

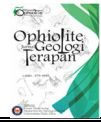


Vol. 07, No. 01, Tahun 2025: 13–22

OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan

[e-ISSN 2715-4440]

Program Studi Teknik Geologi, Universitas Halu Oleo



|Research Article

Analisis Geometri Lereng Tambang Terbuka Menggunakan Metode Bishop disederhanakan pada Area Pit ASK Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara

Natasya Puteri Alquarima Ode, Laode Jonas Tugo✉, Asri Arifin

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: April 15, 2025

Accepted: July 18, 2025

Published: July 25, 2025

Keywords:

geometri lereng
faktor keamanan
probabilitas kelongsoran

Corresponding author:

Laode Jonas Tugo

Email: laodejonastugo@uho.ac.id

Read online:



Scan this QR code
with your smart
phone or mobile
device to read online.

Copyright © 2025 Authors



This work is
licensed under
a Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International
License.

ABSTRAK

Penambangan nikel laterit pada area studi menerapkan metode tambang terbuka pada semua pit penambangannya dan berencana membuka pit baru sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan produksi tahunan. Metode tambang terbuka sering menghadapi tantangan dalam menentukan stabilitas lereng yang aman. Oleh karena itu, analisis kestabilan lereng menjadi penting untuk merancang geometri lereng tunggal dan geometri lereng keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kondisi aktual profil nikel laterit dan karakteristik material yang menyusun area pit ASK, serta untuk menentukan nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran lereng. Analisis kestabilan lereng menggunakan pendekatan kesetimbangan batas Bishop yang disederhanakan dengan perhitungan Mohr-Coulomb. Hasil penelitian menunjukkan zona limonit memiliki bobot isi basah sebesar 23,85 kN/m³, kohesi sebesar 31,74 kPa dengan sudut geser dalam 30,76°, sedangkan zona saprolit memiliki bobot isi basah sebesar 22,20 kN/m³, kohesi sebesar 26,25 kPa dengan sudut geser dalam 29,22°. Berdasarkan hasil analisis, kemiringan lereng aman yang dapat diterapkan pada lereng tunggal sebesar 50°–70° dengan tinggi 6 meter dan lebar jenjang 1–3 meter. Sedangkan pada geometri lereng keseluruhan dengan menerapkan sudut kemiringan 38°–42° dan lebar jenjang 3 meter, nilai faktor keamanan ($F_k > 1.1$) dan probabilitas kelongsoran (P_k 25%–50%) berada di atas nilai ambang standar yang dipersyaratkan.

ABSTRACT

The study area utilizes open-pit mining methods across all its mining pits and plans to develop a new pit to increase annual production. Slope stability analysis is crucial for designing both single slopes and overall slopes. This research aims to identify the actual profile conditions of laterite nickel and the material characteristics within the ASK pit area, as well as to determine the factor of safety (FoS) and the probability of slope failure (PoF). The study applies slope stability analysis using the limit equilibrium method-Bishop simplified based on Mohr-Coulomb failure criteria. The results indicate that the limonite zone has a wet unit weight of 23.85 kN/m³, cohesion of 31.74 kPa, and an internal friction angle of 30.76°, while the saprolite zone has a wet unit weight of 22.20 kN/m³, cohesion of 26.25 kPa, and an internal friction angle of 29.22°. Based on analysis results, a safe single slope geometry can be applied with a slope angle ranging from 50° to 70°, a height of 6 meters, and a bench width between 1 to 3 meters. For the overall slope geometry, applying a slope angle of 38° to 42° with a bench width of 3 meters, the calculated FoS and PoF values indicate that the proposed slope design is still safe to use, with FoS > 1.1 and PoF between 25%–50%, are above the required standard threshold values.

How to cite: Ode, N.P.A., Tugo, L.J., dan Arifin, A. (2025). Analisis geometri lereng tambang terbuka menggunakan Metode Bishop disederhanakan pada Area Pit ASK Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, 7(1), pp. 13-22. <https://doi.org/10.56099/ophi.v7i1.p13-22>

1 Pendahuluan

Daerah penelitian menerapkan metode tambang terbuka pada semua pit penambangannya dan berencana membuka pit baru sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan produksi tahunan. Metode tambang terbuka sering menghadapi tantangan dalam menentukan stabilitas lereng yang aman. Hal tersebut disebabkan oleh naiknya muka air tanah (Hardiyatmo, 2019). Penambahan air tanah pada pori-pori atau celah-celah tanah dan/batuan akan menambah berat satuan material dan memperbesar beban pada lereng, sehingga lereng akan relatif memperbesar gaya penggerak yang akan mengakibatkan longsor pada lereng (Vickyla dkk., 2019).

Hasil observasi lapangan menunjukkan bahwa lokasi penelitian didominasi oleh material tanah. Azizi dkk., (2019a) menyatakan bahwa material tanah pada endapan nikel laterit cenderung membentuk longsoran berbentuk busur. Untuk menganalisis stabilitas lereng dengan potensi longsoran busur, pendekatan yang umum digunakan adalah konsep kesetimbangan batas dengan Metode Bishop disederhanakan (Karim dan Azizi, 2019).

Longsoran atau luncuran umumnya terjadi pada material yang rapuh. Lereng yang tampak stabil dapat memiliki faktor keamanan rendah dan berisiko runtuh di kemudian hari (Azizi dkk., 2019b). Oleh karena itu analisis kestabilan lereng sangat penting untuk merancang geometri lereng tunggal dan geometri keseluruhan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis geometri lereng tambang terbuka dengan perencanaan rancangan geometri lereng keseluruhannya menggunakan grafik asumsi aliran air oleh Hoek dan Bray (1981). Hal tersebut didasari oleh hasil pengukuran muka air tanah pada lokasi penelitian yang menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi kering.

1.1 Konsep dasar kestabilan lereng

Rekomendasi geometri lereng penambangan perlu dilakukan untuk kegiatan perencanaan tambang. Hal ini mengacu pada Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018. Rekomendasi ini bertujuan untuk menentukan geometri dan dimensi lereng tambang yang diperlukan berdasarkan kekuatan material penyusun lereng. Dengan demikian, dapat dilakukan rancangan geometri lereng penambangan yang optimal untuk menentukan tinggi dan sudut kemiringan lereng (Djainal dkk, 2022).

Lereng dibedakan atas beberapa jenis lereng di antaranya lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk karena proses-proses alam, misalnya lereng suatu

bukit. Lereng yang dibuat dengan tanah asli misalnya, apabila tanah dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air untuk keperluan irigasi dan lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan, sebagai tanggul untuk jalan atau bendungan tanah. Pada ketiga jenis lereng ini kemungkinan untuk terjadi longsor selalu ada, karena dalam setiap kasus tanah yang tidak rata akan menyebabkan komponen gravitasi dari berat memiliki kecenderungan untuk menggerakkan massa tanah dari elevasi lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah (Salunkhe dkk., 2017).

Arif (2021), menyatakan bahwa untuk menjaga agar benda di lereng tidak jatuh, diperlukan perhitungan terhadap kemiringan sesuai dengan faktor keamanan yang diinginkan. Secara mekanik sederhana, faktor keamanan (FK) dapat dirumuskan pada persamaan 1.

$$\text{Faktor Keamanan} = \frac{cA + W \cos \alpha \times \tan \phi}{W \sin \alpha} \quad (1)$$

Dengan c: kohesi yang menunjukkan daya rekat antar partikel material (kN/m^2). A: lebar massa longsoran (m). W: massa material longsoran (kN/m). α : sudut antara gaya normal terhadap pusat irisan. ϕ : sudut geser dalam.

1.2 Konsep probabilitas longsor

Konsep sederhana dari probabilitas (kemungkinan) longsor suatu lereng dengan menggambarkan Faktor Keamanan (FK) sebagai fungsi variabel acak berdistribusi probabilitas. Probabilitas Kelongsoran (PK) dihitung sebagai rasio antara area pada distribusi FK < 1 dibagi dengan total area pada kurva distribusi probabilitas (Arif, 2021). Parameter yang dibutuhkan dalam analisis kestabilan lereng yaitu:

1. Nilai rata-rata sampel dihitung dari seluruh nilai data dibagi dengan banyaknya data

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

2. Standar deviasi mempunyai ukuran yang sama dengan satuan ukuran data asalnya

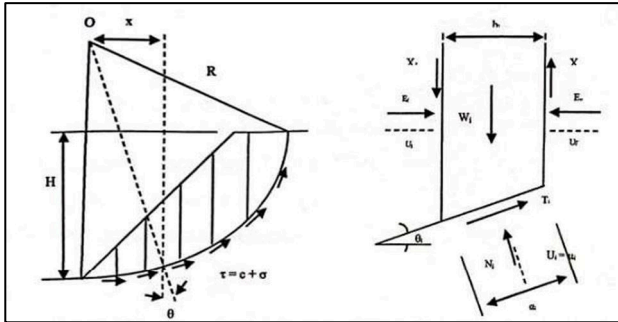
$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2} \quad (3)$$

3. Nilai relatif maksimum didapatkan dari nilai maksimum dikurangi nilai rata-rata. Sedangkan nilai relatif minimum didapatkan dari nilai rata-rata dikurangi nilai minimum (Azizi, 2014)

1.3 Metode Bishop disederhanakan

Metode Bishop disederhanakan menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Gambar 1). Persamaan kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif yang dapat dikerahkan tanah, hingga

tercapainya kondisi keseimbangan batas dengan memperhatikan faktor aman (Hasan dan Heriyadi, 2020).



Gambar 1 Komponen gaya pada perhitungan Metode Bishop disederhanakan (Pangemanan dkk., 2014)

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' b_i + W_i (1 - r_u) \tan \phi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \phi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \quad (4)$$

Dengan \$F\$: faktor keamanan, \$c'\$: kohesi tanah efektif, \$b_i\$: lebar irisan ke-\$i\$ (m), \$W_i\$: berat irisan tanah ke-\$i\$ (kN), \$r_u\$: rasio tekanan pori, \$\phi'\$: sudut geser dalam tanah efektif (\$^\circ\$), dan \$\theta_i\$: sudut yang didefinisikan.

Nilai variabel \$F\$ pada persamaan 4 terdapat pada sisi kiri ataupun pada sisi kanan. Karena itu, besarnya \$F\$ dihitung dengan cara iterasi, yaitu mengambil suatu nilai sebagai percobaan untuk \$F\$ pada sisi kanan. Nilai \$F\$ yang diperoleh di sisi kiri kemudian dimasukkan lagi pada sisi kanan untuk perhitungan berikutnya dan seterusnya. Biasanya proses ini hanya perlu diulang sebanyak dua kali saja (Wesley, 2010).

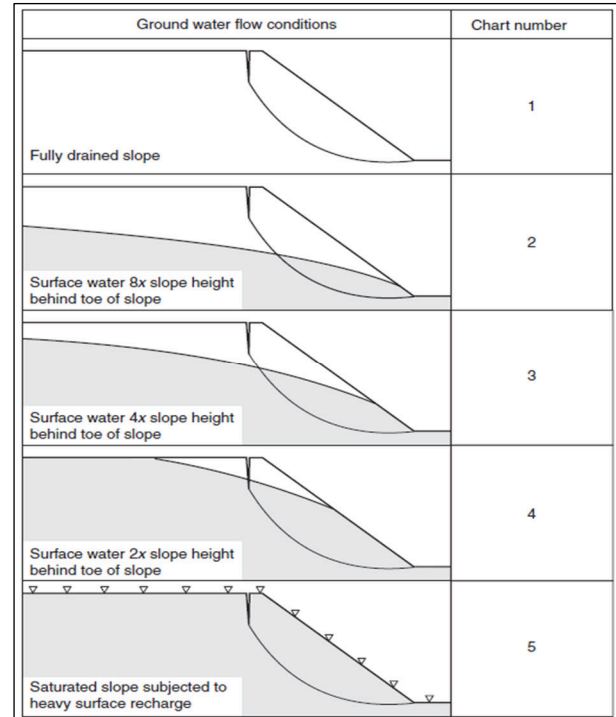
1.4 Asumsi aliran air permukaan

Dalam perhitungan nilai faktor keamanan akibat tekanan air dan tekanan yang bekerja pada permukaan lereng diasumsikan dengan serangkaian pola aliran air tanah pada lereng yang mendekati dengan kondisi aliran aslinya di lapangan. Aliran air bawah permukaan dominan mengalir pada bidang lemah batuan, dan batuan tersebut kedap terhadap air (*impermeable*). Dalam kasus lereng terhadap batuan bongkaran (*waste rock*), litologi tanah ataupun batuan lepas seperti kerikil memiliki permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan permeabilitas batuan asli. Oleh karena itu pola aliran bawah tanah terhadap lereng akan membentuk pola aliran yang umum (Gambar 2).

2 Metode Penelitian

Kestabilan lereng tambang dinyatakan dalam nilai faktor keamanan dan probabilitas longsoran. Digunakan beberapa data pendukung yang diolah dengan piranti lunak Rocscience Slide2 9.0. Data-data pendukung tersebut berupa data penampang profil nikel laterit area pit ASK, data model rencana bukaan pit ASK, faktor penambangan meliputi sudut kemiringan lereng, tinggi lereng serta lebar jenjang,

dan data bentuk asumsi aliran muka airtanah. Selain itu juga dibutuhkan properti fisik dan mekanis profil laterit meliputi bobot isi (\$\gamma\$), kohesi (\$c\$), dan sudut geser dalam (\$\phi\$). Pengambilan sampel laterit dilakukan secara langsung di lapangan melalui kegiatan pengeboran geoteknik. Kegiatan pengeboran dilakukan pada 3 titik (Gambar 3). Pengujian dilakukan pada laboratorium CV. Dalletama Engineering.



Gambar 2 Bentuk asumsi aliran dalam berbagai skenario (Hoek dan Bray, 1981)

Pengolahan data mencakup pembuatan *material boundary* profil nikel laterit, pembuatan sayatan lereng, menentukan variasi tinggi muka air tanah berdasarkan grafik Hoek dan Bray (1981), dilanjutkan dengan memasukkan data properti fisik dan mekanis material lalu menghitung faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran lereng. Data inputan material propertis dapat dilihat pada Tabel 1 yang meliputi nilai rata-rata, standar deviasi, nilai relatif minimum serta nilai relatif maksimum. Selain itu juga, digunakan data percepatan seismik horisontal untuk perhitungan nilai dinamis faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran. Hasil pengolahan tersebut disajikan dalam bentuk tabel, gambar maupun grafik lalu dievaluasi dengan tujuan untuk memperoleh rekomendasi lereng tunggal dan lereng keseluruhan yang aman.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Material penyusun lereng

Hasil pengeboran eksplorasi di daerah penelitian menunjukkan adanya dua litologi, yaitu limonit dan

saprolit. Limonit memiliki elevasi 242-254 mdpl, berwarna kuning kecoklatan, dan didominasi oleh mineral gutit dan hematit. Sementara itu lapisan saprolit berada pada elevasi 228-242 mdpl, berwarna coklat kekuningan, dan didominasi oleh mineral serpentin dan talk. Material penyusun lereng disajikan pada sayatan A seperti yang terlihat pada **Gambar 4**.

3.2 Rancangan geometri lereng

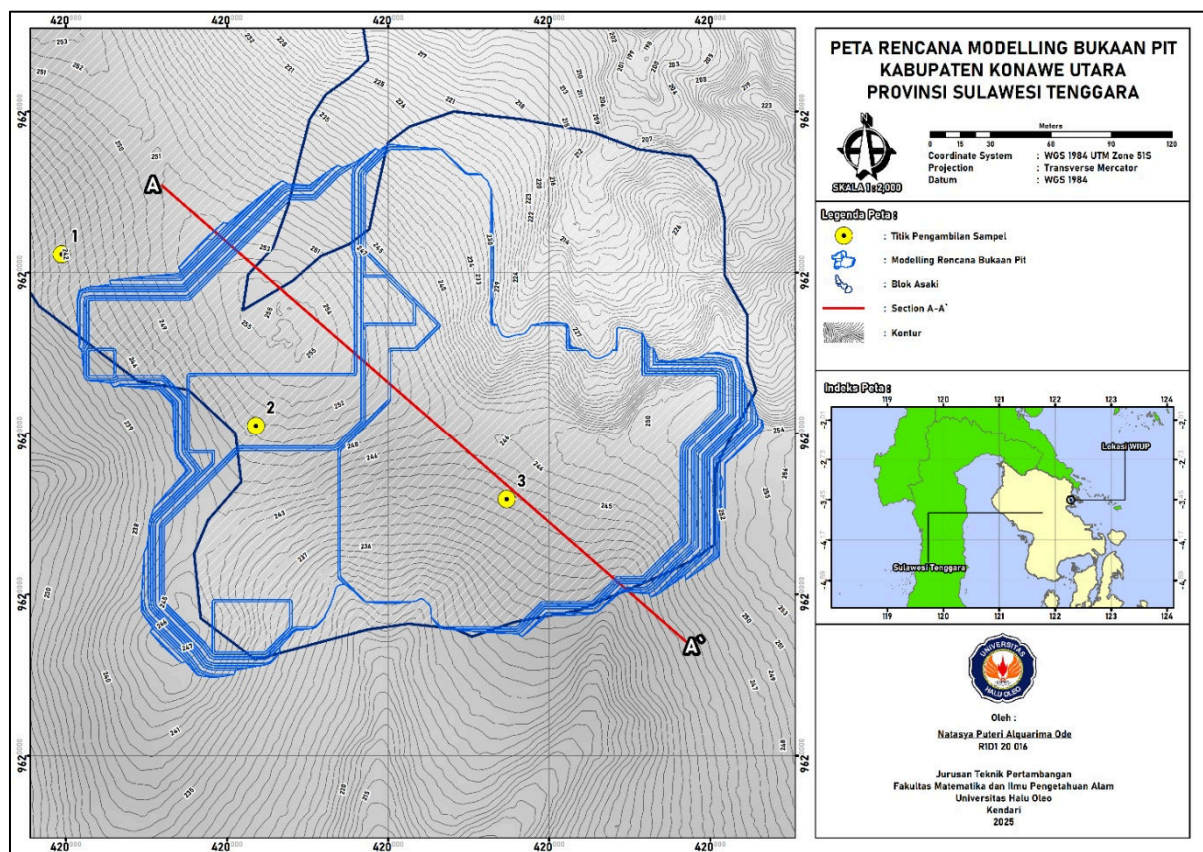
Perancangan geoteknik penambangan sangat penting untuk menentukan kemiringan lereng yang optimum dan aman. Analisis kestabilan lereng dilakukan menggunakan parameter masukan data hasil uji laboratorium dan simulasi perhitungan faktor keamanan. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mendapatkan rekomendasi lereng optimal yang memenuhi standar faktor keamanan dan probabilitas longsor. Rekomendasi geoteknik ini sangat penting

untuk mengurangi kemungkinan terjadinya longsor dan menciptakan kondisi kerja yang lebih aman dan stabil.

3.2.1 Rancangan geometri lereng tunggal

Rancangan geometri lereng tunggal menggunakan pendekatan sebagai berikut:

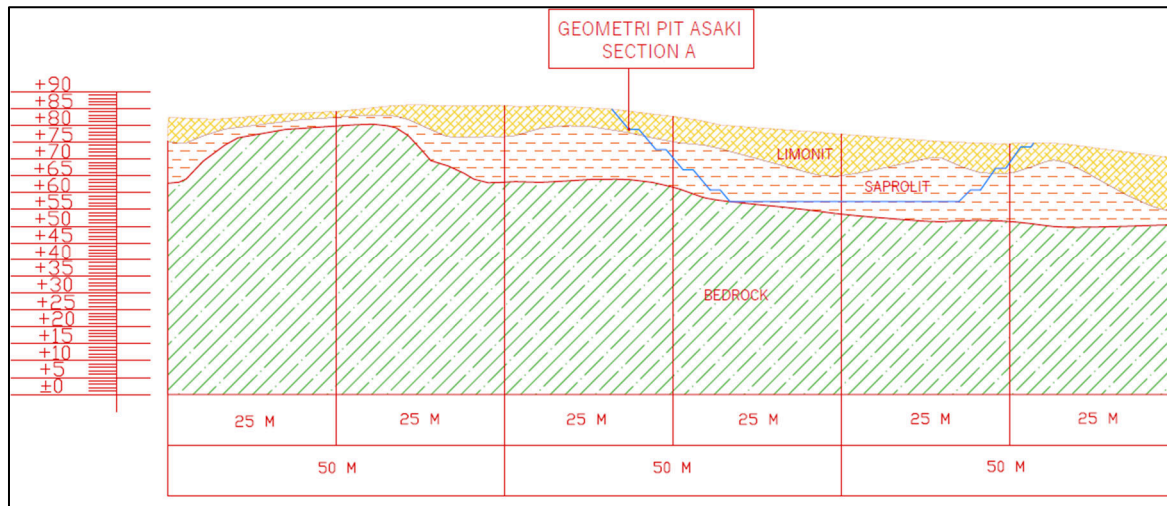
1. Material propertis yang digunakan merupakan hasil dari uji laboratorium.
2. Analisis lereng tunggal, material dalam satu perlapisan dianggap homogen dan memiliki kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dari pengujian kuat geser langsung.
3. Pemodelan lereng tunggal dilakukan pada masing-masing perlapisan dengan simulasi tinggi 6 meter, lebar jenjang 1m, 2m dan 3m dengan variasi sudut kemiringan lereng 50° , 55° , 60° , 65° dan 70° .



Gambar 3 Peta rencana pemodelan bukaan pit

Tabel 1 Properti fisik dan mekanis material penyusun zona laterit

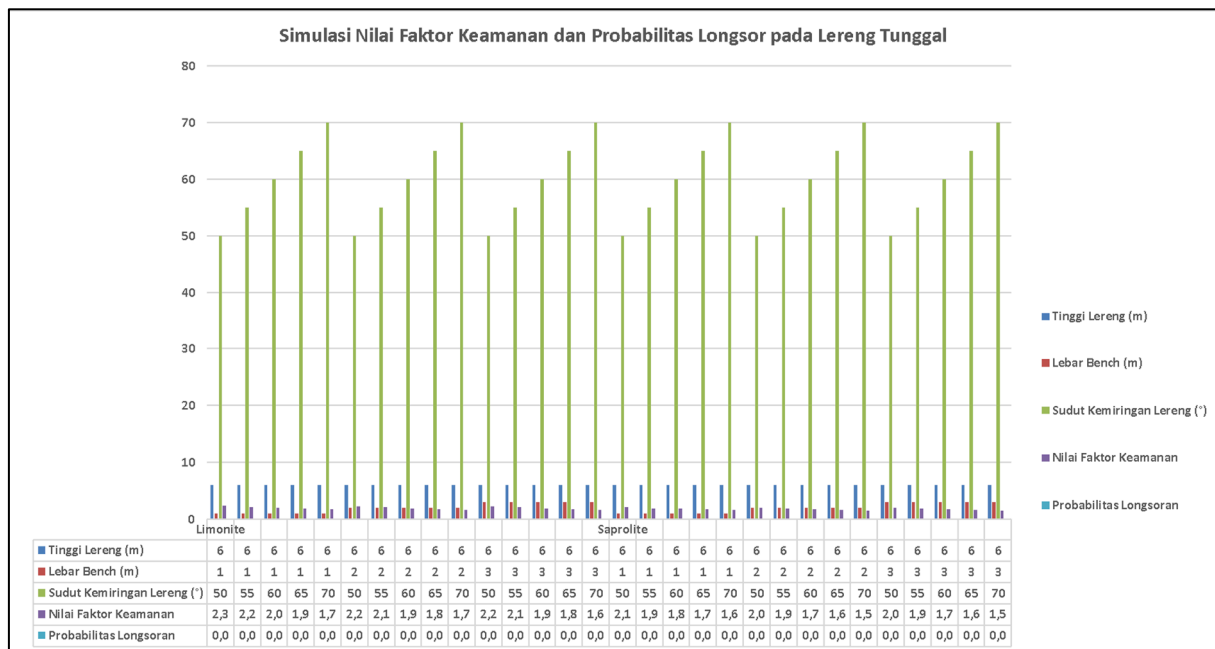
Zona	Parameter	Rata-rata	Standar deviasi	Relatif minimum	Relatif maksimum
Limonit	Bobot isi basah (KN/m^3)	23,85	2,15	4,25	1,43
	Kohesi (kPa)	31,74	2,11	3,62	2,91
	Sudut geser dalam ϕ ($^\circ$)	30,76	1,09	1,28	1,92
Saprolit	Bobot isi basah (KN/m^3)	22,20	1,71	1,72	2,99
	Kohesi (kPa)	26,25	0,44	0,63	0,77
	Sudut geser dalam ϕ ($^\circ$)	29,22	0,44	0,63	0,77



Gambar 4 Model geometri lereng keseluruhan sayatan A berarah barat-laut-tenggara

4. Lereng tunggal dianggap stabil apabila memiliki $FK > 1,1$ dan $PL < 25\%-50\%$ sesuai dengan Kepmen ESDM Nomor 1827 K/30/MEM-RI/2018.
5. Analisis probabilistik longsor menggunakan pendekatan perhitungan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb
6. Tinggi lereng tunggal didesain setinggi 6 meter.
7. Percepatan seismik horisontal sebesar 0,1 gal berdasarkan peta percepatan seismik (Pusgen, 2021)

Berdasarkan **Gambar 5**, dapat dilihat simulasi faktor keamanan serta probabilitas kelongsoran pada lereng tunggal dengan menginput data statistik yang dapat dilihat pada **Tabel 1**. Berdasarkan simulasi pemodelan, didapatkan hasil bahwa pada lereng tunggal material saprolit dengan tinggi lereng 6 meter, lebar jenjang 3 meter dan sudut kemiringan lereng 65° adalah simulasi yang memiliki nilai faktor keamanan (FK) dan Probabilitas Kelongsoran (PK) yang optimal. Rancangan pemodelan ini dirancang untuk mewakili seluruh material dalam kondisi paling pesimis.



Gambar 5 Simulasi faktor keamanan statis serta probabilitas kelongsoran pada lereng tunggal

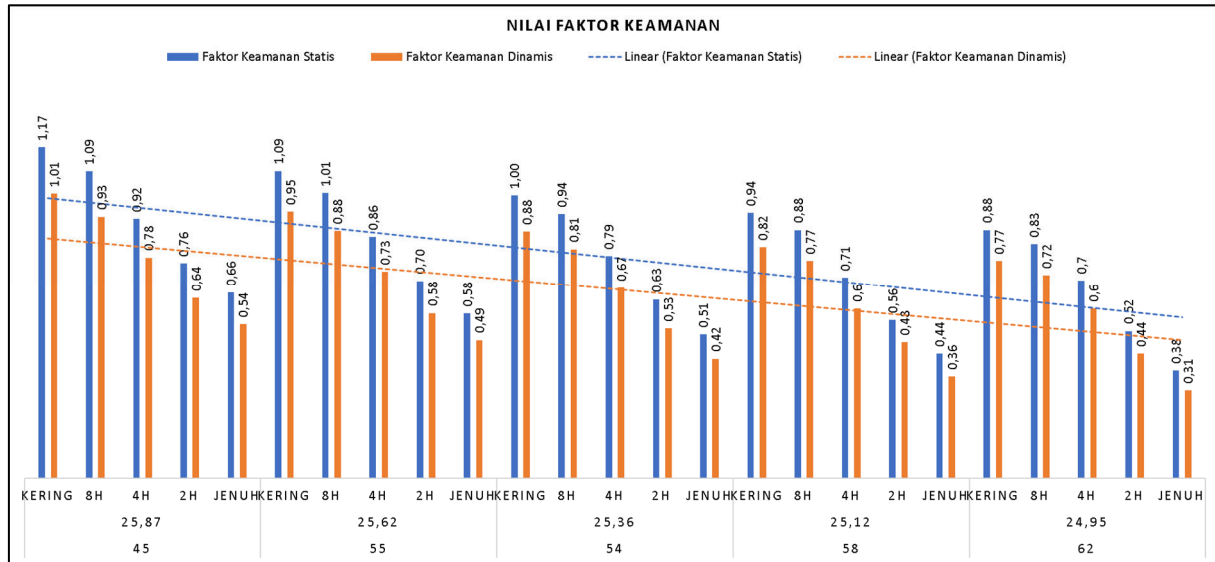
3.2.2 Rancangan geometri lereng keseluruhan

Perhitungan stabilitas rancangan lereng keseluruhan memerlukan sebuah model lereng yang mempresentasikan keadaan asli lereng di lapangan. Berdasarkan hasil pengukuran muka airtanah (MAT)

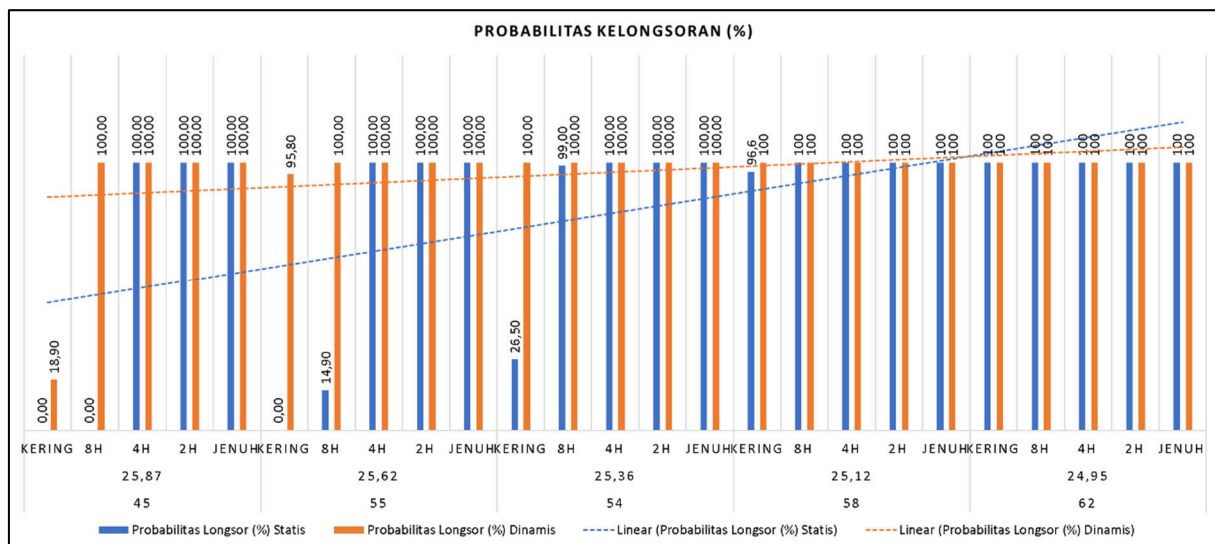
di lapangan menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi kering. Dalam penelitian ini, dilakukan pemodelan muka airtanah (MAT) berdasarkan grafik [Hoek dan Bray \(1981\)](#). Variasi kondisi muka airtanah (MAT) meliputi kering, 8H, 4H, 2H, dan jenuh,

sehingga pada pemodelannya tidak hanya menampilkan kondisi asli lereng di lapangan namun juga mensimulasikan lereng dalam kondisi berair. Selain variasi muka airtanah, beberapa pendekatan lain juga digunakan, seperti:

1. Analisis kemantapan lereng dilakukan pada penampang lereng yang memotong pit dengan sayatan berarah Tenggara-baratlaut.
2. Variasi kemiringan lereng keseluruhan didapatkan berdasarkan perbedaan lebar jenjang dan sudut kemiringan lereng.
3. Percepatan seismik horizontal yaitu bernilai 0,1 gal berdasarkan peta percepatan seismik.
4. Lereng keseluruhan dianggap stabil apabila sesuai dengan kriteria Kepmen ESDM Nomor 1827/K/30/MEM/2018 ($FK > 1,2$ dan $PL < 15\% - 20\%$).



Gambar 6 Analisis simulasi faktor keamanan lereng keseluruhan Sayatan A baratlaut-tenggara berdasarkan variasi sudut kemiringan lereng dan lebar jenjang 1 meter



Gambar 7 Analisis simulasi probabilitas kelongsoran lereng keseluruhan Sayatan A baratlaut-tenggara berdasarkan variasi sudut kemiringan lereng dan lebar jenjang 1 meter

Simulasi kestabilan lereng dilakukan terhadap lima jenis muka airtanah, karena pengukuran muka airtanah yang dilakukan pada area studi menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi kering. Selain itu parameter lain yang digunakan ialah nilai tinggi lereng yang bervariasi mulai dari 24,95 - 26,46 meter, nilai derajat kemiringan lereng mulai dari 38°-

62° serta nilai jenjang penangkap yang bervariasi mulai dari 1 hingga 3 meter.

Hasil simulasi kestabilan lereng dari berbagai lebar jenjang penangkap memberikan rekomendasi sebagai berikut:

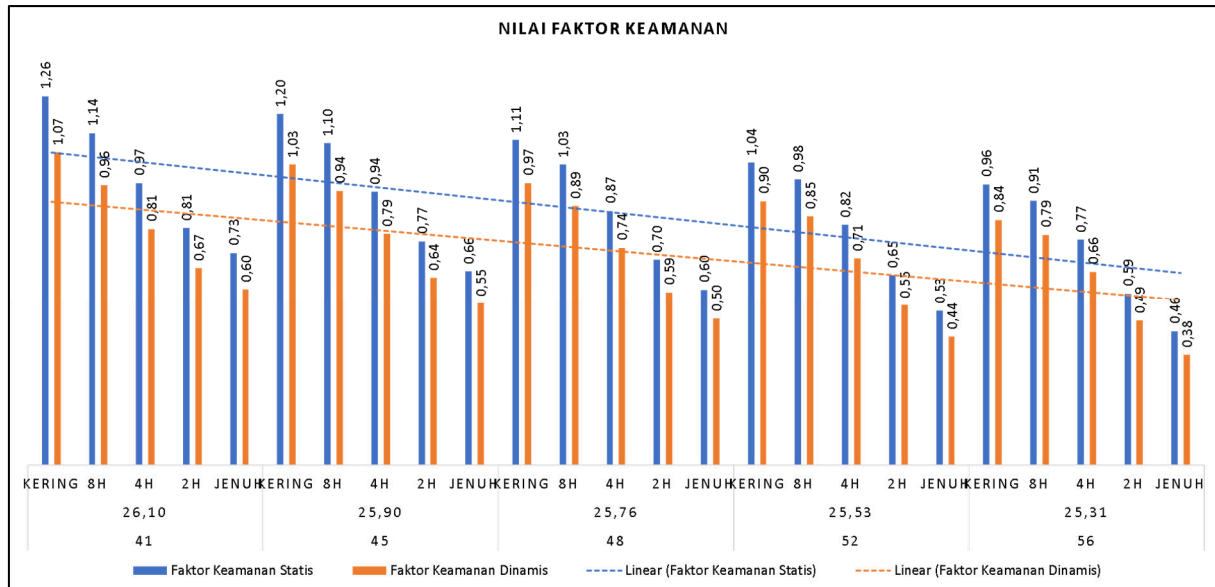
1. Jenjang penangkap 1 meter (**Gambar 6, Gambar 7**) disarankan menggunakan geometri lereng dengan tinggi lereng $h = 25,87$ meter, sudut kemiringan (α)

= 45° pada kondisi muka airtanah kering dengan nilai faktor keamanan (FK) statis = 1,17, nilai faktor keamanan (FK) dinamis = 1,01 serta nilai probabilitas kelongsoran (PK) statis = 0,00% dan probabilitas longsor (PK) dinamis = 18,90%.

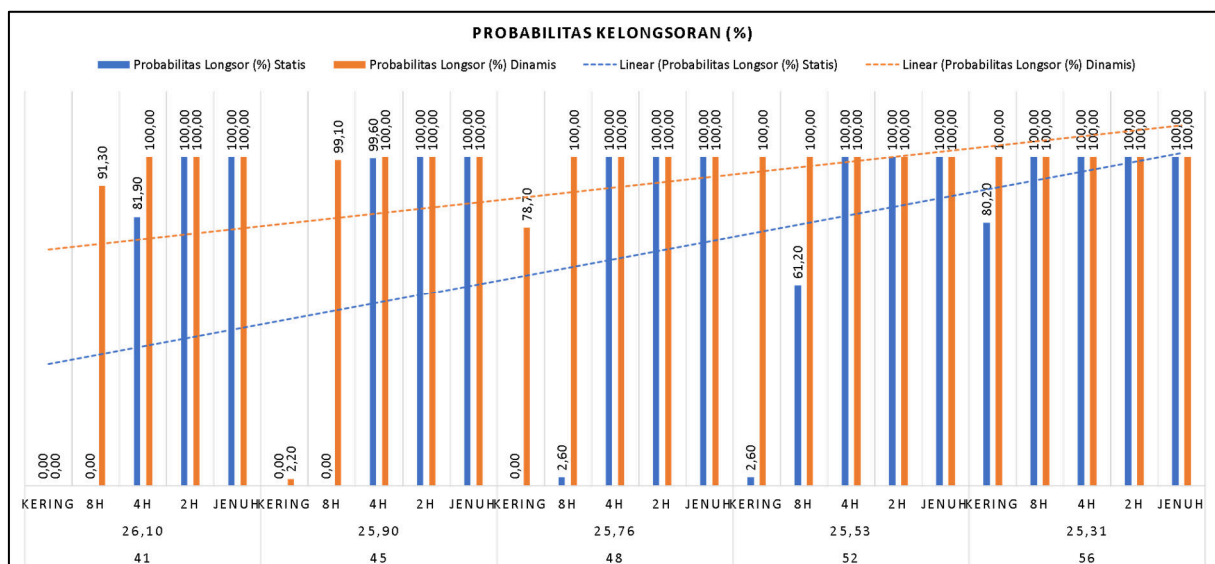
2. Jenjang penangkap 2 meter (**Gambar 8, Gambar 9**) disarankan menggunakan geometri lereng dengan tinggi lereng $h = 26,10$ meter, sudut kemiringan (α) = 41° pada kondisi muka airtanah kering dengan nilai faktor keamanan (FK) statis = 1,26, nilai faktor keamanan (FK) dinamis = 1,07 serta nilai

probabilitas kelongsoran (PK) statis = 0,00% dan probabilitas longsor (PK) dinamis = 0,00%.

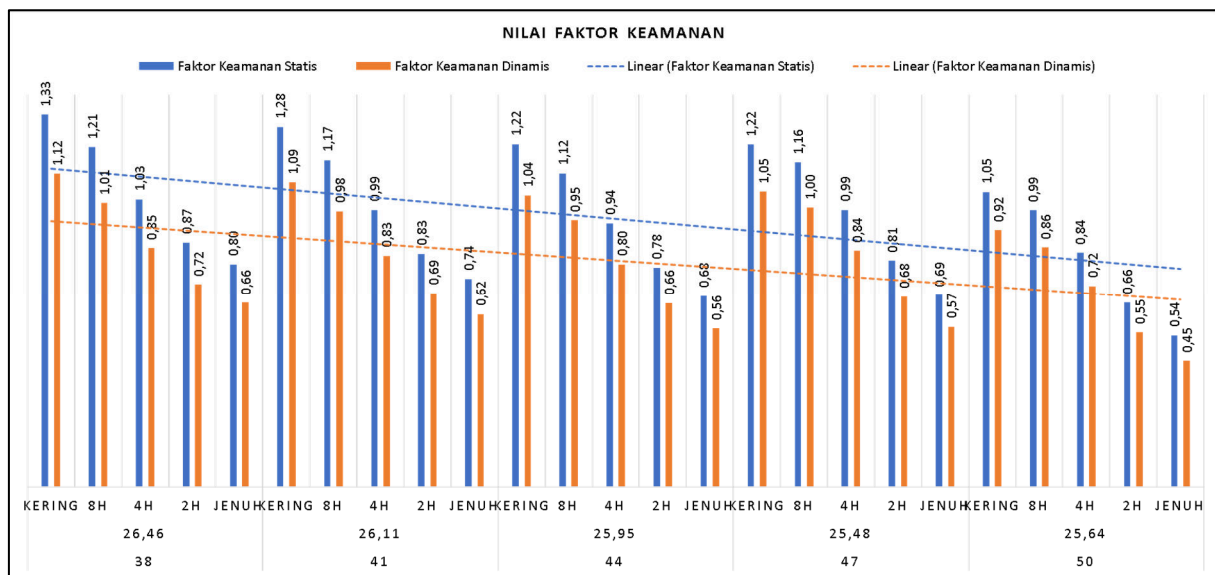
3. Jenjang penangkap 3 meter (**Gambar 10, Gambar 11**) disarankan menggunakan geometri lereng dengan tinggi lereng $h = 26,46$ meter, sudut kemiringan (α) = 38° pada kondisi muka airtanah 8H dengan nilai faktor keamanan (FK) statis = 1,21, nilai faktor keamanan (FK) dinamis = 1,01 serta nilai probabilitas kelongsoran (PK) statis = 0,00% dan probabilitas longsor (PK) dinamis = 4,20%.



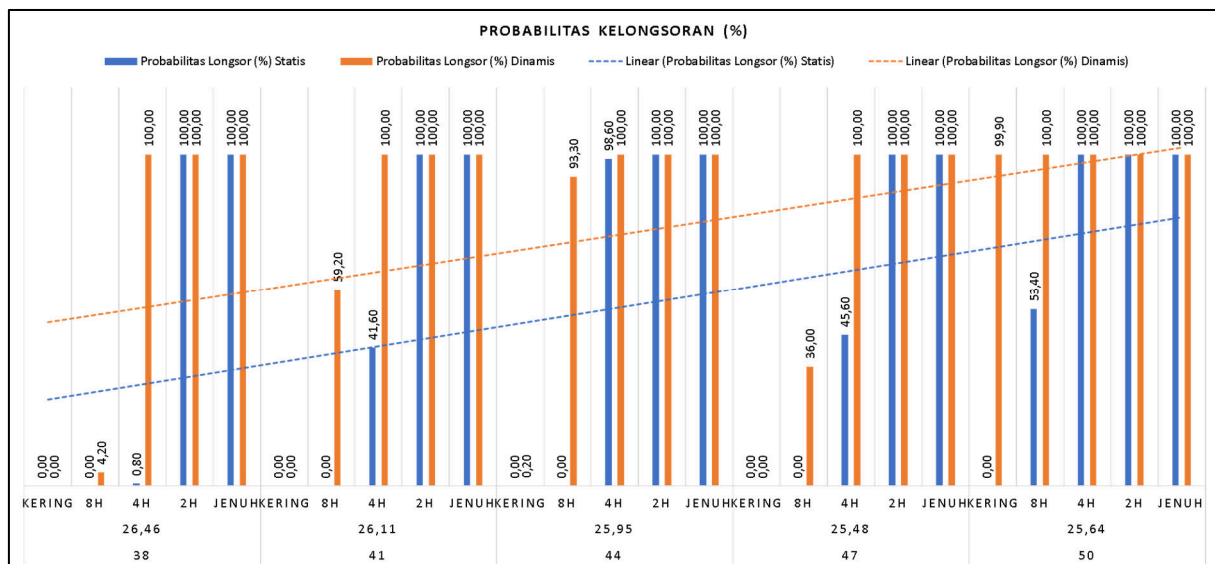
Gambar 8 Analisis simulasi faktor keamanan lereng keseluruhan sayatan A baratlaut-tenggara berdasarkan variasi sudut kemiringan lereng dan lebar jenjang 2 meter



Gambar 9 Analisis simulasi probabilitas kelongsoran lereng keseluruhan sayatan A baratlaut-tenggara berdasarkan variasi sudut kemiringan lereng dan lebar jenjang 2 meter



Gambar 10 Analisis simulasi faktor keamanan lereng keseluruhan sayatan A baratlaut-tenggara berdasarkan variasi sudut kemiringan lereng dan lebar jenjang 3 meter



Gambar 11 Analisis simulasi probabilitas kelongsoran lereng keseluruhan sayatan A baratlaut-tenggara berdasarkan variasi sudut kemiringan lereng dan lebar jenjang 3 meter

Berdasarkan nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran hasil simulasi pemodelan (**Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11**), dapat ditentukan geometri lereng keseluruhan yang optimal pada lubang bor geoteknik GT-ATM-ASK sayatan A Utara-Timur dengan ketinggian 26,46 m (**Gambar 10, Gambar 11**) yang lebih optimum. Dapat disimpulkan bahwa dengan menerapkan metode Bishop disederhanakan sudut kemiringan lereng keseluruhan 38° adalah geometri lereng yang optimal dan masih dalam kondisi stabil ($FK \geq 1,2$ dan $PL \leq 15-20\%$) pada kondisi MAT agak kering (8H), dengan sudut kemiringan lereng keseluruhan 38° bisa didapatkan apabila menerapkan jenjang dengan lebar 3 meter.

3.3 Rekomendasi geometri lereng

3.3.1 Geometri lereng tunggal

Berdasarkan hasil analisis simulasi kestabilan lereng tunggal faktor keamanan dan probabilitas lereng sebanyak 15 percobaan pada masing-masing litologi didapatkan hasil bahwa pada lereng tunggal material saprolit dengan tinggi 6 meter dan lebar jenjang 2 meter merupakan material yang memiliki nilai FK dan PL terendah, sehingga nilai tersebut dapat mewakili semua material sebagai kondisi yang paling pesimis. Selain itu, pada **Gambar 5** juga menunjukkan bahwa hasil simulasi material limonit dan saprolit untuk variasi sudut lereng 50°, 55°, 60°, 65° dan 70° dengan tinggi 6 meter dan variasi lebar jenjang 1m, 2m dan 3m dinilai masih aman untuk digunakan

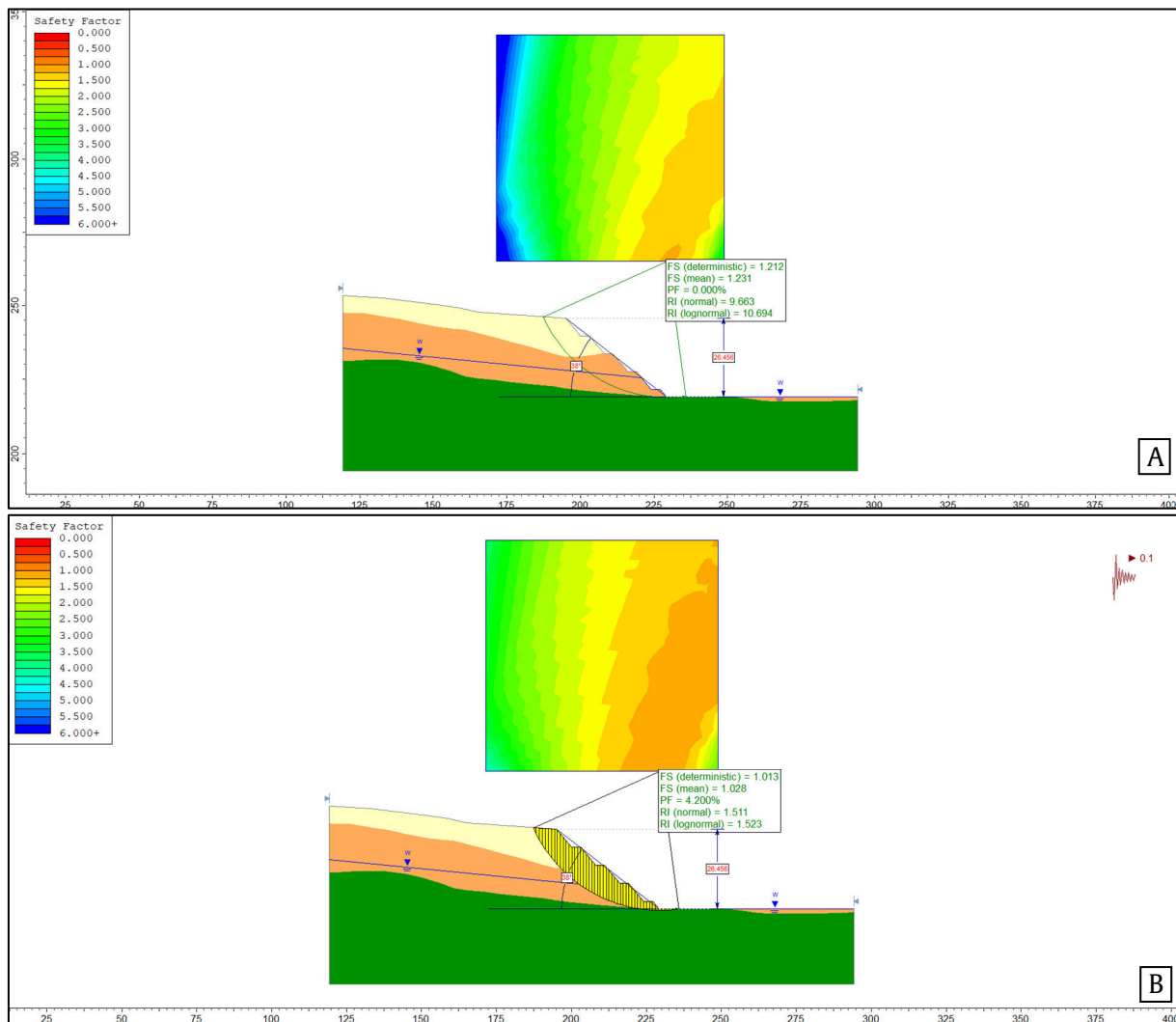
dalam mendesain lereng tunggal dikarenakan nilai $FK \geq 1,1$ dan $PL \leq 15\%-20\%$, sesuai dengan Kepmen ESDM Nomor 1827/K/30/MEM/2018 ($FK > 1,2$ dan $PL < 15\%-20\%$).

3.3.2 Geometri lereng keseluruhan

Berdasarkan 75 simulasi yang dapat dilihat pada (Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11) menunjukkan bahwa kestabilan lereng keseluruhan dilakukan terhadap lima kondisi muka air tanah, variasi kemiringan sudut lereng tunggal 50° , 55° , 60° , 65° dan 70° dengan tinggi lereng tunggal 6 meter dan variasi lebar jenjang 1m, 2m, dan 3m yang

dilakukan pada penampang sayatan A barat-laut-tenggara yang memotong bukaan pit.

Hasil analisis simulasi pada Sayatan A barat-laut-tenggara menunjukkan bahwa kondisi muka airtanah (MAT) 8H merupakan kondisi yang optimal dengan apabila menerapkan metode Bishop disederhanakan sudut kemiringan lereng tunggal 50° , tinggi lereng 6 meter dan menerapkan lebar jenjang 3 meter, sehingga menghasilkan sudut kemiringan lereng keseluruhan 38° dengan ketinggian lereng keseluruhan 26,46 m dengan perolehan nilai FK Statis 1,21, FK Dinamis 1,01 serta PL Statis 0% dan PL Dinamis 4,20% (Gambar 12).



Gambar 12 Geometri lereng keseluruhan dengan sudut kemiringan 38° , tinggi lereng 26,46 m, kondisi MAT 8H, dengan perhitungan (A) FK statis (B) FK Dinamis

4 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian, hasil serta pembahasan penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Endapan nikel laterit di daerah penelitian terdiri atas dua zona laterisasi yang dapat dijumpai yaitu zona limonit dengan sifat fisik nilai bobot isi kering

16,13 kN/m^3 dan nilai bobot isi tanah basah yaitu 23,85 kN/m^3 . Sifat mekanis parameter kohesi tanah sebesar 31,74 kPa dan nilai sudut geser dalam sebesar $30,76^\circ$. Zona saprolit dengan sifat fisik nilai bobot isi kering 16,35 kN/m^3 dan bobot isi tanah basah 22,20 kN/m^3 . Sifat mekanis parameter

kohesi tanah sebesar 26,25 kPa dan nilai sudut geser dalam sebesar 29,22°.

2. Simulasi kestabilan lereng dengan menggunakan metode kesetimbangan batas metode Bishop disederhanakan untuk variasi sudut lereng 50°, 55°, 60°, 65° dan 70° dengan tinggi 6 meter dan lebar jenjang 1m, 2m dan 3m dinilai masih aman untuk digunakan dalam mendesain lereng tunggal

dikarenakan nilai $FK \geq 1,2$ dan $PL \leq 15\%-20\%$. Pada lereng keseluruhan GT-ATM-ASK sayatan A baratlaut-tenggara dengan tinggi lereng keseluruhan 26,46 meter diperoleh geometri lereng dengan kemiringan 38° dan lebar jenjang 3 meter pada kondisi agak kering (8H), diperoleh nilai FK Statis 1,21, FK Dinamis 1,01, PL Statis 0% serta PL Dinamis 4,20%.

Referensi

- Arif, I. 2021. Geoteknik Tambang (Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan Lereng). PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Azizi, M. A. 2014. Pengembangan Metode Penentuan Reliabilitas Kestabilan Lereng Tambang Terbuka Batubara di Indonesia, Disertasi, Institut Teknologi Bandung.
- Azizi, M. A., Hakim, R. N. & Nugraha, A. D. 2019. Optimalisasi Geometri Lereng Tambang Nikel Menggunakan Metode Probabilistik Pada Hill Pit 05 PT Vale Indonesia Tbk, Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Geomine*, 7(2), pp. 92-100. <https://doi.org/10.33536/jg.v7i2.344>
- Azizi, M. A., Karim, R., Marwanza, I. & Ghifari, M. K. 2019. Prediction of Material Volume of Slope Failure in Nickel Surface Mine Using Limit Equilibrium Method 3D. *Indonesian Mining Professionals Journal*, 1(1), pp. 43-48. <https://doi.org/10.36986/impj.v1i1.13>
- Djainal, H., Nurdin, N. D & Rusmansyah. 2022. Analisis Geometri Lereng Pada Pit Penambangan Bijih Nikel PT. Alam Raya Abadi (ARA) Kecamatan Wasile Kabupaten Halmahera Timur Provinsi Maluku Utara. *Jurnal DINTEK*, 5(2). pp. 38-50.
- Hoek, E. & Bray, J. D. 1981. *Rock Slope Engineering*. London, The Institution of Mining and Metallurgy. <https://doi.org/10.1201/9781482267099>
- Hardiyatmo, H. C. 2019. *Mekanika Tanah II* 6th ed. Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Hasan, B. M., & Heriyadi, B. 2020. Analisis Balik Kestabilan Lereng Tambang Batubara Pit RTS-C Sisi Barat WUP Roto-Samurangau PT. Kideco Jaya Agung, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Bina Tambang*, 5(1). pp. 74-84.
- Karim, R., & Azizi, M. A. 2019. Analisis Stabilitas Lereng Tambang Terbuka Nikel Menggunakan Metode Probabilistik. *Prosiding Workshop dan Simposium Nasional Geomekanika Ke-5*. Makassar. pp. 232-239. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.33212.18565>
- Keputusan Menteri Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia. 2018. Nomor. 1827 K/30/MEM-RI Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. 2014. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius. *Jurnal Sipil Statik*, 2(1), pp. 37-46.
- Pusgen 2021. *Desain Spektra Indonesia*. Jakarta. Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
- Salunkhe, D. P., Chvan, Guruprasd, Bartakke, Rupa N. dan Kothavale, Pooja R. 2017. An Overview on Methods for Slope Stability Analysis. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 6(3), pp. 528-535. <https://doi.org/10.17577/ijertv6is030496>
- Vickyla, M., Sophian, I., Muslim, D. (2019). Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Tambang X. *Padjajaran Geoscience Jurnal*. 3(3). pp. 191-198. <https://doi.org/10.24198/pgj.v3i3.23181>
- Wesley, L. D. 2010. *Geotechnical Engineering in Residual Soils*. New Jersey, John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9780470943113>