



Desain Geometri Lereng Statis untuk Mengetahui Faktor Keamanan Lereng Daerah Koninis Kecamatan Bunta Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah

Busthan Azikin¹, Hery Astaman², Rohaya Langkoke³, Syarifullah Bundang^{4*}

^{1,2,3}Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Makassar

^{4*}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Universitas Khairun, Ternate

*Corresponding Author: syarifullah@unkhair.ac.id

Article History

Received : 17 September 2023

Revised : 28 September 2023

Accepted : 1 Oktober 2023

Abstrak

Salah satu persoalan yang kerap dijumpai pada aktivitas penambangan yaitu terjadinya longsor pada lereng tambang. Penelitian ini dilakukan untuk meminimalisir permasalahan tersebut. Tujuan dari penelitian yaitu melakukan analisis dan simulasi geometri lereng statis untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng di PIT X pada IUP PT. X di Desa Koninis yang secara administrasi termasuk di Kecamatan Bunta, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah. Standar yang digunakan pada penelitian ini yaitu Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM Tahun 2018. Penelitian dilakukan dengan pengambilan data lapangan meliputi pengambilan data geometri lereng serta sampel tanah *Undisturbed Sample* (UDS) pada 5 titik bor. Sampel tanah kemudian diolah menggunakan alat uji geser langsung (*direct shear test*) untuk memperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah, serta pengujian sifat fisik tanah berupa uji bobot tanah yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah. Analisis dilakukan menggunakan metode Bishop Simplified menggunakan perangkat lunak Slide 6.0 dari Rockscience. Hasil dari analisis lereng statis lereng keseluruhan pada kondisi tanpa muka air tanah memiliki nilai faktor keamanan 2.00 dan pada lereng keseluruhan yang dipengaruhi oleh muka air tanah adalah 1.77, inter-ramp bagian limonit adalah 2.53 dan pada lereng inter-ramp bagian saprolit adalah 1.92, lereng tunggal bagian limonit adalah 5.35 dan pada lereng tunggal bagian saprolit adalah 4.10.

Kata kunci: Faktor keamanan, geometri lereng, lereng statis

Abstract

One of the problems often encountered in mining activities is the occurrence of landslides on mine slopes. This research was conducted to minimize this problem. The aim of the research is to carry out analysis and simulation of static slope geometry to determine the value of the slope safety factor at PIT X at IUP PT. X in Koninis Village is administratively included in Bunta District, Banggai Regency, Central Sulawesi Province. The standard used in this research is Minister of Energy and Mineral Resources Decree No. 1827 K/30/MEM of 2018. The research was carried out by collecting field data including slope geometry data and Undisturbed Sample (UDS) soil samples at 5 drill points. The soil samples are then processed using a direct shear test to obtain cohesion values and friction angles in the soil, as well as testing the physical properties of the soil in the form of a soil weight test carried out at the Soil Mechanics Laboratory. Analysis was done using the Bishop Simplified method using Slide 6.0 software from Rockscience. The results of the static slope analysis of the overall slope in conditions without a groundwater level have a safety factor value of 2.00 and on the overall slope which is influenced by the groundwater level it is 1.77, the limonite section inter-ramp is 2.53 and on the saprolite section the inter-ramp slope is 1.92, the slope single section of limonite is 5.35 and on a single slope the section of saprolite is 4.10.

Keywords: safety factor, slope geometry, static slope

1. Pendahuluan

Endapan nikel terbentuk dari hasil pelapukan dihasilkan melalui proses pelapukan yang sangat intensif di daerah tropis pada batuan yang mengandung nikel seperti peridotit dan serpentinit yaitu sebanyak 0,25 % Ni. Selama proses pelapukan pada batuan tersebut (laterisasi) nikel berubah menjadi larutan dan diserap oleh mineral-mineral oksida besi yang membentuk garnierit pada batuan lapuk dibawah laterit tersebut. Selain nikel, kobal juga terkonsentrasi juga pada lapisan ini pada jumlah terbatas. Adapun grade dari nikel yang dihasilkan berkisar 1,5-3 % Ni. [1].

Dalam proses laterisasi bentuk lereng tergantung pada proses erosi gerakan tanah dan pelapukan. Lereng memiliki parameter topografi yang terbagi dalam dua bagian, yaitu kemiringan lereng dan beda tinggi relief. Stabilitas lereng sangat berhubungan dengan terjadinya longsor atau gerakan tanah yang merupakan proses berpindahnya massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Perubahan keseimbangan daya dukung tanah merupakan penyebab terjadinya pergerakan tanah dan pergerakan tanah ini akan berhenti setelah mencapai keseimbangan baru. Untuk menganalisis lereng dapat dilakukan melalui perhitungan faktor keamanan lereng dengan melibatkan data sifat fisik tanah, mekanika tanah dan bentuk geometri lereng [2] [3].

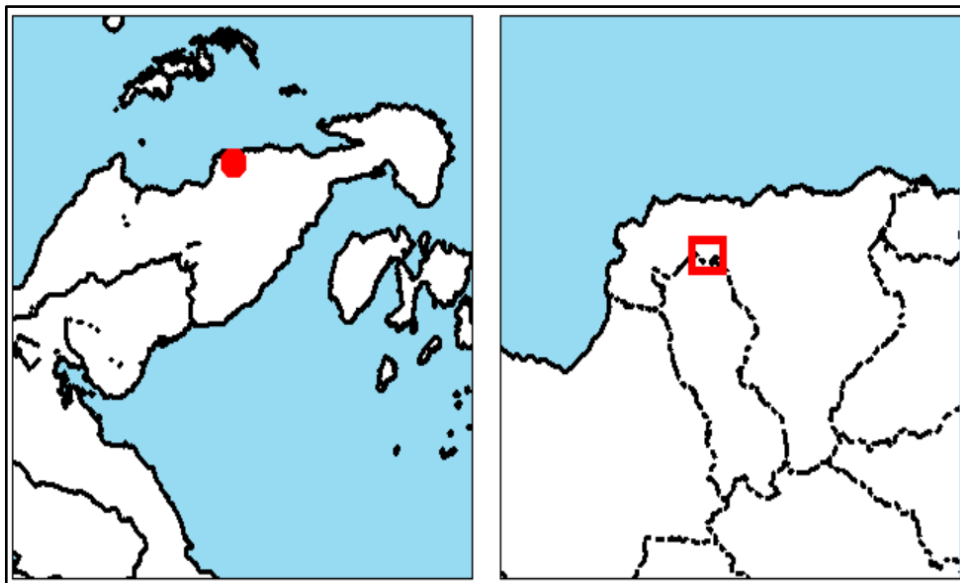
Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu terhadap bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami atau buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya: lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain: galian dan timbunan untuk membuat bendungan, tanggul dan kanal sungai serta dinding tambang terbuka [4]. Kestabilan lereng, baik lereng alamiah maupun lereng buatan manusia serta timbunan, dipengaruhi oleh beberapa factor yang dinyatakan sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak [4]. Pada kondisi gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak maka Kestabilan lereng yang dianalisis dalam kondisi stabil [5].

Salah satu persoalan yang kerap dijumpai pada aktivitas penambangan yaitu terjadinya longsor pada lereng tambang. Terjadinya longsor di lereng tambang akan berdampak pada terhambatnya aktivitas penambangan yang dapat mempengaruhi tidak tercapainya target produksi. Analisis kestabilan lereng merupakan salah satu persoalan yang dihadapi dalam pekerjaan geoteknik di dunia Tambang [6]. Sehingga sangat penting dilakukan perencanaan yang matang pada lereng tambang untuk meminimalisir terjadinya kegagalan lereng.

Tujuan dari penelitian yaitu melakukan analisis dan simulasi geometri lereng statis untuk mengetahui nilai faktor keamanan lereng.

2. Metode Penelitian

Wilayah penelitian ini berada di wilayah IUP PT. X di Desa Koninis yang secara administrasi termasuk di Kecamatan Bunta, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah (gambar 1). Dari Palu (Ibukota Provinsi Sulawesi Tengah) lokasi tersebut berjarak sekitar 471 km dan kurang lebih 150 km dari Luwuk (Ibukota Kabupaten Banggai). Daerah rencana penambangan terletak pada poisi geografis $0^{\circ}50'0.38''S$ – $0^{\circ}54'0.86''S$ dan $122^{\circ}14'59.58''E$ - $122^{\circ}19'0.16''E$. Pencapaian lokasi bisa ditempuh melalui jalan darat dengan menggunakan kendaraan roda empat maupun roda dua dengan rute Makassar-Luwuk- Bunta-Salabenda.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian

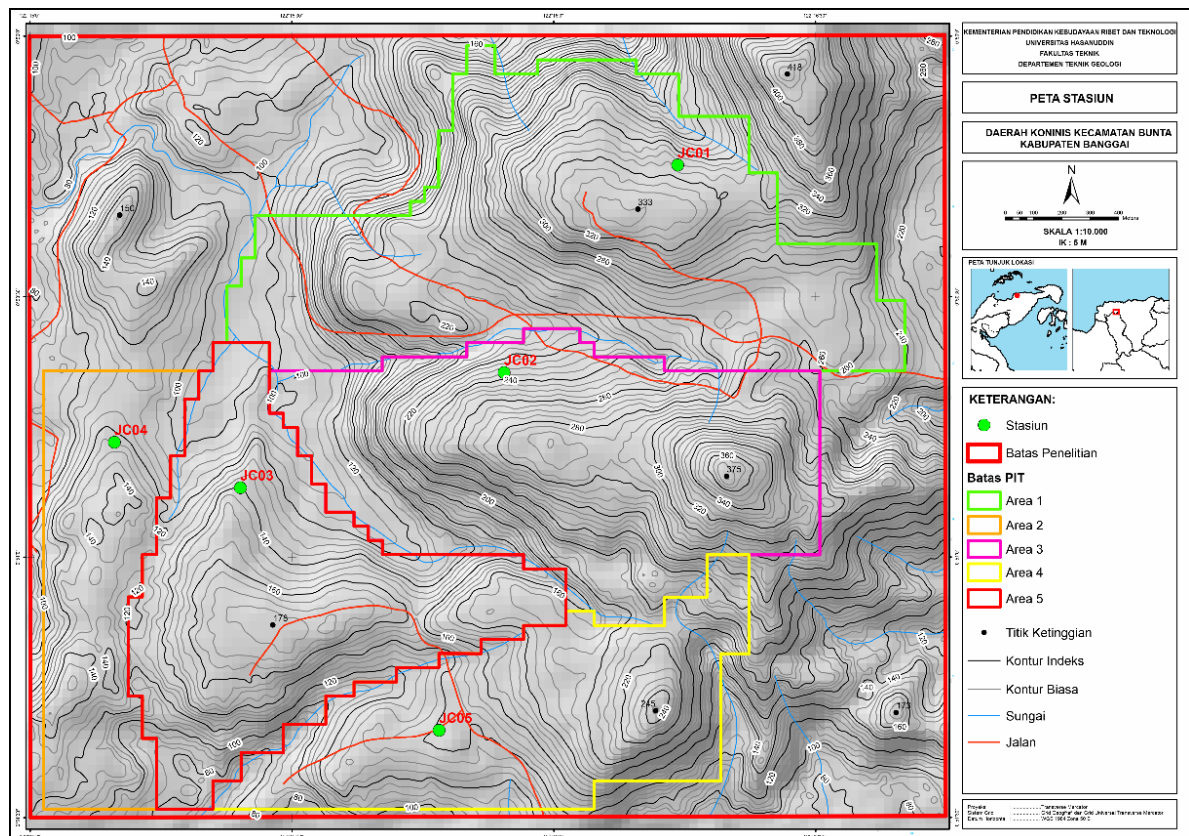
Metode penelitian dilakukan dengan pengambilan data lapangan meliputi pengambilan data geometri lereng serta sampel tanah Undisturbed Sample (UDS) pada pada 5 titik bor. Sampel tanah kemudian diolah menggunakan alat uji geser langsung (direct shear test) untuk memperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah, serta pengujian sifat fisik tanah berupa uji bobot tanah yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah.

Data-data lapangan selanjutnya diolah untuk dianalisis dan diinterpretasi lebih lanjut. Pengerjaan data laboratorium tersebut mencakup Analisis data berupa analisis kestabilan lereng dengan metode Bishop dan analisis tingkat pelapukan serta menggunakan bantuan software (perangkat lunak) berupa Slide 6.0 dari Rockscience. Perangkat lunak Slide 6.0 dalam menganalisis stabilitas lereng dalam kondisi statis.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada kegiatan penambangan, semakin tegak lereng maka akan semakin banyak perolehan bahan galian yang didapatkan. Akan tetapi semakin tegak suatu lereng, kemungkinan terjadinya longsor pada lereng tersebut juga semakin besar. Oleh karena itu untuk menentukan kemiringan lereng yang optimum dibutuhkan suatu rekomendasi geoteknik, berupa rancangan geometri lereng tunggal (single slope), Inter-ramp dan lereng keseluruhan (overall slope), sehingga akan mengurangi kemungkinan terjadinya longsor dan menciptakan kondisi kerja yang lebih aman.

Kajian geologi teknik wilayah penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel inti soil dan batuan untuk analisis labolatorium. Lokasi pengambilan sampel soil ditampilkan pada (gambar 2).



Gambar 2. Peta titik pengeboran

Acuan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Nilai faktor keamanan lereng tambang di Indonesia diatur dalam Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Sesuai dengan peraturan

tersebut batas nilai faktor keamanan dapat ditentukan berdasarkan jenis lereng dan keparahan longsornya (table 1).

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan Dan Probabilitas Longsor Tambang (Kepmen ESDM No.1827 K/30/MEM Tahun 2018) [7]

Jenis Lereng	Keparahan Longsor (<i>Consequence of Failure/CoF</i>)	Kriteria dapat diterima (<i>Acceptance Criteria</i>)		
		Faktor Keamanan (FK) Statis (min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis (min)	Probabilitas Longsor (<i>Probability of Failure</i>) (maks) PoF (FK ≤ 1)
Lereng tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25%-50%
Inter-ramp	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1,0	15%-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,3-1,5	1,1	5%

Faktor Keamanan Statis

Faktor Keamanan Lereng dianalisis dengan menggunakan parameter soil hasil analisis laboratorium yang rata-rata dari parameter yang paling rentan mengalami longsor untuk mendapatkan nilai kritis longsor yang kemungkinan terjadi pada daerah tambang, adapun parameter tersebut ditampilkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Paramter tanah yang digunakan untuk analisis FK bedasarkan hasil laboratorium mekanika tanah

Lithology	Depth (m)	Description	Titik Bor						Standard Deviation	Relative Min.	Relative Max.
			JC0 1	JC0 2	JC0 3	JC0 4	JC0 5	Mean			
Upper Limonit	3	Wet Density (kN/m ³)	20.9	21.1	24.8	19.0	19.4	21.0	2.3	19.0	24.8
		Dry Density (kN/m ³)	14.7	12.9	18.6	11.1	12.6	14.0	2.9	11.1	18.6
		Bulk Density (kN/m ³)	20.9	19.0	25.8	18.4	17.7	20.4	3.3	17.7	25.8
		Void Ratio, e	0.4	0.6	0.3	0.7	0.5	0.5	0.2	0.3	0.7
		Porosity, n	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.0	0.3	0.4
		Cohesion (Kg/cm ²)	56.9	17.7	50.0	20.6	47.1	38.4	18.0	17.7	56.9
		φ (°)	42.8	48.1	49.9	57.8	47.9	49.3	5.4	42.8	57.8
		qu (kPa)	32.4	25.9	51.4	58.1	58.1	45.2	15.1	25.9	58.1
Lower Limonit	5	Wet Density (kN/m ³)	24.3	16.3		18.2		19.6	4.2	16.3	24.3
		Dry Density (kN/m ³)	18.0	10.1		11.8		13.3	4.1	10.1	18.0
		Bulk Density (kN/m ³)	24.4	15.8		17.6		19.2	4.6	15.8	24.4
		Void Ratio, e	0.4	0.6		0.5		0.5	0.1	0.4	0.6
		Porosity, n	0.3	0.4		0.3		0.3	0.0	0.3	0.4

Lithology	Depth (m)	Description	Titik Bor					Mean	Standard Deviation	Relative Min.	Relative Max.
			JC0 1	JC0 2	JC0 3	JC0 4	JC0 5				
		Cohesion (Kg/cm ²)	9.8	51.0		27.5		29.4	20.7	9.8	51.0
		φ (°)	41.0	56.8		53.4		50.4	8.3	41.0	56.8
		q _u (kPa)	51.8	51.6		38.6		47.3	7.6	38.6	51.8
Saproli t	9	Wet Density (kN/m ³)	20.0	13.6		13.6		15.8	3.7	13.6	20.0
		Dry Density (kN/m ³)	12.4	5.9		5.3		7.8	3.9	5.3	12.4
		Bulk Density (kN/m ³)	19.7	9.8		9.1		12.9	5.9	9.1	19.7
		Void Ratio, e	0.6	1.3		1.6		1.2	0.5	0.6	1.6
		Porosity, n	0.4	0.4		0.4		0.4	0.0	0.4	0.4
		Cohesion (Kg/cm ²)	42.2	18.6		30.4		30.4	11.8	18.6	42.2
		φ (°)	28.7	34.1		58.4		40.4	15.8	28.7	58.4
		q _u (kPa)	51.8	71.2		51.6		58.2	11.3	51.6	71.2

: Data yang digunakan

Faktor Keamanan Statis Lereng Keseluruhan

Lereng keseluruhan dirancang dari gabungan beberapa lereng tunggal, maka diperlukan simulasi permodelan menggunakan perangkat lunak Rockscience Slide v.6.0 untuk mendapatkan nilai FK sehingga bisa diketahui apakah geometri lereng keseluruhan dalam kondisi stabil atau tidak.

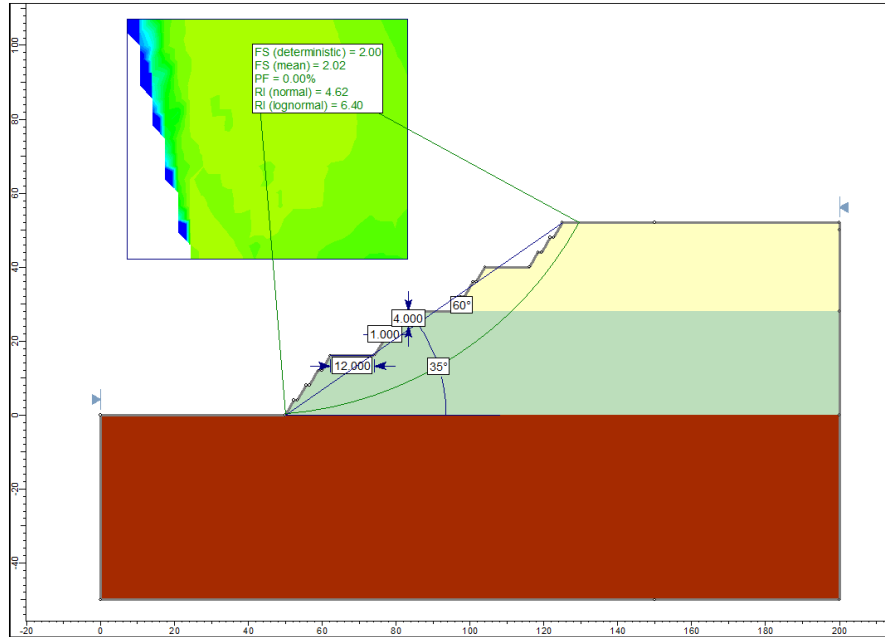
Rancangan lereng yang stabil dapat meminimalkan kemungkinan terjadinya longsor. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kestabilan lereng, dan ada kriteria tertentu suatu lereng dapat dikatakan stabil atau tidak. Penelitian ini menggunakan nilai FK deterministik, dimana lereng keseluruhan dapat dikatakan stabil/aman apabila lereng tersebut memiliki nilai $FK \geq 1.2$ sesuai aturan yang telah ditetapkan.

Pemilihan rekomendasi geometri lereng keseluruhan didasarkan oleh beberapa ketentuan yaitu:

1. Lereng keseluruhan dibentuk oleh geometri lereng tunggal dengan sudut kemiringan lereng tunggal 60°.
2. Hasil permodelan lereng keseluruhan berada pada kondisi stabil/aman apabila memiliki nilai $FK \geq 1.2$.
3. Muka air tanah pada kondisi paling rentang yaitu pada kondisi kering (5 Titik), kondisi ini dijumpai dari hasil analisis penampang geolistrik yang menunjukkan adanya air tanah di wilayah JC04.

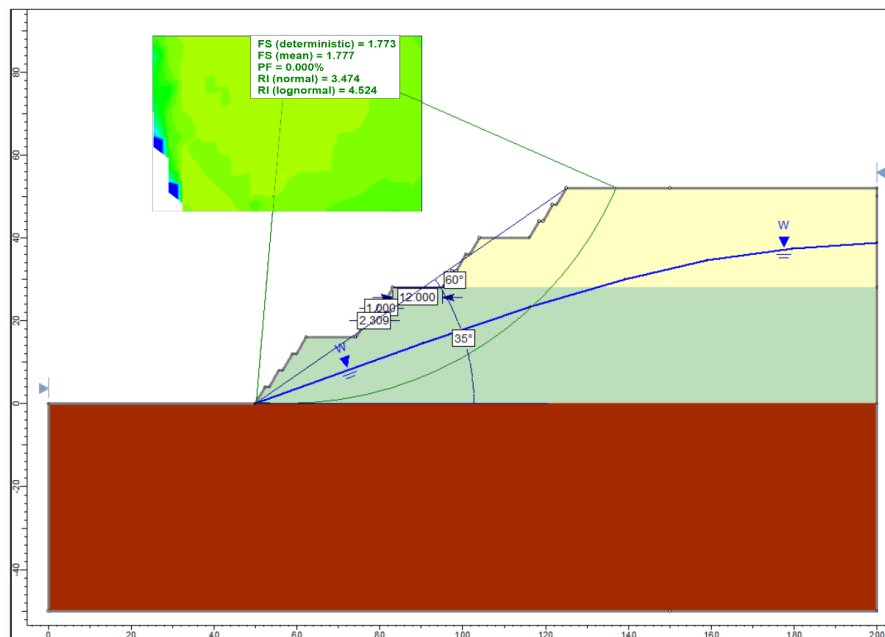
Berdasarkan hasil analisis simulasi permodelan geometri lereng keseluruhan, dapat ditentukan geometri lereng keseluruhan optimum yang memenuhi ketentuan-ketentuan diatas.

Dari hasil analisis diketahui FK untuk lereng keseluruhan tanpa dipengaruhi oleh muka air tanah adalah 2.00 dengan tinggi bench 4 m, lebar bench 1 meter, sudut lereng 35° dan lebar ramp 12 meter (Gambar 3). Kondisi geometri lereng ini sudah memenuhi Nilai Faktor Keamanan lereng tambang berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018.



Gambar 3. Analisis faktor keamanan lereng keseluruhan

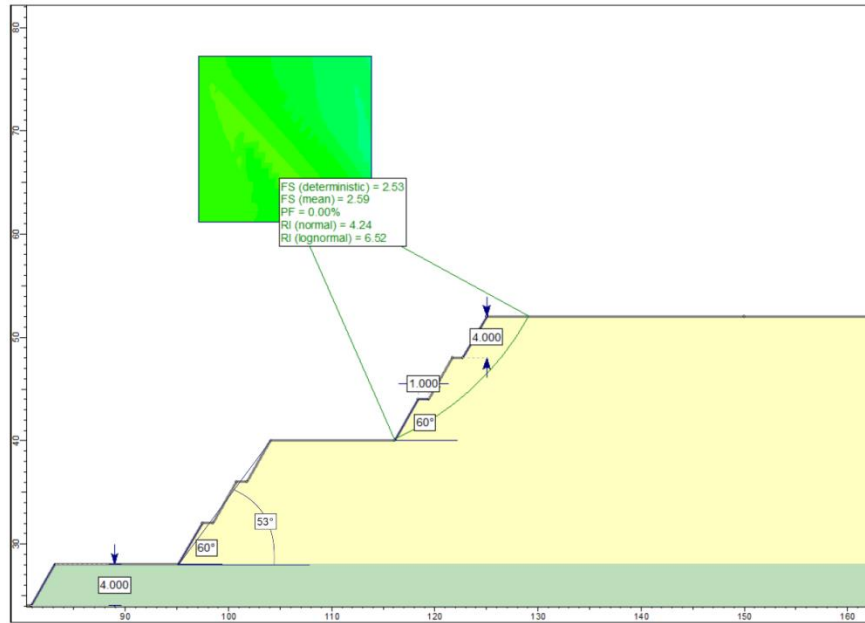
Dari hasil analisis diketahui FK untuk lereng keseluruhan yang dipengaruhi oleh muka air tanah adalah 1.77 dengan tinggi bench 4 m, lebar bench 1 meter, sudut lereng 35° dan lebar ramp 12 meter (Gambar 4). Kondisi geometri lereng ini sudah memenuhi Nilai Faktor Keamanan longsor lereng tambang berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018.



Gambar 4. Analisis faktor keamanan lereng keseluruhan dengan muka air tanah

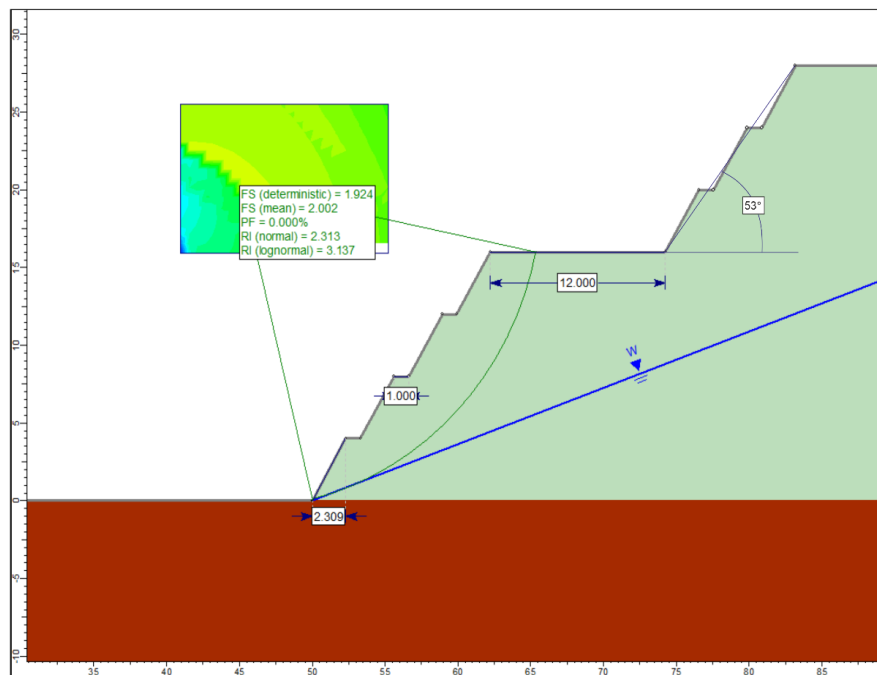
Faktor Keamanan Statis *Inter-Ramp*

Dari hasil analisis diketahui FK untuk *Inter-Ramp* bagian limonit adalah 2.53 dengan tinggi bench 4 m, lebar bench 1 meter, sudut lereng 53° dan lebar ramp 12 meter (Gambar 5). Kondisi geometri lereng ini sudah memenuhi Nilai Faktor Keamanan longsor lereng tambang berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018.



Gambar 5. Analisis faktor keamanan untuk *Inter-Ramp* bagian limonit

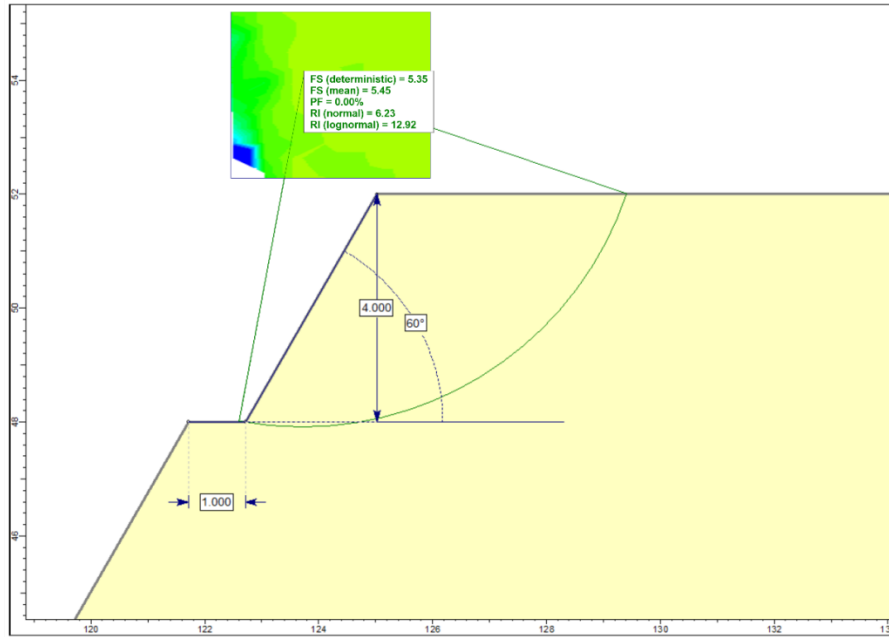
Dari hasil analisis diketahui FK untuk *Inter-Ramp* bagian saprolit adalah 1.92 dengan dengan tinggi bench 4 m, lebar bench 1 meter, sudut lereng 53° dan lebar ramp 12 meter (Gambar 6). Kondisi geometri lereng ini sudah memenuhi Nilai Faktor Keamanan longsor lereng tambang berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018.



Gambar 5. Analisis faktor keamanan untuk *Inter-Ramp* bagian saprolit

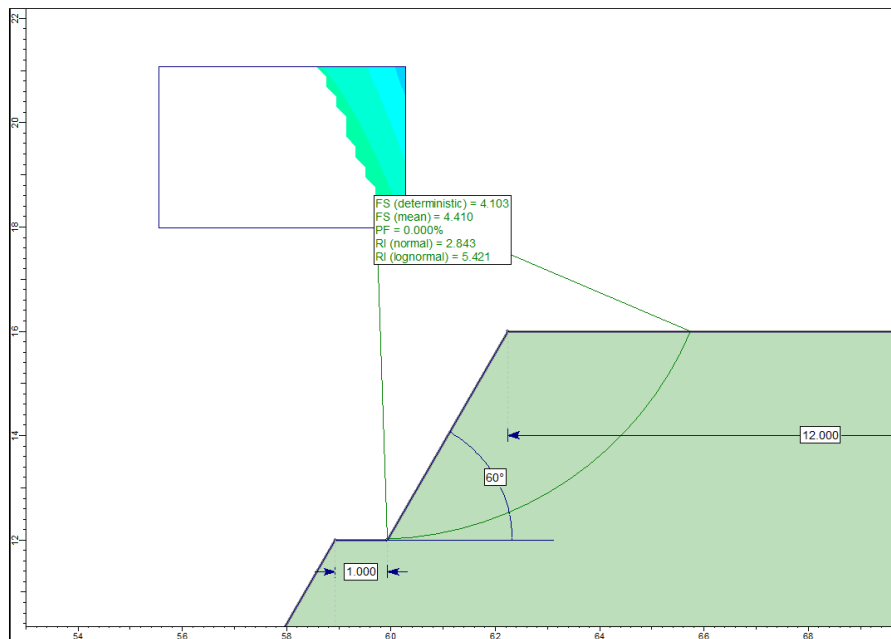
Faktor Keamanan Statis Lereng Tunggal

Dari hasil analisis diketahui FK untuk Lereng Tunggal bagian limonit adalah 5.35 dengan dengan tinggi bench 4 m, lebar bench 1 meter dan sudut lereng 60° (Gambar 6). Kondisi geometri lereng ini sudah memenuhi Nilai Faktor Keamanan longsor lereng tambang berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018.



Gambar 5. Analisis faktor keamanan untuk lereng tunggal bagian limonit

Dari hasil analisis diketahui FK untuk lereng tunggal bagian saprolit adalah 4.10 dengan tinggi bench 4 m, lebar bench 1 meter dan sudut lereng 60° (Gambar 6). Kondisi ini dihasilkan oleh karena kohesi tanah laterit yang tergolong tinggi. Kondisi geometri lereng ini sudah memenuhi Nilai Faktor Keamanan longsor lereng tambang berdasarkan Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018.



Gambar 6. Analisis faktor keamanan untuk lereng tunggal bagian saprolit

Berdasarkan hasil simulasi geometri lereng dan analisis faktor keamanan, kondisi paling stabil dijumpai pada lereng tunggal. Namun secara keseluruhan semua jenis lereng tersebut masuk kategor satabil atau dapat diterima berdasarkan standar Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan. Menurut Azikin dan Bundang (2022) beberapa faktor penyebab rentanya suatu lereng terjadi longsor yaitu tingkat pelapukan yang tinggi dan kemiringan lereng yang terjal [8].

4. Kesimpulan

Hasil simulasi geometri lereng menunjukkan nilai faktor keamanan dengan kategori yang stabil berdasarkan standar Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM Tahun 2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan. Faktor keamanan statis untuk lereng keseluruhan pada kondisi tanpa muka air tanah adalah 2.00 dan pada lereng keseluruhan yang dipengaruhi oleh muka air tanah adalah 1.77. Faktor keamanan statis untuk Inter-ramp bagian limonit adalah 2.53 dan pada lereng Inter-ramp bagian saprolit adalah 1.92. Faktor keamanan statis untuk lereng tunggal bagian limonit adalah 5.35 dan pada lereng tunggal bagian saprolit adalah 4.10.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam riset ini sehingga paper ini bias terselesaikan. Semoga kerjasama lintas universitas seperti ini bias terus – terusan terjalin.

6. Referensi

- [1] A. Maulana, *Endapan Mineral*. Yogyakarta: Penerbit Ombak, 2017.
- [2] G.B. Sahetapy, P.M. Fandi dan B.M. Nahumury, “Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan Menggunakan Metode Bishop pada PT. Aneka Tambang (UBPN) Site Pulau Pakal,” *Jurnal GEOMining*, vol. 4, no. 1, pp.27-31, 2023.
- [3] M.I. Sidiq, Z. Zakaria, dan A. Mulyo, “Rancangan Terasering Untuk Stabilisasi Lereng Pada Tambang Nikel Laterit,” *Geoscience Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 172-182, 2017.
- [4] I. Arif, *Geoteknik Tambang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2016.
- [5] B. M. Das, N. Endah, dan I. B. Mochtar, *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga, 1995.
- [6] G.B. Sahetapy, P.M. Fandy dan R.M.B. Kmurawak, “ Perancangan Program Faktor Keamanan Lereng Menggunakan Matlab pada PT. ANTAM (Persero) Tbk. UBPN Maluku Utara Site Pakal,” *Jurnal GEOMining*, vol. 3, no. 1, pp. 8-17, 2022.
- [7] Kementerian ESDM, Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827, 2018.
- [8] B. Azikin dan S.Bundang, “Kerentanan Bencana Tanah Longsor di Wilayah Kecamatan Herolangelange Kabupaten Bulukumba Sulawesi Selatan,” *Jurnal GEOMining*, vol. 3, no. 2, pp. 67-75, 2022.