

Analisis Kestabilan Lereng Pada *Low Wall* PIT Utara N1 Tambang Batubara PT Banyan Koalindo Lestari, Sumatera Selatan

Heribertus Andi Krismawan^{1a}, R. Hariyanto¹, Gunawan Nusanto², Indri Lesta Siwidiadi³

Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN “Veteran” Yogyakarta,
Jl. Padjajaran Condongcatur Depok Sleman, Yogyakarta 55283 Indonesia

^aemail: heribertusandik@gmail.com

ABSTRACT

PT Banyan Koalindo Lestari (BKL) is a coal mining company operating in North Musi Rawas Regency, South Sumatera Province. PT Banyan Koalindo Lestari applies an open pit mining system with the open pit method, so that the excavation process forms a ladder. In December 2021 and March 2022 there were landslides on the slopes of the North Pit N1 low wall. So it is necessary to do a back analysis on the slope to get the material properties when a landslide occurs ($FK < 1$). The new material properties will become the material properties for designing the actual slope geometry improvement.

Slope stability analysis using the boundary equilibrium method with Bishop Simplified calculation analysis through SLIDE2 software. While the landslide probability analysis uses the Monte Carlo method, Even though the mining plan has a low risk, the minimum standard in the analysis of the slope safety factor still uses the most pessimistic value, namely the high category of landslide severity level which refers to the Decree of the Minister of Energy and Mineral Resources No. 1827 K/30/MEM of 2018. The actual low wall slope has a total height of 28,77 m and an overall slope angle of 24° with the geometry of the single slope varying at each level. The proposed slope improvement is carried out with a step width of 5 m, a single slope height of 8 m, and variations in the slope angle of a single slope. Variations in the angle of inclination of the single slope used were 35°, 40°, and 45° with saturated groundwater conditions (MAT). The results of the stability analysis of the actual low wall slope at Pit N1 had a safety factor value of 1.42 but experienced a slide, so a reverse analysis was carried out which produced new rock material properties, namely cohesion of claystone which was initially 63.14 kN/m² to 44 kN/m² and the angle of friction in the claystone from 22,14° to 17°. These material properties are used to design slope improvements and a proposed geometry improvement for the actual low wall slope is obtained by changing the angle of a single slope to 35°, the height of a single slope is 8 m, and the width of the ladder 5 m, obtained a safety factor value of 1,32 and a landslide probability of 0%.

Keywords: back analysis, Bishop Simplified, Limit Equilibrium Method

ABSTRAK

PT Banyan Koalindo Lestari (BKL) merupakan perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di Kabupaten Musi Rawas Utara, Provinsi Sumatera Selatan. PT Banyan Koalindo Lestari menerapkan sistem tambang terbuka dengan metode open pit, sehingga proses penggaliannya membentuk jenjang. Pada Bulan Desember 2021 dan Bulan Maret 2022 terjadi longsor pada lereng low wall Pit Utara N1. Sehingga perlu dilakukan analisis balik pada lereng tersebut untuk mendapatkan material properties saat terjadi longsor ($FK < 1$). Material properties yang baru tersebut akan menjadi material properties untuk merancang perbaikan geometri lereng aktual.

Analisis stabilitas lereng menggunakan metode kesetimbangan batas dengan analisis perhitungan Bishop Simplified melalui software SLIDE2. Sedangkan analisis probabilitas longsor menggunakan metode Monte Carlo Walaupun rencana penambangan memiliki resiko rendah, namun standar minimum dalam analisis faktor keamanan lerengnya tetap menggunakan nilai paling pesimis yaitu tingkat keparahan longsor kategori tinggi yang mengacu pada Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM Tahun 2018. Lereng low wall aktual memiliki tinggi keseluruhan 28,77 m dan sudut kemiringan lereng keseluruhan sebesar 24° dengan geometri lereng tunggalnya beragam pada tiap jenjang. Usulan perbaikan lereng dilakukan dengan lebar jenjang 5 m, tinggi lereng tunggal 8 m, dan variasi sudut kemiringan lereng tunggal. Variasi sudut kemiringan lereng tunggal yang digunakan yaitu 35°, 40°, dan 45° dengan kondisi Muka Air Tanah (MAT) jenuh. Hasil dari analisis kestabilan lereng low wall aktual pada Pit N1 memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1,42 namun mengalami kelongsoran, sehingga dilakukan analisis balik yang menghasilkan material properties batuan baru yaitu kohesi batulempung yang awalnya 63,14 kN/m² menjadi 44 kN/m² dan sudut gesek dalam batulempung dari 22,14° menjadi 17°. Material properties ini digunakan untuk merancang perbaikan lereng dan didapatkan usulan geometri perbaikan lereng low wall aktual dengan mengubah sudut kemiringan lereng tunggal menjadi 35°, tinggi lereng tunggal 8 m, dan lebar jenjang 5 m, didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,32 dan probabilitas longsor sebesar 0%

Kata kunci: analisis balik, Bishop Simplified, Metode Kesetimbangan Batas.

I. PENDAHULUAN

PT. Banyan Koalindo Lestari sebagai salah satu perusahaan dalam negeri yang melakukan usaha di bidang pertambangan batubara di Wilayah IUP Operasi Produksi seluas 10.980 hektar yang berlokasi di Kecamatan Rawas Ilir, Kabupaten Musi Rawas Utara, Provinsi Sumatera Selatan. Kegiatan ini dilakukan berdasarkan Surat Keputusan Bupati Musi Rawas Nomor 31/KPTS/DISTAMBEN/2010 tanggal 19 april 2010 tentang Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi Kepada PT. Banyan Koalindo Lestari (KW.10 APP 002)

Rancang geometri lereng tunggal berdasarkan desain bulanan, tinggi jejang 8 meter, lebar 5 meter, dan kemiringan tunggal 45° untuk Low Wall pit Utara N1. Penambangan pada pit Utara N1 masih dalam tahap kemajuan tambang sehingga lereng yang terbentuk belum sesuai dengan geometri yang direncanakan. Pada Low Wall telah terjadi kelongsoran pada bulan Desember 2021 dan bulan Maret 2022 awal.

Rancangan lowwall kajian geoteknik sebelumnya menunjukkan bahwa lereng low wall tersebut dalam kondisi stabil dengan faktor keamanan lebih dari satu, akan tetapi keadaan dilapangan terjadi kelongsoran. Oleh karena itu, diperlukan suatu analisis kestabilan lereng untuk mengetahui penyebab terjadinya longsor.

Dengan adanya analisis lereng diharapkan bisa memberikan hasil geometri lereng yang aman dan optimal, walaupun rencana penambangan memiliki resiko rendah, namun standar minimum dalam analisis faktor keamanan lerengnya tetap menggunakan nilai paling pesimis yaitu untuk Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor yang ditentukan yaitu overall slope $FK > 1,3-1,5$ dan $PL < 5\%$ resiko kategori tinggi. (Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM Tahun 2018)

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di PT Banyan Koalindo Lestari yang berlokasi di Kecamatan Rawas Ilir, Kabupaten Musi Rawas Utara, Provinsi Sumatera Selatan. Tahapan dan metodologi yang digunakan pada penelitian ini berupa:

1. Studi Literatur

Mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan topik penelitian berupa buku, literatur, dan laporan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Studi literatur juga dilakukan untuk mengumpulkan data yang berkaitan dengan permasalahan yang ada. Hal ini dilakukan karena data tidak diperoleh dari penelitian lapangan atau laboratorium. Studi literatur dilakukan dari awal sampai pada proses penyelesaian penelitian, karena dengan referensi yang ada di studi literatur akan membantu mengarahkan proses penelitian sesuai dasar teori.

2. Observasi Lapangan

Melakukan pengamatan secara langsung terhadap lereng penambangan untuk melihat keadaan aktual di

lapangan dan menganalisis masalah yang akan dibahas pada penelitian ini.

3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah observasi lapangan. Data yang diambil dalam penelitian ini yaitu :

Data Primer :

- Peta Topografi bulan Maret dan bulan April
- Geometri lereng aktual

Data Sekunder :

- Hasil Uji Kuat Geser (kohesi dan sudut gesek dalam)
- Peta Topografi, Peta Geologi, Peta Kesampaian Daerah
- Data Geologi (Geologi Regional, Statigrafi, Morfologi, Struktur Geologi, Litologi)
- Data Hasil Log Bor
- Data Iklim dan Curah Hujan

4. Pengolahan Data

Data yang diperoleh diolah dengan dilakukan pengelompokan data dan perhitungan untuk menghasilkan parameter yang digunakan untuk merancang geometri lereng dengan bantuan perangkat lunak @Risk8.1 dengan lisensi “student version” dari Palisade dan perangkat lunak Rocscience SLIDE2

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti. Kesimpulan ini merupakan suatu hasil akhir dari semua aspek yang telah dibahas.

III. HASIL

Kejadian longsor pada lereng yang sama terjadi pada bulan Desember 2021 dan Maret 2022, kejadian longsor pada bulan Desember 2021 hanya akan di bahas kondisi sebelum longsor dan geometrinya sedangkan pada bulan Maret dilakukan analisis balik, sehingga memperoleh hasil analisis balik berupa penurunan material properties.

1. Sifat Fisik

Pengujian sifat fisik merupakan pengujian tanpa merusak sampel atau conto batuan (*non-destructive test*). Pengujian ini akan menghasilkan parameter sifat fisik batuan yang terdiri dari bobot isi asli, bobot isi jenuh, bobot isi kering, kadar air asli, derajat kejenuhan, porositas dan *void ratio*. Untuk analisis kestabilan lereng *material properties* yang digunakan yaitu bobot isi asli dan bobot isi jenuh.

Tabel 3.1 Bobot Isi Asli dan Bobot Isi Jenuh Batuan

Lithology	γ_n (gram/cm ³)		γ_s (gram/cm ³)	
	Range	Mean	Range	Mean
Batulempung	1,74-1,93	1,86	1,82-1,98	1,47
Batulanau	1,90-1,99	1,94	1,93-2,06	1,58
Batupasir	1,51-2,48	1,92	1,64-2,52	1,53
Batubara	1,20-1,26	1,22	1,21-1,28	0,78

2. Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik batuan merupakan pengujian yang merusak sampel atau conto batuan (destructive test). Pengujian mekanik yang dilakukan yaitu uji kuat tekan uniaksial dan uji kuat geser langsung (direct shear test). Untuk analisis kestabilan lereng material properties yang digunakan yaitu kohesi dan sudut gesek dalam batuan

Tabel 3.2 Data Kohesi dan Sudut Gesek Dalam Batuan

Lithology	Kohesi (kPa)		Sudut Gesek Dalam (°)	
	Range	Mean	Range	Mean
Batulempung	11,80-84,60	38,84	6,11-22,15	13,66
Batulanau	20,60-82,90	40,88	13,87-28,90	21,93
Batupasir	4,90-115,40	41,73	8,47-23,80	17,4
Batubara	16,10-113,80	67,87	6,67-30,92	19,9

3. Goodness of Fitness Test

Goodness of fitness test atau uji baik suai digunakan untuk mengetahui distribusi penyebaran data mana yang terbaik. Jenis distribusi data yang digunakan adalah distribusi normal, lognormal, dan gamma. Dalam penelitian ini menggunakan uji Kolmogorov Smirnov dengan membandingkan nilai dmax yang merupakan selisih antara frekuensi kumulatif eksperimental dan teoritis dari jenis distribusi asumsi dengan nilai kritis (level of significance). Nilai dmax yang masuk dalam rentang nilai kritis adalah nilai dmax yang layak, sehingga distribusi dari dmax yang akan dipakai.

Tabel 3.3 Hasil Pengolahan Statistik

Batubara			Batulempung		
	Parameter	Distribusi		Parameter	Distribusi
Densitas (kN/m ³)	mean	14	Normal	mean	17,38
	Std. dev	2,5		Std. dev	1,13
	Rel. Max	12,89		Rel. Max	1,38
	Rel. Min	11,9		Rel. Min	1,62
Kohesi (kN/m ²)	mean	58,6	Normal	mean	24,32
	Std. dev	15,65		Std. dev	21,04
	Rel. Max	20,35		Rel. Max	24,32
	Rel. Min	16,53		Rel. Min	44,38
Sudut Gesek Dalam (°)	mean	24,36	Normal	mean	28,7
	Std. dev	6,2		Std. dev	11,13
	Rel. Max	27,43		Rel. Max	20,31
	Rel. Min	12		Rel. Min	13,3

Tabel 3.4 Hasil Pengolahan Statistik

Batulanau			Batupasir		
	Parameter	Distribusi		Parameter	Distribusi
Densitas (kN/m ³)	mean	17,24	Normal	mean	19,24
	Std. dev	0,40		Std. dev	1,78
	Rel. Max	0,64		Rel. Max	2,24
	Rel. Min	0,46		Rel. Min	5,56
Kohesi (kN/m ²)	mean	22,94	Normal	mean	63,14
	Std. dev	17,83		Std. dev	72,39
	Rel. Max	22,94		Rel. Max	63,14
	Rel. Min	17,26		Rel. Min	182,16
Sudut Gesek Dalam (°)	mean	32,04	Gamma	mean	22,14
	Std. dev	7,21		Std. dev	11,80
	Rel. Max	9,64		Rel. Max	13,67
	Rel. Min	9,96		Rel. Min	27,86

4. Perhitungan Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor

Perhitungan nilai faktor keamanan (FK) dan probabilitas longsor (PL) pada lowwall menggunakan program SLIDE2 yang merupakan

program yang dapat digunakan untuk permodelan lereng dengan metode Limit Equilibrium. Perhitungan ini menggunakan analisis kesetimbangan batas metode Bishop Simplified dengan jenis longsor busur dan untuk perhitungan probabilitas longsor. Kriteria keruntuhan yang digunakan dalam analisis kestabilan ini yaitu kriteria keruntuhan Mohr-Coloumb dimana dalam kriteria runtuh ini parameter yang dipakai adalah nilai kohesi dan sudut gesek dalam batuan. Parameter yang dimasukkan yaitu material properties rata-rata dari batuan dan untuk perhitungan probabilitas longsor data yang perlu dimasukkan adalah hasil dari perhitungan Goodness of Fit Test seperti pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5. Kondisi muka air tanah lereng menggunakan kondisi jenuh.

Tabel 3.5

Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Low wall Bulan Maret 2022 Sebelum Longsor

Elevasi (mdpl)	Tinggi (m)	Sudut (°)	Lebar Jenjang (m)	Hasil Analisis
44 - 41,30	2,70	15	13,52	FK = 1,42 PL = 0%
41,30 - 33,83	7,47	45	2	
33,83 - 24,86	8,97	46	6,14	
24,86 - 20,98	3,88	28	3,38	
20,98 - 15,25	5,73	40		
Overall	28,75	24		

5. Analisis Balik

Analisis balik dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter kekuatan geser batuan pada saat lereng mengalami longsor. Karena lereng telah mengalami longsor, dapat diasumsikan bahwa lereng tersebut memiliki FK mendekati 1. Analisis dihitung berdasar rumus yang dikembangkan dari metode kesetimbangan batas, dengan cara menganalisis elemen yang terbentuk agar didapatkan nilai FK mendekati 1. Apabila nilai FK yang didapatkan > 1, maka nilai masukan yang akan dirubah yaitu nilai parameter geser massa tanah (c dan φ) sampai didapatkan nilai FK mendekati 1. Nilai c dan φ yang didapatkan diasumsikan mewakili nilai parameter geser massa tanah yang sebenarnya di lapangan. Hasil analisis balik yang dilakukan dalam keadaan jenuh untuk mendapatkan faktor keamanan sama dengan satu (FK < 1,00).

Tabel 3.6

Hasil Analisis Balilk Lowwall Bulan Maret 2022

Material	Kohesi (kN/m ²)	Sudut Gesek Dalam (°)	FK
Batulempung	Parameter Batuan Lereng Awal		
	63,14	22,14	1,4
	Parameter Batuan Lereng Setelah Analisis Balik		
44	17,3	0,9	

6. Variasi Usulan Geometri Lereng

Longsor yang terjadi pada lereng low wall mengakibatkan berubahnya geometri lereng pada low wall, oleh karena itu, perlu dilakukan analisis kestabilan lereng pada lereng low wall setelah terjadi longsor agar diketahui kestabilan lereng tersebut. Data masukan yang digunakan yaitu parameter kekuatan geser baru yang didapatkan dari hasil analisis balik

Tabel 3.7

Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Low Wall Bulan Maret 2022 Setelah Longsor

Elevasi (mdpl)	Tinggi (m)	Sudut (°)	Lebar Jenjang (m)	Hasil Analisis
44 - 41,30	2,70	15	5,50	FK = 1,11 PL = 29,2%
41,30 - 24,86	16,44	42	13	
24,86 - 20,98	3,88	28	3,47	
20,98 - 15,25	5,73	40		
<i>Overall</i>	28,75	24		

Hasil analisis kestabilan lereng pada lereng low wall setelah terjadinya longsor FK yang diperoleh belum memenuhi kriteria yang diinginkan yaitu $FK > 1,3$. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan pada lereng tersebut. Perbaikan lereng dilakukan dengan menggunakan lebar jenjang 5 m, tinggi lereng tunggal 8 m, dan variasi sudut kemiringan lereng tunggal. Variasi sudut kemiringan lereng tunggal yang digunakan yaitu 35°, 40°, dan 45° dengan kondisi Muka Air Tanah (MAT) jenuh.

Tabel 3.8

Nilai FK dan PL Variasi Lereng low wall

Sudut Lereng Tunggal (°)	Tinggi Lereng Tunggal (m)	Lebar Jenjang (m)	Tinggi Lereng Keseluruhan (m)	Sudut Lereng Keseluruhan (°)	FK	PL (%)
35°	8	5	31,18	28	1,32	0%
40°			29,90	31	0,95	66%
45°			28,80	33	0,93	71,50%

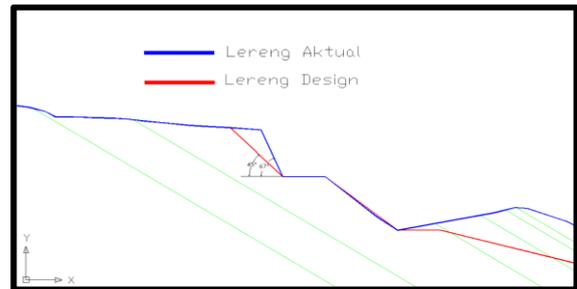
Dari tabel di atas diketahui bahwa FK dan PL pada variasi sudut lereng tunggal 35° dengan tinggi lereng tunggal 8 meter, lebar jenjang 5 meter, tinggi keseluruhan 28 meter dan sudut lereng keseluruhan sebesar 26° kondisi aman yaitu $FK = 1,32$ dan $PL = 0\%$, sementara untuk variasi sudut lereng tunggal yang lainnya di peroleh FK dan PL yang tidak aman.

IV. PEMBAHASAN

1. Kejadian longsor di Bulan Desember

Pada bulan Desember jumlah curah hujan 450,7 mm, dengan rata-rata harian 23,7 mm. (lampiran A). Berdasarkan hasil investigasi di lapangan, penyebab longsor berupa kurangnya pengontrolan air pada saat musim hujan, sehingga terdapat genangan air

pada crest low wall, genangan air tersebut menyebabkan berkembangnya bidang lemah. Perbedaan geometri lereng low wall aktual dengan geometri dari rancangan yang telah dibuat sebelumnya (gambar 5.1). Jenjang pertama dari lereng low wall aktual memiliki sudut kemiringan 59°, sedangkan sudut kemiringan dari rancangan lereng adalah 45°, lebar jenjang pada lereng low wall aktual 3 m sedangkan rancangan lebar jenjang 5 m, tinggi lereng aktual 9 m, sedangkan tinggi rancangan 8 m, perbedaan geometri lereng ini menjadi penyebab terjadinya kelongsoran.



Gambar 4.1

Rancangan lereng dan Lereng aktual Bulan Desember

2. Usulan Rancangan Lereng Penambagan

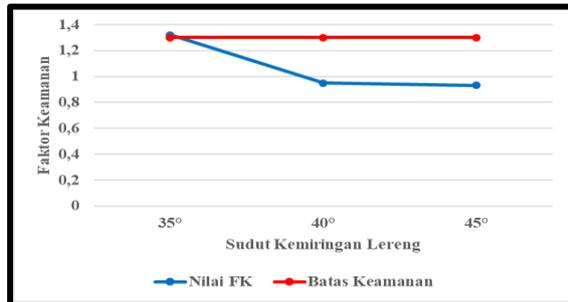
Walaupun rencana penambagan memiliki resiko rendah, namun standar minimum dalam faktor keamanan usulan rancangan lereng penambagan tetap menggunakan nilai paling pesimis yaitu nilai faktor keamanan pada lereng tunggal minimal sebesar 1,1 dan pada lereng keseluruhan sebesar 1,3 – 1,5 dengan probabilitas kelongsoran 25-50% pada lereng tunggal dan 5% pada lereng keseluruhan dengan kategori kelongsoran tinggi berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018.

Hasil dari analisis kestabilan lereng aktual seperti pada tabel 4.8 untuk lereng low wall memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1,11 dan nilai probabilitas longsor sebesar 29,2%. Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 nilai FK minimum yaitu 1,3, sementara FK yang dihasilkan belum memenuhi kriteria, sehingga perlu dilakukan redesign.

Perbaikan lereng dilakukan dengan lebar jenjang 5m, tinggi lereng tunggal 8 m, dan variasi sudut kemiringan lereng tunggal. Variasi sudut kemiringan lereng tunggal yang digunakan yaitu 35°, 40°, dan 45° dengan kondisi Muka Air Tanah (MAT) jenuh Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 3.8, perubahan sudut kemiringan tunggal dari 45° ke 35° dalam kondisi muka air tanah jenuh mengalami

peningkatan faktor keamanan dari 0,93 menjadi 1,32 dengan persentase peningkatan sebesar 41,93%.

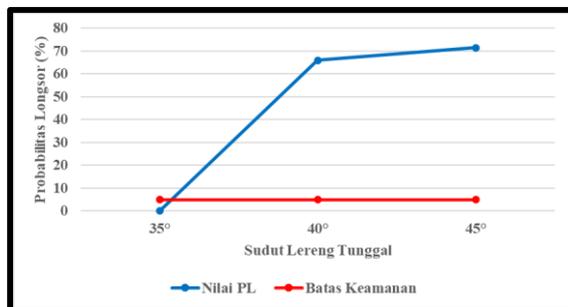
Gambar 4.2 menunjukkan bahwa semakin besar sudut lereng, semakin menurun nilai faktor keamanan dan didapatkan untuk FK yang sesuai dengan kriteria berada pada sudut kemiringan lereng tunggal 35°.



Gambar 4.2

Grafik Hubungan variasi Sudut Kemiringan Lereng dengan Faktor Keamanan Usulan Geometri Lereng Low Wall

Untuk nilai probabilitas longsor, apabila semakin besar nilai probabilitas longsornya maka lereng tersebut tidak stabil dikarenakan kemungkinan terjadinya longsor pada lereng sangat besar. Pada lereng low wall dengan sudut lereng tunggal antara 35° - 45° dalam kondisi muka air tanah jenuh mengalami peningkatan PL dari 0% menjadi 71,50% seperti pada gambar (Gambar 4.3) diperoleh untuk nilai Probabilitas Longsor yang sesuai dengan kriteria (PL < 5%) berada pada sudut kemiringan lereng tunggal 35° yaitu Probabilitas Longsor sebesar 0%

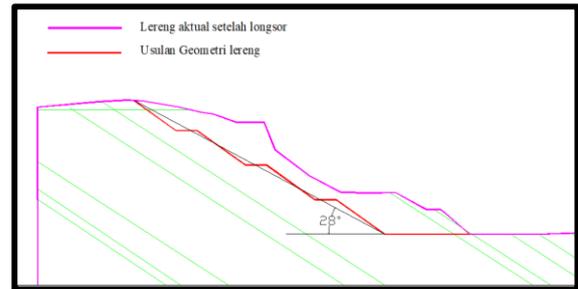


Gambar 4.3

Grafik Hubungan Sudut Kemiringan Lereng dengan Probabilitas Longsor Usulan Geometri Lereng Low wall

Berdasarkan Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 diperoleh lereng optimum dengan sudut lereng tunggal 35°, Sudut Lereng Keseluruhan 28° dan tinggi lereng keseluruhan 31,18 m kondisi muka air tanah jenuh diperoleh nilai FK sebesar 1,32 dan nilai PL sebesar 0,00%. Hal ini sesuai dengan kriteria penerimaan

lereng dinyatakan aman apabila nilai $FK \geq 1,3$ dan $PL \leq 5\%$. (Gambar 4.4)



Gambar 4.4

Hasil Rekomendasi Rancangan Lereng Low wall

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada kedua orang tua saya yang telah memberi dukungan penuh juga kepada dosen pembimbing serta pembimbing lapangan yang membantu dalam penyusunan jurnal ini.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- Didapatkan nilai material properties batuan yang baru yaitu kohesi batu lempung yang awalnya 63,14 kN/m² menjadi 44 kN/m² dan sudut gesek dalam batulempung dari 22,14° menjadi 17,3°.
- Usulan geometri lereng yang disarankan untuk perbaikan geometri lereng low wall aktual adalah dengan mengubah sudut kemiringan lereng tunggal menjadi 35°, tinggi lereng tunggal 8 m, dan lebar jenjang 5 m, didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,4 dan probabilitas longsor sebesar 0,00%.

2. Saran

- Diadakan *drainage* tidak ada genangan air pada atas lereng dan pemantauan muka air tanah agar dapat dilakukan analisis kestabilan lereng dalam kondisi muka air tanah yang sebenarnya pada lereng.
- Perlu dilakukan pemantauan pada lereng yang telah ada untuk mengetahui pergeseran lereng, dan jika terjadi pergeseran lereng yang melebihi batas maksimum maka harus dilakukan perbaikan lereng.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Arif, Irwandy, 2016, Geoteknik Tambang Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta. 387 hal.
- Astawa Rai, Made Kramadibrata. 2013, Mekanika Batuan. ITB, Bandung. 480 hal.

- Azizi, M.A., 2012, Analisis Risiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka (Studi Kasus Tambang X), Proceeding Simposium dan Seminar Geomekanika ke-1, Indonesia, hal. 19-26.
- Bemmelen, R. W. Van, 1949, The Geology of Indonesia: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagos, Government Printing Office The Hague. pp. 594-607.
- Bishop. 1955. The Use of Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes, vol 5. Geotechnique
- Darwis, H. 2018. Dasar-Dasar Mekanika Tanah. Yogyakarta. Pustaka AQ.
- Das, Braja M and Sobhan, Khaled, 2018, Principles of Geotechnical Engineering 9th Edition, Cengage Learning, pp 365-366.
- Hoek E., Bray J., 1981. Rock Slope Engineering 5rd Ed, The Institution of Mining and Metallurgy. London. pp. 176-189.
- Ke Zhang.2020. Failure Mechanism and Stability Analysis of Rock Slope. China. Science Press Beijing. pp. 75-85.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. 2018. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. 370 hal.
- PT Banyan Koalindo Lestari. 2018. Kajian Geoteknik PT Banyan Koalindo Lestari, Sumatera Selatan
- PT Banyan Koalindo Lestari. 2019. Laporan Revisi Study Kelayakan. Sumatera Selatan
- Togani, C.U, Rini K., 2016, Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Negeri Semarang, Pemilihan Distribusi Probabilitas dengan Metode Goodness of Fit Test, hal 143.
- Tse, Yiu Kuen, 2009, Nonlife Actuarial Models Theory, Methods and Evaluation, Cambridge University Press, New York, pp. 380; 386-394; 400-402; 426-428.