

Analisis Balik Kestabilan Lereng Penambangan Batubara di PT Banjarsari Pribumi Site Banjarsari Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan

Romario Rahmad Radani^{*}, Yuliadi, Iswandaru

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

^{*} romarioradani@gmail.com, yuliadi@unisba.ac.id, iswandaru@unisba.ac.id

Abstract. In this geotechnical analysis study the research uses the Limit Equilibrium Method (LEM) method to analyze single slopes and overall slopes. The input of material properties used comes from classification rock mass rating and the results of geotechnical mapping in the field which can also be applied for kinematic analysis on slopes that can represent other slopes to get the type of relaxation that can occur in the research area. Geotechnical analysis to be able to redesign slope geometry at PT Banjarsari Pribumi is based on the results of physical property tests, mechanical properties of rocks obtained from laboratory testing, and conducting geotechnical data in the field to be used as evaluation materials. The results of the overall slope stability analysis resulted in a cross-section of A-A' to a cross-section of G-G' and a single slope for waste material. Using new material properties and slope design it can be said that the slope is in a stable state or $FK > 1.1$ (Kepmen 1827). On the B-B' slope which is assumed to represent other slope conditions, kinematic analysis and potentially wedge avalanches. The overall slope stability analysis on the optimal lowwall slope has a slope height geometry design of 100 m, overall slope 290, bench width of 6 meters, bench height of 10 meters, and bench slope of 400, and interamp slope has a bench width of 13 meters.

Keywords: *Back Analisis, Kinamtic Analysis, Limit Equilibrium Method (LEM).*

Abstrak. Dalam kajian analisis geoteknik ini penelitian menggunakan metode kesetimbangan batas atau Limit Equilibrium Method (LEM) untuk menganalisis lereng tunggal, lereng interamp dan lereng keseluruhan. Adapun input material properties yang digunakan berasal dari pengklasifikasian massa batuan (RMR) dan hasil pemetaan geoteknik (geotechnical mapping) di lapangan yang juga dapat di aplikasikan untuk dilakukannya analisis kinematik pada lereng yang dapat mewakili lereng lainnya sehingga mendapatkan jenis kelongsoran yang dapat terjadi pada daerah penelitian. Analisis geoteknik untuk dapat meredesain geometri lereng di PT Banjarsari Pribumi ini berdasarkan hasil uji sifat fisik, sifat mekanis batuan yang diperoleh dari pengujian laboratorium dan melakukan pengambilan data geoteknik di lapangan untuk dijadikan bahan evaluasi. Hasil analisis kestabilan lereng keseluruhan menghasilkan penampang A-A' hingga penampang G-G' dan lereng tunggal untuk material waste. Dengan menggunakan material properties dan desain lereng yang baru dapat dikatakan bahwa lereng dalam keadaan stabil atau $FK > 1,1$ (Kepmen 1827). Pada lereng B-B' yang diasumsikan dapat mewakili kondisi lereng lain dilakukannya analisis kinematik dan berpotensi adanya longsoran baji. Analisis kestabilan lereng keseluruhan pada lereng bagian lowwall yang optimal secara teoritis memiliki desain geometri tinggi lereng 100 m, overall slope 290, lebar bench 6 meter, tinggi bench 10 meter dan kemiringan bench 400, serta lereng interamp memiliki lebar bench 13 meter.

Kata Kunci: *Analisis Balik, Analisis Kinematik, Limit Equilibrium Method (LEM).*

A. Pendahuluan

Pembuatan lereng tambang tentunya memerlukan perencanaan desain lereng secara teoritis yang dapat diaplikasikan ke kondisi aktual di lapangan. Namun kondisi lapangan memiliki beragam kondisi, salah satunya dipengaruhi adanya bidang diskontinu yang menjadi salah satu penyebab terjadinya kelongsoran di daerah penelitian. Akibat dari kelongsoran tersebut dapat menghambat kegiatan produksi penambangan dan secara tidak langsung dapat melumpuhkan kegiatan ekonomi dan pembangunan daerah yang terkena bencana (Turangan & Sompie, 2014). Untuk itu perlu dilakukannya analisis kestabilan lereng untuk memperoleh desain lereng yang lebih optimal.

Pada desain lereng akhir penambangan PT Banjarsari Pribumi yang sudah direncanakan, perlu untuk dievaluasi karena terjadinya kelongsoran pada lereng tambang pada bulan September, 2021 di PIT XYZ. Untuk itu perlu dilakukannya analisis balik untuk mendapatkan input material properties yang dapat digunakan untuk meredesain geometri lereng baru agar terjaminnya keamanan lereng yang dinyatakan dalam Faktor Keamanan (FK) dan disertai Probabilitas Kelongsoran (PK).

Adapun analisis kestabilan lereng yang dilakukan menggunakan metode Limit Equilibrium Method (LEM) untuk mengindikasikan terjadinya kelongsoran pada desain lereng yang sudah direncanakan. Dalam pemodelan lereng ini juga mempertimbangkan adanya bidang diskontinu dan kondisi litologi penyusun lereng. Untuk itu diperlukannya desain lereng baru berdasarkan metode analisis balik, sehingga dari hasil tersebut dapat dikatakan lebih mendekati kondisi aktual di lapangan, dan dapat dijadikan sebagai acuan untuk mensimulasikan desain lereng akhir yang lebih optimal dan representatif untuk diaplikasikan di lapangan.

Adapun masalah penelitian, sebagai berikut:

1. Bagaimana geometri lereng awal yang mengalami kelongsoran?
2. Berapa input nilai properties material yang sesuai dengan kondisi aktual lereng tambangan?
3. Bagaimana desain geometri lereng highwall dan lowwall yang memiliki nilai Faktor Keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK) yang optimal?

B. Metodologi Penelitian

Analisis data yang dilakukan dalam kegiatan ini menggunakan klasifikasi Rock Mass Rating (RMR) menurut Bienawskie, 1989 untuk menentukan kualitas massa batuan, Analisis menggunakan metode kinematik untuk mengetahui jenis kelongsoran yang mungkin dapat terjadi pada lereng di lokasi penelitian, melakukan analisis balik Metode Monte Carlo untuk dapat memverifikasi data material properties baru yang dapat mewakili suatu keadaan lereng secara aktual. Lalu dilakukannya percobaan terhadap desain baru lereng pada Software Slide V.6 menggunakan metode kesetimbangan batas/Limit Equilibrium Method untuk mendapatkan nilai faktor keamanan (FK) di sertai probabilitas kelongsorannya (PF).

Lalu merekomendasikan kemiringan serta ketinggian lereng untuk tiap-tiap section yang dibuat dengan acuan dari KEPMEN 1827 No. 1827/K/30/MEM/2018, jika nilai Faktor Keamanan lereng lebih kecil dari 1,1 ($FK < 1,1$), maka dilakukannya desain geometri lereng ulang hingga mendapatkan nilai dari faktor keamanan yang dianggap lebih optimal yang dapat di rekomendasikan sebagai desain geometri lereng yang baru.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pemetaan Geoteknik

Dari pemetaan geoteknik yg dilakukan di daerah penelitian ini dapat digunakan untuk melakukan pengklasifikasian massa batuan dengan sistem Rock Mass Rating (RMR) dan GSI (Geological Strength Index) sehingga diperoleh parameter kekuatan dari massa batuan untuk mendukung bahan input pemodelan dan analisis lereng.

Klasifikasi RMR berdasarkan Bieniawski, 1989 digunakan sebagai acuan untuk menentukan kekuatan massa batuan, dalam klasifikasi ini diperlukan lima input parameter, yaitu kuat tekan batuan utuh (UCS), RQD, joint spacing, joint conditions, groundwater

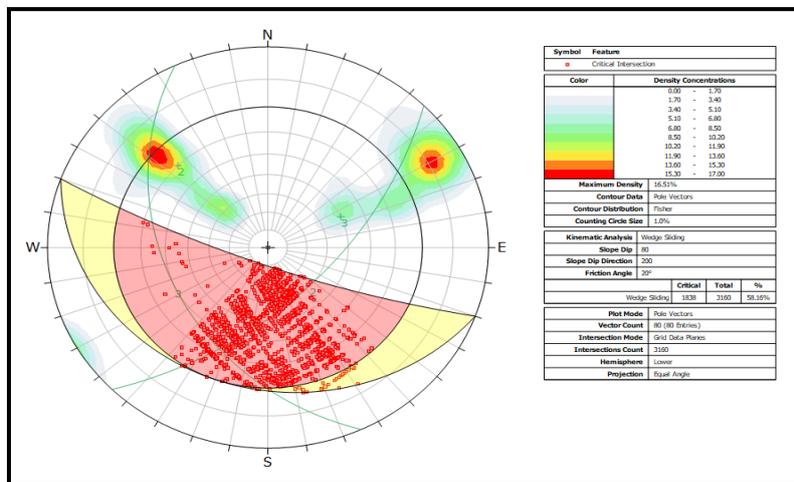
condition Berdasarkan klasifikasi RMR dan GSI, rating massa batuan berada diangka 35, hal ini menunjukkan bahwa massa batumannya dalam kondisi batuan lemah (poor rock). Dalam kegiatan pengambilan data pada kondisi massa batuan lereng untuk kegiatan analisis kestabilan lereng ini juga menggunakan metode scanline untuk menganalisis bidang diskontinu seperti kekar-kekar yang terdapat pada lereng. Adapun kedudukan lereng ialah N 340° dengan kemiringan 85°, dengan bentangan 80 meter didapatkan data kekar dengan kondisi yang lapuk, dan panjang kekar yang lebih pendek dari 1 meter.

Parameter		Code Value	Rating	Parameter		Code/Value	Rating	GSI (1)	
1. Strength of Intact Rock		R0	0	2. RQD		VP	3		
3. Spacing of Discontinuities		C	8	5. Groundwater Condition		WT	7		
A. RATING (1+2+3+5) =		18		B. RATING (1+2+3)+1+5		26			
4. Condition of Discontinuities									
Joint Set		SET 1 *)		SET 2		SET 3		SET 4	
Parameter		Code/Value	Rating	Code/Value	Rating	Code/Value	Rating	Code/Value	Rating
a. Length (Persistence)		VL	6	-	-	-	-	-	-
b. Separation (Aperture)		M	1	-	-	-	-	-	-
c. Roughness		SR	3	-	-	-	-	-	-
d. Infilling (Gauge)		N	6	-	-	-	-	-	-
e. Weathering		HW	1	-	-	-	-	-	-
Joint Orientation (DD/D)									
C. RATING (a+b+c+d+e)		17		0		0		0	
RMR and GSI Calculation									
D. Basic RMR '89 = A + C		35							
E. Basic RMR '89 (Dry) = B + C		43							
F. GSI (2) = E + (-5)		38							

Gambar 1. Perhitungan RMR Bieniawski, 1989

Analisis Kinematik

Dalam analisis tipe kelongsoran menggunakan metode analisis kinematik yang menggunakan input data dari hasil kegiatan pengambilan data geoteknik di lapangan. Adapun tipe kelongsoran ini menggunakan kalkulasi dari perangkat lunak Dips. Kalkulasi dari perangkat lunak Dips ini memberikan informasi bahwa pada daerah penelitian mengindikasikan akan terjadi kelongsoran jenis wedge sliding atau kelongsoran jenis baji dengan persentasi 58.16%, dan dapat dilihat bahwa arah kelongsoran menuju kearah barat daya.



Gambar 2. Tipe Kelongsoran

Analisis Input Data Material Properties Intact Rock (Batuan Utuh)

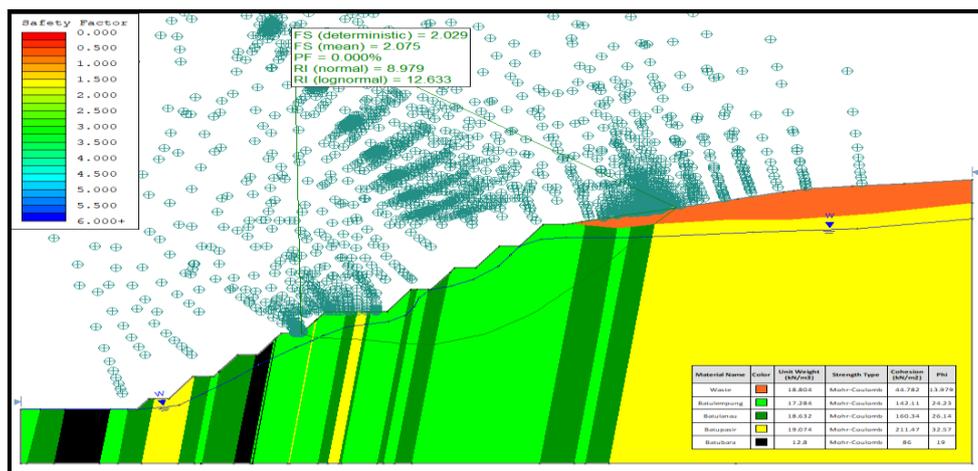
Dari hasil uji laboratorium yang dilakukan, didapatkan hasil berupa sifat fisik dan sifat mekanik dari material yang uji. Adapun untuk hasil tersebut akan dijadikan sebagai bahan evaluasi data input material properties dalam software Slide V.6.

Tabel 1. Material Properties Batuan Utuh

Litologi	Parameter Analisis Statistik	Natural Density (kN/m ³)	Sudut Geser Dalam (°)	Kohesi (kN/m ²)
Material Timbunan	Mean	17,570	13,979	44,782
	Std. Deviasi	13,330	5,641	15,742
	Minimum	15,171	7,491	16,360
	Maximum	18,093	17,721	60.801
Batulempung	Mean	17,336	27,006	142,110
	Std. Deviasi	1,481	3,211	19,775
	Minimum	14,023	24.231	116.571
	Maximum	19,221	28.621	247.271
Batulanau	Mean	18,461	26,141	160,340
	Std. Deviasi	1,426	3,884	32,774
	Minimum	16,573	23.031	156.961
	Maximum	19,613	32.571	201.381
Batupasir	Mean	19.074	26,571	211,470
	Std. Deviasi	0,910	9,723	19,843
	Minimum	17,554	24.251	203.511
	Maximum	19,515	28.931	226.201

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2022

Dari hasil data tersebut digunakan sebagai data awal input material properties pada software Slide V.6 untuk mendesain lereng akhir tambang. Untuk melihat desain dan pengolahan data untuk mendapatkan nilai Faktor Kemanan(FK) tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Awal Lereng

Analisis Input Data Material Properties Rock Mass (Massa Batuan)

Untuk Properties Material yang meliputi nilai bobot isi, kohesi, dan sudut geser dalam. Nilai-nilai Properties Material ini hasil evaluasi data-data pengujian laboratorium dan pengamatan

kondisi aktual di lapangan berdasarkan kondisi dikontinu untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam material. Dari hasil kalkulasi Software Roclab didapatkan nilai-nilai sebagai berikut :

Tabel 2. Material Properties Massa Batuan

Litologi	Parameter Analisis Statistik	Natural Density (kN/m ³)	Sudut Geser Dalam (°)	Kohesi (kN/m ²)
Material Timbunan	Mean	17,570	13,979	44,782
	Std. Deviasi	13,330	5,641	15,742
	Minimum	15,171	7,491	16,36
	Maximum	18,093	17,721	60.801
Batulempung	Mean	17,336	20,826	41,521
	Std. Deviasi	1,481	1,371	14,412
	Minimum	14,023	19,15	34,122
	Maximum	19,221	23,26	67,012
Batulanau	Mean	18,461	21,471	65,411
	Std. Deviasi	1,426	2,044	21,231
	Minimum	16,573	19,15	59,234
	Maximum	19,613	23,26	84,012
Batupasir	Mean	19,074	25,745	90,000
	Std. Deviasi	0,910	4,215	11,870
	Minimum	17,554	16,724	71,142
	Maximum	19,515	30,54	96,021

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2022

Penentuan Material Properties Baru Berdasarkan Probabilistik Monte Carlo

Analisis probabilistic berdasarkan Monte Carlo ini bertujuan untuk memverifikasi input data parameter geoteknik yang dapat mewakili suatu keadaan lereng secara aktual dengan memanfaatkan kasus kelongsoran yang pernah terjadi pada lereng tersebut. Pada dasarnya, suatu lereng dikatakan dalam kondisi krisis apabila memiliki FK yang lebih kecil dari satu ($FK < 1$).

Lalu dengan merekonstruksi model lereng berdasarkan data-data yang sebelumnya digunakan, dianalisis dengan memasukan input data dari parameter geoteknik yang dianggap dapat mewakili keadaan aktual dilapangan dari hasil penyelidikan dan uji laboratorium. Simulasi dilakukan pada lereng yang mengalami kelongsoran dengan mensimulasikan 1000 sampel data yang berupa variable acak untuk setiap parameter geoteknik menggunakan metode probabilistic Monte Carlo dalam kesetimbangan batas (Limited Equilibrium Method).

Tabel 3. Material Properties Awal Untuk Analisis Probabilistik Monte Carlo

Litologi	Parameter Analisis Statistik	Natural Density (kN/m ³)	Sudut Geser Dalam (°)	Kohesi (kN/m ²)
Material Timbunan	Mean	17,570	13,979	44,782
	Std. Deviasi	13,330	5,641	15,742
	Minimum	15,171	7,491	16,360
	Maximum	18,093	17,721	60,801
Batulempung	Mean	17,336	22,512	89,003
	Std. Deviasi	1,481	3,177	83,355

	Minimum	14,023	19,150	46,000
	Maximum	19,221	28,620	195,000
Batulanau	Mean	18,461	23,284	93,118
	Std. Deviasi	1,426	4,094	56,990
	Minimum	16,573	19,150	32,000
Batupasir	Maximum	19,613	29,400	201,980
	Mean	19,074	26,382	113,440
	Std. Deviasi	0,910	3,919	63,868
	Minimum	17,554	20,260	71,000
	Maximum	19,515	30,540	226,200

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah, 2022

Hasil dari probabilistic Monte Carlo berdasarkan evaluasi data dari hasil uji laboratorium dan parameter geoteknik didapatkan input data baru untuk memperoleh Faktor Keamanan yang kecil atau sama dengan satu yang digunakan untuk mendesain ulang geometri lereng yang lebih aman.

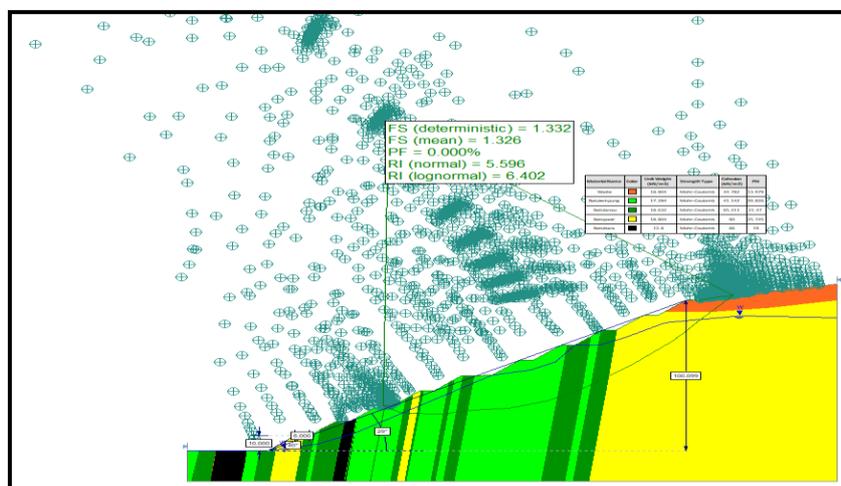
Tabel 4. Material Properties Baru Hasil Analisis Probabilistik Monte Carlo

Litologi	Natural Density (kN/m ³)	Sudut Geser Dalam (°)	Kohesi (kN/m ²)
Material Timbunan	17,57	11,39	19,51
Batulempung	17,28	12,94	58,15
Batulanau	17,33	11,46	60,24
Batupasir	18,46	13,25	66,34

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah. 2022

Didapatkan geometri lereng baru dari hasil analisis balik yang juga memperhatikan faktor geoteknik. Hasil geometri lereng baru tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

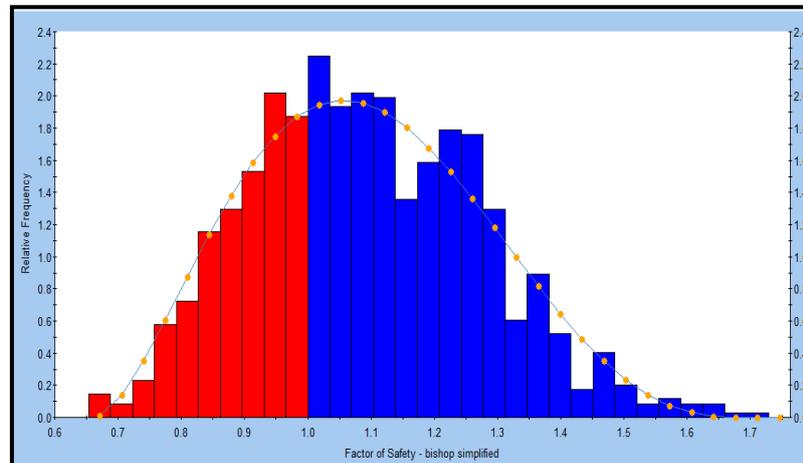
- Tinggi Lereng: 100 m
- Lebar Bench: 6 m
- Overall Slope: 290
- Tinggi Bench: 10 m
- FK: 1.332
- Kemiringan Bench: 400



Gambar 4. Desain Baru Lereng

Analisis Lereng Sebelum Longsor Berdasarkan Data Hasil Analisis Balik

Berdasarkan data hasil analisis balik dengan menggunakan Metode Probabilistik Monte Carlo, diperoleh parameter geoteknik terhadap material penyusun lereng yang longsor, diantaranya nilai kohesi dan sudut geser dalam sebagai input data yang berperan terhadap terjadinya kelongsoran. Hasil analisis ini menunjukkan terdapat 334 data acak memiliki nilai $FK \leq 1$ dan memiliki nilai Probability Failure 33,40%, seperti pada grafik pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik *Relative Frequency*

Pada grafik antara Relative Frequency dengan Factor of Safety ini menunjukkan bahwa hasil analisis terdistribusi normal dengan nilai rata-rata 1.092 serta nilai minimum 0,659 dan nilai maksimum 1,699. Nilai tersebut memiliki perbandingan dengan nilai Faktor Keamanan awal yaitu berkisar 2.029.

Apabila dilihat dari klasifikasi massa batuan berdasarkan Rock Mass Rating (RMR) pada permukaan daerah yang mengalami kelongsoran, kelas batuan berada pada kondisi batuan lemah (poor rock), dan juga dapat dilihat berdasarkan nilai geological Strength Index (GSI) batuan berada pada kondisi yang cukup lemah (fair rock).

Dari hasil nilai yang diperoleh berdasarkan data awal dan data hasil analisis balik terdapat perbedaan sifat mekanik batuan yang dapat mempengaruhi stabilitas lereng. Adapun perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Persen Perbandingan Sebelum dan Sesudah Analisis Balik

Litologi	Sebelum Analisis Balik		Sesudah Analisis Balik		% Perbandingan	
	Sudut Geser Dalam (°)	Kohesi (kN/m ²)	Sudut Geser Dalam (°)	Kohesi (kN/m ²)	Sudut Geser Dalam (°)	Kohesi (kN/m ²)
Batulempung	24,230	142,110	12,942	58,150	46,587%	59,081%
Batulanau	26,141	160,340	11,464	60,241	55,448%	62,429%
Batupasir	26,571	211,470	13,251	66,345	59,315%	68,636%

Sumber: Data Penelitian yang Sudah Diolah. 2022

Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa perbedaan sifat mekanik pada batuan sebelum dan sesudah dilakukannya analisis balik. Untuk persen perbandingan sudut geser dalam pada batulempung berada diangka 46.587% dan kohesi 59.081%, untuk persen perbandingan sudut geser dalam batulanau berada diangka 55.448% dan kohesi 62.429%, dan untuk persen perbandingan sudut geser dalam batupasir berada diangka 59.315% dan kohesi 68.636%.

Rekomendasi Desain Lereng Baru

Analisis untuk material timbunan ini dilakukan karena ditemukannya retakan-retakan dan

kelongsoran yang cukup mengakibatkan kerugian. Untuk itu analisis ini dilakukan sebagai acuan untuk memverifikasi parameter kekuatan material pada material timbunan. Dari kejadian kelongsoran ini digunakan sebagai dasar analisis balik (back analysis) agar dapat meredesain kembali geomteri lereng dan meminimalisir kemungkinan kelongsoran yang terjadi.

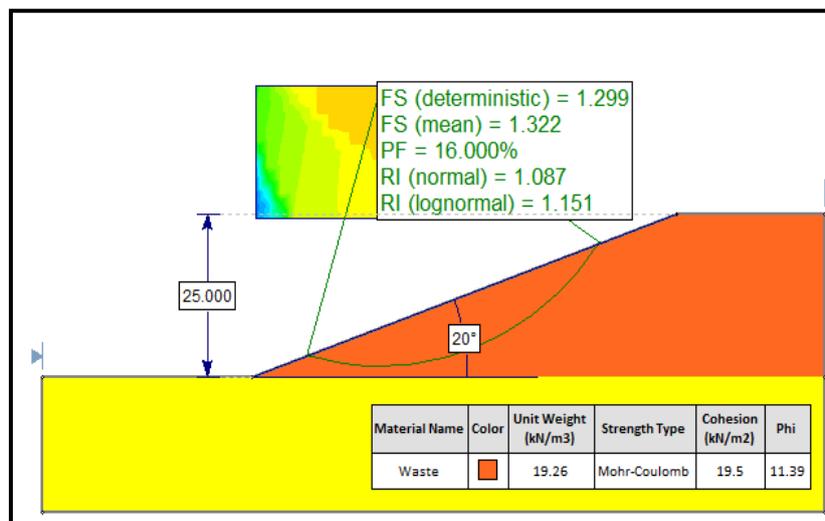
Dalam hal ini, dilakukan dengan dengan metode analisis balik probabilistik untuk mendapatkan nilai $FK < 1$ terhadap nilai bobot isi, kohesi dan sudut geser dalamnya, lalu nilai-nilai tersebut yang akan digunakan untuk pemodelan baru pada material waste dan untuk memenuhi batas aman lereng dalam acuan KEPMEN 1827. Adapun dalam menganalisis material timbunan ini dilakukan percobaan pada lereng tunggal.

Setelah dilakukannya analisis probabilistik untuk menemukan material properties yang baru dalam input parameter Software Slide V.6, lalu dilakukannya percobaan untuk menemukan desain yang optimal untuk material timbunan. Adapun percobaan di lakukan pada lereng tunggal, yang memiliki kemiringan 300, 250, dan 200, dan memiliki ketinggian 5, 8, 10 m, 15 m. 20 m. dan 25 m. Berikut hasil percobaan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Desain Lereng Tunggal Disposol

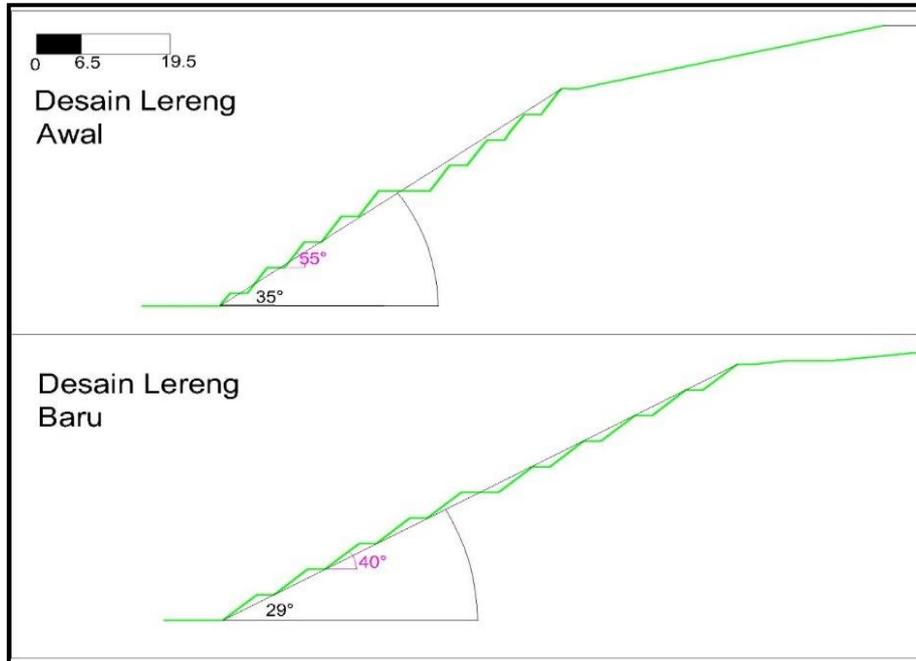
Tinggi (m)	Derajat		
	30	25	20
5	2,897	7,562	14,017
8	1,598	1,756	2,086
10	1,26	1,36	1,48
15	0,99	1,03	1,45
20	0,91	1,11	1,37
25	0,89	1,056	1,299
	Rekomendasi		

Dari hasil percobaan tersebut, mendapatkan hasil yang dapat di rekomendasikan dari masing-masing ketinggian dan derajat kemiringan lereng. Seperti pada ketinggian 5 m, dengan kemiringan lereng 300 dihasilkan FK 2,897, pada ketinggian 8 m, dengan kemiringan lereng 300 dihasilkan FK 1,598, pada ketinggian 10 m, dengan kemiringan lereng 300 dihasilkan FK 1,26, pada ketinggian 15 m dengan kemiringan 200 didapatkan FK 1,45, pada ketinggian 20 m dengan kemiringan 200 didapatkan FK 1,37, dan pada ketinggian 25 m dengan kemiringan 200 didapatkan FK 1.299 dan salah satu desain percobaan pada software slide dapat di lihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Lereng Disposol

Dalam meredesain lereng keseluruhan yang longsor perlu dilakukannya simulasi antara geometri lereng baru dengan material properties yang baru. Sehingga dari hasil simulasi tersebut didapatkan geometri lereng baru yang lebih optimal. Adapun dalam mendesain lereng baru ini dilakukannya cut back pada sudut lereng keseluruhan (overall slope) hingga mencapai batas minimum kemiringan. Adapun untuk melihat perbedaan geometri lereng tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Perbedaan Lereng Awal dan Lereng Baru

D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut:

1. Hasil analisis kestabilan lereng yang dilakukan terhadap desain awal yang sudah direncanakan oleh perusahaan didominasi oleh lereng dalam keadaan stabil. Namun, pada kondisi aktual lapangan terjadi kelongsoran. Hal ini dapat disebabkan karena input parameter material properties batuan yang mengabaikan kondisi geologi pada daerah sekitar seperti adanya bidang diskontinuitas pada batuan penyusun lereng. Sehingga dari hasil penyelidikan, keberadaan bidang diskontinuitas ini sangat mempengaruhi kestabilan lereng.
2. Input parameter material properties yang didapatkan pada kondisi lereng setelah terjadinya kelongsoran berupa: untuk material timbunan memiliki nilai natural density 17,570 kN/m³, sudut geser dalam 11,39°, dan kohesi 19,51 kN/m². Untuk batulempung memiliki nilai natural density 17,571 kN/m³, sudut geser dalam 12,942°, dan kohesi 58,15 kN/m². Untuk batulanau memiliki nilai natural density 17,336 kN/m³, sudut geser dalam 11,464°, dan kohesi 60,241 kN/m². Untuk batupasir memiliki nilai natural density 18,461 kN/m³, sudut geser dalam 13,251°, dan kohesi 66,325 kN/m².
3. Hasil penelitian terhadap desain baru lereng terhadap nilai Faktor Keamanan yang lebih optimal didapatkan desain baru lereng yang memiliki geometri lereng: kemiringan lereng 29°, kemiringan bench 40°, lebar bench 6 m, lebar ramp 13 m, dan tinggi lereng 100 m dari hasil simulasi terhadap material properties baru. Sehingga pada lereng lowwall, section A-A' didapatkan nilai FK 1,312, section B-B' didapatkan nilai FK 1,332, section C-C' didapatkan nilai FK 1,237, dan section D-D' didapatkan nilai FK 1,214, dan pada lereng highwall di section E-E' didapatkan nilai FK 1,243, section F-F' didapatkan nilai FK 1,124, section G-G' didapatkan nilai FK 1,206.

Acknowledge

1. Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung.
2. Noor Fauzi Isnarno, S.Pd., S.Si., M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung.
3. Zaenal, Ir. M.T. Selaku Koordinator Skripsi, yang senantiasa membimbing serta memberikan semangat kepada penulis selama perkuliahan.
4. Solihin Ir. M.T Selaku Dosen Wali, yang senantiasa memberi bimbingan dan semangat kepada penulis selama perkuliahan.
5. Ir. Yuliadi, S.T., M.T. Selaku Pembimbing Skripsi yang senantiasa membimbing serta memberikan ilmu dan masukan kepada penulis.
6. Iswandar, S.T., M.T. Selaku Co-Pembimbing Skripsi yang senantiasa membimbing serta memberikan masukan kepada penulis.
7. Dosen pengajar dan jajarannya program studi Teknik pertambangan UNISBA yang banyak memberikan ilmu dan bantuan untuk menyelesaikan skripsi ini.

Daftar Pustaka

- [1] Arif, Irwandy, 2016, "Geoteknik Tambang, Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng", Institut Teknologi Bandung: Bandung. Djaslim S. Intisari Pemasaran dan Unsur-unsur Pemasaran. Bandung: Linda Karya; 2003.
- [2] Hoek, Evert and John Bray., 1995 "Rock Slope Engineering" The Institution Mining and Metallurgy. London. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama; 2001.
- [3] Sebayang, W., Sutriyono, E., & Jati, S. N. (2020). "Analisis Kestabilan Lereng Disposal PT Bara Anugrah Sejahtera Muara Enim Sumatera Selatan." *Jurnal Geomine*, 8(1), 51–58.
- [4] Loilatu, Ruslan. 2022. Analisis Kestabilan Lereng Andesit Menggunakan Metode FEM pada PT. X. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, Volume 2 No. 1.
- [5] Nurhidayat, T., Syawaludin, E., Arifin, M., & Oktariansyah, I. (2020). "Analisis Probabilitas Kestabilan Lereng Tambang Timah Primer Blok Pemali, Bangka, Indonesia." *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 1(1), 463–474.
- [6] Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. (2014). "Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus : Kawasan Citraland sta . 1000m" *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), 140–147.
- [7] Yuliadi, M.T., (2021), "Geoteknik Tambang" UPT Publikasi Ilmiah, UNISBA, Bandung.