, 2025

Accepted August 14, 2025

Lisensec By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



ABSTRACT

Slope stability is a critical issue in open-pit mining operations, particularly in clay deposit environments, due to the highly weathered nature of the material and its mechanical behavior under stress. This study aims to evaluate geotechnical conditions and determine a safe and effective slope geometry design based on soil physical and mechanical properties. The research was conducted in Solog Village, Lolak District, Bolaang Mongondow Regency, North Sulawesi. Fieldwork involved collecting undisturbed soil samples (UDS) at depths of 3.5 to 4 meters, which were then tested in the geotechnical laboratory of PT. Sucofindo Makassar. Laboratory tests included physical properties (moisture content, unit weight, porosity, specific gravity) and mechanical tests (direct shear, unconfined compression, triaxial, and consolidation). Slope stability analysis used the Bishop Simplified Method and was performed with Rocscience Slide 6.020 software, simulating slope behavior in unsaturated and saturated conditions, both with and without mining vehicle loads. The test results indicate that the clay in the study area has medium plasticity, with Kaolinite as the dominant mineral, and relatively low permeability. The Factor of Safety (FoS) ranged between 1.0 and 2.78 under different slope conditions, complying with the minimum thresholds outlined in the Ministry of Energy and Mineral Resources Regulation No. 1827 K/30/MEM/2018. The recommended safe slope geometry includes a slope height of 5 meters, bench width of 10 meters, a single slope angle of 30°, and an overall slope angle of 27°. Heavy equipment loading and water saturation significantly reduce slope stability, reinforcing the need for continuous monitoring using crack meters in high-risk areas. Additionally, variations in topography and excavation methods further affect slope integrity and failure probability. In conclusion, the integration of field investigations, laboratory testing, and numerical modeling provides an effective framework for designing safe mine slopes tailored to the geotechnical behavior of clay-dominated formations.

Keywords: *Slope Stability, Clay Deposits, Factor of Safety, Soil Laboratory Testing, Mine Slope Geometry*

PENDAHULUAN

Kegiatan pertambangan terbuka pada endapan lempung memiliki risiko geoteknik yang tinggi, terutama dalam hal kestabilan lereng. Lereng yang tidak stabil dapat menimbulkan bahaya longsor yang mengancam keselamatan pekerja, mengganggu operasional tambang, dan menurunkan efisiensi produksi. Oleh karena itu, perencanaan geometri lereng yang optimal perlu dilakukan berdasarkan kajian geoteknik yang menyeluruh dan terukur.

Kajian geoteknik merupakan dasar penting dalam menentukan bentuk lereng yang aman pada sistem tambang terbuka. Analisis ini melibatkan penilaian terhadap sifat fisik dan mekanik tanah yang membentuk lereng, serta simulasi kestabilan lereng menggunakan metode teknis dan perangkat lunak pendukung. Dengan pendekatan ilmiah ini, dapat dihasilkan rekomendasi teknis yang akurat untuk mendukung perencanaan desain lereng.

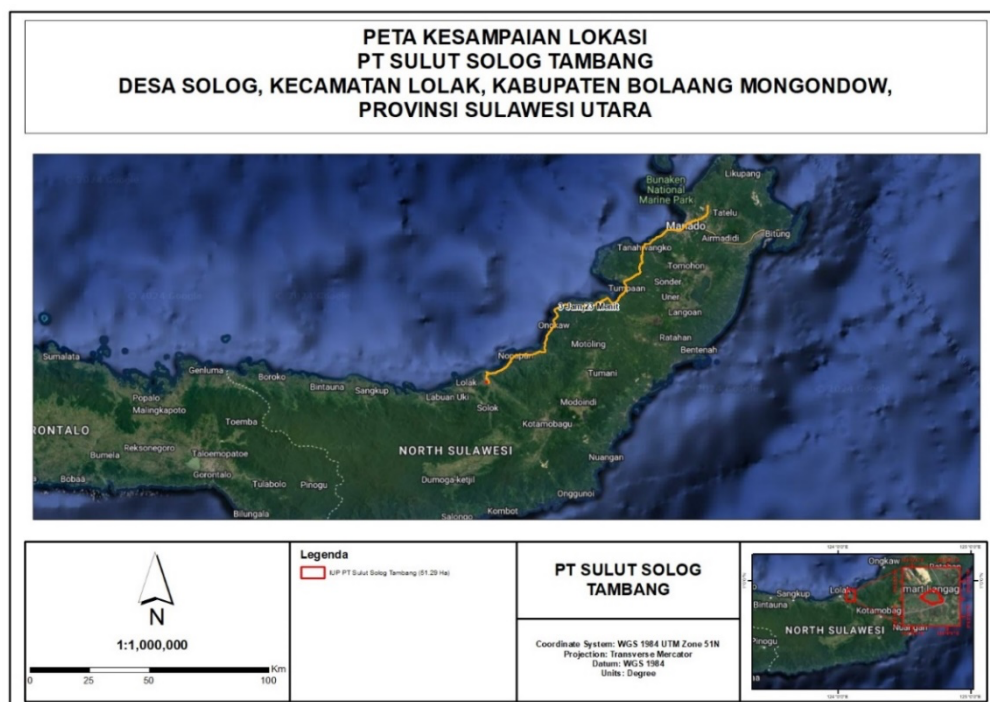
Masalah utama yang menjadi fokus penelitian ini adalah bagaimana merancang geometri lereng yang mampu memenuhi syarat keselamatan kerja dan efisiensi operasional tambang. Permasalahan tersebut melibatkan perhitungan faktor keamanan (FK) pada berbagai kondisi, termasuk kondisi tidak jenuh, jenuh air, serta jenuh dengan beban alat berat tambang.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, dilakukan pengujian laboratorium terhadap sampel tanah UDS (*Undisturbed Sample*) yang diambil dari lokasi penelitian. Data yang diperoleh digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng dengan metode Bishop Simplified, dan simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Rocscience Slide versi 6.020. Hasil

simulasi memberikan gambaran kondisi lereng terhadap berbagai skenario geoteknik yang memungkinkan.

Melalui pendekatan ini, penelitian ini bertujuan memberikan rekomendasi teknis terkait desain geometri lereng yang aman dan efektif untuk diterapkan di lokasi penelitian. Rekomendasi ini diharapkan menjadi acuan dalam pengambilan keputusan teknis dan operasional pada kegiatan penambangan endapan lempung di PT Sulut Solog Tambang.

Penelitian ini dilakukan di wilayah Desa Solog, Kecamatan Lolak, Kabupaten Bolaang Mongondow, Provinsi Sulawesi Utara. Lokasi ini merupakan area IUP (Izin Usaha Pertambangan) PT Sulut Solog Tambang yang memiliki komoditas utama berupa endapan lempung. Topografi daerah berupa lembah dan dataran rendah dengan karakteristik geologi yang didominasi oleh batuan lempung dan batugamping.



Gambar 1. Peta Kesampaian Lokasi

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini dengan dua cara, yaitu studi literatur berupa data literatur atau referensi terkait dengan area penelitian dan tahap selanjutnya yaitu pengambilan data lapangan.

Pengambilan data lapangan dengan melakukan pengambilan sampel terpilih di lokasi penelitian yaitu berupa pengambilan Sampel UDS (*Undisturbed Sample*) yaitu dimana sampel tanah asli yang diambil tanpa terganggu kondisi aslinya dengan melakukan pengeboran inti sedalam 4 m. Sampel ini nantinya akan di analisis properties dan mekanis tanah. Pengujian sampel tanah di PT *Superintending Company of Indonesia* (SUCOFINDO) beralamat Jl. Urip Sumoharjo No. 90A, Makassar, Sulawesi Selatan.

Pengujian Laboratorium

Analisis laboratorium ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisis dan sifat mekanis tanah. Untuk pengujian analisis fisis (indeks properties) yang dilakukan antara lain pengujian



kadar air, *specific gravity* (Gs), batas-batas Atterberg, uji gradasi butiran tanah. Analisis sifat mekanis tanah terdiri dari pengujian mekanis yang dilakukan terdiri dari pengujian standard proctor, pengujian konsolidasi tanah, pengujian kuat geser langsung (*Direct Shear Test*), pengujian daya dukung tanah (California Bearing Ratio), dan pengujian kuat tekan langsung (*Unconfined Compression Test*), pengujian permeabilitas, pengujian triaxial. Prosedur pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, PT. Superintending Company Of Indonesia (SUCOFINDO) beralamat Jl. Urip Sumoharjo No. 90A, Makassar, Sulawesi Selatan.



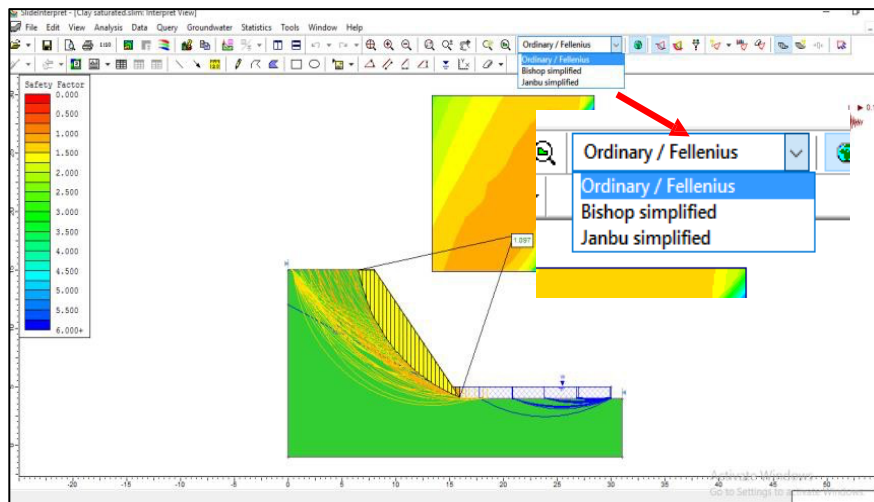
Gambar 2. Kegiatan pengambilan Sampel UDS (*Undisturbed Sample*)



Gambar 3. Kegiatan analisis sifat fisis dan mekanis tanah di Lab. PT Sucofindo

Analisis Stabilitas Lereng

Analisis kestabilan lereng dengan menggunakan kesetimbangan batas yang dibantu dengan *software rocscience slide version 6.020* untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng pada kondisi *unsaturated* (tidak jenuh) dan *saturated* (kondisi jenuh) tanpa pengaruh pengaruh beban aktivitas kendaraan tambang. *Saturated* (jenuh) dengan pengaruh koefisien beban alat berat. Analisis kestabilan lereng dengan menggunakan metode bishop. Tiga perbandingan nilai faktor keamanan tersebut akan memebrikan gambaran ke akuratan hasil analisis faktor keamanan lereng.

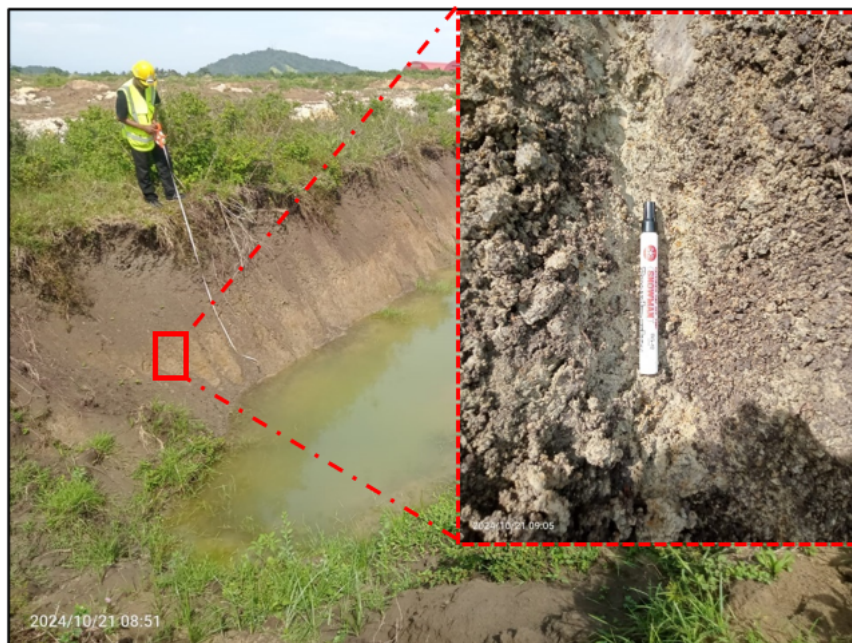


Gambar 4. Analisis faktor kemana dengan *software rocscience slide version 6.020*.

HASIL PENELITIAN

Analisis Jenis Litologi (Batu) Lokasi Penelitian

Pada Lokasi penelitian kawasan konsesi IUP PT. Solut Solog Tambang secara geologi regional termasuk kedalam Formasi Aluvium dan Endapan Pantai (Qal) Terdiri dari endapan pasir, lempung, lumpur, kerikil, dan kerakal. Di lokasi IUP PT. Solut Solog Tambang dijumpai singkapan batuan berupa lempung (*Clay*) atau tana liat dengan ciri fisik dalam kondisi warna hitam dan putih abu-abu memiliki tekstur klastik dan berlapis.



Gambar 5. Singkapan endapan lempung (*clay*) yang terdapat pada daerah penelitian.

Analisis Kemampuan

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis material lempung yang dilakukan di laboratorium PT *Superintending Company of Indonesia* (SUCOFINDO) dengan kode sampel

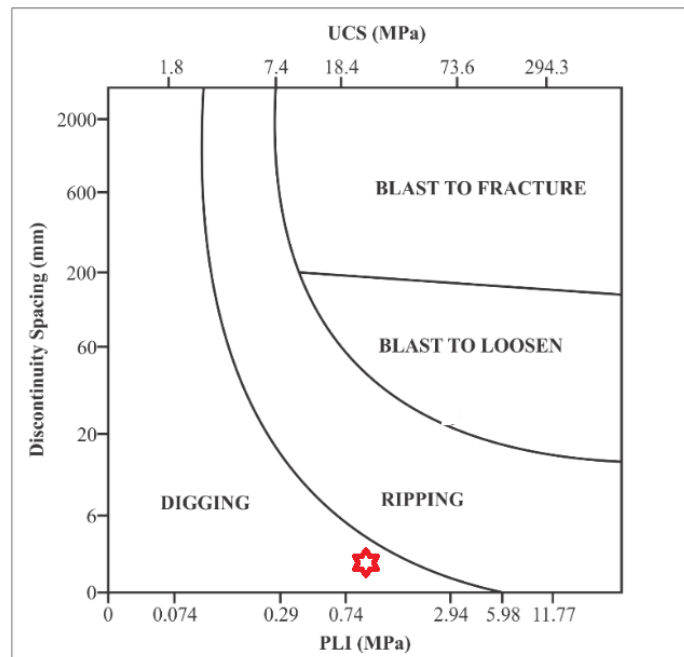
UDS CL-09. diperoleh nilai sifat fisis dari material lempung berupa Unconfined Compression Test (UCS) sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil analisis mekanis tanah

Parameter	Satuan	Hasil	Metode
<i>Unconfined Compression Test</i>	qu	Kg/cm ²	1,278
		Kpa	125,307
	E axial	kg/cm ²	18.144,46
		GPa	1,779
	e = dh/h	%	0,704

Nilai PLI didapat dari nilai kuat tekan uniaksial atau UCS berdasarkan persamaan ISRM (1985) yaitu $UCS = 20 - 25PLI$ dimana nilai UCS 125,307 KPa atau 0,125 MPa sehingga didapatkan nilai $PLI = 0,805$ MPa.

Berdasarkan kriteria Franklin et al. (1971) dapat disimpulkan bahwa kegiatan penambangan material lempung pada lokasi IUP PT Solog Tambang dapat dilakukan dengan penggalian (*digging*) agar kegiatan penambangan dan produktifitas penambangan dapat berjalan dengan baik.



Gambar 6. Kriteria Franklin et al. (1971)

Berdasarkan hasil analisis kemampuan penggalian dengan metode kriteria Franklin et al. (1971) maka direkomendasikan kegiatan penambangan material lempung pada lokasi IUP PT Solog Tambang dapat dilakukan dengan penggalian (*digging*).

Analisis Stabilitas Lereng

Penyelidikan geoteknik yang telah dilakukan berupa analisis sifat fisis tanah dan mekanis tanah. Analisis ini diawali pengambilan data lapangan berupa conto tanah UDS (*Undisturbed Sample*) dengan cara pengeboran langsung di lapangan, pengambilan sampel dilakukan di kedalaman (3,5 - 4) meter. Pengambilan sampel dilakukan di hole id CL_009 pada titik koordinat (124° 5'33.66"E dan 0°53'3.11"N) dengan asumsi yang dapat mewakili semua

karakteristiki litologi pada daerah penyelidikan. Analisis sampel dilakukan di laboratorium PT. Superintending Company Of Indonesia (SUCOFINDO) dengan kode sampel UDS CL-09. Beberapa parameter yang dibutuhkan dalam melakukan analisis stabilitas lereng dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil analisis sifat fisis dan mekanis tanah

Parameter	Satuan	Hasil	Metode		
1	<i>Specific Gravity</i> (Gs)	-	2,454	SNI 1964-2008	
2	<i>Natural State (Soil Index)</i>	Water Content (W)	%	35,056	SNI 1742-2008
		Wet Density	gram/cm ³	1,973	
		Ory Density	gam/cm ³	1,461	
		Void Ratio	-	0,681	
		Porosity	%	40,48	
		Dearee. of Saturation	%	79,12	
3	<i>Atterberg Limits</i>	Liauid Limit (LL)	%	35,588	SNI1966-2008
		Plastic Limit (PL)	%	17,424	
		Plasticity Index (PI)	%	18,164	
4	<i>Gran Size</i>	Gravel	%	8,123	SNI3423-2008
		Sand	%	50,908	
		Silt	%	25,361	
		Clay	%	15,607	
5	CBR Laboratorium	%	3,149	SNI1744-2012	
6	<i>Permeability</i>	K	cm/detik	0	SNI6870-2002
7	<i>Direct Shear</i>	φ	0	60,308	SNI 2813-2008
		c	kg/cm ²	0,19	
8	<i>Unconfined Compression Test</i>	qu	Kg/cm ²	1,278	SNI 3638-2012
			Kpa	125,307	
		E axial	kg/cm ²	18.144,46	
			GPa	1,779	
		e = dh/h	%	0,704	
9	<i>Consolidation Test</i>	Cc	-	0,008	SNI 2812-2011
		Cv	cm ² /detik	0,055	
10	<i>Standard Proctor</i>	OMC	%	21,3	SNI1743-2008
		vmax	gram/cm ³	1,42	

11	Triaxial	φ	$^{\circ}$	53,267	SNI 4813-2015
		c	kg/cm ²	0,27	

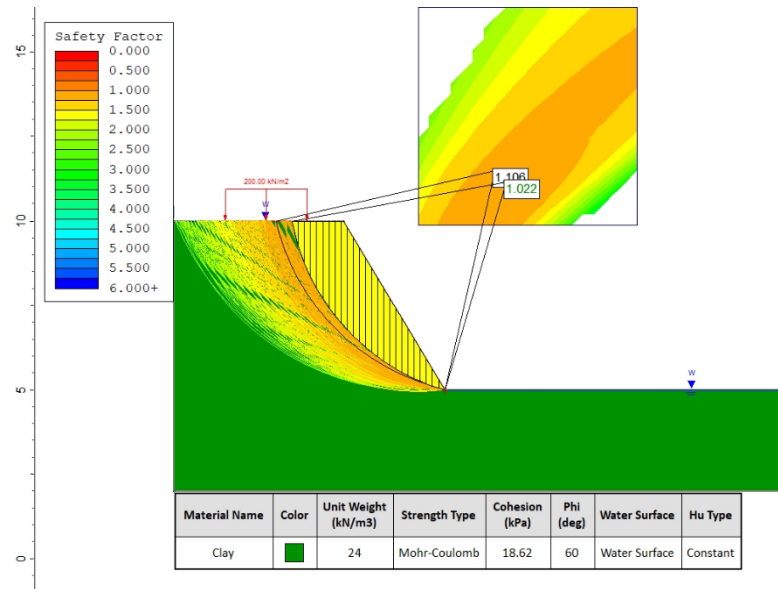
Penentuan Faktor Keamanan

Dalam menentukan stabilitas lereng maka suatu tambang berdasarkan besarnya nilai Faktor Keamanan (FK). Nilai suatu FK merujuk pada Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia No. 1827 K/30 MEM/2018, Hal 56 tentang faktor keamanan lereng, maka dibagi 3 kelompok rentan Faktor Keamanan (FK) Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang (1827 K/30 MEM/2018)

Jenis Lereng	Keparahan Longsor (Consequences of Failure/Cof)	Kriteria dapat diterima (Acceptance Cliteria)		
		Faktor Keamanan (FK) Statis (Min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (min)	Probabilitas Longsor (Probability of Failure) (maks) PoF (FK \leq 1)
Lereng tunggal	Rendah s.d. Tinggi	11	Tidak ada	25-50%
	Rendah	1,15 – 1,2	1	25%
Inter-ramp	Menengah	1,2 – 1,3	1	20%
	Tinggi	1,2 – 1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2 – 1,3	1	15-20%
	Menengah	13	1,5	10%
	Tinggi	1,3 - 1,5	1,1	5%

Penentuan FK berdasarkan sifat fisis dan mekanis tanah dari hasil analisis laboratorium dengan menggunakan metode kesetimbangan batas yang dibantu dengan *software rocscience slide version 6.020* untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng. Penentuan faktor keamanan dilakukan pada saat kondisi tidak jenuh dan jenuh air tanpa pembebanan dan penentuan faktor keamanan dilakukan pada saat kondisi tidak jenuh dan jenuh air dengan adanya pembebanan. Analisis ini dilakukan untuk melihat perbedaan stabilitas lereng pada saat terpengaruh dan tidak terpengaruh oleh air permukaan/tanah dan pada saat ada aktivitas kegiatan penambangan berupa pembebanan. Pembebanan lereng yang dimaksud disini adalah pembebanan oleh alat berat tambang yang akan beraktivitas maka disini ditentukan nilai beban unit peralatan berat yaitu di asumsikan *Dump Truck* (DT) memiliki ditribusi Beban 100 kN/m² dalam keadaan ada muatan, sehingga diasumsikan ketika DT pada saat berpapasan dan sejajar makan distribusi bebanya sebesar 200 kN/m².



Gambar 7. Analisis faktor keamanan dengan menggunakan software rocscience slide version 6.020.

Dari hasil analisis stabilitas lereng bahwa nilai Faktor Keamanan (FK) antara 1 - 2,78 jika merujuk dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia No. 1827 K/30 MEM/2018, Hal 56 dimana FK Statis minimal 1,1 dan FK Dinamis minimal 1,0 maka direkomendasikan bentuk geometri lereng untuk kegiatan penambangan yang aman dan baik dapat dilihat pada tabel 5.



Tabel 4. Nilai Faktor Keamanan dari hasil analisis stabilitas lereng kesetimbangan batas

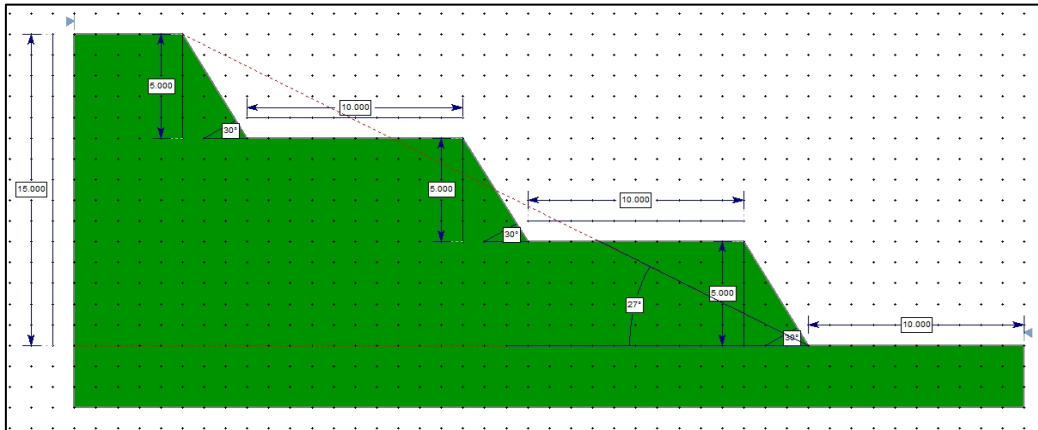
Lokasi Lempung (Clay)	Slope Jenjang (°)	Faktor Keamanan (FK)												Keamanan Lereng (FK)
		Ordinary/Fellenius				Bishop Simplified				Jambu Simplified				
		Normal		Pembebanan 200kN/m ²		Normal		Pembebanan 200kN/m ²		Normal		Pembebanan 200kN/m ²		
		Unsat.	Sat.	Unsat.	Sat.	Unsat.	Sat.	Unsat.	Sat.	Unsat.	Sat.	Unsat.	Sat.	Kepmen ESDM 1827 K/30 MEM/201 8
CL_009	30	2,78	2,07	1,80	1,422	2,808	1,403	2,09	1,29	2,736	1,28	1,78	1,10	FK Statis ≥ 1,1 FK Statis ≥ 1

*Unsat. = Unsaturated

*Sat. = Saturated

Tabel 5. Nilai rekomendasi dimensi geomteri lereng pada lokasi penyelidikan

Titik Lokasi	Jenis Litologi (Batu)	Ketinggia Lereng (m)	Lebar jenjang kerja (m)	Kemiringan Lereng Tunggal(o)	Kemiringan Jenjang Overall (o)	Jumlah Jenjang
PT SST	Lempung (<i>Clay</i>)	5	10	30	27	3



Gambar 8. Rekomendasi Geometri Lereng pada pit penambangan lempung PT Sulut Solog Tambang.

Pemantauan Stabilitas Lereng

Adapun pemantauan stabilitas yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode Pemantauan pergerakan lereng pada permukaan yang telah teridentifikasi adanya indikasi retakan (*crack*) dapat juga dilakukan dengan menggunakan *crackmeter*. Prinsip kerja alat ini memasang dua patok/anchor pada kedua sisi yang berlawanan dari arah retakan. Setiap ada pergerakan lereng akan terbaca dengan pergeseran skala meter *crackmeter*, pemantauan ini akan dilakukan setiap hari untuk memastikan adanya pergerakan lereng. Contoh pemasangan pemasangan alat *crackmeter* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pemantauan lereng dengan menggunakan alat *crackmeter*

KESIMPULAN

Dari analisis kajian geoteknik yang dilakukan di lokasi IUP PT Solut Solog Tambang adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini berdasarkan pembahasan dan tujuan penelitian yaitu:

1. Pada Lokasi penelitian kawasan konsesi IUP PT Solut Solog Tambang secara geologi Terdiri dari endapan lempung.
2. Topografi lokasi PT Solut Solog Tambang dijumpai dua bentuk topografi yaitu topografi dataran rendah dan topografi lembah (cekungan). Lokasi endapan lempung berada di topografi lembah dengan ketinggian (3-10) mdpl. Sedangkan topografi pedataran rendah dengan elevasi (11-88) mdpl.
3. Berdasarkan kriteria Franklin et al. (1971) dapat disimpulkan bahwa kegiatan penambangan material lempung pada lokasi IUP PT Solut Solog Tambang dapat dilakukan dengan penggalian (digging) agar kegiatan penambangan dan produktifitas penambangan dapat berjalan dengan baik.
4. Dari hasil analisis stabilitas lereng bahwa nilai Faktor Keamanan (FK) antara 1 - 2,78 jika merujuk dengan Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia No. 1827 K/30 MEM/2018, Hal 56 dimana FK Statis minimal 1,1 dan FK Dinamis minimal 1,0 maka direkomendasikan bentuk geomeri lereng untuk ketinggian lereng 5 meter, lebar jenjang kerja 10 meter, kemiringan lereng tunggal 30° dan sudut overal 27°.

PUSTAKA

- Apandi, T., & Bachri, S. (1997). Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi, Skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Arif, I. (2016). Geoteknik tambang. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Azizi, A. M. (2019). Prediksi volume longsor tambang terbuka nikel menggunakan metode kesetimbangan batas 3 dimensi. *Indonesian Mining Professional Journal*, 1(1), 43–48.
- Hasan, B. M., & Heriyadi, B. (2018). Analisis balik kestabilan lereng tambang batubara Pit RTS-C sisi barat WUP Roto-Samurangau PT. Kideco Jaya Agung, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 5(1), 74–84.
- Ifnanta, P. S. (2018). Analisis kestabilan lereng tambang di area penambangan andesit PT. Mineral Sutera, Pesisir Selatan, Kabupaten Pesisir. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 5(1), 116–130.
- Marini, A. E., et al. (2019). Analisis kestabilan lereng area highwall section B tambang batubara PT. Manggala Usaha Manunggal Jobsite PT. Banjarsari Selatan. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 4(4), 80–89.
- Mondol, A. M., Quamruzzaman, C., Kabir, S. M. M., & Hossain, S. M. Z. (2013). Open pit slope design of Barapukuria coal mine using limit equilibrium methods of slope stability analysis. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(12), 49–53.
- Salunkhe, D. P., et al. (2017). An overview on methods for slope stability analysis. *International Journal of Civil Engineering and Technology*.
- Sari, C. F. K. (2020). Analisis geoteknik dalam perencanaan kestabilan lereng pada operasi penambangan batu kapur di PT. SBV – Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 6(1).
- Wesley, D. L. D., & Pranyoto, D. I. S. (2010). Mekanika tanah (untuk tanah endapan dan residu). Jakarta: Buku