

Analisis Probabilitas Kelongsoran Lereng *Highwall* PT. Indexim Coalindo Provinsi Kalimantan Timur

(*Analysis Probability Of Failure At Highwall* *PT. Indexim Coalindo East Kalimantan Province*)

Felina Febrianty Jitschel Mistika Wanti¹, Frengky Banunaek², Woro Sundari³

Teknik Pertambangan, Universitas Nusa Cendana^{1,2,3}

felinawanti@gmail.com

Abstrak

PT. Indexim Coalindo merupakan salah satu perusahaan pertambangan Batubara yang menggunakan metode penambangan *open pit*, dimana dalam pelaksanaannya akan menggali permukaan tanah sehingga membentuk lereng dengan geometri tertentu. Penelitian ini dilakukan pada lereng *Highwall* Pit Tempudo 3 PT. Indexim Coalindo dengan tujuan untuk mengetahui nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran yang sesuai dengan kriteria yang ditetapkan oleh KEPMEN ESDM RI Nomor 1827 K/30/MEM/2018. Penelitian ini menggunakan metode bishop disederhanakan dengan kriteria keruntunan generalisasi Hoek Brown untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan. Sedangkan untuk perhitungan Probabilitas Kelongsoran diawali dengan penentuan jenis distribusi yang digunakan melalui pengolahan uji baik suai, kemudian dengan menggunakan metode Monte-Carlo akan menghasilkan variabel acak sebanyak 1000 data pada perangkat lunak *Rocscience Slide* V6.0. Berdasarkan hasil analisa pada penampang A-A' yang memiliki tinggi 190,2 meter dan sudut 24° diperoleh nilai Faktor Keamanan mean 1,160 dan Probabilitas Kelongsoran sebesar 6,100%. Hasil analisa tersebut menunjukkan lereng dalam keadaan tidak stabil dan tidak memenuhi kriteria yang dapat diterima oleh KEPMEN ESDM RI Nomor 1827 K/30/MEM/2018 untuk lereng keseluruhan dengan keparahan longsoran menengah, sehingga perlu adanya redesain pada penampang ini yaitu dengan mengubah sudut lereng keseluruhan. Rekomendasi 1 dengan sudut lereng keseluruhan sebesar 22° memperoleh nilai Faktor Keamanan 1,286 dan Probabilitas Kelongsoran 1,500%. Rekomendasi 2 dengan sudut lereng keseluruhan sebesar 20° memperoleh nilai Faktor Keamanan 1,312 dan Probabilitas Kelongsoran 1,000%. Rekomendasi 3 dengan sudut lereng keseluruhan sebesar 18° memperoleh nilai Faktor Keamanan 1,419 dan Probabilitas Kelongsoran 0,000%.

Kata Kunci: Faktor Keamanan, *Generalized Hoek-Brown*, Probabilitas Kelongsoran, Uji baik suai

Abstract

PT. Indexim Coalindo is one of the coal mining companies that uses the open pit mining method, where in its implementation it will dig the surface of the ground to form a slope with a certain geometry. This study was conducted on the slope of Highwall Pit Tempudo 3 PT. Indexim Coalindo with the aim of determining the value of the Factor of Safety and Probability of Failure in accordance with the criteria set by the KEPMEN ESDM RI Nomor 1827 K/30/MEM/2018. This study uses the simplified bishop method with the Hoek Brown generalized failure criteration to obtain the Factor of Safety. Meanwhile, the Probability of Failure calculation begins with determining the type of distribution used through a goodness of fit test, followed by the Monte Carlo method, which generates 1000 random variables using Rocscience Slide V6.0 software.. Based on the results of the analysis on the A-A' section which has a height of 190.2 meters and an angle of 24° obtained the mean factor of safety 1,160 and the probability of failure 6.100%. The results of the analysis show that the slope is unstable and does not meet the criteria that can be received by the KEPMEN ESDM RI No. 1827 K/30/MEM/2018 for the overall slope with the severity of the middle avalanche so that there is a need for redesign on this section, namely with change the overall slope angle. The first recommendation with an overall slope angle of 22° obtaining factor of safety 1,286 and a probability of failure 1.500%. Second recommendation with an overall slope angle of 20° obtained factor of safety 1,312 and a probability of failure 1,000%. The third recommendation with an overall slope angle of 18° obtained a factor of safety of 1,419 and a probability of failure 0,000%.

Keywords: Factor of Safety, *Generalized Hoek-Brown*, Goodness of Fit Test, Probability of Failure

PENDAHULUAN

PT. Indexim Coalindo merupakan salah satu perusahaan pertambangan Batubara yang beroperasi di Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur. Dalam melaksanakan kegiatan pertambangan, PT. Indexim Coalindo menggunakan sistem penambangan tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit mining*. Kegiatan penambangan dengan metode *open pit mining* dilakukan dengan menggali permukaan tanah sehingga membentuk lereng-lereng penambangan. Pada kegiatan penambangan,

kestabilan lereng merupakan faktor yang sangat penting untuk diperhatikan. Karena hal ini menyangkut keselamatan pekerja dan juga setiap alat yang ada pada kegiatan penambangan.

Kestabilan lereng dapat dinyatakan dengan nilai Faktor Keamanan yaitu merupakan pembanding antara gaya penahan dan gaya pendorong.. Probabilitas Kelongsoran (*Probability of Failure*) adalah tingkat kemungkinan suatu lereng berpotensi longsor akibat nilai dari satu atau lebih parameter geoteknik yang menyimpang dari perhitungan faktor keamanan lereng ($FK \leq 1$). (KEPMEN ESDM Nomor 1827 tahun 2018)

Lereng *Highwall* Pit Tempudo 3 PT. Indexim Coalindo beberapa kali mengalami kelongsoran dan cukup mengganggu produktivitas pertambangan. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa untuk mengetahui probabilitas kelongsoran dari Lereng *Highwall* Pit Tempudo 3 PT. Indexim Coalindo. Hasil analisa ini nantinya akan digunakan sebagai rekomendasi dalam membuat desain lereng *Highwall* Pit Tempudo 3 PT. Indexim Coalindo untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja dan juga dapat meningkatkan produktivitas.

METODOLOGI

Metode Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif dan pengumpulan data dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Hasil dari data primer berupa pengamatan lereng secara dalam bentuk dokumentasi untuk mengetahui kondisi permukaan batuan pada lokasi penelitian dan penentuan nilai GSI yang digunakan. Sedangkan data sekunder merupakan data yang diperoleh dari perusahaan yaitu data logbor, data uji laboratorium (bobot isi, porositas, nilai UCS), schema perusahaan, nilai faktor ketergangguhan/ *disturbance factor* (D) dan data topografi. Data tersebut akan digunakan sebagai parameter input perhitungan kestabilan lereng.

Metode Analisis Data

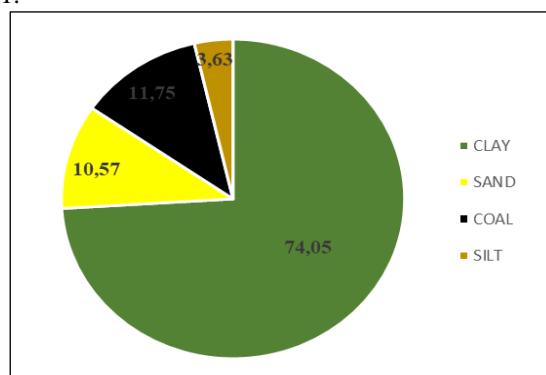
Metode yang digunakan dalam menganalisis kestabilan lereng *highwall* pada penelitian ini adalah metode kesetimbangan batas (*Limit Equilibrium Method*) metode *Bishop Simplified* dengan kriteria keruntuhan *Generalized Hoek-Brown*. Parameter input yang digunakan dalam kriteria keruntuhan *Generalized Hoek – Brown* yaitu bobot isi natural, nilai uji kuat tekan (*Uniaxial Compressive Strength/ UCS*), *Geological Strength Index* (GSI), *disturbance factor* (D), konstanta batuan utuh (m_i), konstanta m_b , konstanta s dan konstanta a .

Pada tahap pengolahan dan analisis data dilakukan uji baik suai (*goodness of fit test*) untuk memperoleh parameter statistik dan jenis distribusi. Kemudian dilakukan permodelan *section* pada lereng tunggal dan lereng keseluruhan dengan menentukan area yang terkena efek peledakan. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan *software Rocscience Slide V6.0*. Standar minimal nilai FK dan PK berdasarkan kriteria tingkat kelongsoran menengah dengan nilai FK statis 1,3 dan FK dinamis 1,05 dan nilai PK 10%, maka dilakukan perbaikan geometri lereng yang sesuai dengan acuan KEPMEN ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Penelitian

Lokasi penelitian ini berada pada wilayah IUP PT. Indexim Coalindo dengan studi kasus dilaksanakan pada lereng *highwall* Pit Tempudo 3. Pada penelitian ini penulis menggunakan data logbor milik perusahaan yang kemudian dapat diketahui persentase dari masing-masing jenis batuan seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.

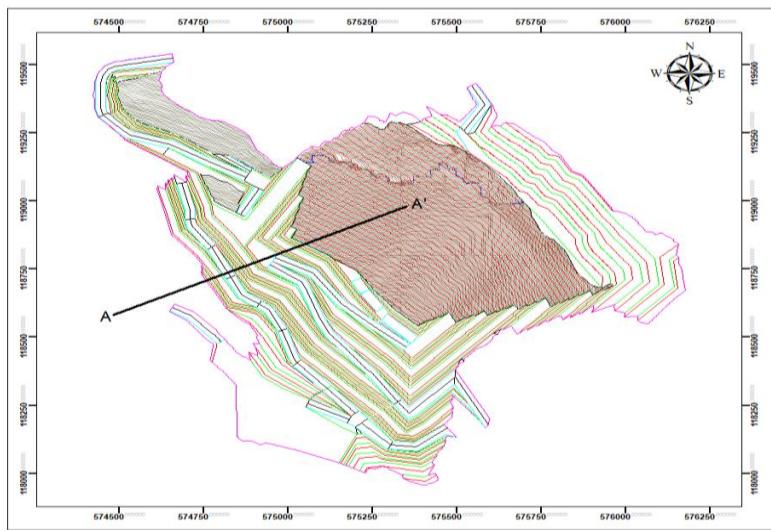


Gambar 1. Rock Stratification (Olahan Penulis, 2025)

Berdasarkan Grafik 1 dapat diketahui jenis batuan jenis batuan yang mendominasi pada lokasi penelitian (berdasarkan 3 titik bor) adalah *claystone* dengan persentase sebesar 74%, kemudian diikuti *coal* dengan persentase sebesar 11,75%, *Siltstone* dengan persentase 3,63% dan *sandstone* dengan persentase sebesar 10,57%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa material *coal* memiliki persentase sebesar 11,75% dan non-*coal* (OB) memiliki persentase 88,25%.

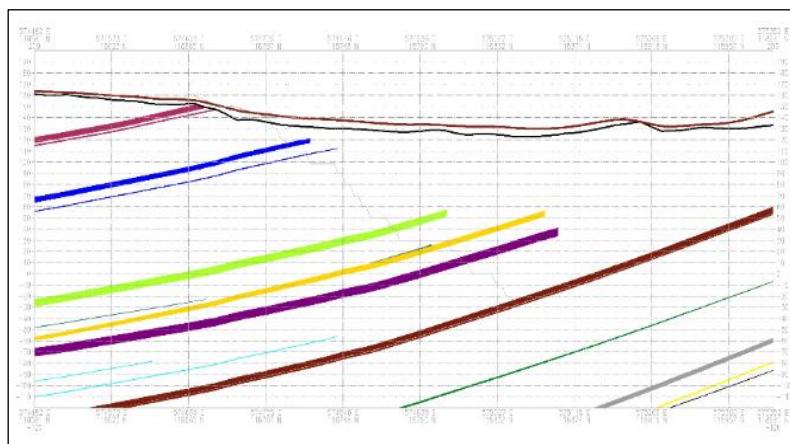
Penentuan Section

Penentuan *section* menggunakan bantuan *software minescape 5.7* dengan meng-*input* data topografi kemudian menarik garis tegak lurus dari *crest* ke *toe*. Kemudian akan mendapatkan *section highwall* yang akan dianalisa untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran dari *section* tersebut.



Gambar 2. Design Pit with Line Section (Olahan Penulis, 2025)

Hasil dari garis sayatan (pada Gambar 2) akan membentuk suatu penampang/ *section* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Section A-A' Pit Tempudo 3 (Olahan Penulis, 2025)

Uji Baik Suai (*Goodness of Fit Test*)

Pengolahan data statistik ini dilakukan untuk mengetahui jenis distribusi yang paling cocok untuk diterapkan. Jenis distribusi yang diuji adalah distribusi normal, lognormal dan gamma. Pada pengolahan data statistik ini, penulis menggunakan bantuan *software MATLAB* dan *microsoft excel* untuk melakukan uji baik suai (*Goodnes of Fit Test*). Pengolahan data statistik dilakukan pada *material properties* Densitas dan UCS dari masing-masing interburden dan batubara. Hasil uji baik suai tersebut digunakan sebagai parameter masukan dalam analisis kestabilan lereng *highwall* pada *software rocslide V6.0*.

Tabel 1. Hasil Uji Baik Suai (Olahan Penulis, 2025)

Lapisan	Material Properties	Parameter Statistik				
		Rata-Rata	Standar Deviasi	Jenis Distribusi	Rel. Min	Rel. Max
IB 1	Densitas	18,61	1,45	Normal	4,08	1,19
	UCS	2973,15	2296,44	Gamma	2688,76	3940,15
IB 2	Densitas	19,38	0,48	Normal	1,25	0,52
	UCS	3200,24	1915,80	Gamma	2469,04	4515,86
IB 3	Densitas	19,60	0,16	Lognormal	0,30	0,10
	UCS	4594,43	1874,39	Normal	3602,23	1390,27
COAL	Densitas	11,08	1,66	Lognormal	1,68	2,65
	UCS	9475,20	1182,92	Normal	5126,20	5124,80

Parameter Input

Parameter input yang digunakan dalam analisa kestabilan lereng adalah sebagai berikut :

1. Data Hasil Uji Statistik

Data hasil uji statistik yang dimasukan dalam *software Rocscience Slide* V6.0 merupakan hasil pengolahan data statistik yang sudah dilakukan uji baik suai (*Goodness of Fit Test*) dan sudah mendapatkan parameter-parameter statistik seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

2. Nilai Faktor Ketergangguan/*disturbance factor* (D)

Dalam menentukan ketebalan area yang terdampak efek peledakan, PT. Indexim Coalindo menggunakan persamaan yang dikeluarkan oleh Hoek(2012), yaitu $T = 1,5 H$. Dimana H merupakan kedalaman lubang ledak (8 meter). Maka ketebalan area yang terkena efek peledakan adalah : **$T = 1,5 \times 8 = 12 \text{ meter}$** .

Untuk itu dalam penelitian ini menggunakan nilai $D=0,7$ sebesar 12 meter dari permukaan untuk area yang terganggu (*disturbed*) atau terdampak efek peledakan dan nilai $D=0$ untuk area yang tidak terganggu (*undisturb*).

3. Tinggi Muka Air Tanah

Penentuan tinggi muka air tanah ini berdasarkan hasil pengukuran *groundwater level* di lokasi penelitian. Dan sesuai dengan keputusan perusahaan, maka penentuan Muka Air Tanah diasumsikan sekitar 1/3 dari tinggi lereng.

4. Nilai GSI



Gambar 4. Kondisi Geologi Lokasi Penelitian (Olahan Penulis, 2025)

Kondisi permukaan pada lokasi penelitian ini adalah memiliki permukaan mulus dengan pelapukan sedang dan teralerasi, dan juga memiliki kondisi geologi yang kompleks dengan lipatan dan blok-blok yang terbentuk sebagai akibat adanya bidang *discontinu* yang saling berpotongan. Sehingga berdasarkan kondisi tersebut, maka nilai GSI yang digunakan untuk material *overburden* adalah **40**. Sedangkan nilai GSI batubara yang digunakan sesuai dengan ketetapan perusahaan pada lokasi penelitian yaitu **50**.

- ## 5. Nilai mi

Untuk menghitung bobot nilai m_i pada material *overburden* maka perlu mengetahui persentase dari masing-masing jenis batuan (grafik 1) dan jumlah persentase material OB, yaitu sebesar 88,25%. Kemudian selanjutnya menghitung bobot dari masing-masing litologi yaitu dengan rumus :

Kemudian setelah dilakukan pembobotan maka nilai m_i yang digunakan untuk material *overburden* dalam penelitian ini adalah **6**. Sedangkan untuk batubara, untuk nilai m_i tidak dilakukan pembobotan, melainkan menggunakan data dari perusahaan yaitu $m_i = 10$.

- ## 6. Nilai m_b

Nilai m_b dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

Sehingga mendapatkan nilai m_b untuk material *interburden* D = 0 adalah 0,704, dan untuk D = 0,7 adalah 0,222, Sedangkan nilai m_b untuk material *coal* dengan D = 0 adalah 1,677 dan untuk D = 0,7 adalah 0,641.

- ## 7. Nilai S

Nilai m_b dapat dihitung dengan menggunakan

Sehingga mendapatkan nilai s untuk material *interburden* $D = 0$ adalah 0,0012726, dan untuk $D = 0,7$ adalah 0,0001673, Sedangkan nilai s untuk material *coal* dengan $D = 0$ adalah 0,0038659 dan untuk $D = 0,7$ adalah 0,0007128.

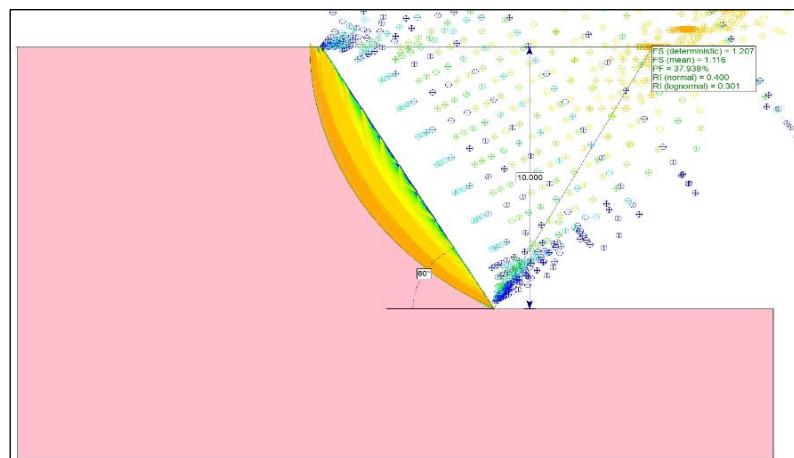
- ### 8. Nilai a

Nilai m_b dapat dihitung dengan menggunakan

Sehingga mendapatkan nilai a untuk material *interburden* adalah 0,5114, sedangkan nilai a untuk material *coal* adalah 0,5057.

Analisa *Single Slope*

Setelah mendapatkan parameter input *material properties* dan parameter statistik, kemudian akan dilakukan perhitungan nilai faktor keamanan dan Probabilitas Kelongsoran yaitu dengan memasukan parameter tersebut dalam *software Rocscience Slide V6.0*.



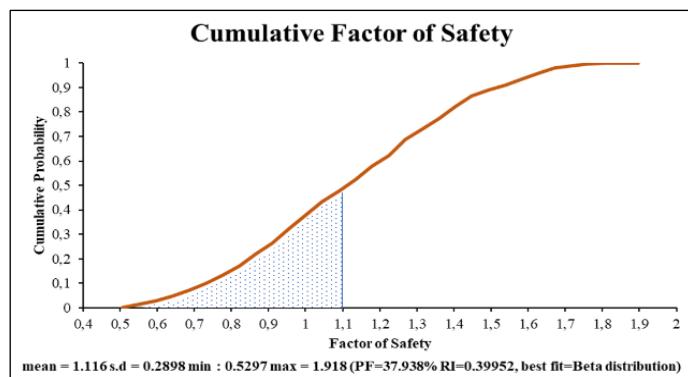
Gambar 5. Hasil Analisa Single Slope (Olahan Penulis, 2025)

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa lereng tunggal dengan tinggi 10 meter dan sudut 60° memiliki nilai Faktor Keamanan deterministik sebesar 1,207 dan Faktor Keamanan mean sebesar 1,116 dan Probabilitas Kelongsoran sebesar 37,938%.

Faktor keamanan deterministik merupakan nilai faktor keamanan yang diperoleh melalui analisis kestabilan lereng non probabilistik, sedangkan faktor keamanan mean merupakan nilai faktor keamanan yang mengandung hasil analisis probabilistik yaitu dengan memperhitungkan parameter-parameter statistik yang dimasukkan.

Gambar 6 menunjukkan hubungan antara Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran. Dimana Probabilitas Kelongsoran merupakan persentase dari $FK < 1$, maka berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai $FK = 1$ memiliki nilai *cumulative probability* sebesar 0,37938 sehingga dikali dengan

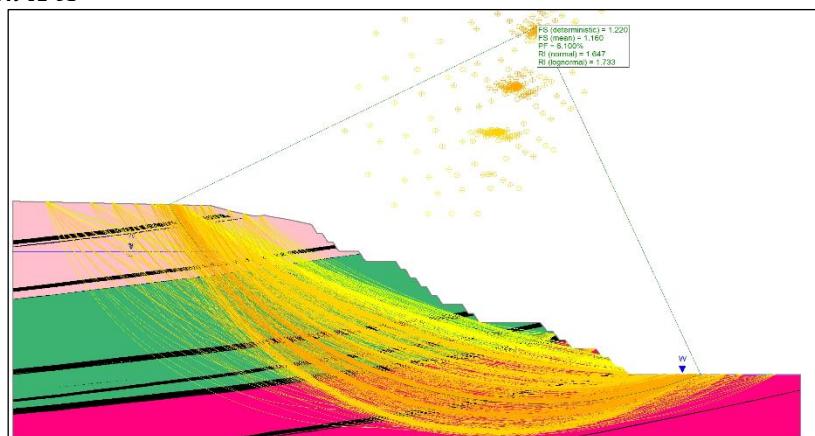
100 menghasilkan nilai Probabilitas Kelongsoran sebesar 37,938%. Area yang diarsir pada grafik tersebut menunjukkan area yang memiliki nilai faktor keamanan <1,1.



Gambar 6. CDF-FoS Single Slope (Olahan Penulis, 2025)

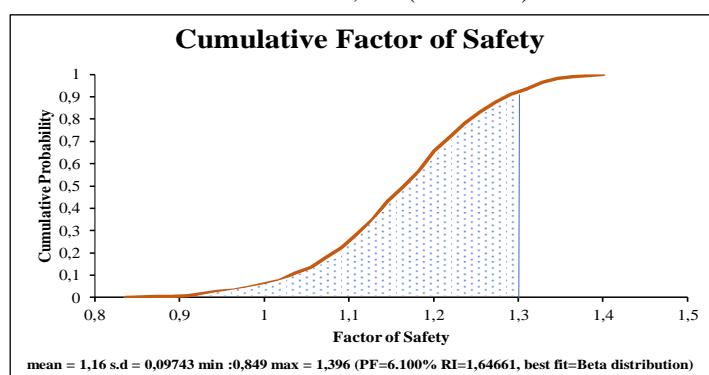
Berdasarkan hasil analisa pada Gambar 5 dan Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa lereng tunggal dengan geometri tersebut memenuhi kriteria nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran menurut KEPMEN ESDM RI Nomor 1827 K/30/MEM/2018, yaitu memiliki nilai Faktor Keamanan = 1,1 dan nilai Probabilitas Kelongsoran <50%.

Analisa Section A-A'



Gambar 7. Hasil Analisa Section A-A' (Olahan Penulis, 2025)

Desain lereng pada *Section A-A'* lereng *highwall* Pit Tempudo 3 memiliki geometri lereng dengan tinggi 190,2 meter dan sudut lereng sebesar 24°. Yang kemudian dilakukan analisa kestabilan lereng menggunakan *software Rocscience Slide V6.0* dan menghasilkan Nilai Faktor Keamanan deterministik sebesar 1,220 dan Faktor Keamanan mean sebesar 1,160 (Gambar 7).



Gambar 8. CDF-FoS Section A-A' (Olahan Penulis, 2025)

Pada Gambar 8 dapat diketahui bahwa $FK=1$ memiliki nilai *cumulative probability* sebesar 0,061 yang berarti menghasilkan nilai Probabilitas Kelongsoran sebesar 6,100%. Dengan area yang diarsir menunjukkan area yang memiliki nilai Faktor Keamanan $<1,3$.

Merujuk pada KEPMEN ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 untuk lereng keseluruhan (*overall slope*) dengan keparahan longsor menengah, nilai Faktor Keamanan belum memenuhi kriteria tersebut, yakni FK kurang dari 1,3. Sehingga perlu adanya *redesign* pada *section* tersebut untuk memenuhi kriteria yang dikeluarkan oleh KEPMEN ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018.

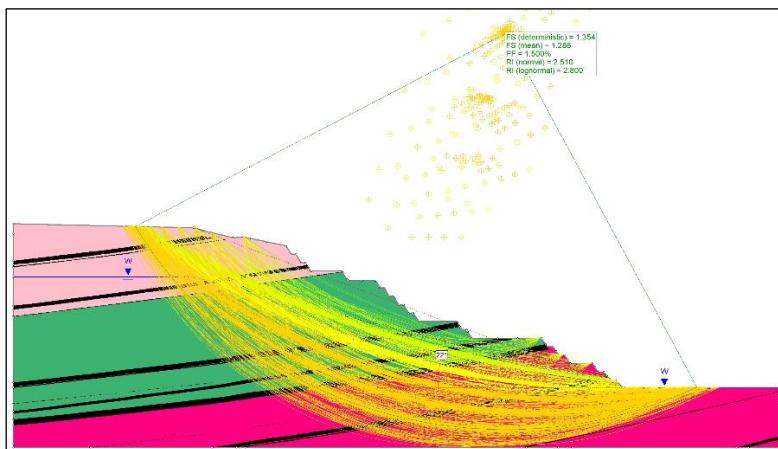
Rekomendasi Geometri Lereng

Berdasarkan hasil analisa pada *section A-A'* lereng *highwall* Pit Tempudo 3 dapat diketahui bahwa lereng keseluruhan dengan geometri tersebut belum memenuhi kriteria nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran yang dikeluarkan oleh KEPMEN ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018.

Sehingga pada penelitian ini, penulis melakukan redesain dengan memberikan rekomendasi untuk mengubah sudut lereng keseluruhan (*overall slope angle*) menjadi lebih landai untuk memenuhi kriteria nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran yang dikeluarkan oleh KEPMEN ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018.

Rekomendasi 1 (*Overall Angle 22°*)

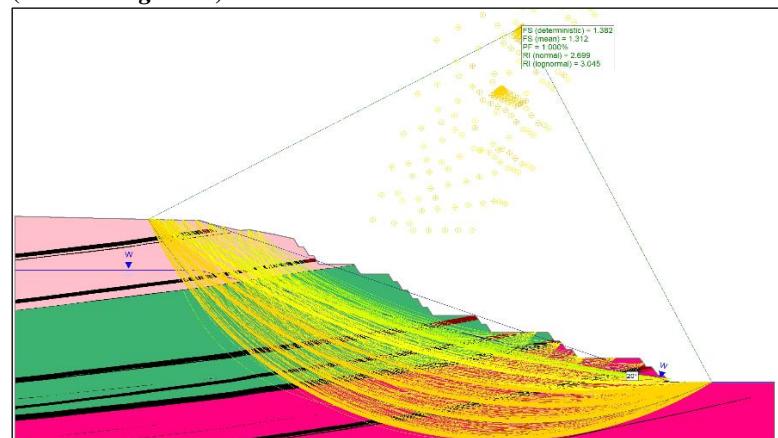
Untuk memenuhi kriteria yang dapat diterima oleh KEPMEN maka penulis memberikan rekomendasi untuk mengubah sudut lereng pada *section A-A'* yang sebelumnya 24° menjadi lebih landai yaitu sebesar 22° . Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Redesain dengan sudut 22° (Olahan Penulis, 2025)

Dari hasil redesain pada *Section A-A'* lereng *highwall* Pit Tempudo 3 dengan mengubah sudut lereng menjadi 22° menghasilkan nilai Faktor Keamanan deterministik sebesar 1,354 dan Faktor Keamanan mean sebesar 1,286 serta Probabilitas Kelongsoran sebesar 1,500%.

Rekomendasi 2 (*Overall Angle 20°*)

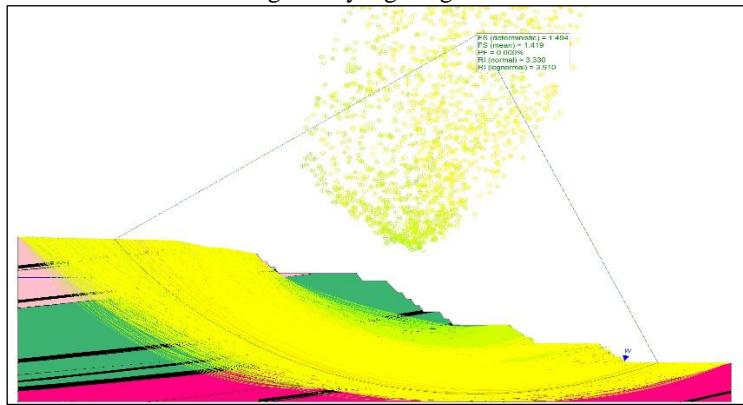


Gambar 10. Hasil Redesain dengan sudut 20° (Olahan Penulis, 2025)

Pada rekomendasi kedua ini penulis mengubah sudut lereng menjadi lebih landai yaitu sebesar 20° . Yang kemudian menghasilkan nilai Faktor Keamanan deterministik sebesar 1,382 dan Faktor Keamanan mean sebesar 1,312 serta Probabilitas Kelongsoran sebesar 1,000%.

Rekomendasi 3 (Overall Angle 18°)

Pada rekomendasi yang ketiga, penulis melakukan analisa dengan sudut lereng yang sangat landai yaitu sebesar 18° . Analisa ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi yang memiliki nilai Faktor Keamanan yang cukup tinggi serta Probabilitas Kelongsoran yang sangat rendah.



Gambar 11. Hasil Redesain dengan sudut 18° (Olahan Penulis, 2025)

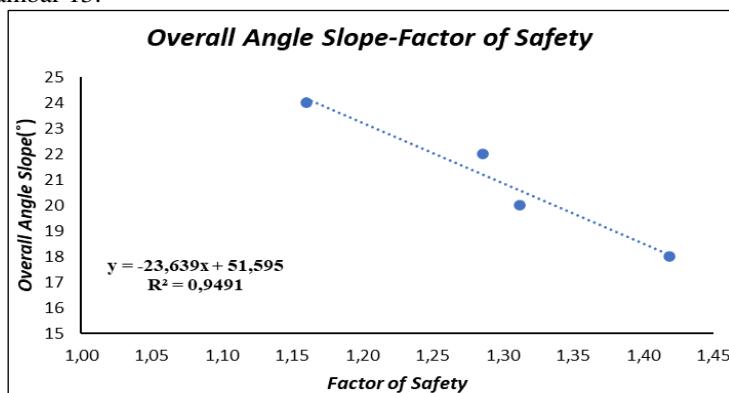
Gambar diatas menunjukkan bahwa hasil analisa dengan rekomendasi sudut 18° memiliki nilai Faktor Keamanan Deterministik sebesar 1,494 dan Faktor Keamanan Mean sebesar 1,419 dengan nilai Probabilitas Kelongsoran sebesar 0,000%. Yang berarti lereng dengan geometri tersebut tidak memiliki peluang untuk terjadinya longsor.

Setelah dilakukan analisa pada Section A-A' dengan beberapa rekomendasi yang diberikan oleh penulis, maka diperoleh rekapitulasi nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran pada Section A-A' lereng highwall Pit Tempudo 3 dengan 4 sudut yang berbeda seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai FK & PK (Olahan Penulis, 2025)

Sudut	FK (Deterministik)	FK (Mean)	PK (%)
24	1,220	1,160	6,100
22	1,354	1,286	1,500
20	1,382	1,312	1,000
18	1,494	1,419	0,000

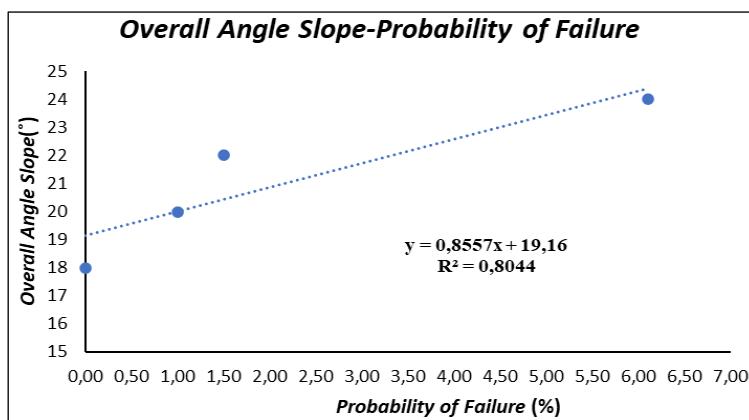
Maka dari hasil analisa tersebut diperoleh grafik hubungan antara sudut lereng keseluruhan (*overall angle slope*) dengan nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 12. Hubungan Sudut Lereng dan Nilai FK (Olahan Penulis, 2025)

Grafik 4 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan sudut lereng keseluruhan terhadap nilai Faktor Keamanan, sehingga dapat diketahui bahwa sudut lereng memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai

Faktor Keamanan yaitu semakin tinggi sudut lereng (semakin curam) maka semakin rendah nilai faktor keamanan begitu pun sebaliknya apabila sudut lereng semakin kecil (semakin landai) maka nilai Faktor Keamanan yang dihasilkan semakin besar.



Gambar 13. Hubungan Sudut Lereng dan Nilai PK (Olahan Penulis, 2025)

Gambar 13 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan sudut lereng keseluruhan terhadap nilai Probabilitas Kelongsoran, sehingga berdasarkan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa sudut lereng memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap nilai Probabilitas Kelongsoran, yaitu apabila semakin tinggi sudut lereng (semakin curam) maka nilai Probabilitas Kelongsoran akan semakin besar. Sedangkan apabila sudut lereng semakin rendah (landai) maka nilai Probabilitas Kelongsoran semakin rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa desain awal *Section A-A'* dengan tinggi lereng 190,2 meter dan sudut lereng 24° menghasilkan nilai Faktor Keamanan Deterministik sebesar 1,220 dan Faktor Keamanan Mean sebesar 1,160 serta persentase nilai Probabilitas Kelongsoran sebesar 6,100%. Dimana nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran ini belum memenuhi kriteria yang dapat diterima oleh KEPMEN ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 untuk lereng keseluruhan dengan keparahan longsor menengah (FK <1,30). Sehingga perlu adanya redesain dengan geometri lereng yang ditentukan untuk memenuhi kriteria tersebut. maka penulis memberikan rekomendasi geometri lereng yaitu dengan mengubah sudut lereng menjadi lebih landai, yaitu menjadi 22°, 20°, dan 18°. Rekomendasi 1 dengan sudut lereng 22° menghasilkan nilai FK deterministik sebesar 1,354 dan FK mean sebesar 1,286 serta persentase PK sebesar 1,500%. Sedangkan rekomendasi 2 dengan sudut lereng 20° menghasilkan nilai FK deterministik sebesar 1,382 dan FK mean sebesar 1,312 serta persentase PK sebesar 1,000%. Dan rekomendasi 3 dengan sudut lereng 18° menghasilkan nilai FK deterministik sebesar 1,494 dan FK mean sebesar 1,419 serta persentase PK sebesar 0,000%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis megucapkan limpah terima kasih kepada :

1. Departemen *Geotechnical & Hydrology and Pit Development* PT. Indexim Coalindo.
2. Bapak Zidni Ilman Munthaha,ST selaku mentor yang telah membimbing penulis selama proses pengumpulan hingga penyelesaian penelitian ini.
3. Bapak Frengky Seki Banunaek, ST.,MT dan Ibu Woro Sundari, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan memberikan saran bagi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Bieniawski, Z.T. (1989). *Rock mass classification in rock engineering. In Exploration for rock engineering, proc. Of the symp, (ed. Bieniawski, Z.T) 1, p 97-106. Cape Town: Balkema*
- Bishop, A. W. (1955). *The use of slip circles in stability analysis of slopes. Geotechnique, Vol. 5 No.1. Hal 7-17.*
- Hoek, E. (n.d) *Partical Rock Engineering. North Vancouver, Bristish Columbia : Evert Hoek Consulting Engineer Inc.*
- Hoek, E. (2012). *Blast Damage Factor D. Technical note for RocNews.*
- Hoek, E., Marinos, P. (2000). *The Geological Strength Index: A Geologically Friendly Tool For Rock Mass Strength Estimation.*

- Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang “Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik”
- Putra, M. T (2020). Evaluasi Geometri Lereng Akhir Penambangan Pit Roto Middle PT. Bukit Makmur Mandiri Utama Jobsite Kideco Jaya Agung, Batu Sopang, Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. Fakultas Teknologi Mineral. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Yogyakarta.
- Sundari, W. (2024) Analisis Kestabilan Lereng di Kelurahan Oebufo Kota Kupang Nusa Tenggara Timur. Jurnal Teknologi Vol.18 No.1 Edisi Mei 2024.
- Sundari, W., Krisnasiwi, Ika F., Banunaek F. (2024). Probabilitas Kelongsoran Geometri Lereng Highwall Di PT. Mahakam Prima Akbar Sejati Provinsi Kalimantan Timur. Jurnal Teknologi Vol.18 No.1.
- Supanti, S. T (2016). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Probabilistik untuk Optimasi Produksi Pit Melawan Panel 4 PT. Kaltim Prima Coal, Kalimantan Timur. Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Jogjakarta.