



Artikel Penelitian

Analisis Kestabilan Lereng pada *Overburden* Lempung menggunakan Metode *Fellenius*

(Studi Kasus Blok Parasi PT. Wijaya Inti Nusantara Kabupaten Konawe Selatan)

Ashar Ashar¹, Ida Usman², Al Amin Siharis^{1*}, Abriansyah Abriansyah¹, Fitriani Amin¹, Aqsal Ramadhan Shaddad¹, Aldiyansyah Aldiyansyah¹

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Kendari, Jl. KH. Ahmad Dahlan No. 10 Kendari – Sulawesi Tenggara, Indonesia

² Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Jalan H.E.A. Mokodompit, Kendari – Sulawesi Tenggara, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 7 Desember 2025

Revisi Akhir: 11 Desember 2025

Diterbitkan Online: 31 Desember 2025

KATA KUNCI

Slope stability; *Slope*; Lempung; Faktor; Keamanan

KORESPONDENSI

Telepon: 082353900980

E-mail: alamin.siharis@umkendari.ac.id

ABSTRACT

This study analyzes slope stability using the Fellenius Method in the Parasi Block of PT Wijaya Inti Nusantara, South Konawe Regency. The objective is to determine the safety factor (SF) as well as the safe and efficient slope geometry. Data were obtained from field measurements and laboratory tests of unit weight, cohesion, and internal friction angle. Calculations were performed manually and using Slide 6.0 software. The results indicate that the SF values for both single and overall slopes exceed 1.2, indicating stability in accordance with the Ministry of Energy and Mineral Resources Decree No. 1827 K/30/MEM/2018. However, the SF values decrease when influenced by groundwater levels. These findings can serve as a reference for planning safe and efficient slope designs in the mining area of PT Wijaya Inti Nusantara.

1. PENDAHULUAN

Nikel laterit merupakan hasil pelapukan batuan ultrabasa yang dipengaruhi oleh kondisi geologi dan iklim tropis. Proses ini menghasilkan endapan nikel bernilai ekonomis pada lapisan tanah atas. Indonesia menjadi salah satu pemasok utama nikel dunia dengan sekitar 27% dari kebutuhan global dan terus memetakan wilayah berpotensi seperti Sulawesi, Halmahera, Pulau Obi, Pulau Gag, Papua, dan Papua Barat (Harahap, M.G.M. dkk., 2022).

Penambangan nikel laterit dilakukan pada umumnya menggunakan sistem tambang terbuka (*surface mining*), yang seluruh aktivitasnya berlangsung di bawah udara terbuka. Sistem ini memerlukan perencanaan rinci, terutama dalam perancangan geometri lereng dan penentuan batas akhir penambangan (Aprilia, A., Rembah dkk., 2024). Tambang terbuka sering menghadapi tantangan geoteknik yang memengaruhi stabilitas lereng. Faktor yang memengaruhi kestabilan lereng meliputi kondisi massa batuan, struktur geologi, desain tambang,

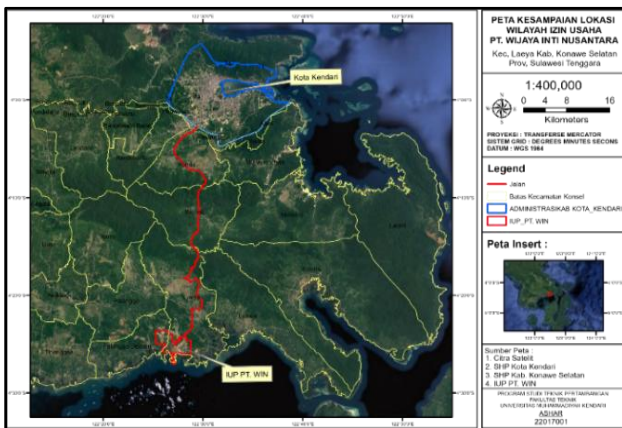
hidrologi, iklim, pelapukan, dan geometri lereng. Faktor keamanan diperlukan untuk mengetahui tingkat kestabilan suatu lereng agar dapat mencegah bahaya longsor di sewaktu-waktu yang akan datang. Untuk mengetahui faktor keamanan menyatakan bahwa analisis kestabilan lereng cukup di buat dengan pendekatan kesetimbangan batas untuk mendapatkan nilai faktor keamanan terhadap longsor yg paling kecil. Berbagai cara untuk analisis ini, namun pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode Fellenius karena metode tersebut merupakan kelompok dari kategori metode irisan yang disederhanakan dan sangat sesuai dengan area tambang nikel (Amin, M. R. dkk., 2024).

PT. Wijaya Inti Nusantara merupakan perusahaan yang melakukan kegiatan penambangan nikel laterit di Blok Parasi, Kecamatan Laeya, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Tantangan utama dalam melakukan kegiatan penambangan tersebut adalah menentukan batas geometri lereng yang aman, serta mencegah terjadinya kelongsoran sehingga diperlukan analisis kestabilan lereng untuk memperoleh desain yang optimal dan stabil (Mulianto, M. A., 2022).

2. METODOLOGI

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di area penambangan Blok Parasi milik PT. Wijaya Inti Nusantara yang secara administratif, lokasi ini berada di Desa Parasi, Kecamatan Laeya, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara (gambar 1). Lokasi penelitian dapat dijangkau dengan mudah dari Kota Kendari melalui jalur darat, menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat. Waktu tempuh perjalanan sekitar ± 2 jam. Wilayah IUP Operasi Produksi (IUP OP) PT. Wijaya Inti Nusantara memiliki luas sekitar 1.930 hektar. Untuk memberikan gambaran lebih jelas mengenai lokasi dan aksesibilitas area penelitian, informasi rinci dapat dilihat pada Gambar.1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2. Metode Penelitian

Pengambilan sampel tanah material lempung yang diperoleh melalui hasil pengambilan menggunakan pipa galvanis di lapangan. Dengan menggunakan pipa galvanis yang berukuran diameter 3 inch, dengan panjang pipa 40 cm sebanyak 3 buah sampel tanah material lempung, kegunaan pipa galvanis diameter 3 inch untuk pengambilan dan sekaligus tempat wadah penyimpanan sampel tanah material lempung dengan cara menumbuk pipa galvanis diameter 3 inch, dengan menggunakan *Backhoe Excavator*.



Gambar 2. Pengambilan dan pengujian Sampel Tanah

2.2.1 Faktor- Faktor Yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng hasil galian dapat berubah seiring berjalannya waktu. Kondisi ini dipengaruhi oleh variasi tekanan air pori, tegangan geser, serta beban yang bekerja pada lereng sehingga mempengaruhi kekuatan geser tanah. Adapun beberapa faktor yang berperan terhadap kestabilan lereng yakni:

1. Geometri lereng
2. Penyebaran batuan
3. Relief permukaan bumi
4. Stuktur geologi regional dan lokal.
5. Iklim dan curah hujan

2.2.2 Sifat fisik dan mekanik batuan atau tanah

Sifat fisik dan mekanik batuan maupun tanah yang dibutuhkan dalam analisis kestabilan lereng meliputi beberapa aspek, antara lain:

- 1) Bobot isi batuan atau tanah
 Nilai bobot isi menentukan besar kecilnya beban yang bekerja pada bidang longsor, yang dinyatakan dalam satuan berat per volume. Bobot isi dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung dalam batuan. Semakin tinggi bobot isi suatu lereng tambang, maka gaya geser pemicu longsor juga semakin besar sehingga kestabilan lereng berkurang. Nilai ini diperoleh melalui uji laboratorium dan biasanya dibedakan atas bobot isi kondisi asli, kering, serta basah.
- 2) Porositas batuan atau tanah
 Batuan atau tanah dengan porositas tinggi mampu menyerap lebih banyak air, sehingga bobot isinya meningkat dan kestabilan lereng menurun. Selain itu, air yang tersimpan di dalam pori-pori dapat menimbulkan tekanan pori yang berakibat pada penurunan kuat geser batuan. Material dengan kuat geser rendah lebih rentan mengalami longsor.
- 3) Kandungan air
 Semakin besar kadar air dalam batuan, semakin tinggi pula tekanan pori yang terbentuk. Hal ini berdampak pada penurunan kuat geser sehingga stabilitas lereng berkurang.
- 4) Kohesi (*c*) dan sudut geser dalam (ϕ)
 Kohesi (*c*) Kohesi adalah gaya tarik-menarik antar partikel tanah atau batuan, dinyatakan dalam satuan gaya per luas. Nilai kohesi yang tinggi menandakan kuat geser yang besar. Sementara itu, sudut geser dalam (ϕ) adalah sudut yang terbentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser dalam material. Semakin besar sudut geser dalam suatu material, semakin tinggi pula kekuatannya, sehingga lereng lebih stabil dan mampu menahan tegangan dari luar.
- 5) Gaya dari luar

Faktor eksternal yang dapat mengurangi kestabilan lereng meliputi getaran akibat gempa bumi, kegiatan peledakan, penggunaan peralatan mekanis berat di sekitar lereng, pemotongan bagian kaki lereng (*Toe*), maupun penebangan pohon yang berfungsi sebagai pelindung lereng. Metode Fellenius, yang juga dikenal sebagai *Ordinary Method of Slices*, pertama kali diperkenalkan oleh Fellenius pada tahun 1936. Metode ini termasuk salah satu metode klasik dalam analisis kestabilan lereng yang digunakan untuk memperkirakan faktor keamanan lereng terhadap longsor. Dalam metode ini, asumsi utama yang digunakan adalah bahwa gaya-gaya yang bekerja pada setiap irisan tanah dianggap sejajar dengan dasar irisan, dan faktor keamanan dihitung berdasarkan keseimbangan momen terhadap titik pusat putar. Fellenius juga mengasumsikan bahwa resultan gaya yang bekerja pada sisi kanan dan kiri setiap irisan saling meniadakan atau bernilai nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Dengan penyederhanaan ini, analisis menjadi lebih praktis, meskipun tingkat ketelitiannya masih terbatas. Tahanan longsor yang dikerahkan oleh komponen kohesi:

$$\sum c_i a_i = Crata - rata \Sigma L \tag{1}$$

Tahanan longsor oleh komponen gesekan pada lapisan:

$$W_i \cos \theta \times tg \phi rata-rata$$

$$FK = \frac{\sum c_i a_i + (W_i \cos \theta \times tg \phi rata-rata)}{W_i \sin \theta_i} \tag{2}$$

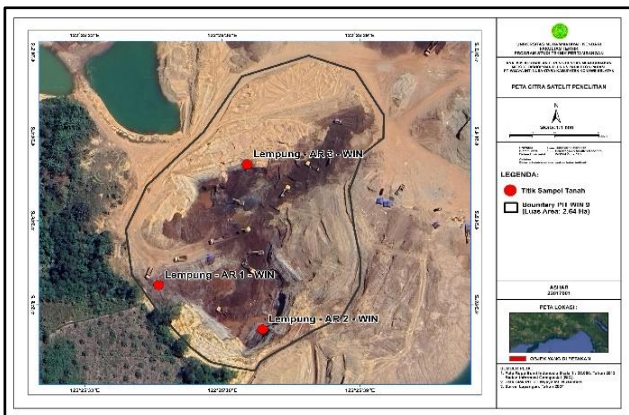
- Dimana :
- F = faktor kewanaman
 - c = kohesi tanah (kN/m²)
 - ϕ = sudut gesek dalam tanah (°)
 - θ_i = sudut sudut tiap irisan (°)
 - w_i = berat irisan tanah ke – i (kN)

Metode Fellenius banyak diterapkan dalam praktik karena perhitungannya sederhana dan kesalahan yang mungkin terjadi masih berada pada sisi aman.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel geotek dilakukan di area Pit Win 9, Blok Parasi, PT. Wijaya Inti Nusantara. Peta lokasi digunakan untuk mengidentifikasi titik sampel tanah pada litologi material lempung di wilayah penelitian.



Gambar 3. Peta Sebaran Titik Pengambilan Sampel Tanah Pada Blok Parasi Pit Win 9

3.2. Pengolahan Data Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik

Uji sifat fisik tanah yang merupakan proses penentuan karakteristik tanah secara fisik melalui pengujian laboratorium. Tujuan utamanya adalah untuk dapat memahami perilaku tanah dalam berbagai kondisi khususnya dalam keperluan geoteknik. Hasil dari pegujian sifat fisik tanah dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

No	zona	Kode Sampel	Sifat Fisik	Nilai Rata-Rata	Satuan	Nilai	Satuan
1	Lempung	Lempung - AR 1 - Win	Berat Isi Basa	1,76	gr/cm ³	17,27	kN/m ²
			Bera Isi Kering	1,61	gr/cm ³	15,79	kN/m ²
2	Lempung	Lempung -AR 2 - Win	Berat Isi Basa	1,76	gr/cm ³	17,27	kN/m ²
			Berat Isi Kering	1,61	gr/cm ³	15,79	kN/m ²
3	Lempung	Lempung -AR 3 - Win	Berat Isi Basa	1,76	gr/cm ³	17,27	kN/m ²
			Berat Isi Kering	1,61	gr/cm ³	15,79	kN/m ²

Pengujian sifat mekanik tanah dalam geoteknik merupakan proses evaluasi untuk menentukan perilaku sifat tanah ketika di kenai beban, gaya geser, tekanan, atau perubahan kondisi lingkungan. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh parameter teknis yang di gunakan dalam analisis kestabilan lereng pada blok Parasi perencanaan penambangan. Pengujian sifat mekanik berupa pengujian kuat geser tanah

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Mekanik Tanah

No	zona	Kode Sampel	Sifat Mekanik	Nilai Rata-Rata	Satuan	Nilai	Satuan
1	Lempung	Lempung - AR 1 - Win	Kohesi	0,27	kg/cm ²	26,58	kN/m ²
			Sudut Geser Dalam	34,992	°	34,99	°
2	Lempung	Lempung -AR 2 - Win	Kohesi	0,252	kg/cm ²	24,71	kN/m ²
			Sudut Geser Dalam	33,524	°	33,52	°
3	Lempung	Lempung -AR 3 - Win	Kohesi	0,242	kg/cm ²	23,73	kN/m ²
			Sudut Geser Dalam	35,232	°	35,23	°

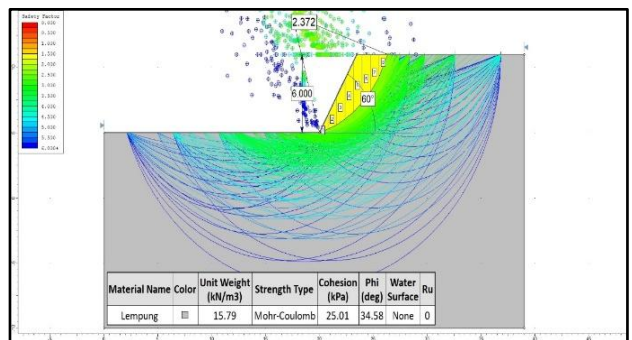
3.3. Desain Dimensi Lereng Tunggal Dan Overall Slope

Desain dimensi lereng tunggal dan lereng keseluruhan (*Overall slope*) pada material lempung dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter berikut

1. Lereng tunggal dianggap stabil jika faktor keamanan (F_k) > 1,1–1,2, sedangkan *overall slope* stabil jika F_k > 1,2–1,3, sesuai Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018.
2. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan perhitungan menggunakan metode Fellenius, baik secara manual maupun dengan *software Slide*.
3. Pemodelan lereng tunggal dilakukan dengan tinggi *bench* 4–6 m, lebar *bench* 4 m, dan *slope* 40°–60°.
4. Pemodelan *overall slope* dilakukan dengan tinggi total 12 m, tinggi *bench* 4–6 m, lebar *bench* 4 m, dan *slope* 40°–60°.
5. Material lereng dianalisis berdasarkan nilai hasil uji laboratorium dengan nilai Parameter kohesi (c), sudut geser dalam (Φ), berat isi basah (γ), dan berat isi kering (γ).
6. Lereng tunggal maupun *overall slope* diasumsikan dipengaruhi muka air tanah, dengan aliran diklasifikasikan menurut Hoek & Bray (1981).

3.4 Analisis Faktor Keamanan Lereng Tunggal Metode Fellenius

Analisis faktor keamanan pada lereng tunggal dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh nilai faktor keamanan (F_k) pada material lempung. Proses simulasi lereng tunggal melibatkan variasi tinggi *bench* sebesar 4 m, 5 m, dan 6 m, dengan lebar *bench* tetap 4 m, serta kemiringan lereng (*slope*) masing-masing 40°, 50°, dan 60°. Kombinasi dari variasi tinggi *bench* dan sudut kemiringan ini menghasilkan total sembilan model pemodelan yang digunakan untuk analisis lebih lanjut. Perhitungan faktor keamanan (F_k) dilakukan menggunakan prinsip metode irisan (Fellenius)



Gambar 4. Hasil Pemodelan Program Slide Tinggi 6 Meter, Sudut 60°

Tabel 3. Titik Center Lereng Tunggal

No	Sudut (β)	Tinggi (H)	Toe Circles y0	All Circles x0	Y ₀	X ₀
1	40°	4	2.2	0.6	8.80	2.40
2	50°	4	2.2	0.4	8.80	1.60
3	60°	4	2.2	0.0	8.80	0.00
4	40°	5	1.75	0.6	8.75	3.00
5	50°	5	1.7	0.4	8.50	2.00
6	60°	5	1.7	0.0	8.50	0.00
7	40°	6	1.75	0.6	10.50	3.60
8	50°	6	1.7	0.4	10.20	2.40
9	60°	6	1.7	0.0	10.20	0.00

Titik center lereng tunggal seperti ditunjukkan pada tabel 3, digunakan untuk menggambarkan bidang gelincir pada lereng

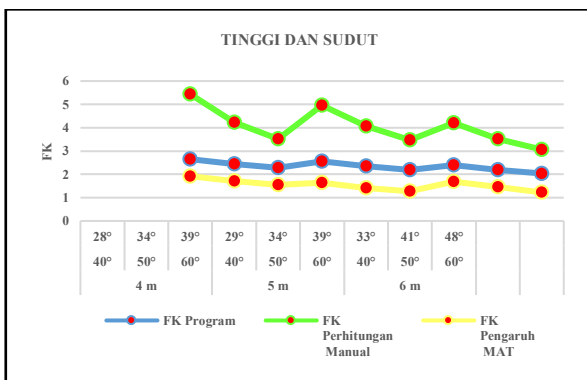
tunggal. Data berupa titik center dijadikan patokan dalam penggambaran lereng manual, di mana setiap kombinasi parameter geometri lereng seperti sudut lereng, tinggi lereng, titik pusat lingkaran longsor menentukan posisi pusat lingkaran (X_0, Y_0), yang berfungsi sebagai dasar untuk membuat bidang gelincir (*Slip cirle*) pada analisis kestabilan lereng

Tabel 4. Faktor Keamanan Pada Lereng Tunggal

No	Lebar Bench (m)	Tinggi Lereng (m)	Bench Angel (°)	FK Program	FK Pengaruh MAT	FK Perhitungan Manual
1	4 m	4	40	3,953	3,423	7,689
			50	3,508	3,124	5,724
			60	3,129	2,877	3,198
2	4 m	5	40	3,431	2,978	6,428
			50	3,016	2,695	4,629
			60	2,679	2,463	3,095
3	4 m	6	40	3,063	2,541	5,686
			50	2,681	2,298	4,207
			60	2,372	2,109	2,895

Hasil perhitungan Faktor Keamanan (FK), baik yang diperoleh melalui analisis manual maupun melalui perangkat lunak geoteknik (Tabel 4), menunjukkan konsistensi bahwa seluruh konfigurasi lereng yang diuji berada dalam kondisi stabil. Variasi parameter geometri yang digunakan—meliputi perubahan lebar jenjang, tinggi lereng, serta sudut kemiringan—tidak menghasilkan nilai FK di bawah ambang batas yang dipersyaratkan. Seluruh kombinasi tersebut justru memberikan nilai FK yang melampaui 1,25, yang secara umum diakui sebagai batas minimum kestabilan lereng dalam kegiatan pertambangan. Temuan ini mengindikasikan bahwa rancangan geometri lereng yang digunakan tidak hanya memenuhi kriteria keselamatan, tetapi juga memiliki tingkat reliabilitas yang memadai untuk diterapkan dalam perencanaan teknis dan operasional penambangan pada lokasi penelitian.

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara tinggi dan sudut lereng terhadap faktor keamanan yang dihitung dengan tiga metode: FK Program, FK Manual, dan FK Pengaruh Muka Air Tanah. Pada setiap tinggi lereng (4 m, 5 m, dan 6 m), nilai FK menurun seiring bertambahnya sudut lereng (40°, 50°, 60°), menandakan bahwa semakin curam lereng, stabilitasnya semakin rendah. Nilai FK Manual (garis hijau) lebih tinggi dan bersifat konservatif, sedangkan FK dengan Pengaruh MAT (Garis kuning) paling rendah, menunjukkan bahwa air tanah menurunkan kestabilan. Secara keseluruhan, tinggi dan sudut lereng berpengaruh signifikan terhadap stabilitas lereng serta menunjukkan perbedaan hasil antar metode analisis.

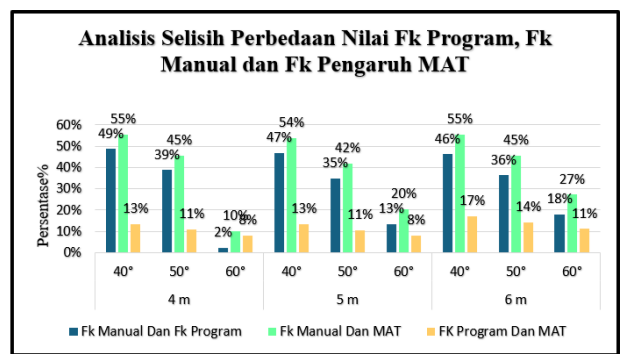


Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Faktor Keamanan Terhadap Tinggi Dan Sudut Lereng

Berdasarkan perhitungan manual metode Fellenius pada lereng tunggal material lempung dengan kemiringan 60° dan tinggi 6 meter, diperoleh faktor keamanan (FK) sebesar 2,895. Analisis dilakukan berulang untuk menentukan batas kritis sesuai Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 dan dibandingkan dengan hasil analisis menggunakan *software Slide*. Berdasarkan klasifikasi Hoek & Bray (1981). Hasil menunjukkan nilai FK dari *Slide* tanpa muka air tanah sebesar 2,372 dan dengan pengaruh muka air tanah sebesar 2,109. Perbedaan ini menunjukkan bahwa keberadaan muka air tanah menurunkan nilai FK, namun secara keseluruhan lereng masih tergolong stabil dan aman.

3.5 Analisis Faktor Keamanan Overall Slope Metode Fellenius

Analisis kestabilan lereng *overall slope* dilakukan dengan menggunakan parameter mekanika tanah hasil uji *direct shear*, meliputi bobot isi (γ), kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai faktor keamanan (FK) diperoleh melalui pemodelan menggunakan *aplikasi kestabilan lereng*.



Gambar 6. analisis perbedaan nilai Faktor Keamanan

Gambar 6 diatas menunjukkan hasil perhitungan yang diperoleh Fk, dengan perhitungan metode manual, *software slide*, dan pengaruh muka air tanah (MAT). Diperoleh tiga jenis analisis selisih perbedaan persentase nilainya faktor keamanan serta rincian pembahasan untuk masing-masing analisis adalah sebagai berikut:

1. Analisis perbedaan nilai Fk manual dan Fk Slide

Berdasarkan hasil perhitungan persentase di tinggi lereng tunggal 4 meter dengan sudut 60°, dengan nilai Fk manual 3,198 dan Fk program 3,129 dengan selisih Fk 0,069 sehingga hasil persentasenya terhadap Fk manual 2,2% mendapatkan persentase kecil, berarti dari hasil manual dan hasil program sangat dekat menunjukkan bahwa metode manual dan program menghasilkan nilai Fk yang relatif konsisten pada sudut 60°, lereng dengan parameter yang digunakan masih dalam kondisi aman dan pendekatan Fk manual dapat diandalkan karena perbedaannya kecil terhadap hasil Fk program, sehingga disimpulkan bahwa hasil Fk manual dan Fk program saling mendukung. *Program slide* cenderung memberikan nilai faktor keamanan lebih rendah karena perhitungan yang dilakukan mempertimbangkan aspek numerik dan distribusi gaya pada setiap irisan yang detail, jadi besar kecilnya persen bergantung selisih antara absolut dan besarnya Fk manual sebagai pembagi selisih dan menghasilkan nilai persentase lebih besar secara relatif.

2. Analisis perbedaan nilai Fk manual dan Fk MAT

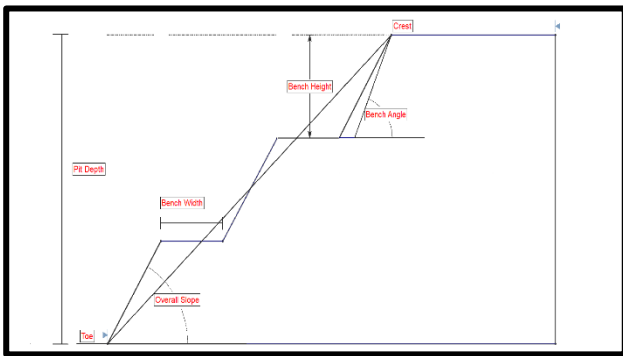
Berdasarkan perhitungan persentase di tinggi lereng 4 meter, 5 meter dan 6 meter dengan sudut yang sama 50° dengan nilai Fk manual 5,724, 4,629 dan 4,207 dan Fk pengaruh muka air tanah (MAT) 3,124, 2,695 dan 2,298 dengan selisih Fk 2,603, 1,934 dan 1,909 sehingga hasil persentasenya terhadap Fk manual yaitu 45,4%, 41,8% dan 45,4% mendapatkan persentase besar. Perbedaan yang besar ini menandakan bahwa pengaruh muka air tanah sangat signifikan dalam menurunkan nilai Fk.

3. Analisis perbedaan nilai Fk Program Slide dan Fk MAT

Berdasarkan perhitungan persentase di tinggi lereng 4 meter, 5 meter dan 6 meter dengan sudut yang sama 40° dengan nilai Fk program 3,953, 3,431 dan 3,063 dan Fk pengaruh muka air tanah (MAT) 3,423, 2,978 dan 2,541 dengan selisih Fk 0,53, 0,453 dan 0,522 sehingga hasil persentasenya terhadap Fk manual yaitu 13,4%, 13,2% dan 17% mendapatkan persentase kecil. Berarti dari hasil Program dan hasil pengaruh muka air tanah sangat dekat menunjukkan bahwa metode program dan pengaruh MAT menghasilkan nilai Fk yang relatif konsisten pada sudut 40°, lereng dengan parameter yang digunakan masih dalam kondisi aman dan pendekatan Fk Program dapat diandalkan karena perbedaannya kecil terhadap hasil Fk pengaruh MAT, sehingga disimpulkan bahwa hasil Fk program dan Fk pengaruh MAT saling mendukung. Hasil ini menunjukkan nilai persentasenya kecil dibandingkan dengan hasil selisih persentase manual, kemungkinan persentase untuk terjadinya longsor masih jauh

3.6 Analisis FK Lereng Overall Slope

Analisa kestabilan lereng *overall Slope* dilakukan dengan menggunakan data parameter mekanika tanah, yaitu bobot isi (γ), nilai kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ), yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium dengan metode *direct shear*.



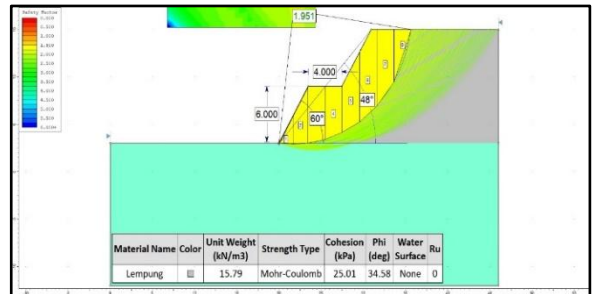
Gambar 7. Geometri Lereng Overall Slope

Nilai faktor keamanan (FK) diperoleh melalui pemodelan lereng yang menggunakan perangkat lunak *Software Slide*, kestabilan lereng tanpa perkuatan dilakukan dengan menilai potensi terjadinya kelongsoran. Proses analisis diawali menggunakan *program Slide* untuk menentukan bidang longsor yang akan diperiksa, serta dilakukan perhitungan kembali secara manual dengan metode *Bishop* dan *Fellenius* guna memperoleh nilai *Safety Factor* (SF) pada kondisi lereng asli. Perbandingan antara metode ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil antara analisis menggunakan *Software Slide* dengan perhitungan manual, dengan pertimbangan geometri lereng (Gambar 7).

Desain lereng *overall slope* pada Blok Parasi menggunakan metode Fellenius dengan tinggi total lereng 12 meter. Variasi geometri meliputi sudut lereng 40°, 50°, dan 60°, serta *bench height* 4 m, 5 m, dan 6 m dengan lebar 4 m. Perhitungan dilakukan secara berulang untuk memperoleh batas kritis nilai FK sesuai Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Analisis juga

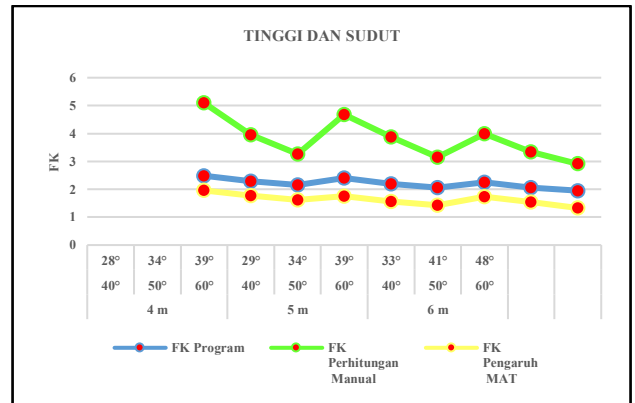
mempertimbangkan pengaruh muka air tanah (MAT) terhadap tekanan pori berdasarkan klasifikasi Hoek & Bray (1981).

Analisis kestabilan lereng keseluruhan dilakukan dengan metode Fellenius menggunakan *software Slide* untuk menentukan faktor keamanan dan menilai stabilitas lereng. Simulasi dilakukan pada variasi geometri dengan lebar *bench* 4 m, tinggi *bench* 4–6 m, dan sudut lereng 40°–60°, serta mempertimbangkan pengaruh muka air tanah (MAT) terhadap tekanan pori. Desain lereng keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Desain Lereng Overall Slope Tinggi 12m dan 48°

Gambar 9 menunjukkan hubungan antara tinggi dan sudut lereng terhadap nilai Faktor Keamanan (FK) yang dianalisis dengan tiga metode: FK Program (biru), FK Manual (hijau), dan FK dengan Pengaruh MAT (kuning). FK Manual menunjukkan nilai tertinggi karena menggunakan asumsi sederhana, sedangkan FK Program lebih rendah karena memperhitungkan kondisi teknis yang lebih kompleks. FK Pengaruh MAT paling rendah, menunjukkan bahwa muka air tanah menurunkan kestabilan lereng akibat peningkatan tekanan pori dalam tanah.



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Faktor keamanan Terhadap Tinggi Dan Sudut Material lempung

Hasil analisis faktor keamanan lereng *overall slope* pada lapisan lempung di blok Parasi Tabel 4. dilakukan dengan dua pendekatan: perhitungan manual metode Fellenius dan simulasi menggunakan *software Slide*. Tujuannya untuk mengevaluasi pengaruh tinggi dan sudut *bench*, serta muka air tanah (MAT), terhadap nilai faktor keamanan (FK). Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi dan curam *bench*, FK cenderung menurun meskipun tinggi total lereng tetap 12 meter. Pada konfigurasi *bench height* 4 m, *slope* 60°, dan *overall slope* 39°, FK adalah 2,148 (tanpa MAT), 3,271 (manual), dan 1,615 (dengan MAT). Sedangkan pada *bench height* 6 m dan *overall slope* 48°, FK mencapai 1,951 (tanpa MAT), 2,910 (manual), dan 1,329 (dengan MAT). Meskipun MAT menurunkan nilai FK, lereng tetap dalam kategori aman. Simulasi berbagai kombinasi geometri lereng merekomendasikan dua desain:

- a. Slope 40°, overall slope 39°, bench height 4 m
- b. Slope 60°, overall slope 48°, bench height 6 m

Kedua lereng tersebut tetap menunjukkan kondisi yang stabil dengan nilai faktor keamanan (Fk) yang tetap berada di atas 1,3. Hal ini menunjukkan bahwa lereng tersebut masih memenuhi kriteria keamanan yang telah ditetapkan dalam peraturan resmi, yaitu Kepmen ESDM No. 1827K/30/MEM/2018.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Lereng tunggal dengan tinggi 6 m dan sudut 60° memiliki nilai FK sebesar 2,372 menggunakan *Software Slide*, hasil perhitungan manual sebesar 2,895, dan FK pada kondisi terpengaruh muka air tanah sebesar 2,109.
2. Lereng *overall slope* dengan tinggi total 12 m, *bench height* 6 m, dan sudut *overall slope* 48° menunjukkan FK stabil sebesar 1,951 menggunakan *Software Slide*, hasil perhitungan manual sebesar 2,910, serta FK pada kondisi dipengaruhi muka air tanah sebesar 1,329.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M. R., & Cahyono, Y. D. G. (2024, March). Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batu Andesit Cv. Empat Lima Desa Morang Kecamatan Kare Kabupaten Madiun Provinsi Jawa Timur. In *Prosiding Senastitan: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan* (Vol. 4), 1 – 9.
- Aprilia, A., Rembah, R., & Nurfasiha, N. (2024). Rancangan Teknis Penambangan Dan Penjadwalan Produksi Jangka Pendek (Short Term Scheduling) Pada Penambangan Bijih Nikel PT. Gerbang Multi Sejahtera. *Mining Science And Technology Journal*, 3(1), 11-19.
- Arif, I., (2016), "Geoteknik Tambang Mewujudkan Produksi Tambang Yang Berkelanjutan Dengan Menjaga Kestabilan Lereng" Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama. Hal. 1-397.
- Efendi, R., & Novitasari, E.D. (2019). Quarterly Plan Penambangan Nikel Tahun 2020 pada Pit X PT. Elit Kharisma Utama Menggunakan Software Maptec Vulcan 9.1. *Jurnal Bina Tambang*, 4(1), 445-456.
- Harahap, M.G.M., & Novitasari, E.D. (2022). Geomorfologi dan Karakteristik Nikel Laterit di Desa Baingkete Distrik Makbon Kabupaten Sorong Provinsi Papua Barat. *Jurnal Penelitian Tambang*, 5(22), 27-34.
- Mulianto, M. A., Mili, M. Z., & Ido, I. (2022). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop Pada Pit Mutiara Blok Utara Pt. Manunggal Sarana Surya Pratama Desa Boenaga Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara: Slope Stability Analysis Using The Bishop Method At The North Block Mutiara Pit Pt. Manunggal Sarana Surya Pratama Boenaga Village, Lasolo District, Islands, Konawe Utara Regency, Southeast Sulawesi Province. *Jurnal Riset Teknologi Pertambangan*, 2(02).