

**IDENTIFIKASI SIFAT FISIK DAN MEKANIS UNTUK MENGANALISA  
KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN PERBANDINGAN METODE JANBU  
DAN FELLENIUS DI DESA OEMASI, KECAMATAN NEKAMESE,  
KABUPATEN KUPANG, NUSA TENGGARA TIMUR**

*IDENTIFICATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES TO ANALYZE SLOPE  
STABILITY USING A COMPARISON OF JANBU AND FELLENIUS METHODS IN OEMASI  
VILLAGE, NEKAMESE DISTRICT, KUPANG REGENCY,  
EAST NUSA TENGGARA*

**Woro Sundari, Frengky Seki Banunaek, Henda V. R. Taopan dan Rizhard Ndolu**

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
e-mail: [worosundari@gmail.com](mailto:worosundari@gmail.com), [banunaekfrengky@gmail.com](mailto:banunaekfrengky@gmail.com), [hevirangga@gmail.com](mailto:hevirangga@gmail.com) dan  
[rizhardndolu@staf.undana.ac.id](mailto:rizhardndolu@staf.undana.ac.id)

**Abstrak**

Ketidakstabilan lereng dapat berakibat pada risiko longsor yang signifikan, terutama di daerah rawan. Desa Oemasi, Kecamatan Nekamese, Kabupaten Kupang, merupakan salah satu daerah yang rawan longsor, dengan salah satu ruas jalan terdampak oleh kelongsoran lereng. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sifat fisik dan mekanis tanah, menganalisis faktor keamanan (FK) lereng menggunakan metode Janbu dan Fellenius, dan menghitung nilai probabilitas kelongsoran. Berdasarkan hasil pengujian, karakteristik fisik tanah di lokasi penelitian meliputi kadar air sebesar 25,41% untuk lapisan atas, 26,82% untuk lapisan tengah, dan 20,99% untuk lapisan bawah. Berat isi tanah masing-masing adalah 1,47 gr/cm<sup>3</sup>, 1,56 gr/cm<sup>3</sup>, dan 1,69 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan berat jenis tanah berturut-turut adalah 2,79 gr/cm<sup>3</sup>, 2,61 gr/cm<sup>3</sup>, dan 2,86 gr/cm<sup>3</sup>. Indeks plastisitas tanah menunjukkan nilai dengan batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas pada lapisan atas, tengah, dan bawah masing-masing berkisar antara 36,35% hingga 37,50%, 22,58% hingga 26,96%, dan 10,54% hingga 13,77%. Pengujian kuat geser tanah pada lapisan atas menunjukkan nilai kohesi (c) sebesar 10,096 kPa dan sudut geser dalam (  $\phi$  ) 38,72°; pada lapisan tengah kohesi (c) 10,517 kPa dan sudut geser dalam (  $\phi$  ) 38,72°; pada lapisan bawah kohesi (c) 10,938 kPa dan sudut geser dalam (  $\phi$  ) 50,264°. Analisis stabilitas lereng dengan perangkat lunak Geoslope menunjukkan bahwa FK lereng di lokasi penelitian adalah 0,902 (metode Janbu) dan 0,910 (metode Fellenius), yang menunjukkan kondisi lereng tidak aman. Redesign lereng menghasilkan FK sebesar 1,397 (metode Janbu) dan 1,432 (metode Fellenius), yang menunjukkan kondisi stabil dan aman dengan nilai FK di atas 1,25. Nilai Probabilitas Kelongsoran (PK) sebesar 1,1% untuk analisis lereng Janbu dan 1% untuk analisis lereng Fellenius. Berdasarkan ketentuan dalam KEPMEN ESDM No. 1827 Tahun 2018, nilai ini tergolong dalam kategori risiko longsor rendah, karena FK dan PK tidak melebihi batas maksimum yang disarankan.

**Kata kunci:** kestabilan lereng, faktor keamanan, longsor

**Abstract**

*Slope instability can lead to significant landslide risks, especially in prone areas. Oemasi Village, Nekamese Subdistrict, Kupang Regency, is one such area vulnerable to landslides, with one of the road sections affected by slope failure. This study aims to identify the physical and mechanical properties of the soil, analyze the slope stability factor (SF) using the Janbu and Fellenius methods, and calculate the landslide probability value. The test results show that the physical characteristics of the soil at the study site include moisture content of 25.41% for the upper layer, 26.82% for the middle layer, and 20.99% for the lower layer. The soil bulk density for each layer is 1.47 g/cm<sup>3</sup>, 1.56 g/cm<sup>3</sup>, and 1.69 g/cm<sup>3</sup>, while the soil specific gravity is 2.79 g/cm<sup>3</sup>, 2.61 g/cm<sup>3</sup>, and 2.86 g/cm<sup>3</sup>, respectively. The plasticity index indicates liquid limit, plastic limit, and plasticity index values for the upper, middle, and lower layers ranging from 36.35% to 37.50%, 22.58% to 26.96%, and 10.54% to 13.77%, respectively. Shear strength tests on the upper layer show cohesion (c) of 10.096 kPa and internal friction angle (  $\phi$  ) of 38.72°; on the middle layer, cohesion (c) is 10.517 kPa and internal friction angle (  $\phi$  ) is 38.72°; and on the lower layer, cohesion (c) is 10.938 kPa with an internal friction angle (  $\phi$  ) of 50.264°. Slope stability analysis using Geoslope software indicates a safety factor (SF) of 0.902 (Janbu method) and 0.910 (Fellenius method), which suggests the slope is unstable. A redesign of the slope resulted in SF*

values of 1.397 (Janbu method) and 1.432 (Fellenius method), indicating a stable and safe condition with SF values exceeding 1.25. The landslide probability (LP) values are 1.1% for the Janbu slope analysis and 1% for the Fellenius slope analysis. According to the Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM) Regulation No. 1827 of 2018, these values fall within the low landslide risk category, as both SF and LP do not exceed the recommended maximum limits.

**Keywords:** slope stability, safety factor, landslide

## PENDAHULUAN

Lereng merupakan suatu permukaan yang memiliki perbedaan elevasi antara dua titik dengan kemiringan tertentu. Lereng yang berada dalam kondisi tidak stabil memiliki potensi tinggi untuk mengalami kelongsoran. Hal ini harus diwaspadai karena dapat menimbulkan berbagai kerugian, mulai dari kerusakan infrastruktur seperti pemukiman, jalan, jembatan, fasilitas pendidikan, dan kesehatan, hingga lahan pertanian dan peternakan. Yang lebih penting lagi, kelongsoran dapat mengakibatkan korban jiwa. Longsor merupakan fenomena geologis yang terjadi akibat pergerakan massa tanah atau batuan dalam berbagai jenis dan bentuk, seperti jatuhnya batuan besar atau gumpalan tanah. Longsor terjadi karena adanya ketidakseimbangan gaya yang bekerja pada lereng, di mana gaya pendorong lebih besar daripada gaya penahan lereng tersebut. Salah satu contoh kejadian longsor adalah di Desa Oemasi, Kecamatan Nekamese, Kabupaten Kupang, yang mengalami bencana tanah longsor pada Februari 2023. Untuk mengantisipasi bencana serupa di masa depan, analisis kestabilan lereng perlu dilakukan. Analisis kestabilan lereng sangat penting untuk longsor yang mencegah dapat terjadinya menyebabkan kerusakan signifikan. Analisis ini harus dilakukan berdasarkan model yang akurat terkait kondisi material bawah permukaan, air tanah, dan beban yang mungkin bekerja pada lereng. Tanpa model geologi yang memadai, hasil analisis bisa menjadi tidak akurat dan kurang bermanfaat. Oleh karena itu, analisis kestabilan lereng di lokasi tersebut sangat diperlukan. Dalam studi ini, metode Janbu dan Fellenius digunakan sebagai perbandingan untuk menghitung faktor keamanan lereng serta menganalisis kekuatan lereng secara keseluruhan.

### 1.1 Lereng

Lereng adalah bagian dari topografi permukaan tanah dengan sudut kemiringan tertentu. Lereng dapat terbentuk secara alami, seperti lereng perbukitan dan tebing sungai, maupun secara buatan, seperti bendungan, tanggul sungai, atau tambang terbuka. Perbedaan sudut kemiringan pada lereng dapat mempengaruhi

kestabilannya. Kestabilan lereng berkaitan erat dengan fenomena longsor atau pergerakan massa tanah secara alami dari tempat tinggi ke tempat rendah akibat gravitasi. Faktor keamanan lereng merupakan rasio antara kekuatan atau kemampuan suatu lereng untuk menahan gaya – gaya yang bekerja pada lereng (safety factor), Faktor keamanan lereng dapat dihitung menggunakan rumus:

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}}$$

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan studi tentang kestabilan lereng, terdapat 3 kelompok rentang faktor keamanan yang di tinjau dari intensitas kelongsoran menurut Bowles (1989) dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan

Nilai FK	Intensitas Longso
<b>FK &lt; 1.07</b>	terjadi/sering (Kelas Labil)
<b>FK antara 1.07 – 1.25</b>	pernah terjadi (Kelas Kritis)
<b>FK &gt; 1.25</b>	jarang terjadi (Kelas stabil)

Sumber: M. Adli Fikri (2018)

Jika harga  $FK = 1.25$  maka longsor akan berhenti jika ketahanan geser batuan penyusun mampu menopang geometri lereng yang baru (yang lebih landai) dan  $FK$ nya menjadi lebih tinggi.

### 1.2 Sifat Fisik

Tanah Secara umum tanah terdiri dari tiga elemen yaitu butiran tanah yang merupakan bahan utama, air, tanah dan udara. Udara dan air berada pada ruangan antara butiran-butiran tanah tersebut, ruang antar butiran tanah dengan pori tanah. Adapun pengukuran parameter tanah didapat pada pengujian laboratorium melalui pengukuran mekanika tanah. Hasil dari nilai properties tanah itulah yang menjadi masukan untuk pengukuran dan analisa selanjutnya.

#### 1.2.1 Berat Jenis

Berat jenis adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan seberapa padat atau rapat suatu benda atau zat.

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_2 - W_1) - (W_4 - W_3)}$$

Keterangan:

- $G_s$  = Berat jenis tanah (gr/cm<sup>3</sup>)  
 $W_1$  = Berat botol + tanah (gr)  
 $W_2$  = Berat botol + tanah (gr)  
 $W_3$  = Berat botol + air + tanah (gr)  
 $W_4$  = Berat botol + air (pada T) (gr)  
 $(W_2 - W_1) - (W_4 - W_3)$  = Isi tanah (cm<sup>3</sup>)

### 1.2.2 Berat Isi Tanah

Berat isi tanah/unit *weight or density* (  $\gamma$  ) adalah perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan isi tanah seluruhnya (Wesley, 1977).

$$\gamma = \frac{w}{v}$$

Keterangan:

- $\gamma$  = berat isi tanah (gr/cm<sup>3</sup>)  
 $w$  = berat tanah basah (gr)  
 $v$  = volume wadah (cm<sup>3</sup>)

### 1.2.3 Berat Isi Kering

Berat isi kering/*dry density* (  $\gamma_d$  ) adalah perbandingan antara berat butir dengan isi tanah seluruhnya, (Wesley,1977). Berat isi kering bisa dicari dengan menggunakan rumus berikut:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{v}$$

Keterangan:

- $W_s$  = Berat tanah kering (gr)  
 $V$  = Volume wadah (cm<sup>3</sup>)

### 1.2.4 Kadar Air

Kadar air/*water content* (  $w$  ) adalah perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah, (Wesley,1977). Kadar air bisa dicari dengan menggunakan rumus:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Keterangan:

- $W$  = kadar air (%)  
 $W_s$  = Berat tanah kering (gr)  
 $W_w$  = Berat air (gr)

### 1.3 Sifat Mekanis

Tanah Kecepatan perubahan contoh pada arah horizontal disesuaikan dengan  $W_s$  = keadaan jenis tanahnya. Dengan ini diperoleh garis yang memberikan hubungan antara tegangan geser dengan tegangan normal. Oleh karena itu kekuatan tanah tergantung kepada gaya gaya yang bekerja antar butirnya. Untuk mengetahui nilai kekuatan geser tanah dikemukakan oleh Coulumb sekitar tahun 1766, sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma (\tan \phi)$$

Dengan:

- $\tau$  = Kuat geser  
 $c$  = Kohesi  
 $\sigma$  = Tegangan Normal  
 $\phi$  = Sudut Geser dalam (o)

### 1.4 Metode Janbu

Metode ini sangat bermanfaat dalam analisis berbentuk busur lingkaran. Bidang longsor dalam analisis metode Janbu biasanya ditentukan berdasarkan zona lemah pada massa batuan atau tanah. Cara lain yaitu dengan mengasumsikan suatu faktor keamanan tertentu yang tidak terlalu rendah. Kemudian melakukan perhitungan beberapa kali untuk mendapatkan bidang longsor yang memiliki faktor keamanan terendah, maka perhitungan untuk faktor keamanan yang diperoleh:

$$FK = \frac{c \cdot l + ((p - ul)\tan\theta) \sec\alpha}{w \cdot \tan}$$

Dimana:

- $W$  = Berat total irisan (kN)  
 $c$  = Kohesi  
 $u$  = Tekanan air pori  
 $p$  = Gaya normal total pada irisan  
 $l$  = Panjang dari irisan  
 $\theta$  = Kemiringan lereng

### 1.5 Metode Fellenius

Metode ini menyatakan bahwa gaya-gaya pada lereng memiliki sudut kemiringan yang sejajar dengan dasar irisan, sementara faktor keamanan lereng dihitung melalui keseimbangan momen. Fellenius mengemukakan bahwa keruntuhan lereng terjadi akibat rotasi blok tanah di sepanjang permukaan longsor berbentuk lingkaran, dengan titik pusat rotasi yang berada pada titik nol. Faktor keamanan adalah perbandingan momen penahan longsor dengan penyebab longsor.

$$M \text{ penahan} = R \cdot r$$

Dimana:

- $R$  = Gaya geser  
 $r$  = jari-jari bidang longsor Faktor keamanan dari lereng.

Dalam hal ini tahan geser hams di perhitungkan yang efektif. Penyebabnya tetap dihitung secara total dengan persamaan berikut:

$$FK = \frac{c \cdot b + (Wt \cdot \cos\alpha - u \cdot b)\tan\theta}{Wt \cdot \sin\alpha}$$

Dimana:

- $FK$  = Faktor keamanan  
 $c'$  = Kohesi tanah efektif  
 $b$  = Lebar irisan arah dasar  
 $a$  = Kemiringan bidang longsor  
 $\theta$  = Sudut geser dalam tanah efektif

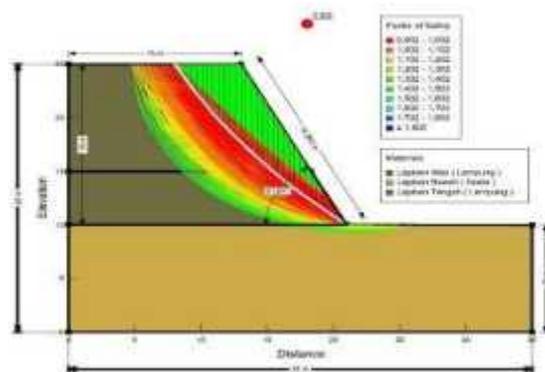
### METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel tanah dalam penelitian ini dilakukan dengan dua metode, yaitu metode sampel tidak terganggu (*undisturbed*) dan metode sampel terganggu (*disturbed*). Setela itu melakukan pengujian lab yang meliputi pengujian sifat fisk dan mekanika tanah.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

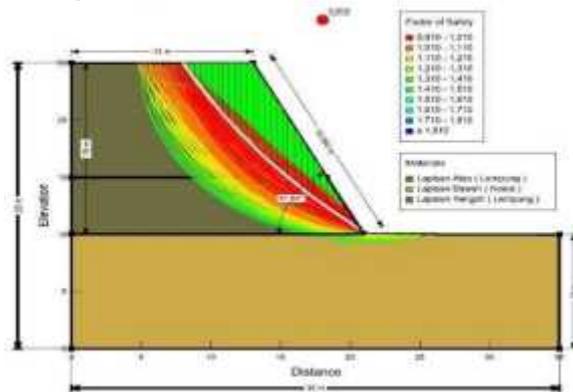
**3.1 Perhitungan Faktor Keamanan Lereng Aktual**

Stabilitas lereng diinterpretasikan melalui nilai faktor keamanan, yang merupakan batas atau konstanta. Beberapa hal penting untuk mempertimbangkan faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng yaitu, jenis dan struktur lapisan geologi, geometri lereng, sifat fisik dan mekanis tanah, pengaruh gempa, serta faktor lainnya. Adapun parameter geometri lereng yang digunakan dalam analisis adalah sebagai berikut: Lebar 35 m; Tinggi 25 m; Sudut 61 °; Panjang 17 m



Sumber: Olahan Penulis,2025  
 Gambar 3.1 Faktor Keamanan Lereng Metode Janbu

Berdasarkan Gambar 3.1 di atas, hasil perhitungan faktor keamanan (FK) lereng menggunakan metode Janbu adalah sebesar 0,902. Dengan nilai  $FK < 1,25$ , lereng tersebut dikategorikan tidak aman atau tidak stabil.

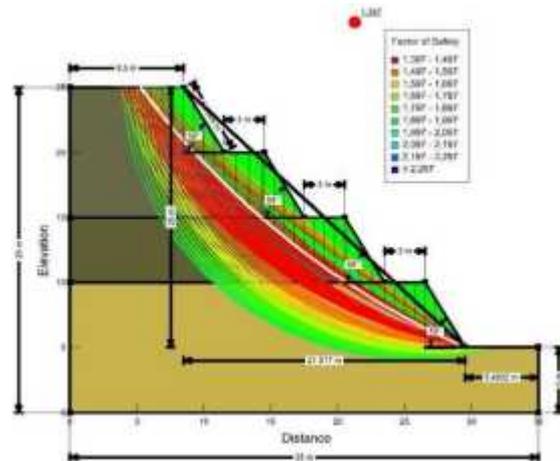


Sumber: Olahan Penulis,2025  
 Gambar 3.2 Faktor Keamanan Lereng Metode Fellenius

Berdasarkan Gambar 3.2 di atas, hasil perhitungan faktor keamanan (FK) lereng menggunakan metode Fellenius adalah sebesar 0.910. Dengan nilai  $FK < 1.25$ , lereng ini tergolong tidak aman atau tidak stabil.

**3.2 Analisis Geostudio**

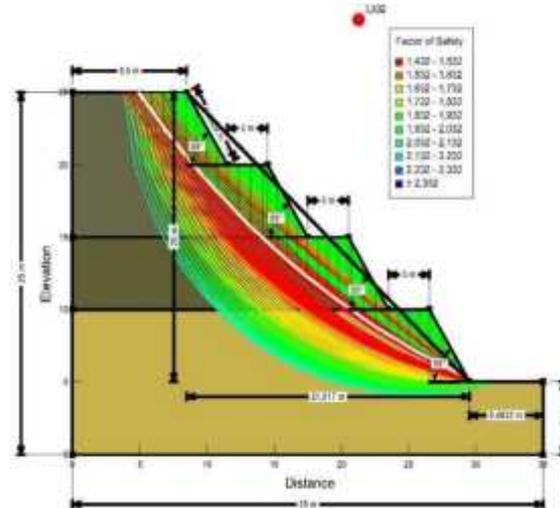
Menggunakan *Software* Analisis Metode Janbu



Sumber: Olahan Penulis,2025  
 Gambar 3.3 Perhitungan Rekomendasi Lereng Aman Metode Janbu

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Janbu, nilai faktor keamanan (FK) yang diperoleh untuk lereng dengan perbaikan bench adalah sebesar 1.397. Nilai FK tersebut menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi stabil karena melebihi nilai batas minimum yang disarankan untuk kestabilan lereng, yaitu  $FK > 1.25$ .

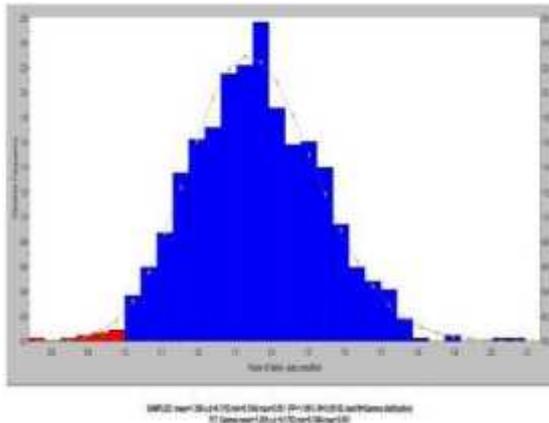
Analisis Metode Fellenius



Sumber: Olahan Penulis,2025  
 Gambar 3.4 Perhitungan Rekomendasi Lereng Aman Metode Fellenius

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Fellenius, nilai faktor keamanan (FK) yang diperoleh untuk lereng ini adalah sebesar 1.432. Nilai FK tersebut menunjukkan bahwa lereng berada dalam kondisi stabil karena mendekati nilai batas yang disarankan untuk kestabilan lereng, yaitu  $FK > 1.25$ .

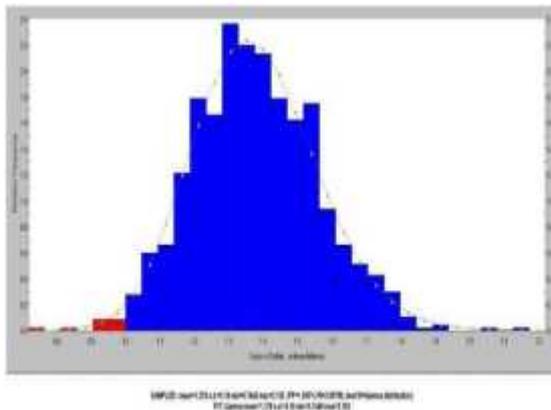
### 3.3 Analisis Probabilitas Kelongsoran (PK) Metode Monte Carlo



Sumber: Olahan Penulis,2025

Grafik 3.1 Distribusi Probabilitas dari FK Rekomendasi Lereng Metode Janbu Sebaran Keamanan

Kemungkinan Bagian nilai berwarna faktor merah menunjukkan kondisi di mana lereng berpotensi longsor (faktor keamanan  $< 1$ ), sedangkan bagian biru menunjukkan kondisi stabil (faktor keamanan  $> 1$ ). Probabilitas kelongsoran secara numerik dapat diperoleh dari perbandingan luas area di bawah kurva yang berada di wilayah faktor keamanan kurang dari satu terhadap total luas distribusi.



Sumber: Olahan Penulis,2025

Grafik 3.2 Distribusi Probabilitas dari Faktor Keamanan Rekomendasi Lereng Metode Fellenius Sebaran Keamanan

Kemungkinan Bagian nilai berwarna faktor merah menunjukkan kondisi di mana lereng berpotensi longsor (faktor keamanan  $< 1$ ), sedangkan bagian biru menunjukkan kondisi stabil (faktor keamanan  $> 1$ ). Probabilitas kelongsoran secara numerik dapat diperoleh dari perbandingan luas area di bawah kurva yang berada di wilayah faktor keamanan kurang dari satu terhadap total luas distribusi.

### KESIMPULAN

1. Pengujian terhadap sifat fisik dan mekanik tanah di lokasi penelitian mencakup beberapa parameter penting. Pengujian sifat fisik meliputi kadar air, berat isi tanah, berat jenis, serta batas-batas Atterberg, sementara pengujian sifat mekanik mencakup kohesi dan sudut geser dalam tanah. Sifat Fisik Tanah Kadar Air – Sampel Tanah 25,41%, Berat Jenis Tanah 2,79 g/cm<sup>3</sup>, Batas Cair: 36,35%, Batas Plastis 22,58% dan Sifat Mekanis Tanah Kohesi (C) 10,096 kPa, Sudut geser dalam 38,729<sup>0</sup>. Hasil-hasil ini memberikan gambaran penting tentang karakteristik fisik dan mekanik tanah yang mempengaruhi stabilitas lereng di lokasi penelitian.
2. Perhitungan kestabilan lereng menggunakan metode Janbu dan metode Fellenius secara manual dan melalui pemodelan menggunakan *software* Geostudio 2018, serta rekomendasi perbaikan dengan menggunakan bench. Perhitungan Kestabilan Lereng Janbu 0.902 - Fellenius 0.910 dan setelah di redesign terdapat peningkatan nilai FK menjadi Janbu 1.394, Fellenius 1.432 dengan Probabilitas Kelongsoran Nilai Probabilitas Kelongsoran (PK) setelah dilakukan redesign lereng sebesar 1,1% untuk analisis lereng Janbu dan 1% untuk analisis lereng Fellenius. Berdasarkan ketentuan dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (KEPMEN ESDM) No. 1827 Tahun 2018, nilai probabilitas tersebut tergolong dalam kategori risiko longsor rendah.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adi, S. A. C., Purnomo, H., & Putra, B. P. (2022). *Analisis kestabilan lereng dengan probabilitas longsor metode monte carlo di Kalimantan Timur*. Mining insight, (1), 139- 148.
- Arief, Saifuddin., 2007. Konsep Dasar Analisis Kestabilan Lereng. Sulawesi Selatan.
- Arief, Saifuddin., 2008. Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Irisan.
- Arman Novi. 2018. Pengaruh Varisi Muka Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng Didusun Caok Purworejo. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Bowles, Joseph E., Hainim Johan K., 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Irwandy Arif, 2016. *Buku Geoteknik Tambang* (Gramedia Pustaka Utama)

- Das, Braja M., 1985, "Principles of Geotechnical Engineering Jilid 1", PWS Publisher.
- Das, Braja M., 1993. "Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rakayasa Geoteknis) Jilid 2". Jakarta: PT. Erlangga.
- Fikri, M. Adli, Bambang Heriyadi, and Heri Prabowo. "analisis stabilitas lereng pada pit tambang air laya barat section c-c'pt bukit asam (persero) tbk, Sumatera Selatan." *Bina Tambang* 3.2 (2018): 835-849.
- Hoek, E., dan Bray, J.W. 1981. *Rock Slope Engineering* 3rd Ed., Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Kalimantan Timur, *Skripsi*, Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Mahendra, Arif, 2012, *Kajian Teknis Kestabilan Lereng Disposal Inpit L PT. Jembayan Muarabara Kec. Tenggara Sebrang Kab. Kutai Kartanegara Pangular, D.*, 1985
- Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, 233 hal.
- Peck, Ralph B. "Stabilitas lereng alam." *Jurnal Mekanika Tanah dan Divisi Fondasi* 93.4 (1967): 403-417. Sulawesi Selatan.