

Analisis Kestabilan Lereng Tambang Di Area Penambangan Andesit PT.Mineral Sutera Pesisir Selatan Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat.

Aprional Ifnanta^{1*}, Yoszi Mingsi Anaperta^{**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*apritional_ifnanta@yahoo.co.id

**yosziperta@ft.unp.ac.id

Abstract. PT. MsPS is one of the companies engaged in the field of andesite mining located in Kampung Lubuk Rasan, District IV Jurai, Pesisir Selatan District, West Sumatra Province. Initial slope geometry has an overall slope height of 30 m with a slope of 50° and a single slope with a height of 10 m with a slope of 63°. Clay data: Unit Weight (γ) = 15.97 kN / m³, Cohesion (c') = 42.01 kN / m² and inner shear angle (ϕ') = 40.36°. Whereas with the method FK can obtain overall slope slope FK in saturated conditions of 0.573 and single slope in can FK slope in saturated conditions of 1,092.. Then the slope geometry was changed with a height of 30 meters with an overall slope of 31° and a single slope with a height of 7.5 m with an angle of 40°. Overall slope FK is obtained with an overall slope of 1,283 and single slope the 2,719 FK is obtained. By using the janbu method, the overall slope FK is obtained in the saturation condition of 1.095 and in a single slope the 2,575 slope after changing the geometry the slope using bishop method, the slope is safe.

Keywords: initial geometry, simplified bishop, simplified janbu, safety factor.

1 Pendahuluan

PT. Mineral Sutera Pesisir Selatan (MsPS) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang penambangan andesit yang berlokasi di Kampung Lubuk Rasan, Kanagarian Tambang, Kecamatan IV Jurai, Kabupaten Pesisir Selatan, Provinsi Sumatera Barat. PT. Mineral Sutera Pesisir Selatan (MsPS) mendapatkan izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi Surat Keputusan Bupati Pesisir Selatan No. IUP-OP: 516/466/KPTS/BPT-PS/2009 tanggal 28 Oktober tahun 2009 dengan ijin area konsesi seluas 192,08 ha. Pada areal tambang terdapat sebuah lereng yang memiliki ketinggian yang tinggi, dengan kemiringan yang terjal dan dengan desain lereng tunggal.



Gambar 1. Kondisi awal lereng^[1]

Kondisi lereng saat ini tersusun atas material soil dan bongkahan border yang terdapat pada kedalaman yang bervariasi. Bongkahan batu tersebut yang akan di tambang. Perusahaan PT. Mineral Sutera Pesisir Selatan (MsPS) melakukan penambangan pada lereng dengan cara menambang bagian punggung lereng terlebih dahulu.

Pada lereng tersebut pernah terjadi longsor pada bulan Januari 2018 pada lereng tersebut adalah longsor

busur, hal ini disebabkan oleh jenis material yang lunak (loose material) dan bidang diskontinu yang rapat dan acak. Jika melihat dari longsoran yang terjadi (failure history), material yang bersifat loose, pelapukan material yang kuat, serta terdapatnya bidang-bidang diskontinu yang rapat (heavily jointed) dan tidak dapat dikontrol maka longsoran yang mungkin terjadi berupa longsoran busur. belum adanya dilakukan analisis kestabilan lereng karena tidak adanya bagaian geotek di perusahaan.

Penelitian ini mencoba menganalisis kestabilan lereng untuk memperoleh design dan faktor keamanan pada lereng soil tersebut. Longsoran lereng dianalisis dari parameter masukan dan data yang di uji untuk mendapatkan geometri lereng optimum untuk perusahaan.

Dengan melakukan penelitian di aspek-aspek tersebut maka bisa didapatkan beberapa tujuan. Adapun tujuan penelitian penelitian ini ialah:

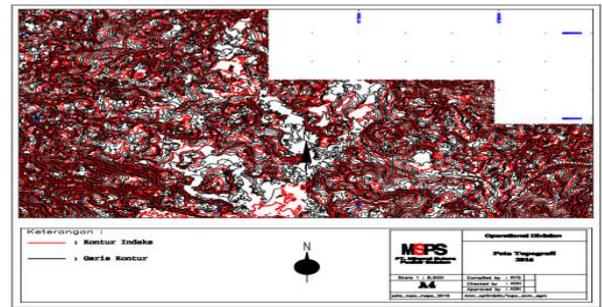
1. Mendapatkan nilai sifat fisik dan mekanik material lereng PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.
2. Mendapatkan nilai faktor keamanan aktual pada analisis kestabilan lereng PT. PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.
3. Mendapatkan geometri lereng PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan. dalam keadaan jenuh, setengah jenuh dan kering

2 Kajian Teori

2.1. Deskripsi Perusahaan

PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan (MsPS) merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan andesit kegiatan penambangan yang berpusat di kota painan pesisir selatan. PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan (MsPS) mendapatkan izin Usaha Pertambangan Operas Produksi Surat Keputusan Bupati Pesisir Selatan No. IUP-OP: 516/466/KPTS/BPT-PS/2009 tanggal 28 Oktober tahun 2009 dengan ijin area konsesi seluas 192,08 ha yang terletak pada koordinat:

Secara umum topografi areal penambangan merupakan perbukitan bergelombang sedang hingga kuat, dengan lembah yang berbentuk V dan lereng yang terjal, Kenampakan permukaan sebagai daerah dengan sederet perbukitan yang membentuk jalur relief. Satuan morfologiperbukitan bergelombang sedang-kuat menempati 50% dari seluruh wilayah yang di konsesi, mempunyai ketinggian lokal antara 20–200 m dari permukaan air laut. Di daerah penelitian terdapat beberapa sungai, yaitu Sungai Salido Kecil, Sungai Tambang dan sungai kecil lainnya. Berikut adalah peta kontur PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.



Gambar 2. Peta topografi PT. Mineral Sutra Pesisir selatan

2.2 Kestabilan lereng

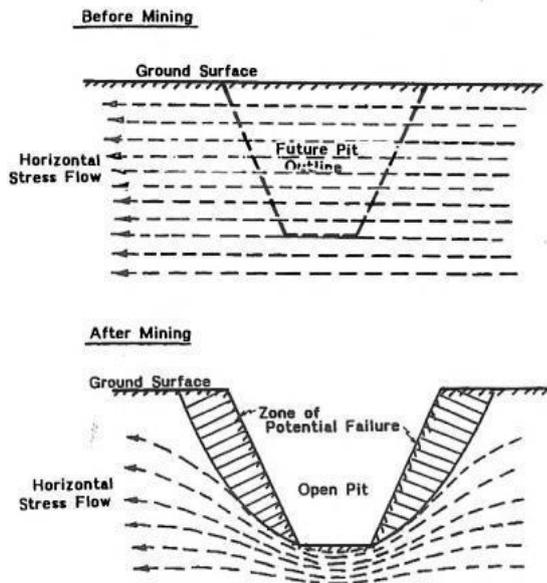
. Kestabilan dari suatu jenjang individual dikontrol oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan lereng pada daerah tersebut, kondisi air tanah setempat, dan juga oleh teknik penggalian yang digunakan dalam pembuatan lereng. Faktor pengontrol ini jelas sangat berbeda untuk situasi penambangan yang berbeda, dan sangat penting untuk memberikan aturan yang umum, untuk menentukan seberapa tinggi atau seberapa landai suatu lereng untuk memastikan lereng itu akan stabil.

Apabila kestabilan dari suatu jenjang dalam operasi penambangan meragukan, maka kestabilannya harus dinilai berdasarkan dari struktur geologi, kondisi air tanah dan faktor pengontrol lainnya yang terjadi pada suatu lereng. Suatu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng batuan adalah dengan faktor keamanan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor.

Analisa kestabilan lereng dilakukan untuk menilai tingkat kestabilan suatu lereng. Istilah kestabilan lereng dapat didefinisikan sebagai ketahanan blok di atas suatu permukaan miring (diukur dari garis horizontal) terhadap runtuh (collapsing) dan gelinciran (sliding.)^[2]

Umumnya material di alam dalam keadaan stabil dengan distribusi tegangan dalam keadaan setimbang (equilibrium). Adanya penggalian untuk penambangan menyebabkan terjadinya distribusi tegangan baru. Hilangnya overburden juga akan menyebabkan berkurangnya tegangan vertikal, munculnya rekahan akibat penghilangan tegangan, dan terbukanya kekar-kekar sehingga nilai kohesi dan sudut gesek dalam tanah dan batuan menurun. Air tanah juga dapat dengan mudah melewati rekahan-rekahan yang ada dan menyebabkan turunnya tegangan normal efektif pada bidang-bidang yang berpotensi runtuh. Semakin dalam tambang digali, zona tanpa tegangan ini akan semakin besar sehingga runtuh dapat menjadi lebih buruk.

Seperti pada gambar 2 di bawah ini redistribusi tegangan horizontal akibat penggalian tambang^[3]



Gambar 2. Redistribusi Tegangan Horizontal Akibat Penggalian Tambang

kestabilan lereng biasa dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan (FK) yang didefinisikan sebagai berikut

$$\text{Faktor keamanan (FK)} = \frac{\text{gaya penahan}}{\text{gaya penggerak}} \quad (1)$$

Keterangan:

- FK > 1,0 : lereng dianggap stabil
- FK = 1,0 : lereng dalam keadaan seimbang dan siap untuk bergerak apabila ada sedikit gangguan
- FK < 1,0 : lereng dianggap tidak stabil.

Apabila nilai FK untuk suatu lereng > 1,0 (gaya penahan > gaya penggerak), lereng tersebut berada dalam kondisi stabil. Namun, apabila harga FK < 1,0 (gaya penahan < gaya penggerak), lereng tersebut berada dalam kondisi tidak stabil dan mungkin akan terjadi longsor pada lereng tersebut.

Kondisi seperti diatas FK = 1,0 tidak dikehendaki, karena apabila terjadi pengurangan gaya penahan atau penambahan gaya penggerak sekecil apapun lereng akan menjadi tidak mantap dan longsor segera terjadi. Karena itu harga FK selalu dibuat lebih dari 1,0 (untuk lereng sementara/front penambangan FK = 1,3, untuk lereng permanen FK = 1,5, dan untuk bendungan FK ≥ 2,0). Seperti pada tabel 5 di bawah ini hubungan nilai FK dan kemungkinan kelongsoran lereng tanah

Nilai Fk	Kemungkinan Longsor
< 1,07	Kelongsoran biasa terjadi
1,07 < Fk < 1,25	Kelongsoran pernah terjadi
> 1,25	Kelongsoran jarang terjadi

Tabel 2. Hubungan nilai FK dan Kemungkinan Kelongsoran Lereng Tanah

Apabila FK lereng > 1,25 yang berarti gaya penahan lebih besar daripada gaya penggerak, maka lereng dalam keadaan stabil. Begitu sebaliknya bila nilai FK < 1,07 maka lereng tidak stabil dan rawan terjadi longsor. Jika nilai kestabilan lerengnya 1,07 < FK < 1,25 dimana FK yang mempunyai nilai antara 1.07 dan 1.25 maka lereng tersebut berada dalam keadaan kritis.^[5]

Kondisi 1,07 < FK < 1,25 tetap tidak dikehendaki, karena apabila terjadi pengurangan terhadap gaya penahan atau penambahan gaya penggerak sekecil apapun, lereng menjadi tidak stabil dan rawan longsor. Oleh karena itu, nilai FK selalu dibuat lebih dari 1,25.

2.3 Kuat Geser

Kuat geser terdiri dari kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ). Untuk analisis stabilitas lereng untuk jangka panjang digunakan harga kuat geser efektif maksimum (c, φ). Untuk lereng yang sudah mengalami gerakan atau material pembentuk lereng yang mempunyai diskontinuitas tinggi digunakan harga kuat geser sisa (cr = 0; φr).

2.4 Berat Isi

Berat isi diperlukan untuk perhitungan beban guna analisis stabilitas lereng. Berat isi dibedakan menjadi berat isi asli, berat isi jenuh, dan berat isi terendam air yang penggunaannya tergantung kondisi lapangan.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kekuatan geser terdiri atas:

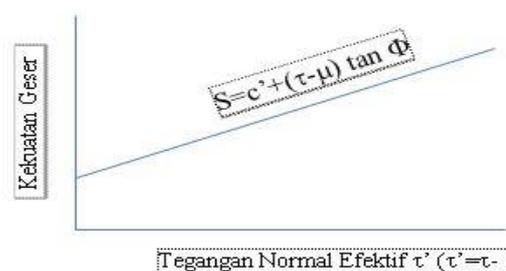
1. Bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah/batuan dan ikatan butirnya.
2. Bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser.

Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dengan rumus:

$$S = C' + (\tau - \mu) \tan \phi \quad (2)$$

dimana:

- S = kekuatan geser
- τ = tegangan total pada bidang geser
- μ = tegangan air pori
- C' = kohesi efektif
- φ = sudut geser dalam efektif



Gambar 3. Kekuatan Geser Tanah

2.5 Klasifikasi Berat Isi Tanah dan Batuan

Klasifikasi berat isi tanah asli serta faktor pengembangannya menurut (Horner, 1988), dapat dilihat seperti tabel 2 berikut:

Tabel 2. Berat Isi Tipikal Tanah Asli Dan Faktor Pengembangan

Jenis	Berat Isi Asli (gram/cm ³)	Pengembangan (%)
Tanah		
Pasir bergradasi seragam, lepas	1.60-1.90	10-15
Pasir bergradasi seragam, padat	1.65-2.10	10-15
Pasir bergradasi menerus, lepas	1.75-2.20	10-15
Pasir bergradasi menerus, padat	1.90-2.25	10-15
Kerikil	1.70-2.25	10-15
Kerikil kepasiran	1.90-2.25	10-15
Lempung lunak (<i>soft</i>)	1.60-1.95	20-40
Lempung sedang (<i>firm</i>)	1.75-2.10	20-40
Lempung kokoh (<i>stiff</i>)	1.80-2.25	20-40
Lempung mengandung kerikil	1.65-2.30	20-40
Lempung organik	1.40-1.60	20-40
Lempung <i>glacial</i>	1.75-2.10	20-40
Loam	1.50-1.60	25-35
<i>Peat</i>	1.05-1.40	25-35
<i>Topsoil</i>	1.35-1.40	25-35
Batuan		
Granit (<i>granite</i>)	2.60-2.70	50-80
Basal/ <i>dolerite (basalt/dolerite)</i>	2.70-2.90	50-80
Gabro	2.80-3.00	50-80
<i>Gneiss</i>	2.70-2.90	30-65
<i>Schist and Slate</i>	2.70-2.90	30-65
<i>Quartite</i>	2.60-2.75	40-70
Batu Pasir (<i>sandstone</i>)	2.45-2.65	40-70
Batu Kapur (<i>limestone</i>)	2.40-2.70	45-75
Marmar (<i>marble</i>)	2.60-2.80	45-75
<i>Cher and Flint</i>	2.50-2.60	40-70
Marl	1.90-2.35	25-40
<i>Shale</i>	2.15-2.60	30-65
Kapur (<i>chalk-upper and middle</i>)	1.65-2.05	30-40
Kapur (<i>chalk-lower</i>)	2.00-2.40	30-40
Batu Bara (<i>coal</i>)	1.25-1.60	35

2.6 Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi kemantapan lereng diantaranya^[6]:

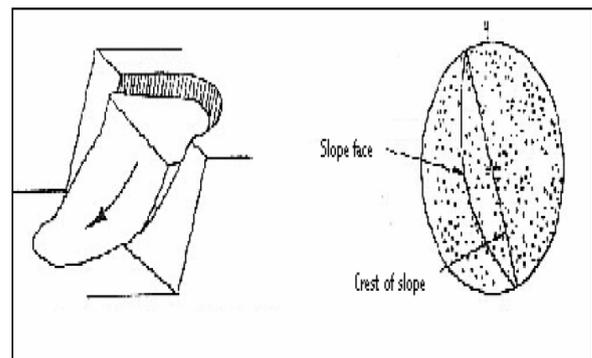
- Geometri Lereng
- Sifat Fisik dan Mekanik Material
- Struktur Geologi
- Hidrogeologi
- Cuaca/Iklim
- Gaya Dari Luar

2.7 Jenis jenis longsoran

Secara umum longsoran terdiri dari 4 jenis. Adapun 4 jenis longsoran tersebut adalah sebagai berikut

2.7.1 Longsoran Busur (Sircular Failure)

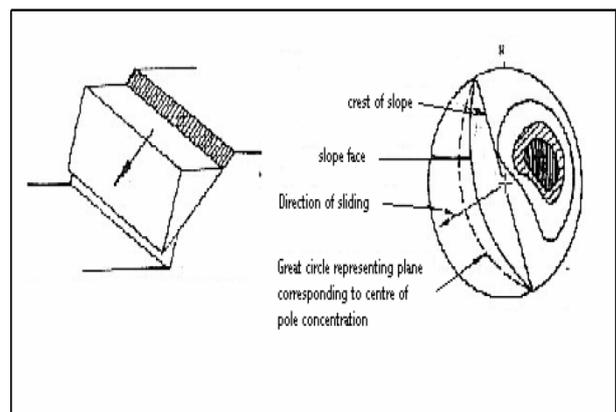
Jenis longsoran ini adalah yang paling umum terjadi di alam (tipikal longsoran tanah/soil). Pada batuan yang keras, jenis longsoran ini hanya dapat terjadi jika batuan tersebut sudah lapuk dan mempunyai bidang-bidang diskontinu yang rapat (*heavily jointed*), atau menerus sepanjang sebagian lereng sehingga menyebabkan longsoran geser dipermukaan. Yang lebih sering terjadi adalah gabungan antara longsoran bidang dan longsoran busur, terutama lereng-lereng buatan.^[4] Longsoran busur dapat dilihat pada gambar



Gambar 4. Longsoran busur

2.7.2 Longsoran Bidang (Plane Failure)

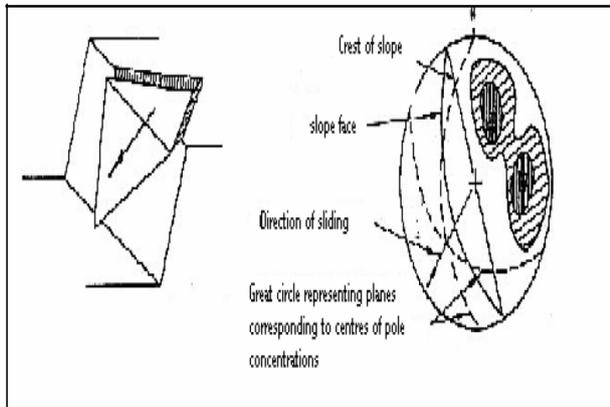
Longsoran jenis ini terjadi pada batuan yang mempunyai bidang lurus bebas (*day light*) yang mengarah ke lereng dan bidang luncurnya pada bidang diskontinu seperti: sesar, kekar, liniasi atau bidang perlapisan. Fenomena lainnya yang memicu longsoran jenis ini yaitu bila sudut lereng lebih besar dari sudut bidang lurus serta sudut geser dalam lebih kecil dari sudut bidang luncurnya. Biasanya terjadi pada permukaan lereng yang cembung dengan kemiringan bidang kekar rata-rata hampir atau searah dengan kemiringan lereng. Longsoran bidang dapat dilihat pada gambar



Gambar 5. Longsoran Bidang

2.7.3 Longsoran Baji (Wedge Failure)

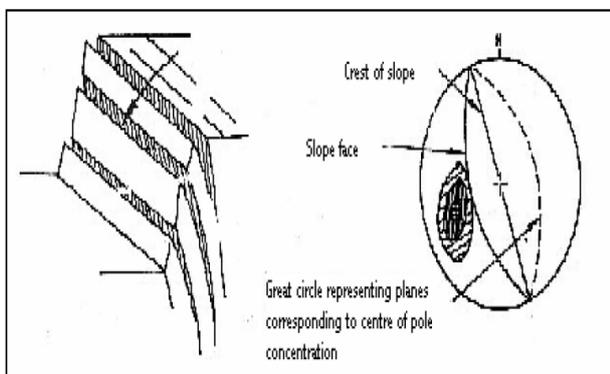
Model longsoran ini hanya bisa terjadi pada batuan yang mempunyai lebih dari satu bidang lemah atau bidang diskontinu yang bebas, dengan sudut antara kedua bidang tersebut membentuk sudut yang lebih besar dari sudut geser dalamnya. Fenomena yang paling sering terjadi adalah garis perpotongan dua bidang kekar mempunyai kemiringan ke arah kemiringan lereng. Longsoran baji dapat dilihat pada gambar [14].



Gambar 6. Longsoran baji

2.7.4 Longsoran Guling (Toppling Failure)

Longsoran toppling akan terjadi pada lereng yang terjal pada batuan keras dengan bidang - bidang diskontinu yang hampir tegak atau tegak, dan longsoran dapat berbentuk blok atau bertingkat. Bila longsoran terjadi pada massa batuan yang kuat dengan fenomena kekar yang relatif tegak, maka rekahan tariknya akan melendut terus dan miring ke arah kemiringn lereng. Longsoran guling dapat dilihat pada gambar



Gambar 7. Longsoran guling

2.8 Metode Bishop Simplified

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan salah satu metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan batas dalam menentukan faktor keamanan dari suatu massa material yang berpotensi longsor. Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya pada arah vertikal dan

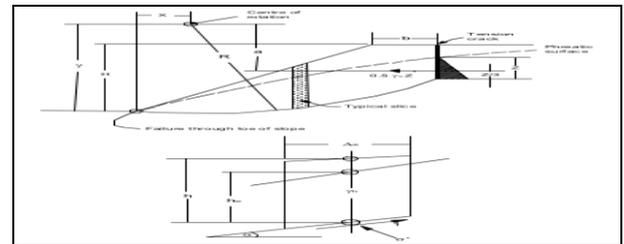
kesetimbangan momen pada titik pusat lingkaran runtuh. Gaya geser antar irisan diabaikan (Duncan, et al, 2002) [13]. Untuk menghitung nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n (c' b_i + W_i (1 - r_u) \tan \phi)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \phi / F)} \right) \quad (3)$$

Dimana,

- F = faktor aman
- θ_i = sudut (0)
- c' = kohesi tanah efektif (kN/m²)
- b_i = lebar irisan ke-i (m)
- W_i = berat irisan tanah ke-i (kN)
- ϕ' = sudut gesek dalam efektif (0)
- μ_i = tekanan air pori irisan ke-i (kN/m²)
- r_u = rasio tekanan air pori
- ∂ = berat volume tanah (kN/m²)
- μ = tekanan air pori (kN/m²)
- h = tinggi irisan rata - rata (m)

Metoda Bishop yang disederhanakan dapat dilihat pada gambar



Gambar 8. Metoda Bishop yang disederhanakan [12]

2.9 Metode Janbu yang disederhanakan

Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu gaya geser antar irisan sama dengan nol. Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan kesetimbangan gaya dalam arah horizontal untuk semua irisan, namun kesetimbangan momen tidak dapat dipenuhi. Sembarang bentuk bidang runtuh dapat dianalisis dengan metode ini. Metode simplified Janbu dapat digunakan untuk menganalisis bidang runtuh circular maupun non circular.[7] persamaan untuk menghitung FK sebagai berikut(4)

$$FK = \frac{\sum_{i=1}^n (c' \beta + (N - u \beta) \tan \phi') \cos \alpha}{\sum_{i=1}^n (N \sin \alpha + kW) + A} \quad (4)$$

3. Metode Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian terapan (applied research) dengan memberikan solusi atas permasalahan yang ada di lapangan dengan menggabungkan antara teori dan data di lapangan untuk pemecahan masalah. Dalam penelitian ini, pengukuran dan pengujian memegang peran sentral sehingga berdasarkan bentuk datanya tergolong penelitian kuantitatif.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Data yang diambil harus benar, akurat dan lengkap serta relevan dengan permasalahan yang ada. Data yang diambil dikelompokkan menjadi [9] :

Data Primer

Pengukuran data primer dilakukan dengan cara mengukur dan mengamati kondisi yang ada di lapangan. Pada penelitian ini didapatkan data primer berupa data bor hasil eksplorasi dan dokumentasi.

1. Bobot isi tanah dan bobot isi kering

Untuk menghitung bobot isi tanah dan bobot isi kering digunakan rumus :

$$\text{Berat isi } (\gamma) = W_2 - W_1 V \text{ gram/cm}^3 \quad (5)$$

Dimana :

W_2 = Berat cincin + tanah (gram)

W_1 = Berat cincin kosong (gram)

V = Volume cincin (cm³)

Sedangkan untuk bobot isi kering digunakan rumus :

$$\text{Bobot isi kering } (\gamma_d) = \gamma(1 + \omega) \quad (6)$$

Dimana :

γ_d = Bobot isi kering (gram/cm³)

γ = Bobot isi (gram/cm³)

ω = Kadar air

Data yang diperoleh dari hasil pengujian akan memiliki satuan gram/cm³. Data tersebut kemudian dikonversi ke dalam satuan kN/m³, yang artinya data yang diperoleh akan dikalikan dengan faktor konversi sebesar 9,807 m/s².

2. Kadar Air

Cara melakukan pengujian kadar air adalah pertama-tama di siapkan timbangan elektronik, beberapa cawan kosong yang sudah dibersihkan, dan oven. Timbang berapa berat cawan kosong selanjutnya timbang berat cawan kosong + tanah sampel lalu masukan cawan + sampel ke dalam oven. Lalu dikeringkan tunggu sampai 5 jam selanjutnya ditimbang berat cawan + sampel, lalu dikeringkan lagi sampai 2 jam lalu ditimbang berat cawan + sampel, masukkan lagi cawan + sampel tunggu 2 jam lagi lalu ditimbang berapa berat cawan + sampel, selanjutnya cawan + sampel dikeringkan lagi selama 2 jam, kemudian ditimbang lagi. Setelah dirasa yakin kalau sampel benar-benar kering berdasarkan 3 kali pengeringan ulang dan hasilnya sama maka sampel sudah dinyatakan kering.

Lakukan pengujian kadar air untuk masing-masing sampel tanah yang dibawa dari lapangan.

Analisa Perhitungan:

$$\omega = \frac{W_w - D_w}{D_w - T_w} \times 100\% \quad (7)$$

3. Kohesi dan Kuat Geser

Cara pengujianya siapkan alat pengujian kuat geser, lalu cetak sampel tanah ke dalam cincin kuat geser lalu padatkan, selanjutnya masukkan cincin + sampel ke dalam alat kuat geser, kunci lah alat kuat geser tersebut. Selanjutnya masukan air secara perlahan pada wadah alat kuat geser hingga penuh, kasih pemberat berupa piringan baja seberat 3 kg. Lalu putar alat kuat geser dan lihat jarum pada pembaca alat kuat geser sampai berapa dia berhenti. Selanjutnya catat pada angka berapa jarumnya berhenti. Lakukan pengujian tersebut sebanyak 3 kali dengan penambahan beban sebanyak 3 kg, 6 kg dan 9 kg lalu catatlah hasil pengujian tersebut. Dari pengujian kuat geser, nantinya akan diperoleh nilai tegangan normal (σ) tegangan geser (τ) dan kemudian akan diketahui parameter uji berupa kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Adapun rumus untuk mengetahui tegangan normal adalah sebagai berikut : (8)

$$\text{Tegangan normal } (\sigma) = N/A \quad (8)$$

Dimana :

σ = Tegangan normal (kg/cm²)

N = Beban yang diberikan (kg)

A = Luas cetakan (cm²)

Adapun rumus untuk menghitung tegangan geser adalah sebagai berikut :

$$\tau = S/A \quad (9)$$

Dimana :

τ = Tegangan geser (kg/cm²)

S = Beban geser (kg)

A = Luas cetakan (cm²)

Data Sekunder

Pada penelitian ini data sekunder yang didapatkan oleh peneliti ini berupa peta geologi yang menunjukkan bagaimana keadaan geologi dari PT. Mineral Sutera Pesisir Selatan, pemetaan topografi, peta kesampaian daerah.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengeboran dan Pengambilan Sampel

Penulis melakukan pengambilan sampel di lapangan menggunakan alat hand bor, sampel dari hasil pengeboran tersebut selanjutnya dilakukan pengujian di laboratorium sehingga di dapat hasil berupa nilai bobot isi material (n) dengan satuan kN/m³, nilai kohesi (c) dari material dengan satuan (kPa) dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai

kohesi dan sudut geser dalam didapat dari Direct Shear Test. Kemudian penulis melakukan pengambilan data di lokasi penelitian lereng jalan PT. Mineral Sutera Pesisir Selatan dengan mengambil data orientasi lereng (tinggi, lebar jenjang dan kemiringan lereng) pada lereng tersebut.

4.2 Pengujian Sampel

Pengujian sampel bertujuan untuk mengetahui jenis dan karakteristik material dari sampel di lokasi penelitian. Pada kegiatan ini dilakukan beberapa jenis pengujian, yaitu penentuan bobot isi dan uji kadar air. Pengujian terhadap sampel dilaksanakan di Laboratorium Tambang Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Negeri Padang.

4.2.1 Uji penentuan kadar air

Pengujian kadar air terhadap sampel bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kadar air yang terkandung dalam material penyusun lereng di lapangan. Adapun data hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Hasil pengujian kadar air

Contoh Uji	I	II	III
Nomor Cawan	1	2	3
Berat cawan (Tw) (gram)	4,55	4,66	4,70
Berat cawan + tanah basah (Ww) (gram)	12,99	13,23	13,11
Berat cawan + tanah setelah dikeringkan (Dw) (gram)	10,48	10,36	10,51
Berat Air (Ww-Dw) (gram)	2,51	2,87	2,60
Berat tanah kering (Dw-Tw) (gram)	5,93	5,70	5,81
Kadar air $\omega = \frac{Ww-Dw}{Dw-Tw} \times 100\%$	42,32	50,35	44,75
Kadar air rata-rata (ω), %	45,80		

4.2.2 Uji Bobot Isi

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan berat isi/bobot isi tanah yang merupakan perbandingan antara berat tanah basah dengan volumenya (gram/cm³). Adapun hasil pengujian bobot isi dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji bobot isi

Contoh Uji	I	II	III
------------	---	----	-----

Nomor Cincin	1	1	1
Tebal Cincin ,t, (cm)	2	2	2
Diameter Cincin ,d, (cm)	6	6	6
Berat cincin kosong, W1(gram)	51,85	51,85	51,85
Berat cincin + tanah W2(gram)	142,11	137,61	146,74
Volume Cincin t x $0,25 \pi d^2$ (cm ³)	56,52	56,52	56,52
Berat isi (γ) gram/cm ³	1.596	1,517	1,678
Berat isi rata-rata (γ), (gram/cm ³)	1,597		
Berat isi (γ_d) kering gram/cm ³	1,010 5	1,0097	1,0113

4.2.3 Pengujian Berat Jenis

Tabel 5. Hasil pengujian berat jenis sampel

Sampel	Berat Pikno (W1), gram	Berat Pikno +Tanah (W2), gram	Berat Pikno + Tanah + Air (W3), gram	Berat Pikno + Air (W4), gram	Berat Jenis (Gs)
A	28,19	33,42	128,71	127,05	1,464
B	48,85	55,15	147,73	145,35	1,607
C	28,17	36,45	127,74	124,35	1,693
Rata-Rata	35,07	41,67	134,72	132,25	1,588

4.2.4 Pengujian kuat geser langsung

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan parameter kekuatan tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Berikut hasil pengujian geser langsung. Diameter : 6,31cm, Luas : 31,27cm²

Tabel 6. Hasil pengujian kuat geser langsung

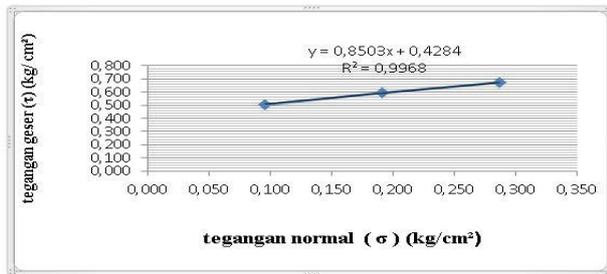
No.	beban normal (kg)	tegangan normal (σ) (kg/cm ²)	beban geser (s) (kg)	tegangan geser (τ) (kg/ cm ²)
1	3	0.096	15,9	0.507

2	6	0.191	18,7	0.596
3	9	0.287	21	0.670

Analisis data :

Diameter cetakan = 6,31cm (diameter dalam cincin “d”)
 Luas = $\frac{1}{4} \pi d^2$
 Luas (A) = $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 6,31^2 = 31,27 \text{ cm}^2$
 S = gaya geser

Tegangan geser (τ) = S/A
 Uji geser (τ) pada sampel dengan beban 3 kg
 $(\tau) = 15,9/31,27 = 0,507 \text{ kg/cm}^2$
 Uji geser (τ) pada sampel dengan beban 6 kg
 $(\tau) = 18,7/(31,27) = 0,596 \text{ kg/cm}^2$
 Uji geser (τ) pada sampel dengan beban 9 kg
 $(\tau) = 21/(31,27) = 0,670 \text{ kg/cm}^2$
 Tegangan normal (σ) = N/A
 Sampel dengan beban normal 3 kg
 $(\sigma) = 3/(31,27) = 0,095 \text{ kg/cm}^2$
 Sampel dengan beban normal 6 kg
 $(\sigma) = 6/(31,27) = 0,191 \text{ kg/cm}^2$
 Sampel dengan beban normal 9 kg
 $(\sigma) = 9/(31,27) = 0,287 \text{ kg/cm}^2$



Gambar 9 Grafik Kuat Geser

Kohesi (c) = 0,4284Kg/cm2
 $= 0,4284 \text{ Kg} / 10\text{-}4\text{m}^2 \times 9,807 \text{ m/s}^2$
 $= 0,4284 \text{ Kg} \times 9,807 / 10\text{-}4\text{m}^2$
 $= 4,284 \text{ N} / 10\text{-}4\text{m}^2$
 $= 42,01 \text{ KN/m}^2$
 Sudut geser (ϕ) = 0,850
 $= \tan^{-1} 0,7$
 $= 40,36$

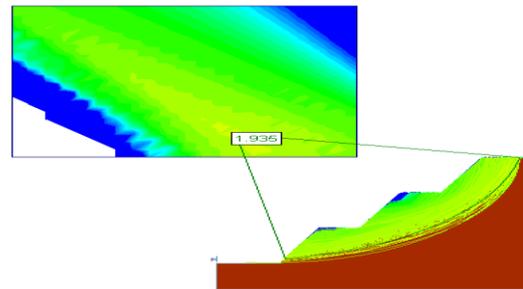
4.3 Analisis FK lereng menggunakan metode Bishop Simplified

Metode *Bishop* yang disederhanakan merupakan metode sangat populer dalam analisis kestabilan lereng dikarenakan perhitungannya yang sederhana, cepat dan memberikan hasil perhitungan faktor keamanan yang cukup teliti. Kesalahan metode ini apabila dibandingkan dengan metode lainnya yang memenuhi semua kondisi kesetimbangan seperti Metode *Spencer* atau Metode Kesetimbangan Batas Umum, jarang lebih besar dari 5%. Metode ini sangat cocok digunakan untuk pencarian secara otomatis bidang runtuh kritis yang berbentuk busur lingkaran untuk mencari faktor keamanan minimum.^[10]

Analisis dilakukan menggunakan aplikasi Rocscience Slide Version 6.005 berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode Bishop Simplified untuk jenis material yaitu Clay nilai kohesi, sudut geser dalam, bobot isi tanah, dan bobot isi kering untuk masing-masing material didapat setelah dilakukan pengujian sifat fisik dan mekanik terlebih dahulu, sedangkan untuk geometri lereng didapat dari data pengukuran dilapangan dan data dari perusahaan PT. Mineral Sutera Pesisir Selatan.

4.3.1 FK Lereng Overall Slope Dalam Keadaan Kering

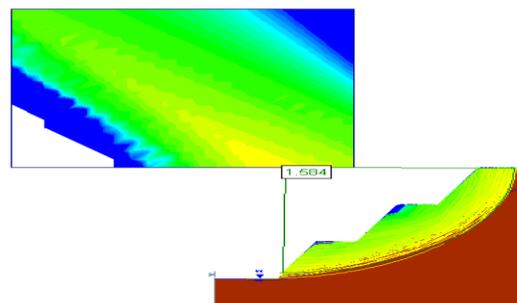
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi rocsience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi kering dengan tinggi keseluruhan 30 meter dan sudut 50°, dimana nilai FK 1,935 lereng berada dalam keadaan stabil atau aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 9 FK lereng pada kondisi kering PT. MineralSutera Pesisir Selatan

4.3.2 Analisis FK lereng dalam kondisi setengah jenuh

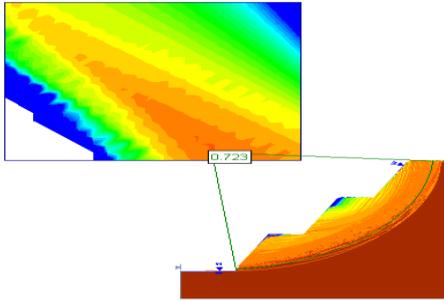
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng setengah jenuh adalah sebesar 1,584 dapat dilihat pada gambar di bawah, artinya lereng berada pada kondisi aman.



Gambar 10. FK lereng pada kondisi setengah jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.3.3 Analisis FK lereng pada keadaan jenuh

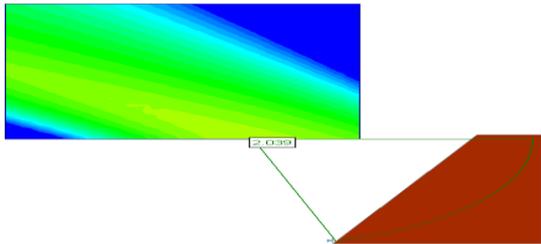
Berdasarkan analisis menggunakan software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng dengan kondisi lereng jenuh adalah sebesar 0,723 (gambar) $FK < 1,25$ artinya lereng berada pada kondisi tidak aman.



Gambar 11. FK lereng pada kondisi jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.3.4 Analisis FK Lereng dengan Kondisi Lereng Kering secara single slope

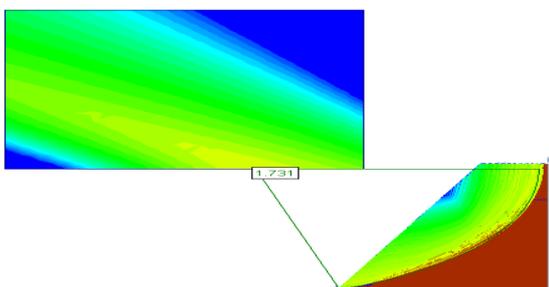
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri lereng dalam kondisi kering dengan tinggi 10 meter dan sudut 63°, dimana nilai FK 2,039 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 12. FK lereng pada kondisi kering PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.3.5 Analisis FK Lereng dengan Kondisi Lereng Setengah Jenuh secara single slope

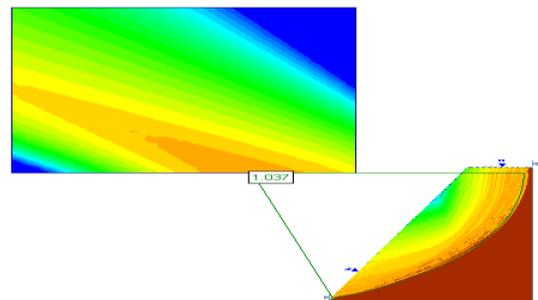
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi setengah jenuh dengan tinggi 10 meter dan sudut 63°, dimana nilai FK 1,731 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 13. FK lereng pada kondisi setengah jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.3.6 Analisis FK Lereng dengan Kondisi Lereng Jenuh secara single slope

Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi jenuh dengan tinggi keseluruhan 10 meter dan sudut 63°, dimana nilai FK 1,037 lereng berada dalam keadaan tidak aman. seperti pada gambar dibawah ini

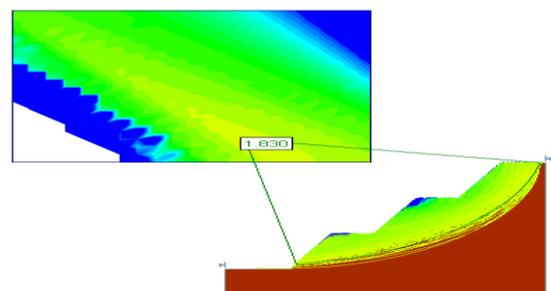


Gambar 14 . FK lereng pada kondisi jenuhPT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.4 Analisis Faktor Keamanan Lereng dengan Menggunakan Metode Janbu simplified

4.4.1 Analisis FK Lereng dengan Kondisi Lereng Kering Secara Overall Slope

Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi kering dengan tinggi keseluruhan 30 meter dan sudut 50°, dimana nilai FK 1,830 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini.

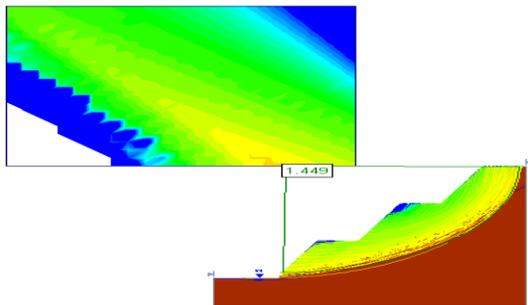


Gambar 15 . FK lereng pada kondisi kering PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.4.2 Analisis FK Lereng dengan Kondisi Lereng Setengah Jenuh

Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng

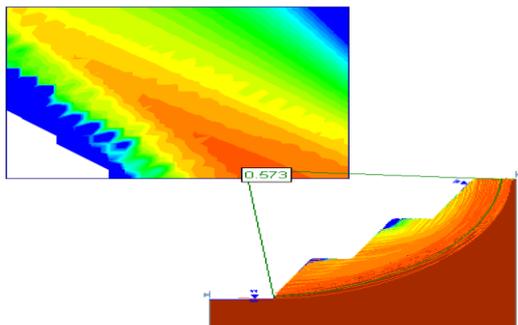
dalam kondisi setengah jenuh dengan tinggi keseluruhan 30 meter dan sudut 50°, dimana nilai FK 1,449 lereng berada dalam kondisi aman. seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 16. FK lereng pada kondisi setengah jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.4.3 Analisis FK Lereng dengan Kondisi Lereng Jenuh

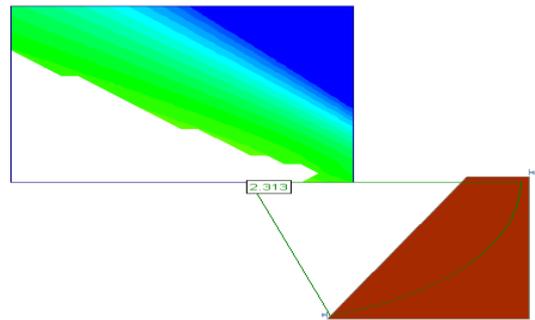
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi jenuh dengan tinggi keseluruhan 30 meter dan sudut 50°, dimana nilai FK 0,573 lereng berada dalam keadaan tidak aman. seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 17 . FK lereng pada kondisi jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.4.4 Analisis FK Lereng dengan Kondisi Lereng Kering secara single slope.

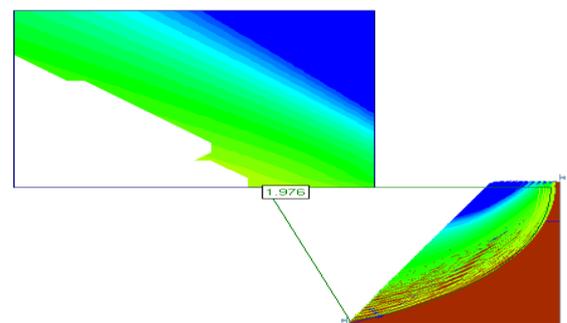
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri lereng dalam kondisi kering dengan tinggi 10 meter dan sudut 63°, dimana nilai FK 2,313 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 18 . FK lereng pada kondisi kering PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.4.5 Analisis FK Lereng dengan Kondisi Lereng Setengah Jenuh secara single slope

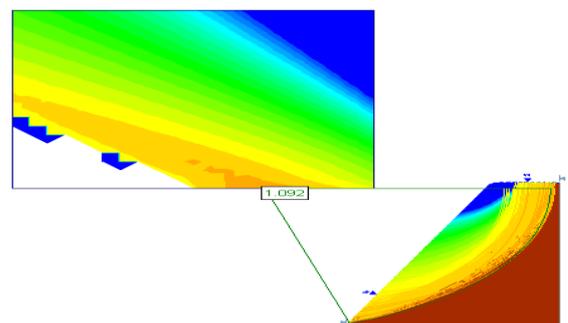
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi setengah jenuh dengan tinggi 10 meter dan sudut 63°, dimana nilai FK 1,976 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 19. FK lereng pada kondisi setengah jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan

4.4.6 Analisis FK Lereng dengan Kondisi Lereng Jenuh secara single slope

Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi jenuh dengan tinggi keseluruhan 10 meter dan sudut 63°, dimana nilai FK 1,092 lereng berada dalam keadaan tidak aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 20 . FK lereng pada kondisi jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

Tabel 7. Nilai Faktor Keamanan Lereng Aktual *Overall Slope*

Tinggi	Sudut	Metode	Faktor Keamanan Aktual		
			Jenuh	Setengah jenuh	kering
30	50°	Bishop	0,723	1,584	1,935
		Janbu	0.573	1,449	1,830

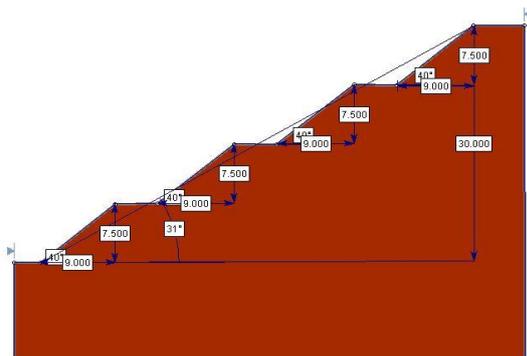
Tabel 8 . Nilai Faktor Keamanan Lereng Aktual *Single Slope*

Tinggi	Sudut	Metode	Faktor Keamanan Aktual		
			Jenuh	Setengah jenuh	kering
10	63°	Bishop	1,037	1,731	2,039
		Janbu	1,092	1,976	2,313

4.5 Modifikasi Geometri Lereng Untuk Meningkatkan Faktor Keamanan

Dari hasil analisis kestabilan lereng pada masing-masing titik pengamatan, terlihat bahwa lereng memiliki nilai faktor keamanan $FK < 1,25$ pada kondisi lereng jenuh. Nilai faktor keamanan $FK < 1,25$ artinya lereng berada pada kondisi tidak aman/kemungkinan terjadinya longsor disekitar lereng penambangan.

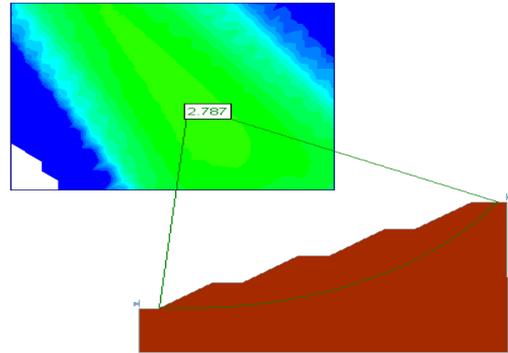
Berdasarkan hasil FK yang diperoleh maka penulis melakukan modifikasi pada lereng dengan melakukan perubahan pada geometri lereng tersebut. Perubahan yang dilakukan dengan mengurangi tinggi lereng dan sudut kemiringan lereng pada masing-masing titik pengamatan berdasarkan analisis Trial and Error, sehingga penulis memodifikasi sudut kemiringan lereng tunggal 40° dan overall 31° pada masing-masing titik pengamatan, seperti di bawah ini.



4.6 Analisis FK lereng menggunakan metode Bishop Simplified

4.6.1 Analisis FK Lereng overall slope Dalam Keadaan Kering

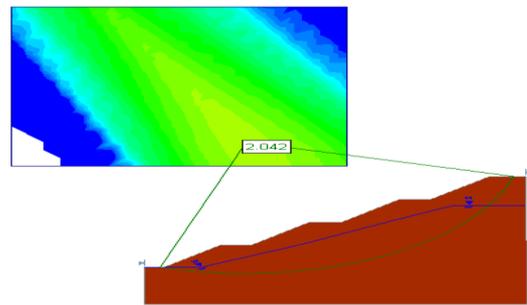
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi kering dengan tinggi keseluruhan 30 meter dan overall slope 31° , dimana nilai FK 2,787 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 21. FK lereng pada kondisi kering PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.6.2 Analisis FK Lereng overall slope. dengan Kondisi Lereng Setengah Jenuh

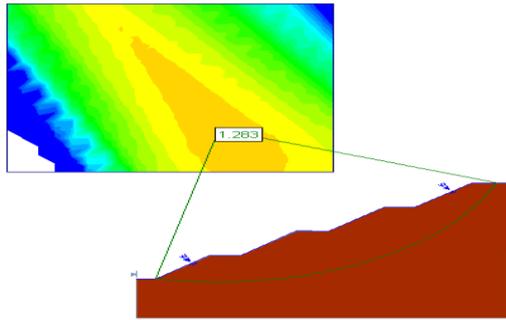
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi setengah jenuh dengan tinggi 30 meter dan sudut 31° , dimana nilai FK 2,042 lereng berada dalam aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 22. FK lereng pada kondisi setengah jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.6.3 Analisis FK Lereng overall slope dengan Kondisi Lereng Jenuh

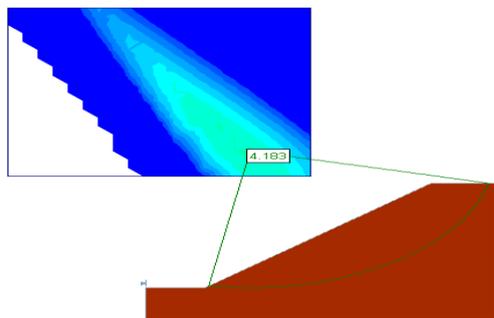
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi jenuh dengan tinggi keseluruhan 30 meter dan sudut 31° , dimana nilai FK 1,283 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 23 . FK lereng pada kondisi jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.6.4 Analisis FK Lereng Single Slope dengan Kondisi Lereng Kering

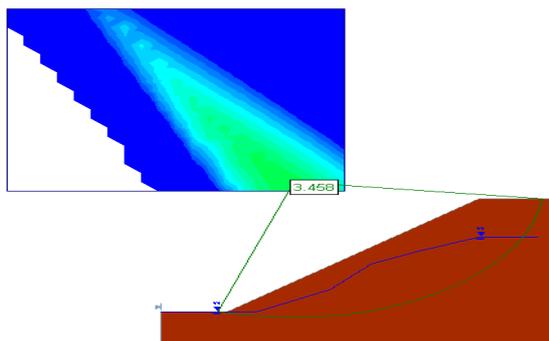
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri lereng dalam kondisi kering dengan tinggi 7,5 meter dan sudut 40°, dimana nilai FK 4,183 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 24. FK lereng pada kondisi kering PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.6.5 Analisis FK Lereng Single Slope dengan Kondisi Lereng Setengah Jenuh

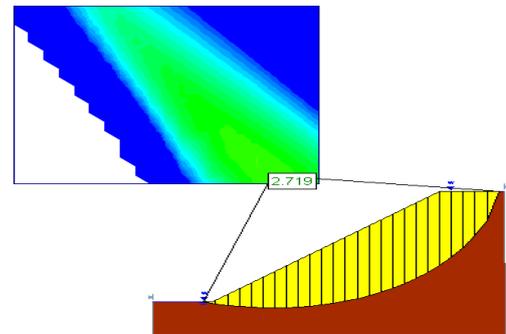
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi setengah jenuh dengan tinggi 7,5 meter dan sudut 40°, dimana nilai FK 3,458 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 25. FK lereng pada kondisi setengah jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.6.6 Analisis FK Lereng Single Slope dengan Kondisi Lereng Jenuh

Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi jenuh dengan tinggi 7,5 meter dan sudut 40°, dimana nilai FK 2,719 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini

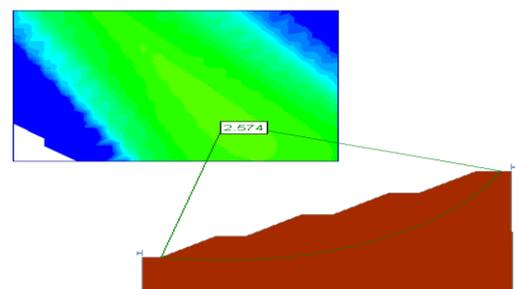


Gambar 26. FK lereng pada kondisi jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan

4.7 Analisis FK lereng menggunakan metode Janbu

4.7.1 Analisis FK Lereng overall slope Dalam Keadaan Kering

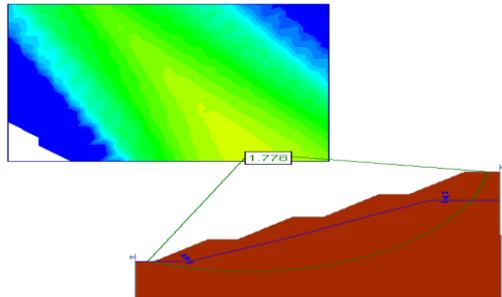
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi kering dengan tinggi keseluruhan 30 meter dan overall slope 31°, dimana nilai FK 2,574 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 27. FK lereng pada kondisi kering PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan

4.7.2 Analisis FK Lereng overall slope Dalam Keadaan Setengah Jenuh

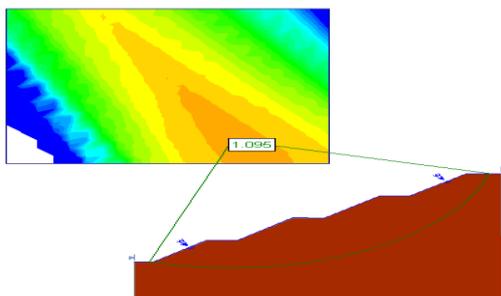
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi setengah jenuh dengan tinggi 30 meter dan sudut 31°, dimana nilai FK 1,778 lereng berada dalam aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 28 . FK lereng pada kondisi setengah jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.7.3 Analisis FK Lereng overall slope Dalam Keadaan Jenuh

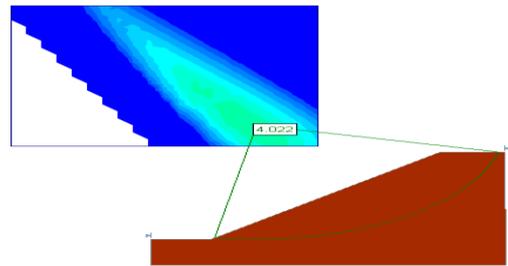
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi jenuh dengan tinggi keseluruhan 30 meter dan sudut 31°, dimana nilai FK 1,096 lereng berada dalam keadaan tidak aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 29. FK lereng pada kondisi jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.7.4 Analisis FK Lereng single slope Dalam Keadaan Kering

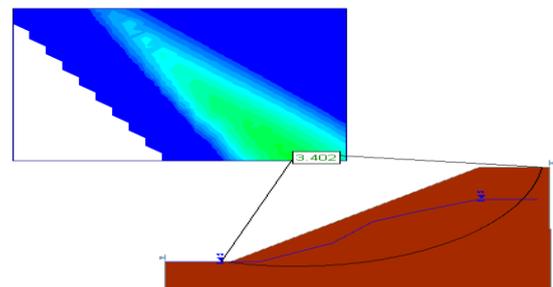
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri lereng dalam kondisi kering dengan tinggi 7,5 meter dan sudut 40°, dimana nilai FK 4,022 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 30. FK lereng pada kondisi kering PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.7.5 Analisis FK Lereng single slope Dalam Keadaan Setengah Jenuh

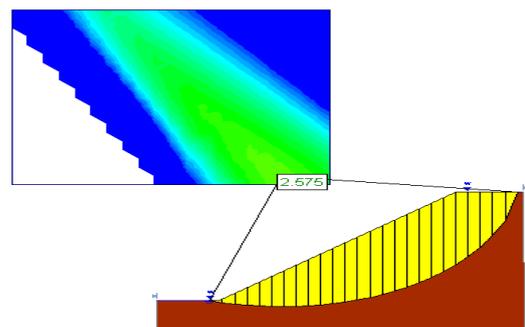
Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi setengah jenuh dengan tinggi 7,5 meter dan sudut 40°, dimana nilai FK 3,402 lereng berada dalam aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 31. FK lereng pada kondisi setengah jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan.

4.7.6 Analisis FK Lereng single slope Dalam Keadaan Jenuh

Berdasarkan pengolahan data menggunakan aplikasi roscience slide v.6.005, didapat geometri awal lereng dalam kondisi jenuh dengan tinggi 7,5 meter dan sudut 40°, dimana nilai FK 2,575 lereng berada dalam keadaan aman. seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 32. FK lereng pada kondisi jenuh PT. Mineral Sutra Pesisir Selatan

Tabel 9. Nilai Faktor Keamanan Lereng *Overall Slope*

Tinggi	Sudut	Metode	Faktor Keamanan Aktual		
			Jenuh	Setengah jenuh	kering
30	31°	Bishop	1,283	2,04	2,787
		Janbu	1,095	1,778	2,574

Tabel 10 . Nilai Faktor Keamanan Lereng *Single Slope*

Tinggi	Sudut	Metode	Faktor Keamanan Aktual		
			Jenuh	Setengah jenuh	kering
7,5	40°	Bishop	2,719	3,458	4,183
		Janbu	2,575	3,402	4,022

Dari hasil rekomendasi faktor keamanan lereng dengan memperkecil sudut kemiringan lereng overall slope menjadi 31° menggunakan metode bishop pada kondisi jenuh diperoleh FK lereng 1,283 sedangkan menggunakan metode janbu dengan memperkecil sudut kemiringan lereng menjadi 31° diperoleh FK lereng sebesar 1,095 jadi dari kedua metode yang digunakan diperoleh hasil sudut rekomendasi lereng yang berbeda dan dari hasil rekomendasi demikian lereng dikategorikan dalam keadaan aman dengan metode bishop.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

- 1 Berdasarkan hasil pengamatan kondisi lereng di lokasi penambangan PT. Mineral Sutera Pesisir Selatan memiliki sudut kemiringan lereng 50o dengan ketinggian 30 m, dan melakukan pengujian di laboratorium didapatkan nilai kadar air sebesar 45,80 %, bobot isi sebesar 15,33 KN/m³ sudut geser dalam sebesar 40,36° dan kohesi sebesar 42,01 KN/m².
2. Berdasarkan analisis lereng dengan menggunakan program software rocsience slide v.60 dengan metode bishop di dapat faktor keamanan untuk overall slope dalam kondisi lereng jenuh FK < 1,25 yaitu sebesar 0,723 dan analisis dengan menggunakan metoda janbu di dapat faktor keamanan untuk titik pengamatan dalam kondisi lereng jenuh adalah FK < 1,25 yaitu sebesar 0,573.
3. Berdasarkan analisis lereng dengan menggunakan program software rocsience slide v.60 dengan metode bishop di dapat faktor keamanan untuk single slope dalam kondisi lereng jenuh FK < 1,25 yaitu sebesar 1,037 dan analisis dengan menggunakan metoda janbu di dapat faktor keamanan untuk titik pengamatan

dalam kondisi lereng jenuh adalah FK < 1,25 yaitu sebesar 1,092.

4. Berdasarkan hasil FK yang diperoleh penulis melakukan perubahan pada geometri lereng yaitu dengan mengurangi sudut kemiringan, secara overall slope dengan sudut kemiringan 50° di dapat FK dengan metode bishop sebesar 1,283 dan dengan metode janbu di dapat sebesar 1,095 .
5. Berdasarkan hasil FK yang diperoleh penulis melakukan perubahan pada geometri lereng tunggal yaitu dengan mengurangi sudut kemiringan, dan tinggi lereng tunggal dengan sudut kemiringan 40 dan tinggi 7,5° di dapat FK dengan metode bishop sebesar 2,719 dan dengan metode janbu di dapat sebesar 2,575.
6. Berdasarkan perubahan geometri lereng dari metode bishop dan janbu di dapat nilai faktor keamanan lereng yang baik dengan metode bishop

5.2 Saran

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di atas, maka penulis menyarankan kepada perusahaan agar mengkaji ulang geometri lereng jalan tambang yang ada saat ini, karena geometri lereng saat sekarang ini berpotensi mengalami kelongsoran.
2. Pengkajian ulang geometri lereng agar mencapai keadaan aman dengan FK besar dari 1,25 maka penanggulangannya dengan pengurangan sudut lereng tambang tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim. (2018). Arsip PT. Mineral Sutera Pesisir Selatan
- [2] Arif, I. I. (2016). *Geoteknik Tambang*. Gramedia Pustaka Utama.
- [3] Hustrulid, W. A., Kuchta, M., & Martin, R. K. (2013). *Open Pit Mine Planning and Design, Two Volume Set & CD-ROM Pack: V1: Fundamentals, V2: CSMine Software Package, CD-ROM: CS Mine Software*. CRC Press.
- [4] Ilham Setiawan Putra(2016), Analisis Balik Lereng *High Wall* pada Penambangan Batubara Area Central, Pit Timur, PT Kuansing Inti Makmur, Desa Tanjung Belit Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Muaro Bungo, Provinsi Jambi, Universitas Negeri Padang
- [5] Masagus Ahmad, A. Z. I. Z. I. (2012). Analisis Risiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka (Studi Kasus Tambang Mineral X). In *Prosiding Simposium dan Seminar Nasional Geomekanika ke-1 Tahun 2012: Menggagas Masa Depan Rekayasa Batuan dan Terowongan di Indonesia* (pp. 4-19). Program Studi Teknik ertambangan FTM UPN" Veteran" Yogyakarta.
- [6] Septian, R., Heriyadi, B., & Prabowo, H. (2018). Analisis kestabilan lereng jalan tambang di pt. Sumbang calcium pratama jorong atas halaban, nagari halaban, kecamatan lareh sago halaban, kabupaten lima puluh

kota, provinsi Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 3(2), 893-903.

[7] Zakaria, Z. (2009). Analisis Kestabilan Lereng Tanah. *Laboratorium Geologi Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran. Bandung*.

[8] Husien, D., Heriyadi, B., & Anaperta, Y. M. (2018). Slope stability analysis at Pit AI-Block B PT. Anugerah Alam Andalas Muara Ketalo Village, Sungai Bengkal, Tebo Ilir Subdistrict, Tebo District, Jambi Province. *Bina Tambang*, 3(1), 504-523

[9] Hadi, J. T., Yuliadi, Y., & Muchsin, A. M. (2019). Analisis Stabilitas Lereng untuk Mendukung Kegiatan Penambangan Batubara di Sektor X PT. Asmin Bara Bronang Kapuas Tengah, Kabupaten Kapuas, Provinsi Kalimantan Tengah.

[10] Yusuf, A. M. (2005). Metodologi Penelitian. *Padang. UNP Pres.*

[11] Monintja, S. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland Sta. 1000m). *Jurnal Sipil Statik*, 2(3). Rajagukguk, O. C., Turangan, A. E., &

[12] Rahim, Azhary. (2015). Analisis Kestabilan Lereng Untuk Menentukan Geometri Lereng Pada Area Penambangan Muara Tiga Besar Selatan PT Bukit Asam (Persero), Tbk. Padang: Universitas Negeri Padang

[13] Wyllie, Duncan C., & Christopher W. Mah. 2004. *“Rock Slope Engineering: Civil and Mining. 4rd. (ed)”*. New York: Spoon Press. London.

[14]. Yapianto, Peter. 2008. *“Analisis Kemantapan Lereng High Wall Pit Ata Tambang Batu Licin, PT Arutmin Indonesia, Kalimantan Selatan. Bandung: Institut Teknologi Bandung*

[15]. Tornado, Engky. 2016. *“Rancangan Geometri Lereng Berdasarkan Hasil Kajian Geoteknik Pada PIT X Blok Kananai 1 PT Multi Tambang Jaya Utama Kabupaten Barito Selatan Provinsi Kalimantan Tengah. Padang: Universitas Negeri Padang*