

Analisis Stabilitas Geometri Lereng Di Pit Kungkulan PT. Budi Gema Gempita Provinsi Sumatera Selatan *(Slope Stability Geometry Analysis At The Kungkulan Pit Of PT. Budi Gema Gempita, South Sumatera Province)*

Vilomena Resty Kiik¹, Frengky Seki Banunaek², Woro Sundari³, Henda V.R Taopan⁴,
Teknik Pertambangan, Universitas Nusa Cendana¹²³⁴
vilomenakiik@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini menganalisis tentang kestabilan lereng di Pit Kungkulan, PT. Langgeng Daya Agrindo, IUP PT. Budi Gema Gempita, Provinsi Sumatera Selatan, dengan berfokus pada probabilitas kelongsoran suatu lereng. Metode yang digunakan meliputi analisis kesetimbangan batas (Metode Bishop) dan simulasi probabilistik kelongsoran *Monte-Carlo*, dengan data geoteknik dari uji laboratorium. Permodelan dilakukan menggunakan *Software Minescape 5.7* dan *Software Rocscience Slide 6.0*. Hasilnya menunjukkan bahwa lereng dengan sudut 45° memiliki Faktor Keamanan sebesar 2,3 yang berarti (stabil), dan melakukan simulasi untuk mengoptimalkan nilai lereng sehingga akan tetap stabil pada sudut 45° (FK 1,3), tetapi cenderung tidak stabil pada sudut 50° (FK 1,2) dan 55° (FK 1,1). Simulasi probabilistik juga menunjukkan peningkatan risiko kelongsoran seiring bertambahnya sudut lereng. Rekomendasi mempertahankan sudut lereng sesuai standar KEPMEN ESDM No.1827 (FK>1,25) untuk menjamin keselamatan. Penelitian ini mendukung desain lereng tambang terbuka yang aman dan efisien.

Kata Kunci: Faktor Keamanan, Geometri Lereng, Probabilitas Kelongsoran.

Abstract

This study analyzes the slope stability at Kungkulan Pit, PT. Langgeng Daya Agrindo, IUP PT. Budi Gema Gempita, South Sumatra Province, focusing on the probability of landslides and the effect of slope angle on the safety factor (FK) of a slope. The methods used include limit equilibrium analysis (Bishop Method) and Monte-Carlo probabilistic simulation, with geotechnical data from laboratory tests. Modeling was carried out using Minescape 5.7 and Rocscience Slide 6.0. The results show that a slope with an angle of 45° has a Safety Factor of 2,3 which means (stable), and remains stable at an angle of 45° (FK 1,3), but tends to be unstable at angles of 50° (FK 1,2) and 55° (FK 1,1). Probabilistic simulation also shows an increase in the risk of landslides as the slope angle increases. The recommendation is to maintain the slope angle according to the standard of KEPMEN ESDM No.1827 (FK>1,25) to ensure safety. This research supports the design of safe and efficient open pit mine slopes.

Keywords: Factor of Safety, Probability of Failure, Slope Geometry.

PENDAHULUAN

PT. Langgeng Daya Agrindo merupakan Perusahaan Kontraktor di PT. Budi Gema Gempita, yang bergerak di bidang pertambangan yaitu Pertambangan batubara yang beroperasi di Pit Kungkulan, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan, dengan menerapkan sistem tambang terbuka (*Surface Mining*). salah satu Perusahaan yang menerapkan sistem tambang terbuka maka perlu diperhitungkan faktor keamanannya. Nilai faktor keamanan dapat diperoleh dengan berbagai metode, misalnya pada metode kesetimbangan batas yang memiliki turunan metode yaitu Metode Bishop dan Metode Janbu. Pada tempat penelitian terdapat satu material yaitu material sandstone dan satu lapisan batubara.

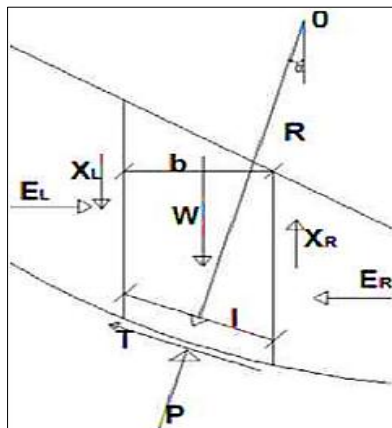
Kestabilan lereng tambang terbuka dalam industri pertambangan merupakan salah satu isu penting, karena berkaitan dengan peningkatan produksi dan masalah di perusahaan tambang Indonesia. Sebagai akibatnya perusahaan-perusahaan tambang melakukan pelebaran atau perluasan serta pendalaman area penggalian. Hal ini sangat beresiko terhadap ketidakpastian yang ada pada nilai kestabilan lereng tambang terbuka pada lokasi penelitian ini (*Bima Saputra et.al.,2020*).

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode yang diambil secara langsung atau data primer dan metode yang tidak diambil secara langsung atau metode sekunder. Metode primer merupakan metode yang diambil secara langsung di lapangan seperti elevasi tertinggi dan terendah lereng dan untuk metode sekunder diambil secara langsung dari data perusahaan yang sudah ada yaitu data kohesi, sudut geser dalam, berat jenis, mean, standar deviasi, nilai relatif minimum, nilai relatif maximum. Dari data primer dan sekunder kemudian dilakukan permodelan lereng aktual dengan menggunakan *software Minescape 5.7* serta perhitungan faktor keamanan dari model lereng aktual dengan menggunakan *software Rocscience Slide 6.0*, dan menganalisisnya menggunakan analisis longsor busur (*circular failure*) dengan metode Bishop. Data sekunder dari laboratorium yang ada pada perusahaan berupa kohesi (c), berat isi (γ) dan sudut geser dalam (ϕ), dimana yang digunakan sebagai parameter inputan *properties* untuk faktor keamanan lereng. Berikutnya hasil analisis faktor keamanan yang juga dilakukan dari masing-masing penampang yang dihasilkan dari *software Minescape 5.7*, sehingga akan dijadikan sebagai acuan untuk proses simulasi lereng agar lebih optimal dan masih dikatakan aman. Hasilnya yaitu dengan merencanakan geometri lereng dimana lereng tersebut dari *single slope* 45° , 50° , 55° , sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dari PT. Budi Gema Gempita yaitu dari ketentuan berdasarkan KEPMEN 1827/K-30-MEM-2018.

Metode Bishop

Dalam penelitian ini dapat menggunakan Metode Bishop dimana merupakan Metode yang diperkenalkan oleh A. W. Bishop yang menggunakan cara potongan di mana gaya-gaya yang bekerja pada setiap potongan. Metode Bishop dapat dipakai untuk menganalisis permukaan bidang gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran (Turangan & Sompie, 2014). Dalam metode ini gaya normal yang bekerja diasumsikan dapat bekerja di tengah bidang irisan dan diperoleh dengan menjumlahkan gaya-gaya dalam arah vertikal atau normal.



Gambar 1. Metode Bishop (Turangan & Sompie, 2014)

Berdasarkan **Gambar 1**. Maka akan dapat dibentuk persamaan untuk menghitung nilai Faktor keamanan:

$$FS = \sum_{n=1}^{n=p} \frac{(c.b_n + W_n \times \tan \phi) \frac{1}{m \alpha n}}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \times \sin \alpha_n} \dots (1)$$

$$m \alpha n = \cos \alpha_{n + \frac{\tan \phi \times \sin \alpha_n}{FS}} \dots (2)$$

Keterangan:

- FS = Faktor keamanan
- ϕ = Sudut geser dalam ($^\circ$)
- c = Kohesi
- p = Gaya normal total
- W_n = Berat total

$m\alpha$ = Sudut Kemiringan lereng

b_n = Lebar Irisan

W	= Berat total pada irisan
E_L, E_r	= Gaya antar irisan horizontal
X_L, X_R	= Gaya antar irisan vertikal
P	= Gaya normal total pada irisan
T	= Gaya geser pada dasar irisan
b	= Lebar dari irisan
l	= Panjang dari irisan
α	= Sudut Kemiringan lereng

Analisis Probabilitas

Probabilitas kelongsoran merupakan metode yang digunakan untuk menentukan faktor keamanan suatu benda dari suatu sistem rekayasa dengan menggunakan faktor masukan sebagai variabel acak dan faktor keamanan sebagai perbandingan antara variabel penahan dan variabel penggerak. Informasinya dalam bentuk fungsi distribusi kumulatif (CDF), dimana terdapat parameter inputan dari data sekunder yaitu data *mean*, distribusi, standari deviasi, relatif Minimum, serta relatif *maximum*. Nilai dari beberapa parameter tersebut kemudian diinput pada *software Rocscience Slide 6.0* untuk menghasilkan probabilitas kelongsorannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil dan pembahasan yang akan dituangkan dalam penelitian ini yang dapat berupa perhitungan faktor keamanan lereng aktual dan lereng rencana, serta probabilitas kelongsoran yang dilakukan interpretasi terhadap perhitungan yang telah diperoleh. Penelitian dilakukan pada PT. Langgeng Daya Agrindo, Kontraktor di PT. Budi Gema Gempita.

Nilai Faktor Keamanan

Pada penentuan nilai faktor keamanan lereng yang pertama-tama dilakukan adalah perhitungan faktor keamanan lereng aktual dimana dapat ditentukan dari nilai parameter geoteknik yang telah didapatkan dari data sekunder, sehingga datanya dapat dilihat pada **Tabel 1**.

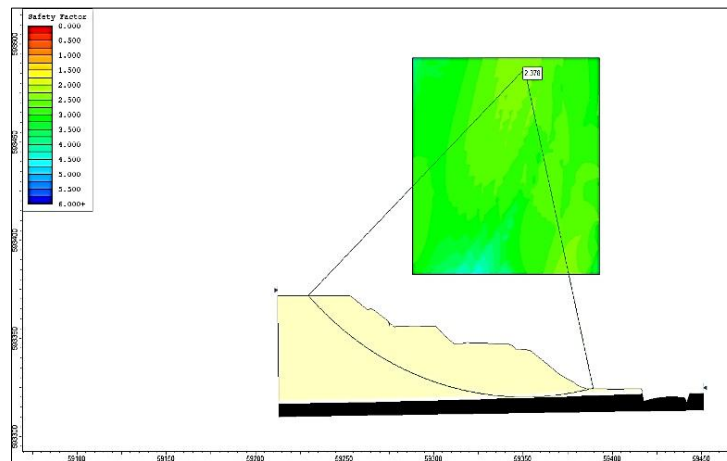
Tabel 1. Parameter Geoteknik Lereng

Data Geoteknik Material							
Seam Batubara	Lithologi	Stratigrafi	Natural Density kN/m ³	Dry Density kN/m ³	Saturated Dencity kN/m ²	Cohesion KN/m ²	Friction angle Phi (°)
Seam 8	Overburden	Sandstone	15,98	14,22	19,54	78,68	20,88
	Coal	Coal	9,71	7,94	11,57	107,87	36,7

Data geoteknik diatas merupakan data material yang terdapat dilapangan dimana terdapat satu material yaitu material sandstone dan batubara dengan nilainya dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Faktor Keamanan Aktual

Dari data geoteknik material yang ada pada **Tabel 1**. tersebut yang kemudian akan diinput dalam *software* untuk mendapatkan hasil permodelan dan nilai faktor keamanan yang terdapat pada **Gambar 2**. dibawah ini.



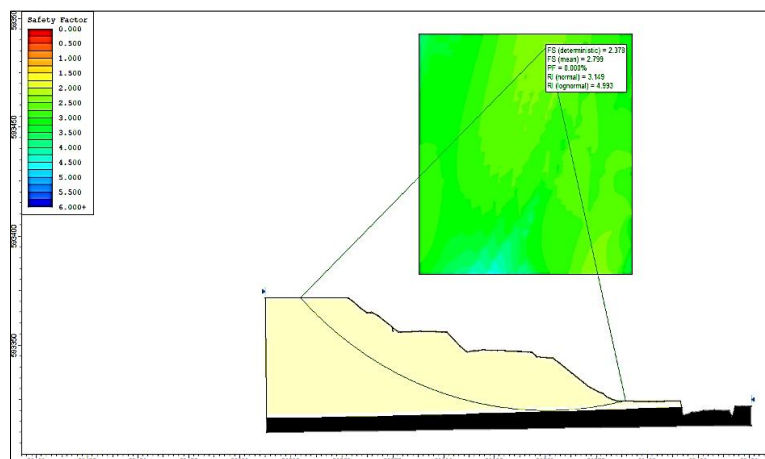
Gambar 2. Permodelan Faktor Keamanan Aktual (Olahan Penulis, 2025)

Berdasarkan gambar diatas dimana yang berwarna kuning merupakan material sandstone dan yang berwarna hitam merupakan batubara. Setelah mendapatkan nilai dan permodelan faktor keamanan kemudian melakukan perhitungan nilai probabilitas dengan menginput nilai parameter seperti pada **Tabel 2** berikut ini.

Tabel 2. Parameter Dari Probabilitas Kelongsoran

Jenis Batubara	Jenis Parameter	Jenis Satuan	Jenis Distribusi	Nilai Mean	Nilai Stdev	Rel Min	Rel Max
Seam 8	<i>Cohesion</i>	kN/m ²	Normal	78,68	48,71	9,51	154,24
	<i>Phi</i>	derajat	Normal	20,88	6,12	11,37	28,78
	<i>Unit Weight</i>	kN/m ³	Normal	19,54	0,36	18,83	19,97

Dari hasil analisis faktor keamanan pada lereng aktual yang kemudian akan didapat nilai probabilitas dimana dengan parameter inputan pada **Tabel 2**. Setelah mendapatkan nilai parameter inputan untuk probabilitas kelongsoran kemudian dapat menginputnya untuk mendapatkan nilai dan permodelan faktor keamanan serta probabilitas kelongsoran, sehingga mendapatkan hasil ntuk nilai probabilitas kelongsoran pada lereng aktual 0,0% karena nilai faktor keamanan dikatakan aman yaitu dengan nilai sebesar 2,3.

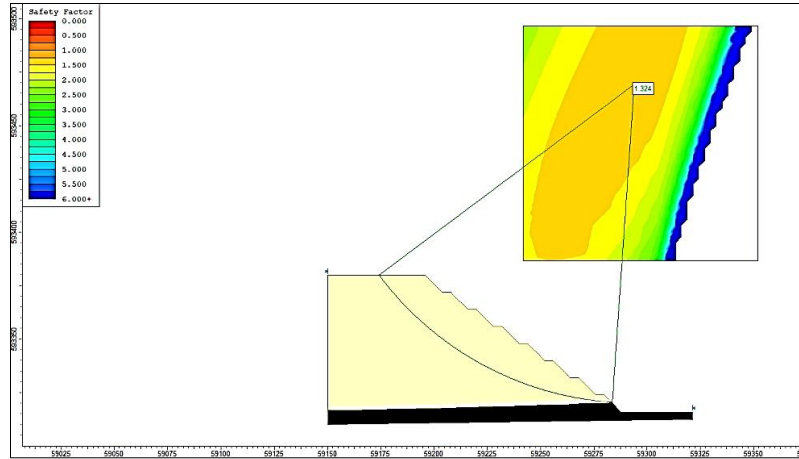


Gambar 3. Permodelan FK dan PK Aktual (Olahan Penulis, 2025)

Berdasarkan gambar diatas dimana yang berwarna kuning merupakan material sandstone dan yang berwarna hitam merupakan batubara. Maka dari perhitungan probabilitas kelongsoran didapat nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran aktual maka dilakukan simulasi geometri lereng untuk mengoptimasikan lereng yang aman, sehingga dilakukan perencanaan lereng dengan geometri lereng seperti berikut ini.

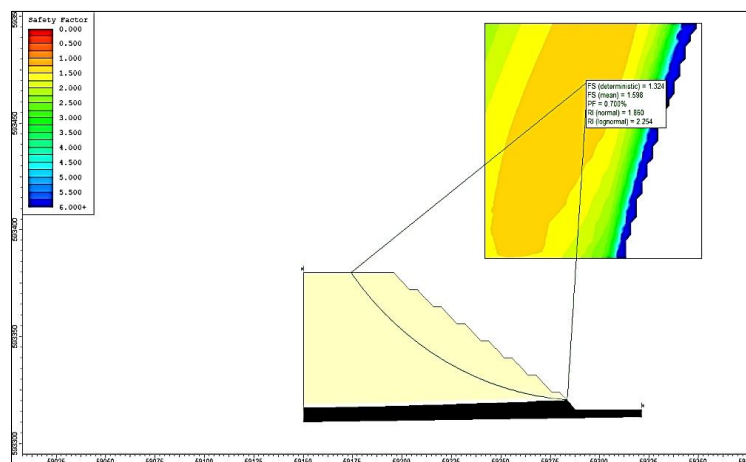
Untuk perencanaan lereng dilakukan dengan geometri lereng yaitu tinggi dan lebar dengan nilai yang sama yaitu 4 dan 8, sedangkan yang berubah yaitu *single slope* (kemiringan lereng Tunggal) antara 45^0 , 50^0 , 55^0 , dan untuk *overall slope* dari sudut 34^0 , 38^0 , 45^0 , sehingga menghasilkan permodelan faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran seperti Gambar berikut ini.

a. Sudut 45^0



Gambar 4. Permodelan Faktor Keamanan Rencana Sudut 45^0 (Olahan Penulis, 2025)

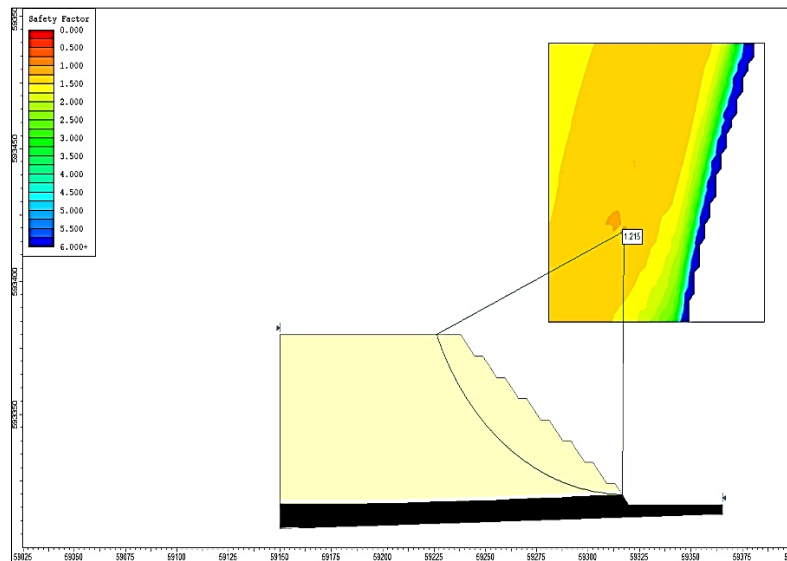
Gambar diatas merupakan permodelan sudut lereng 45^0 dimana mendapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,3 serta nilai probabilitas kelongsoran masih di nilai 0,0%, dan untuk permodelan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Permodelan FK dan PK Rencana Sudut 45^0 (Olahan Penulis, 2025)

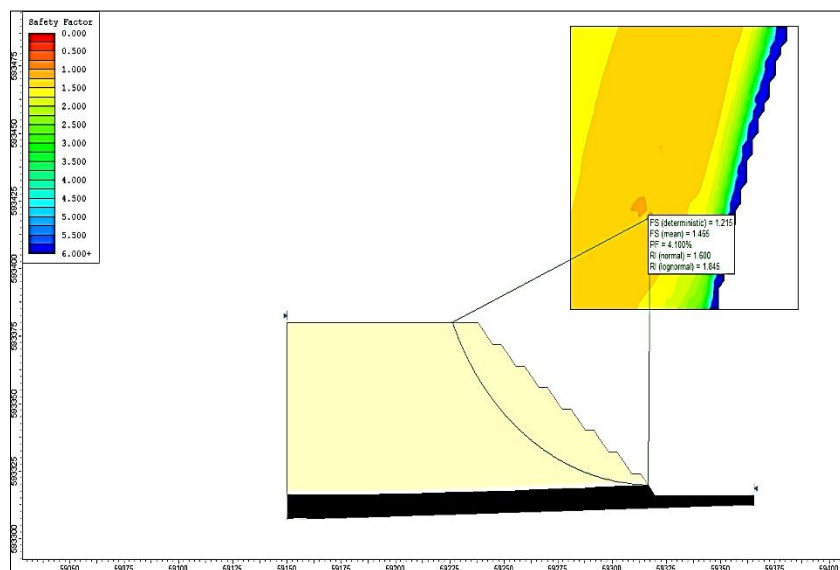
Berdasarkan gambar diatas dimana yang berwarna kuning merupakan material sandstone dan yang berwarna hitam merupakan batubara, sehingga untuk mendapatkan nilai probabilitas kelongsoran pada permodelan diatas maka akan menginput parameter-parameter yaitu seperti nilai *mean*, standar deviasi, dan relatif minimum serta relatif maksimum sehingga nilai yang didapat sebesar 0,7% sehingga masih dikatakan lereng tersebut masih dikatakan aman tetapi apabila ada pergerakan maka akan terjadi kelongsoran.

b. Sudut 50^0



Gambar 6. Permodelan faktor keamanan sudut 50° (Olahan Penulis, 2025)

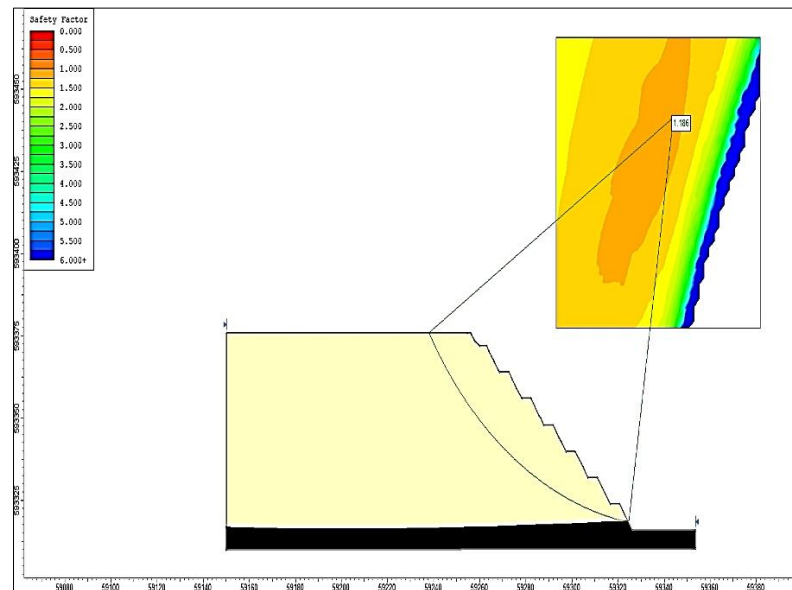
Pada sudut 50° didapat nilai FK sebesar 1,2 sehingga dari permodelan faktor keamanan tersebut kemudian dilakukan perhitungan dengan menginput nilai parameter pada **Tabel 2.** sehingga menghasilkan nilai probabilitas kelongsoran seperti pada gambar berikut.



Gambar 7. Permodelan FK dan PK sudut 50°, (Olahan Penulis, 2025)

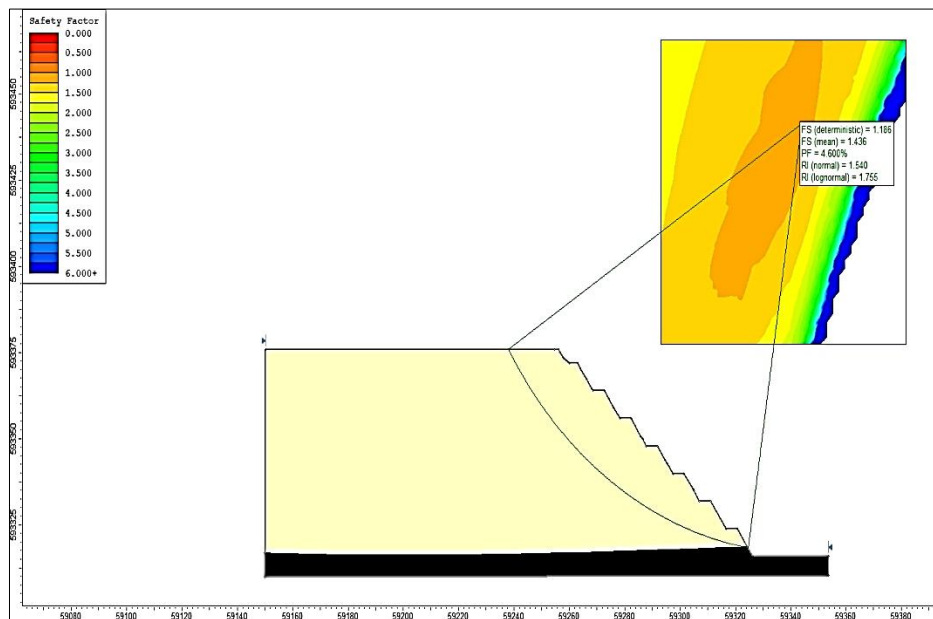
Berdasarkan gambar diatas dimana yang berwarna kuning merupakan material sandstone dan yang berwarna hitam merupakan batubara. Pada **Gambar 7.** diatas merupakan permodelan faktor keamanan lereng dan probabilitas kelongsoran dimana mendapat nilai sebesar FK 1,2 dan untuk probabilitas kelongsoran sebesar 4,1%, maka lereng tersebut masih dikatakan aman seperti pada permodelan pada sudut 45°.

c. Sudut 55°



Gambar 8. Permodelan faktor keamanan lereng sudut 55° (Olahan Penulis, 2025)

Dari **Gambar 8.** diatas merupakan permodelan dan hasil faktor keamanan dengan nilai sebesar 1,1 maka sesuai dengan KEPMEN 1827 dan penetapan dari perusahaan maka lereng tersebut sudah tidak aman, dan untuk nilai probabilitas kelongsoran dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Permodelan FK dan PK sudut lereng 55° (Olahan Penulis, 2025)

Dari permodelan dilihat bahwa nilai faktor keamanan sebesar 1,1 maka lereng tersebut tidak aman, dan untuk probabilitas kelongsoran sebesar 4,6% sehingga disimpulkan bahwa lereng tersebut dalam kondisi tidak aman sesuai dengan penetapan perusahaan karena penetapan perusahaan berkisar sebesar $FK > 1,25$, kemudian diberikan saran seperti pada saran yang tertera dibawah.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Nilai pr obabilitas dan faktor keamanan di Pit Kungkulan dengan *single slope* lereng 45° sebesar PK0,0% dan FK 2,3 diambil dari perhitungan sayatan (*section*) pada lereng aktual dimana kondisi kestabilan lereng itu masih terbilang aman atau stabil dan sangat memungkinkan untuk tidak terjadi longsor, hal ini diperoleh dengan analisis kestabilan lereng menggunakan metode Bishop dengan cara simulasi geometri lereng.

2. Analisis dilakukan dengan simulasi untuk mengoptimalkan kemiringan lereng, sehingga hasilnya menunjukkan bahwa pada sudut lereng 45° , faktor keamanannya sebesar 1,3, dan probabilitas 0,0% dan masih tergolong stabil. Pada sudut 50° , faktor keamanan sebesar 1,2, nilai probabilitas 0,7% yang masih dianggap stabil, tetapi berpotensi runtuh jika mengalami gangguan atau tekanan. Sementara itu, pada sudut 55° , faktor keamanannya menurun menjadi 1,1 dengan nilai probabilitas 4,6%, maka dari itu terdapat pengaruh sudut lereng terhadap faktor keamanan yang sangat signifikan, yaitu semakin besar sudut lereng maka semakin besar nilai probabilitas kelongsoran dan semakin kecil nilai faktor keamanan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada penelitian ini adapun ucapan terima kasih yang disampaikan kepada:

1. PT. Langgeng Daya Agrindo dan PT. Budi Gema Gempita, serta seluruh karyawan yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian.
2. Bapak M. Idris E. K. Ode S.T, sebagai Kepala Teknik Tambang yang telah memberikan penulis kesempatan untuk melakukan penelitian di PT. Budi Gema Gempita
3. Bapak Awang Saptian Putera, Selaku Mentor pembimbing lapangan di PT. Langgeng Daya Agrindo yang sudah membimbing penulis dalam penyelesaian penelitian ini.
4. Bapak Frengky seki Banunaek, ST.,MT, Ibu Woro Sundari, ST.,MT, Bapak Henda Viktor Risano Taopan, M.Ling, yang telah membimbing dan memberikan masukan kepada penulis

DAFTAR PUSTAKA

- Eveny, O. N. (2014). Perbandingan Metode Bishop, Janbu Dan Spencer Dalam Perhitungan Stabilitas Lereng Pada Batuan *Tuff* Skripsi. Universitas Sriwijaya.
- Farhan, M. M. Optimasi kestabilan lereng dan perubahan biaya operasional geometri lereng penambangan batu andesit di PT Gunung Bumi Perkasa, Sukabumi (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- Hapsari, C. A., Nurdrajat, Gani, R. M. G., & Wibisono, S. A. (2022). Karakteristik Batubara Pada Sumur Mk-02 Berdasarkan Analisis Proksimat, Ultimat, Dan Komposisi Maseral. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 6(4), 967–972.
- Heriyadi, B., Fadhillah, Anaperta, M., & Libriyon, P. (2017). Peran Geomekanika Dalam Pembangunan Pertambangan Dan Infrastruktur. 179–186.
- Prabowo, B., Setiawan, H., & Indrawan, I. G. B. (2022). Analisis Kestabilan Lereng Tambang Terbuka Blok A Sisi Timur Daerah Tanjung Lalang, Kecamatan Tanjung Agung, Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Sosial Teknologi*, 2(1), 58–71. <https://doi.org/10.59188/Jurnalsostech.V2i1.289>
- Saepudim, A. (2023). Analisis Geoteknik Menggunakan Metode Geological Strength Index Untuk Kestabilan Lereng Penambangan Pt Gunung Bumi Perkasa Sukabumi.
- Sari, A. S., Basuki, M., & Iriawan, S. A. (2017). Pemodelan Perhitungan Cadangan Batubara Dengan Perangkat Lunak Pada Pt. Mitra Abadi Mahakam Provinsi Kalimantan Selatan. *Integer: Journal Of Information Technology*, 2(2), 11–20. <https://doi.org/10.31284/J.Integer.2017.V2i2.175>
- SNI 8291. (2016). Sni-8291-2016-Zkgt.
- Sompie, G. M. E., Sompie, O. B. A., & Rondonuwu, S. (2018). Analisis Stabilitas Tanah Dengan Model Material Mohr Coulomb Dan Soft Soil. *Jurnal Sipil Statik*, 6(10), 783–792.