

# ANALISIS STABILITAS LERENG DALAM PENENTUAN BATAS PENAMBANGAN PADA ZONA 4 TAMBANG ANDESIT PT.BINTANG SUMATERA PACIFIC, KECAMATAN PANGKALAN KOTO BARU, KABUPATEN 50 KOTA, SUMATERA BARAT

Reno Putra<sup>1,\*</sup>, and Bambang Heriyadi<sup>1,\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

[\\*putra.reno97@gmail.com](mailto:*putra.reno97@gmail.com)

[\\*\\*bambangh@ft.unp.ac.id](mailto:**bambangh@ft.unp.ac.id)

**Abstract.** The weak areas are affect slope stability at PT. Bintang Sumatera Pacific. Slope safety factors at mining location must be considered because of mining activities carried out on these slopes. Slope geometry with upper slope 10.31m and 20.88m down slope with 37.14m width and 82 ° slope. The slope stability analysis used is the general limit equilibrium method. As a result of the research, the following conclusions were drawn. Analysis of rock mass characteristics based on RQD and RMR analysis with rock types at the study location classified in class II on both slopes. Second, the type of landslide potential at the research location is direct toppling of 39.13% on the upper slopes and 29.91% on the lower slopes. Third, the results of the actual slope analysis as a whole obtained the value of  $FK = 3.478$  (natural conditions) and  $FK = 2.684$  (saturated conditions). Fourth, to obtain the final geometry of the safe slope, the geometric simulation of the slope is carried out by reducing the height of the lower slope based on the blasting depth by 6m. From the three simulations carried out, the final geometry of the safe slope is obtained, namely the slope height of 31.19m and slope of 82 °. The overall  $FK$  obtained in saturated conditions was 1.535 in safe conditions.

**Keywords:** Slope Stability Analysis, RQD, RMR, General Limit Equilibrium, Direct Toppling

## 1 Pendahuluan

PT.Bintang Sumatra Pacific merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang penambangan andesit dengan sistem tambang terbuka (*surface mining*). Perusahaan ini terletak di Jorong Lubuk Jantan, Nagari Manggilang Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Kabupaten Limapuluh Kota, Sumatera Barat. Dalam IUP penambangan yang dimiliki PT. Bintang Sumatera Pasifik, perusahaan memiliki zona loading material terdiri dari zona 1, zona 2, zona 3. Pada bulan september 2017 PT.Bintang Sumatera Pasifik mengalami *slowdown*, selama mengalami *slowdown* perusahaan menghentikan sementara aktivitas penambangan dan menghentikan produksi. Pada bulan juli 2018 PT. Bintang Sumatera Pasifik kembali melakukan aktivitas penambangan dengan membuka lokasi area *loading* baru di zona 4.

Adanya bidang-bidang lemah atau diskontinuitas pada lereng yang dapat melemahkan parameter mekanik batuan. Hal yang terpenting dalam bidang

diskontinuitas adalah pengaruh tekanan air yang berada pada rekahan. Selain adanya rembesan air bidang diskontinuitas tersebut, rekahan juga akan terisi oleh material pengisi yang dapat memisahkan dua sisi batuan, batuan tersebut akan mempunyai kuat geser yang kecil untuk menahan potensi longsoran.

Kondisi lereng yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya longsor. Berdasarkan observasi di lapangan ditemukan tinggi keseluruhan lereng penelitian adalah 31,19m dengan dimensi masing-masing jenjang adalah 20,88m dengan kemiringan 82° dan 10,31m dengan kemiringan 82° membuat lereng tersebut kurang aman sehingga berpotensi terjadi longsor. Tinggi dan sudut lereng yang makin besar akan memberikan volume material makin besar, sehingga beban lereng bertambah besar.

Kegiatan Penambangan yang terus berlangsung nantinya akan membentuk kondisi lereng menjadi keseluruhan dengan ketinggian 31,19m dengan belum adanya analisis faktor kestabilan lereng pada lokasi penambangan bisa membuat lereng tersebut menjadi

kurang aman dan perlu dibuat rancangan untuk menghindari terjadinya longsor.

## 2 Kajian Teori

### 2.1 Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya: lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain: galian dan timbunan, tanggul dan dinding tambang terbuka [1].

Dilihat dari material penyusunnya, terdapat dua macam lereng, yaitu lereng tanah dan lereng batuan, walaupun kenyataan yang dijumpai pada lereng tambang selalu merupakan gabungan dari material tanah dan batuan. Dalam analisis dan penentuan jenis tindakan pengamanannya, lereng tanah tidak dapat disamakan dengan lereng batuan karena parameter material dan jenis penyebab longsor kedua material pembentuk lereng tersebut sangat jauh berbeda [2].

### 2.2 Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng secara sederhana dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan (FK), yang didefinisikan sebagai berikut :

$$(FK) = (\text{Gaya Penahan})/(\text{Gaya Penggerak}) \quad (1)$$

Analisis kestabilan lereng harus berdasarkan model yang akurat mengenai kondisi material bawah permukaan, kondisi air tanah dan pembebanan yang mungkin bekerja pada lereng [3]. Tanpa sebuah model geologi yang memadai, analisis hanya dapat dilakukan dengan melalui pendekatan yang kasar sehingga kegunaan dari hasil analisis dapat dipertanyakan.

### 2.3 Kelongsoran Lereng

Umumnya material di alam dalam keadaan stabil dengan distribusi tegangan dalam keadaan setimbang (*equilibrium*). Adanya penggalan 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 runtuhnya dapat menjadi lebih buruk.[4]

## 2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Secara umum faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng dapat diidentifikasi sebagai berikut [4]:

### 2.4.1 Geometri Lereng

Geometri lereng mencakup tinggi dan sudut kemiringan lereng. Semakin besar kemiringan dan tinggi lereng, kestabilan lereng akan semakin berkurang sehingga lereng cenderung semakin mudah longsor.

### 2.4.2 Aktivitas Manusia

Aktivitas seperti pengalihan, pembuatan jalan tambang, dan bendungan menyebabkan perubahan keseimbangan gaya-gaya dalam sehingga akan menyebabkan bertambahnya gaya geser dan mengurangi kestabilan lereng.

### 2.4.3 Struktur Geologi

Struktur yang dimaksud meliputi sesar (*fault*), kekar (*joint*), lipatan (*fold*), bidang perlapisan (*bedding plane*), dan rekahan (*crack*). Struktur merupakan bidang-bidang lemah sekaligus sebagai tempat merembesnya air sehingga dapat menurunkan kestabilan lereng.

### 2.4.4 Keberadaan Air

Keberadaan air, terutama air tanah (*ground water*) sangat mempengaruhi kestabilan suatu lereng. Air tanah memiliki tekanan air pori (*pore water pressure*) yang dapat menimbulkan gaya angkat (*uplift force*) sehingga menurunkan kekuatan geser dan mengakibatkan lereng mudah longsor.

### 2.4.5 Sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan

Sifat fisik yang mempengaruhi kestabilan lereng antara lain bobot isi, porositas, dan kandungan air.

### 2.4.6 Gaya-gaya Luar

Gaya-gaya dari luar yang umum mempengaruhi kemantapan lereng antara lain gaya yang diakibatkan oleh gempa, aktivitas peledakan, dan pembebanan. Adanya gaya-gaya dari luar akan memperbesar tegangan geser dan menurunkan kondisi kestabilan lereng.

### 2.4.7 Iklim

Iklim berpengaruh pada perubahan temperatur. Temperatur yang cepat sekali berubah akan mempercepat proses pelapukan dan mengakibatkan lereng mudah longsor.

## 2.5 Ketidakpastian Dalam Desain Lereng

Kesulitan dalam menentukan sudut lereng yang bisa diterima disebabkan oleh adanya ketidakpastian yang berkaitan dengan stabilitas lereng. Tabel 1 menyajikan sumber-sumber utama ketidakpastian dalam desain lereng, yang dipertimbangkan selama proses desain lereng dan beberapa pendekatan yang berbeda digunakan untuk maksud tersebut. Ketidakpastian tersebut diakibatkan adanya variabilitas acak dari aspek yang dianalisis atau ketidaktahuan terhadap aspek tersebut. Pengambilan data lapangan dan penyelidikan lokasi digunakan untuk mengurangi ketidakpastian dan mengetahui variabilitas alami [4].

**Tabel 1.** Sumber-sumber ketidakpastian dalam lereng

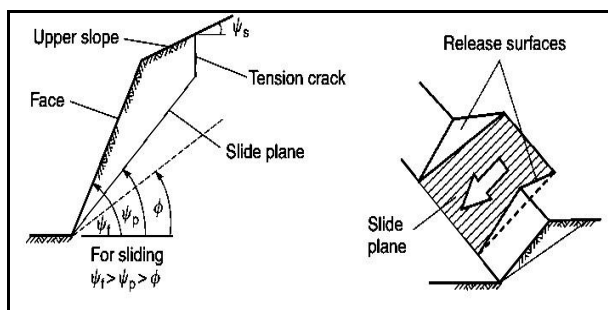
Aspek Lereng	Sumber Ketidakpastian
Geometri	Topografi, Geologi/Struktur, Muka air tanah (MAT)
Karakteristik	Kuat Geser, Deformasi, Konduktivitas Hidraulik
Beban (Gaya Pengganggu)	Tegangan insitu, peledakan, gempa Bumi
Prediksi Kelongsoran	Reliabilitas model

## 2.6 Jenis Longsoran Lereng Penambangan

Berdasarkan proses longsohnya, longsohan batuan yang umum terjadi pada tambang terbuka dapat dibedakan atas longsohan bidang, longsohan baji, longsohan guling, dan longsohan busur [5].

### 2.6.1 Longsohan Bidang (Plane Failure)

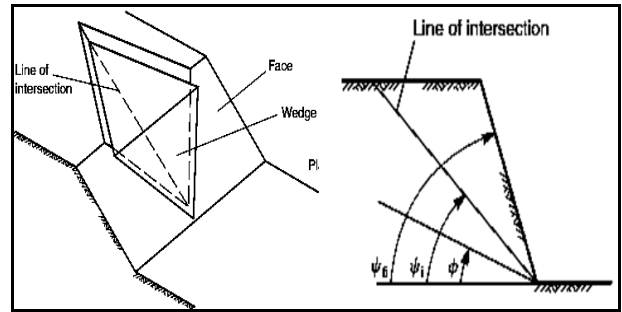
Longsohan Bidang (*Plane Failure*), disebabkan oleh adanya struktur geologi yang berkembang, seperti kekar (*joint*) ataupun patahan yang dapat menjadi bidang geluncur.



**Gambar 1.** Geometri Longsohan Bidang (*Plane Failure*)

### 2.6.2 Longsohan Baji (Wedge Failure)

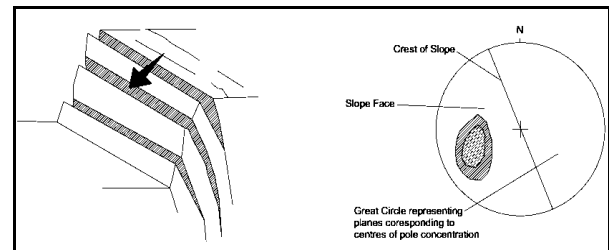
Longsohan Baji (*Wedge Failure*), disebabkan oleh adanya dua struktur geologi yang berkembang dan saling berpotongan.



**Gambar 2.** Geometri Longsohan Baji (*Wedge Failure*)

### 2.6.3 Longsohan Guling (Toppling Failure)

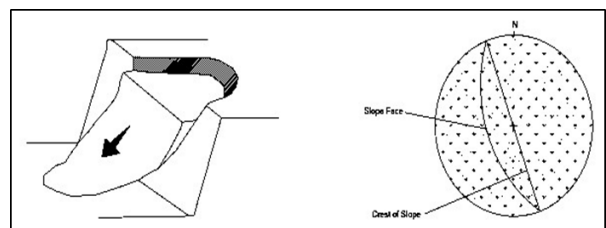
Longsohan Guling (*Toppling Failure*), biasanya terjadi pada lereng yang terjal dan pada batuan yang keras dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom.



**Gambar 3.** Longsohan Guling (*Toppling Failure*)

### 2.6.4 Longsohan Busur (Circular Failure)

Longsohan Busur (*Circular Failure*), banyak terjadi pada lereng tanah dan batuan lapuk atau sangat terkekarkan dan di lereng-lereng timbunan.



**Gambar 4.** Longsohan Busur (*Circular Failure*)

## 2.7 Konsep Dasar Mekanika Untuk Analisis Kestabilan Lereng

### 2.7.1 Tegangan Efektif

Tegangan efektif merupakan konsep yang sangat penting dalam bidang rekayasa geoteknik [6]. Tegangan efektif didefinisikan sebagai berikut:

$$\sigma' = \sigma - u \quad (2)$$

Dimana :

$\sigma'$  = tegangan normal efektif

$\sigma$  = tegangan normal total

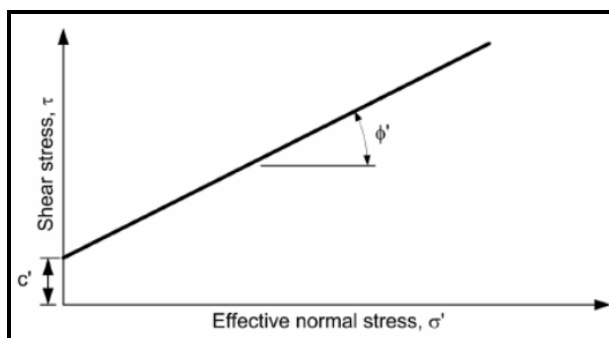
$u$  = tekanan air pori

### 2.7.2 Persamaan Mohr-Coulomb

Pada umumnya dalam analisis kestabilan lereng digunakan persamaan Mohr-Coulomb untuk menyatakan kekuatan geser material. Menurut kriteria Mohr-Coulomb, kekuatan geser material terdiri dari dua komponen yaitu kohesi dan sudut gesek dapat dilihat pada Gambar 5. Persamaan Mohr-Coulomb dalam bentuk tegangan efektif adalah sebagai berikut [7]:

$$\tau = c + \sigma' \tan \Phi \quad (3)$$

Dimana :  $\tau$  = tegangan geser  
 $C$  = kohesi  
 $\sigma'$  = tegangan normal efektif  
 $\Phi$  = sudut geser



Gambar 5. Ilustrasi kekuatan geser Mohr-Coulomb

### 2.7.3 Faktor Keamanan

Faktor keamanan (F) didefinisikan sebagai perbandingan dari kekuatan geser yang diperlukan agar setimbang terhadap kekuatan geser material yang tersedia [8].

$$F = \tau_a / \tau_m \quad (4)$$

Dimana :  
 $\tau_a$  = kekuatan geser material yang tersedia  
 $\tau_m$  = kekuatan geser material yang diperlukan agar tepat setimbang.

Kekuatan geser material yang tersedia ( $\tau_a$ ) dihitung dengan menggunakan Persamaan Mohr-Coulomb, sedangkan kekuatan geser yang diperlukan agar tepat setimbang ( $\tau_m$ ) dihitung dengan menggunakan persamaan kesetimbangan.

### 2.7.4 Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

Sifat fisik batuan adalah sifat yang terdapat pada suatu batuan setelah dilakukan pengujian tanpa melakukan pengrusakan. Dalam penelitian ini, pengujian sifat fisik yang akan dicari adalah bobot isi asli, jenuh dan kering. Bobot isi adalah perbandingan antara berat batuan dengan volume batuan. Sedangkan uji sifat mekanik yang digunakan uji beban titik dan uji geser langsung [9].

### 2.7.5 RMR (Rock Mass Rating)

Klasifikasi geomekanika *Rock Mass Rating* (RMR) ,pada tahap awal dimaksudkan untuk aplikasi pekerjaan terowongan dan pertambangan, namun kini telah dikembangkan untuk desain galian lereng dan fondasi. Pada aplikasi sistem klasifikasi ini, massa batuan dibagi menjadi sejumlah wilayah struktural dan setiap wilayah kurang lebih memiliki ciri yang seragam. Batas dari wilayah struktural biasanya serupa dengan ciri struktur utama seperti patahan, *dike*, zona *shear*, dan lain sebagainya. Dalam beberapa kondisi, yaitu karena perubahan signifikan pada spasi diskontinuitas atau karakter diskontinuitas untuk tipe batuan yang sama, mungkin mengharuskan pembagian massa batuan ke dalam sejumlah kecil wilayah struktural pada metode RMR[9].

### 2.7.6 Kuat tekan point load

Kuat tekan *point load* dari material batuan utuh (*intact rock material*) dapat ditentukan melalui pengujian secara langsung (*indirect test*) di lapangan maupun uji yang dilakukan di laboratorium.

#### 2.7.6.1 RQD (Rock Quality Designation)

Penentuan RQD dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung [6]. Indeks RQD digunakan secara luas untuk mengidentifikasi zona kualitas rendah batuan, dan digunakan sebagai parameter standar pada *log* inti bor, serta elemen dasar sistem klasifikasi massa batuan berupa RMR dan Q-system. RQD didefinisikan sebagai persentase potongan batuan yang lebih panjang dari 10 cm terhadap panjang total inti bor tersebut.

#### 2.7.6.2 Spasi Diskontinuitas

Spasi Diskontinuitas merupakan jarak antara bidang lemah dengan arah tegak lurus terhadap bidang lemah tersebut. Bentuknya bisa berupa kekar, zona *shear*, patahan minor atau permukaan bidang lemah lainnya [9].

#### 2.7.6.3 Kondisi Diskontinuitas

Parameter lain yang berguna untuk mendapatkan peringkat massa batuan (RMR) yaitu parameter kondisi atau keadaan dari bidang diskontinuitas yang terdapat pada massa batuan tersebut.

#### 2.7.6.4 Kondisi Air Tanah

Secara teoritis kondisi air tanah dapat diketahui dengan mengukur besarnya aliran air tanah (debit). Kondisi air tanah berhubungan dengan pori dan diskontinuitas serta tekanan yang bekerja di dalamnya. Secara umum kondisi air tanah yang dijumpai pada permukaan batuan dapat berupa kering, lembab, basah, menetes, dan mengalir.

### 2.7.6.5 Orientasi Diskontinuitas

Nilai *strike* dan *dip* merepresentasikan orientasi dan kemiringan dari bidang diskontinuitas. Nilai *strike* dan *dip* pada pekerjaan rekayasa batuan berhubungan dengan prediksi stabilitas massa batuan dan arah penggalian, serta sangat berperan untuk memberikan penilaian kuantitatif bidang diskontinuitas yang kritis pada penggalian terowongan dan rekayasa lereng pada batuan. Nilai orientasi bidang diskontinuitas terhadap lereng memiliki variasi penilaian kualitatif dan kuantitatif yang sedikit berbeda antara satu dengan lainnya.

### 2.7.6.6 Geological Strength Index (GSI)

Sistem GSI mampu mengestimasi pengurangan kekuatan massa batuan untuk berbagai kondisi geologi melalui observasi di lapangan. Klasifikasi GSI tidak perlu diterapkan pada kondisi batuan tanpa diskontinuitas.

## 2.8 Metode General Limit Equilibrium (GLE)

Metode *General Limit Equilibrium* (GLE) mengasumsikan bahwa terdapat hubungan antara gaya geser antar-irisan dan gaya normal antar irisan, yang dinyatakan dengan persamaan [4]:

$$X = \lambda f(x) E \quad (5)$$

Dimana :

X = gaya geser antar irisan,

$\lambda$  = faktor skala,

E = gaya normal antar irisan

f(x) = fungsi yang diasumsikan.

Umumnya, pengaruh bentuk fungsi yang digunakan terhadap nilai faktor keamanan adalah kecil sekali, sehingga dalam perhitungan seringkali dipergunakan asumsi fungsi f(x) = konstan atau f(x) = setengah sinus [5].

## 3 Metode Penelitian

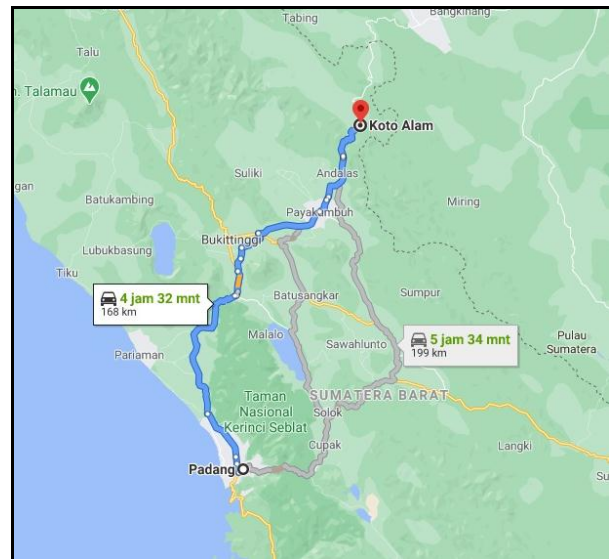
### 3.1 Desain Penelitian

#### 3.1.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif. Dimana, penelitian tipe kuantitatif dapat digunakan apabila data yang dikumpulkan berupa data kuantitatif atau jenis data lain yang dapat dikuantitaskan dan diolah menggunakan teknik *statistic* [10]. Selain itu juga, penelitian ini termasuk penelitian terapan karena ditujukan untuk memberikan solusi atas permasalahan yang ada.

### 3.1.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di penambangan batu andesit PT. Bintang Sumatera Pacific, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Sumatera Barat. Peta lokasi kesampaian daerah tersebut dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Peta Kesampaian Daerah

### 3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dikelompokkan atas dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian ini merupakan data hasil observasi dan pengujian laboratorium, yaitu geometri lereng aktual, data hasil uji sifat fisik dan mekanik batuan, serta pengukuran kondisi diskontinuitas lereng di lapangan. Sedangkan data sekunder bersumber dari laporan penelitian terdahulu dari perusahaan, data instansi yang terkait dan juga dari literatur-literatur, seperti data litologi, peta topografi, peta geologi dan data curah hujan.

### 3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan berupa hasil pengujian sampel batuan di laboratorium, yaitu pengujian sifat fisik batuan, sifat mekanik batuan berupa uji *point load*, uji kuat geser langsung dan data survey diskontinuitas.

### 3.4 Teknik Analisis Data

Metode dalam analisa data yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain:

1. Melakukan analisis perhitungan kualitas massa batuan berdasarkan nilai RQD dan RMR sehingga diperoleh karakteristik batuan pada lereng tersebut.
2. Melakukan analisis potensi longsoran dengan menggunakan *software dips*.
3. Melakukan analisis tingkat kestabilan lereng dengan menggunakan menggunakan metoda

Kesetimbangan batas (GLE) dibantu *software Rosience Slide 6.0*

4. Melakukan simulasi geometri lereng untuk mendapatkan rekomendasi geometri lereng akhir yang aman.

## 4 Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Data Penelitian

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian Batuan di Laboratorium

##### 4.1.1.1 Uji Sifat Fisik

Pengujian sifat fisik batuan merupakan pengujian untuk mendapatkan bobot isi/density dari sampel batuan yang diuji yang mana pengujiannya tanpa merusak (*non destructive test*) [11]

**Tabel 2.** Data uji sifat fisik lereng atas

No	Berat Asli (Wn) gram	Berat Jenuh (Ww)	Berat Jenuh Tergantung dalam Air (Ws)	Berat Kering (Wo)	Bobot isi asli (gr/cc)	Bobot isi jenuh (gr/cc)	Bobot isi kering (gr/cc)	ASG	TSG	Kadar air asli (W)%	Kadar air jenuh (A) %	Derajat Kejenuhan (S) %	Porositas (n)
1	189	190	131	188	3,203	3,220	3,186	3,186	3,298	0,532	1,064	50	3,390
2	109	110	79	108	3,516	3,548	3,484	3,484	3,724	0,926	1,852	50	6,452
3	182	182	128	181	3,370	3,370	3,352	3,352	3,415	0,552	0,552	100	1,852
Rata-rata					3,363	3,341	3,380	3,341	3,479	0,670	1,156	66,667	3,898

**Tabel 3.** Data uji sifat fisik lereng bawah

No	Berat Asli (Wn) gram	Berat Jenuh (Ww)	Berat Jenuh Tergantung dalam Air (Ws)	Berat Kering (Wo)	Bobot isi asli (gr/cc)	Bobot isi jenuh (gr/cc)	Bobot isi kering (gr/cc)	ASG	TSG	Kadar air asli (W)%	Kadar air jenuh (A) %	Derajat Kejenuhan (S) %	Porositas (n)
1	124	124	86	121	3,263	3,263	3,184	3,184	3,457	2,479	2,479	100	7,895
2	133	134	90	131	3,023	3,045	2,977	2,977	3,195	1,527	2,290	67	6,818
3	157	157	107	156	3,140	3,140	3,120	3,120	3,184	0,641	0,641	100	0,035
Rata-rata					3,142	3,094	3,150	3,094	3,279	1,549	1,803	88,889	5,571

##### 4.1.1.2 Uji Sifat Mekanik Batuan

###### 4.1.1.2.1 Uji Point Load

*Uji point load* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat fisik batuan dengan didapatkan nilai dari uji *point load* maka dapat ditentukan kekerasan batuan yang terdapat dipergangan .

**Tabel 4.** Hasil pengujian *point load* lereng atas

Sampel	Point Load							
	Panjang (cm)	W (cm)	Jarak Konus (D) cm	Beban (P) kg	D/W=1,0-1,4	Point Load Strength Index (Is) Kg/cm <sup>2</sup>	Kuat Tekan (σc) kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
1	6	5	6,2	470,6	1,24	12,227	281,227	27,560
2	6	5	6,8	508,8	1,36	11,003	253,069	22,801
3	6	5	6,8	510,3	1,36	11,036	256,826	24,875
Rata-rata								
								25,745

**Tabel 5.** Hasil pengujian *point load* lereng bawah

Sampel	Point Load							
	Panjang (cm)	W (cm)	Jarak Konus (D) cm	Beban (P) kg	D/W=1,0-1,4	Point Load Strength Index (Is) Kg/cm <sup>2</sup>	Kuat Tekan (σc) kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
1	6	5	6,3	383,1	1,26	9,652	222,003	21,756
2	6	5	6,2	375,5	1,24	9,768	223,675	22,018
3	6	5	6	268,8	1,20	7,467	171,733	16,830
Rata-rata								20,201

#### 4.1.1.2.2 Uji Geser Langsung

Uji Geser Langsung dilakukan untuk mendapatkan kohesi dan sudut geser dalam.

**Tabel 6.** Hasil pengujian geser langsung lereng atas

Beban (KN)	Tegangan residu (KN)	Sisi (cm)	Sisi (cm)	Luas (A)	Tegangan Normal (σn) Kg/cm <sup>2</sup>	Tegangan Geser Residual (σr) Kg/cm <sup>2</sup>
1	250	4,9	5,1	24,990	4,00	10,004
1,5	400	5,07	5,09	25,806	5,81	15,500
2	450	5,12	5,05	25,856	7,74	17,404

**Tabel 7.** Hasil pengujian geser langsung lereng bawah

Beban (KN)	Tegangan residu (KN)	Sisi (cm)	Sisi (cm)	Luas (A)	Tegangan Normal (σn) Kg/cm <sup>2</sup>	Tegangan Geser Residual (σr) Kg/cm <sup>2</sup>
1	250	5,00	5,10	25,500	3,922	9,804
1,5	400	5,05	5,05	25,503	5,882	15,685
2	450	5,07	5,10	25,857	7,735	17,403

#### 4.1.1.3 Data Diskontinuitas

Dari hasil pengambilan data discontinuitas lereng pada PT. Bintang Sumatera Pasific diambil data per-*scanline* dengan membagi lereng sekitar 1 meter per-*scanline* dan melakukan pengukuran data diskontinuitas berupa :Spasi, *persistence*, tingkat kekasaran diskontinuitas, lebar rongga, material pengisi bidang diskontinuitas bila terdapat rongga, dan arah diskontinuitas. Contoh data diskontinuitas terdapat pada lampiran A.

#### 4.1.2 Hasil Analisis Klasifikasi Massa Batuan

##### 4.1.2.1 Rock Quality Designation (RQD)

Perhitungan RQD dilakukan langsung di lapangan dan berdasarkan panjang lereng secara horizontal (*scanline*) dengan melihat spasi kekar lereng dengan persamaan sebagai berikut :

$$RQD = 100 (0,1\lambda + 1)e^{-0,1\lambda} \quad (6)$$

Dari hasil pengukuran data dilapangan maka diperoleh hasil dalam tabel 8 dan 9 sebagai berikut:

**Tabel 8.** Data analisis RQD lereng atas

No	Spasi rata-rata (λ)	1/spasi rata-rata	RQD
1	0,083	12,121	65,83
2	0,086	11,667	67,47
3	0,230	4,348	92,89
4	0,144	6,957	84,57
5	0,201	4,979	91,04
6	0,191	5,242	90,24
7	0,189	5,303	90,05
8	0,197	5,072	90,76
9	0,112	8,943	77,46
10	0,110	9,091	76,92
11	0,170	5,882	88,20
12	0,151	6,627	85,71
13	0,175	5,714	88,74
14	0,135	7,407	82,99
15	0,182	5,495	89,44
16	0,194	5,155	90,51
17	0,198	5,063	90,79
18	0,203	4,938	91,17
19	0,124	8,065	80,65
20	0,102	9,804	74,30
21	0,160	6,250	86,98
Rata-rata RQD Keseluruhan			84,60

**Tabel 9.** Data analisis RQD lereng bawah

No	Spasi rata-rata ( $\lambda$ )	1/spasi rata-rata	RQD
1	0,150	6,679	85,53
2	0,073	13,690	60,26
3	0,079	12,667	63,87
4	0,091	10,938	70,13
5	0,076	13,187	62,02
6	0,080	12,457	64,62
7	0,071	14,159	58,63
8	0,066	15,094	55,47
9	0,098	10,169	72,95
10	0,093	10,791	70,67
11	0,065	15,291	54,81
12	0,069	14,521	57,40
13	0,099	10,119	73,14
14	0,115	8,671	78,45
15	0,074	13,426	61,18
16	0,072	13,961	59,32
17	0,094	10,593	71,39
18	0,106	9,453	75,59
19	0,070	14,379	57,88
20	0,061	16,447	51,06
Rata-rata RQD Keseluruhan			65,22

#### 4.1.2.2 Rock Mass Rating (RMR)

Pembobotan massa batuan untuk tiap lereng dalam titik pengamatan dilakukan perhitungan dan analisis *Rock Mass Rating* dengan menggunakan lima parameter, yaitu: kekuatan batuan utuh, *Rock Quality Designation* (RQD), jarak antar diskontinuitas, kondisi bidang diskontinuitas, keadaan air tanah [9]

**Tabel 10.** Data analisis RMR lereng atas

Parameter	Nilai	Bobot
RQD (%)	84,60	20
Kuat tekan <i>Point Load</i>	25,745	15
Spasi (mm)	15,652	8
Kondisi Diskontinuitas		
1. <i>Persistence</i> (m)	1,062	4
2. Lebar Rongga (mm)	0,1-1mm	4
3. Kekasaran kekar	Halus	1
4. Material Pengisi	<i>none</i>	2
5. Pelapukan	<i>fresh</i>	5
Kondisi air	kering	15
Orientasi kekar	menguntungkan	-2
RMR		72

**Tabel 11.** Data analisis RMR lereng bawah

Parameter	Nilai	Bobot
RQD (%)	65,22	13
Kuat tekan <i>Point Load</i>	20,201	15
Spasi (mm)	8,321	8
Kondisi Diskontinuitas		
1. <i>Persistence</i> (m)	1,025	4
2. Lebar Rongga (mm)	0,391	4
3. Kekasaran kekar	Sedikit kasar	3
4. Material Pengisi	<i>none</i>	6
5. Pelapukan	sedikit lapuk	2
Kondisi air	kering	15
Orientasi kekar	menguntungkan	-2
RMR		68

#### 4.2 Analisis Potensi Longsor

Analisis Potensi longsor dilakukan berdasarkan jenis longsor yang biasanya terjadi sehingga hasilnya dapat dilihat pada tabel 12. Contoh hasil analisis terdapat pada lampiran B.

**Tabel 12.** Rekapitulasi hasil analisis potensi longsor lereng atas dan bawah Data analisis RMR lereng bawah

Lereng	Jenis Longsor	Potensi (%)
Atas	Longsor Bidang	26,71
	Longsor Baji	24,25
	<i>Flexural Toppling</i>	7,45
	<i>Direct Toppling</i>	39,13
Bawah	Longsor Bidang	10,27
	Longsor Baji	3,36
	<i>Flexural Toppling</i>	9,36
	<i>Direct Toppling</i>	29,91

Berdasarkan data rangkuman analisis potensi longsor lereng atas dan lereng bawah pada tabel 12, diketahui bahwa potensi longsor yang paling tinggi terjadi pada lereng atas yaitu *direct toppling* dengan potensi sebesar 39,13% dan pada lereng bawah yaitu *direct toppling* dengan potensi sebesar 29,91%.

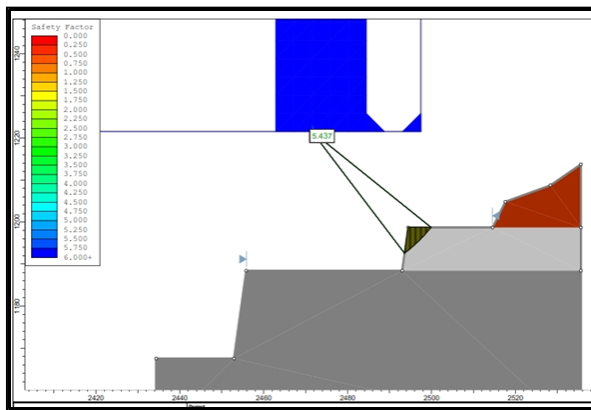


### 4.3 Analisis Faktor Keamanan Lereng Aktual

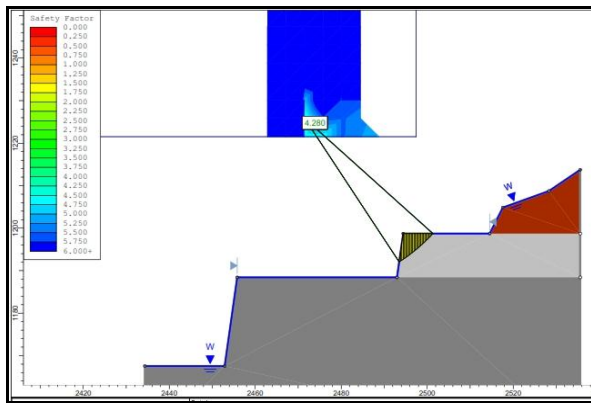
Analisis faktor keamanan lereng pada penelitian ini, dilakukan dengan menggunakan *software Slide V.6.0*. Metode analisis yang digunakan adalah metode analisis *General Limit Equilibrium*. Sebagai input data yaitu geometri lereng, bobot isi, kohesi dan sudut geser dalam batuan, serta nilai getaran hasil peledakan PT. Bintang Sumatera Pasific.

#### 4.3.1 Analisis Faktor Keamanan Lereng Atas

Analisis faktor keamanan lereng atas dilakukan dalam kondisi kering dan jenuh sehingga nilai FK yang diperoleh dalam kondisi kering sebesar 5,437 dan dalam kondisi jenuh sebesar 4,280. Dapat dilihat pada gambar 7 dan 8 .



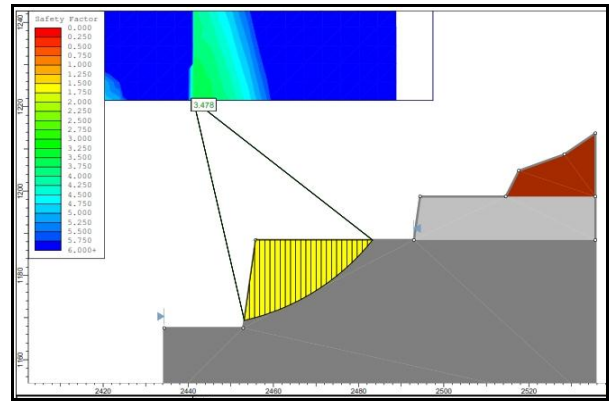
Gambar 7. Analisis FK lereng atas dalam kondisi kering



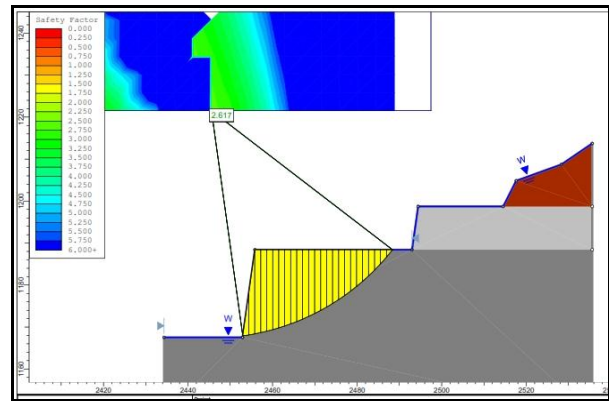
Gambar 8. Analisis FK lereng atas dalam kondisi jenuh

#### 4.3.2 Analisis Faktor Keamanan Lereng Bawah

Analisis faktor keamanan lereng bawah dilakukan dalam kondisi kering dan jenuh sehingga nilai FK yang diperoleh dalam kondisi kering sebesar 3,478 dan dalam kondisi jenuh sebesar 2,167. Dapat dilihat pada gambar 9 dan 10.



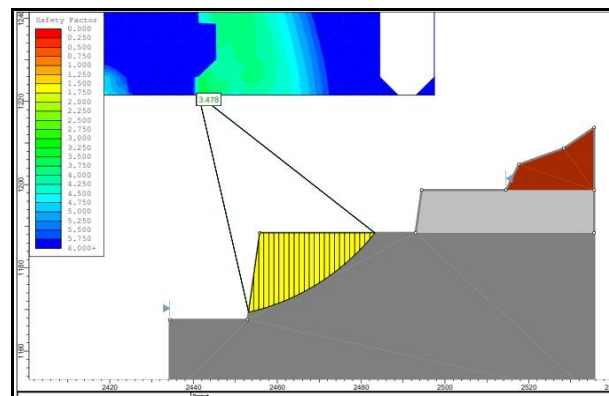
Gambar 9. Analisis FK lereng bawah kondisi kering



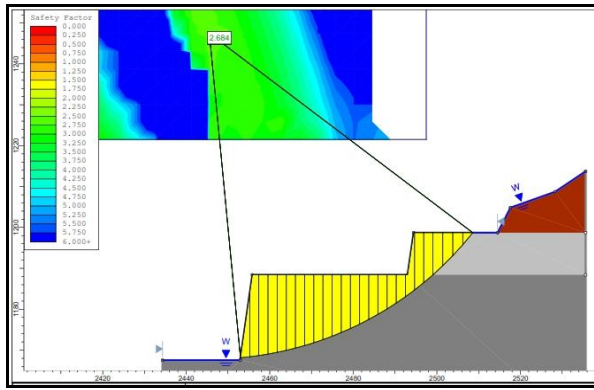
Gambar 10. Analisis FK lereng bawah kondisi jenuh

#### 4.3.3 Analisis Faktor Keamanan Lereng Keseluruhan

Analisis faktor keamanan lereng keseluruhan dilakukan dalam kondisi kering dan jenuh sehingga nilai FK yang diperoleh dalam kondisi kering sebesar 3,478 dan dalam kondisi jenuh sebesar 2,684. Dapat dilihat pada gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Analisis FK lereng keseluruhan kering



Gambar 12. Analisis FK lereng keseluruhan jenuh

Tabel 13. Hasil analisis FK lereng aktual

Lereng yang diukur	Faktor Keamanan		Kondisi	
	Kering	Jenuh	Kering	Jenuh
Atas	5,437	4,280	Aman	Aman
Bawah	3,478	2,617	Aman	Aman
Keseluruhan	3,478	2,684	Aman	Aman

Tabel 14. Rangkuman hasil simulasi nilai FK lereng

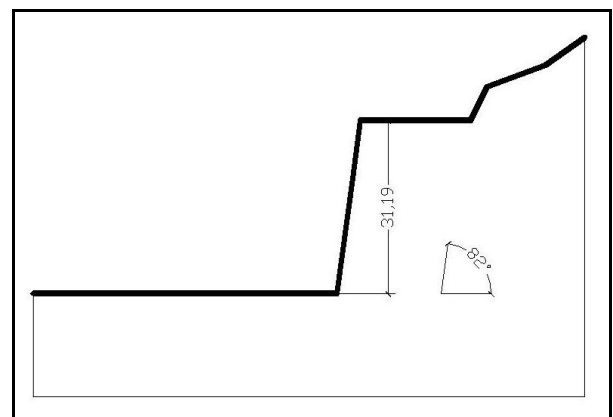
Simulasi	Lereng yang diukur	Faktor Keamanan		Kondisi	
		Kering	Jenuh	Kering	Jenuh
Penggalian 6 meter	Atas	4,263	3,353	Aman	Aman
	Bawah	4,301	3,495	Aman	Aman
	Keseluruhan	3,361	1,880	Aman	Aman
Penggalian 12 meter	Atas	3,896	2,432	Aman	Aman
	Bawah	6,688	5,350	Aman	Aman
	Keseluruhan	3,179	1,835	Aman	Aman
Penggalian sampai batas zona 4	Keseluruhan	2,663	1,535	Aman	Aman

Berdasarkan tabel 14. dapat dilihat bahwa nilai Faktor keamanan yang didapatkan jika tetap dilakukan kegiatan penambangan sampai batas zona 4 tetap aman [10], maka berdasarkan hasil simulasi analisis kestabilan lereng yang telah dilakukan kegiatan penambangan dapat tetap dilakukan sampai mencapai batas zona 4, dimana setelah kegiatan penambangan mencapai batas zona 4 adalah dengan tinggi 31,19m dan kemiringan kedua lereng  $82^\circ$  dengan nilai Faktor Keamanan sebesar 1,535. sehingga nantinya geometri lereng yang terbentuk dapat dilihat pada gambar 13.

#### 4.4 Rencana batas penambangan

Rekomendasi lereng yang stabil dilakukan untuk menentukan batas aman dalam melakukan penambangan pada zona 4. Dalam pengujian dilakukan percobaan dengan melakukan simulasi penggalian material dilakukan sampai batas zona 4 dan dihitung nilai kestabilan lerengnya apakah stabil atau tidak, jika tidak stabil akan dilakukan penambahan batas penambangan sebesar 6 meter berdasarkan kedalaman lubang ledak dan dilakukan kembali perhitungan sampai menemukan batas penambangan yang aman untuk dilakukan.

Data masukan berupa data hasil uji sifat fisik batuan yaitu nilai bobot isi batuan dan data sifat mekanik berupa data hasil uji geser batuan yaitu data kohesi dan data sudut geser dalam batuan. Data hasil peledakan berupa data hasil perhitungan dari data laporan peledakan. Lereng didesain menggunakan *Software AutoCAD* yang kemudian diimpor kedalam *software slide*. Dari 3 kali simulasi yang telah dilakukan diperoleh hasil dalam tabel 14.



Gambar 13. geometri akhir lereng yang disarankan

Dengan geometri lereng seperti pada gambar 13 diperoleh nilai FK sebesar 1,535 dan dikatakan aman [13].

## 5 Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

1. Hasil pengujian sifat fisik lereng atas: bobot isi asli 3,363 gr/cm<sup>3</sup>, bobot isi jenuh 3,380 gr/cm<sup>3</sup> dan bobot isi kering 3,341 gr/cm<sup>3</sup>. dan lereng bawah: bobot isi asli 3,142 gr/cm<sup>3</sup>, bobot isi jenuh 3,150 gr/cm<sup>3</sup> dan bobot isi kering 3,094 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian kuat tekan batuan (*Point Load Test*) pada lereng atas 25,745 Mpa dan lereng bawah 20,201 Mpa.
2. Hasil analisis klasifikasi massa batuan pada lereng atas: RQD 84,60 %, RMR 72 tergolong ke kelas II (Baik), dan secara GSI 67. Hasil analisis klasifikasi massa batuan pada lereng bawah: RQD 65,22 %, RMR 68 tergolong ke kelas II (Baik), dan GSI 63.
3. Potensi longsoran yang terjadi pada lokasi penelitian yaitu *direct toppling* sebesar 39,13% pada lereng atas dan 29,91% pada lereng bawah.
4. Hasil analisis faktor keamanan lereng aktual menunjukkan bahwa lereng penambangan di PT. Bintang Sumatera Pasific secara keseluruhan berada dalam kondisi tidak aman dengan nilai FK sebesar 2,684 dalam kondisi jenuh.
5. Penambangan dapat terus dilakukan hingga mencapai batas zona 4 dengan ketinggian 31,19m dari kondisi aktual dan kemiringan 82° dengan nilai FK secara keseluruhan sebesar 1,535.

### 5.2 Saran

1. Untuk mencegah terjadinya longsoran pada lereng tambang, diharapkan PT. Bintang Sumatera Pasific melakukan rancangan ulang lereng penambangan.
2. Salah satu cara meningkatkan nilai faktor keamanan (FK) lereng adalah dengan mengurangi ketinggian ataupun kemiringan lereng.
3. Kehadiran diskontinuitas pada lereng diharapkan menjadi perhatian PT. Bintang Sumatera Pasific karena dapat menjadi faktor penyebab longsoran.

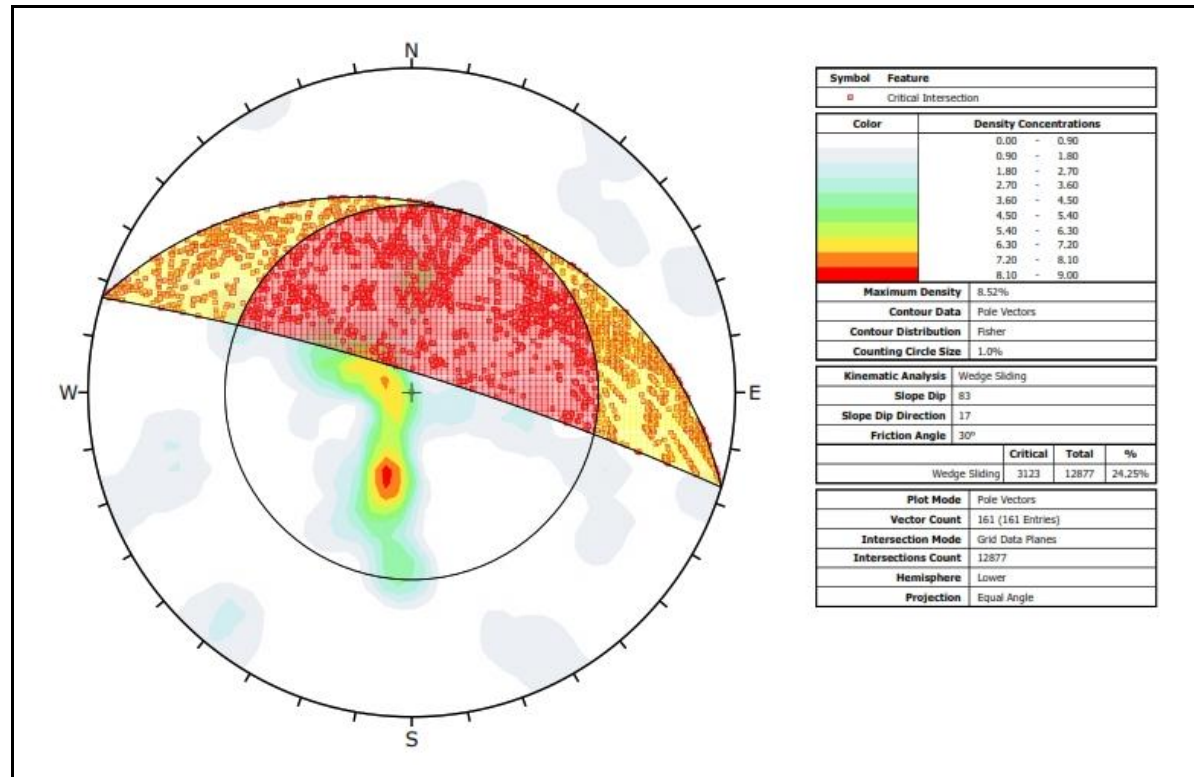
## Daftar Pustaka

- [1] Arif, I. I. (2016). Geoteknik Tambang. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Metriani, R., Anaperta, Y. M., & Saldy, T. G.(2019). Analisis Balik Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop yang disederhanakan Pada Front II Existing Tambang Quarry PT. Semen Padang, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 4(4), 49-58.
- [3] Arief, S.(2007).Konsep Dasar & Metode-metode dalam Analisis Kestabilan Lereng. Buku kompilasi tidak diterbitkan.
- [4] Setiawan, E.(2016). Rancangan Geometri Lereng Berdasarkan Analisis Probabilitas Pit “S” Blok Kananai 1 PT Multi Tambang Jaya Utama, Kecamatan Gunung Bintang Awai, Barito Selatan, Kalimantan Tengah.*Skripsi tidak diterbitkan*.
- [5] Rizaldi, R., & Heriyadi, B. (2020). Analisis Balik Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop yang Disederhanakan Pada Area Blok Bukit Tambun PT. Cahaya Bumi Perdana, Kota Sawahlunto. *Bina Tambang*, 5(4), 57-67.
- [6] Hasibuan, S., & Heriyadi, B. (2020). Analisis Balik Kestabilan Lereng Bekas Disposal Area Dengan Menggunakan Metode Bishop di Tambang PT. Nusa Alam Lestari di Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(4), 46-56.
- [7] Arief, S.(2008). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Irisan. Buku kompilasi tidak diterbitkan
- [8] Atiqah, F., & Heriyadi, B. (2020). Analisis Kestabilan Lereng Front IV Pit Limit Di Area Penambangan Batu Kapur PT. Semen Padang Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(3), 29-38.
- [9] Putri, N. T., & Heriyadi, B.(2020). Analisis Kestabilan Lereng Pada Penambangan Batu Andesit PT. Ansar Terang Crushindo 1, Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Sumatera Barat. *Skripsi tidak diterbitkan*.
- [10] Yusuf, A. M. (2016). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif & penelitian gabungan*. Prenada Media.
- [11] Rai, Made Astawa & Suseno Kramadibrata. (2015). *Mekanika Batuan*. Bandung : Gramedia.
- [12] Manik, V. A., Ningrum, W. J., Khoirullah, N., Sophian, R. I., & Zakaria, Z. (2019). *Correlation Between Overall Slope And Slope Stability Of Highwall In Pit Tunggal, Borneo. Journal of Geological Sciences and Applied Geology*, 3(1).
- [13] Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.

**LAMPIRAN A**  
**DATA SURVEY DISKONTINUITAS**

no	Tipe	Strike (N__E)	Dip (°)	Dip direction (N__E)	Spasi (cm)	Persis-tence (m)	JRC (JC)	Pelapukan	Lebar Rongga (mm)	Pengisi	Diskont. Set	Kondisi Air tanah / JW	ϕ
1	joint	287	29	17	0	0,54	4	Fresh	1 - 5.0 mm	None	2	Kering	1m
2	joint	268	39	358	9	0,74	6	Fresh	1 - 5.0 mm	None	2	Kering	
3	joint	302	55	32	14	0,76	6	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	
4	joint	111	84	201	10	1,58	6	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	
5	joint	61	84	151	10	0,57	4	Fresh	1 - 5.0 mm	None	2	Kering	2m
6	joint	203	87	293	4	1,14	8	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	
7	joint	315	37	45	16	1,56	10	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	
8	joint	5	30	95	10	0,99	8	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	
9	joint	303	51	33	4	0,9	14	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	
10	joint	281	13	11	6	0,58	8	Fresh	1 - 5.0 mm	None	2	Kering	
11	joint	291	45	21	10	1,57	10	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	3m
12	joint	284	34	14	12	0,76	4	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	
13	joint	312	87	42	15	1,81	4	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	
14	joint	289	77	19	32	1,02	10	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	
15	joint	275	58	5	21	0,58	6	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	
16	joint	91	43	181	39	0,85	4	Fresh	1 - 5.0 mm	None	2	Kering	
17	joint	148	37	238	19	1,18	6	Fresh	0.1 - 1.0 mm	None	2	Kering	

**LAMPIRAN B**  
**CONTOH HASIL ANALISIS POTENSI LONGSOR**



**Gambar 1.** Contoh hasil analisis potensi longsor