

**ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG ANDESIT,  
PT X, KEL. MEKARSARI, KEC. PULOMERAK,  
KAB. CILEGON, BANTEN**

**JURNAL ILMIAH**

**Sinung Yurizki**

**122.15.041**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sajarna Teknik  
Pada Program Studi Teknik Pertambangan**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN**

**INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG**

**KOTA DELTAMAS**

**AGUSTUS 2020**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG ANDESIT,  
PT X, KEL. MEKARSARI, KEC. PULOMERAK,  
KAB. CILEGON, BANTEN**

**JURNAL ILMIAH**

**Sinung Yurizki**

**122.15.041**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Pertambangan

Menyetujui,

Kota Deltamas, 28 Agustus 2020

Pembimbing 1



Andyono Broto Santoso, S.T., M.T.  
NIP. 19800213201409445

Pembimbing 2



Rian Andriansyah, ST., MT.  
NIP. 19790216201409444

**ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG ANDESIT,  
PT X, KEL. MEKARSARI, KEC. PULOMERAK,  
KAB. CILEGON, BANTEN**

**Sinung Yurizki**

Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Sains Bandung Email:  
yurizkisinung@gmail.com

**Abstrak:**

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis model lereng keseluruhan berdasarkan sifat fisik dan mekanik dari hasil uji lab yang sudah dilakukan oleh PT. X. Analisis dilakukan pada tinggi lereng keseluruhan adalah 70 meter dan variasi tinggi lereng tunggal adalah 8, 10, 15 meter, sedangkan variasi sudut lereng tunggal adalah 70°, 75° dan 80°. Hasil perhitungan nilai faktor keamanan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sehingga mudah untuk dipahami dan dianalisis hubungan antara geometri lereng, sifat fisik dan sifat mekanik batuan penyusun lereng terhadap nilai faktor keamanan.

Material utama penyusun lereng keseluruhan pada analisis adalah breksi dan andesit. Nilai rata-rata untuk bobot isi jenuh dan kuat tekan setiap batuan yaitu breksi 23,78 kN/m<sup>3</sup> dan 45,15 MPa sedangkan andesit 24,15 kN/m<sup>3</sup> dan 71,70 MPa.

**Kata kunci** : tinggi lereng, sudut lereng, faktor keamanan, bobot isi, kuat tekan

**Abstract:**

*This research was conducted to analyze the model of overall slope according to physical and mechanical properties of rocks obtained from laboratory test result that had been conducted by PT. X. The analysis conducted on the height of overall slope was 70 meter and the variation of single slope height was 8, 10, and 15 meter, while the variation of single slope angle was 70°, 75° and 80°. The calculating result of safety factor is showed in the tables and graphics so that the correlation of slope geometry, physical and mechanical properties of slope-forming rocks towards safety factor is easy to understand and analyze.*

*The main material-forming of overall slope in the analysis is breccia and andesite. The average value of saturated density and compressive strength of each rock is : breccia 23,78 kN/m<sup>3</sup> and 45,15 MPa, while andesite is 24,15 kN/m<sup>3</sup> and 71,70 MPa respectively.*

**Keywords** : height of slope, slope angle, safety factor, density, compressive strength

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang memiliki sudut kemiringan tertentu dengan bidang datar (*horizontal*), baik alami maupun buatan manusia. Karena lereng tidak *horizontal*, melainkan membentuk sudut, maka akan timbul suatu gaya penggerak akibat adanya gravitasi dan cenderung membuat blok di atas permukaan miring tersebut bergerak menuruni lereng. Kestabilan lereng dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Pada kondisi gaya penahan (terhadap longsoran) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang stabil (aman). Namun, apabila gaya penahan lebih kecil dari gaya penggerak, lereng tersebut tidak stabil dan akan terjadi longsoran.

Di dalam operasi penambangan, masalah kestabilan lereng akan ditemukan pada penggalian tambang terbuka. Tujuan analisis kestabilan lereng adalah untuk menilai tingkat kestabilan suatu lereng. Untuk menyatakan tingkat kestabilan suatu lereng, dikenal istilah Faktor Keamanan. Faktor keamanan diperlukan untuk mengetahui

kemantapan suatu lereng untuk mencegah bahaya longsoran di waktu-waktu yang akan datang.

Analisis kestabilan lereng memiliki peranan penting baik pada tahap perancangan maupun tahap penambangan dan pasca tambang. Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk mencegah terjadinya bencana yang dapat berakibat pada keselamatan pekerja dan peralatan serta terganggunya kelancaran produksi. Oleh karena itu, analisis kestabilan lereng mempunyai manfaat yang besar sekali, baik dari segi keselamatan kerja maupun segi ekonomi.

### **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan karakteristik fisik dan mekanik contoh batuan melalui RQD (*Rock Quality Designation*) dan hasil uji sifat fisik dan mekanik.
2. Menghitung nilai Faktor keamanan lereng keseluruhan.
3. Mengetahui hubungan antara geometri lereng, sifat fisik dan mekanik dengan nilai Faktor keamanan lereng keseluruhan.

### **1.3 Batasan Penelitian**

Adapun batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan lereng dilakukan secara dua dimensi.

2. Lereng yang dimodelkan adalah lereng keseluruhan.
3. Data sifat fisik dan mekanik batuan diperoleh melalui hasil uji lab yang telah dilakukan oleh perusahaan X dan menjadi dasar untuk perhitungan kestabilan lereng.
4. Analisis dilakukan pada jenis longsoran topling.
5. Dalam kondisi jenuh, tinggi muka air tanah diasumsikan mengikuti tinggi permukaan lereng.
6. Lereng keseluruhan dinyatakan aman jika nilai  $FK > 1.5$  (Keputusan Menteri ESDM No 1827 K/30/MEM/2018).

#### 1.4 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di kelurahan Mekarsari, Kecamatan Pulomerak, Kabupaten Cilegon, Banten. Secara Geografis Wilayah Kecamatan Pulomerak berada di bagian ujung Kota Cilegon dan terletak pada koordinat: 1060 0'8" BT – 1060 1' 0" BT dan 50 56' 05" LS – 50 56' 30" LS. Luas daratan Kecamatan Pulomerak adalah 1829,99 Ha. Luas daerah terbesar adalah Kelurahan Lebakgede dengan luas 683,00 Ha atau 38,12% dan luas daerah terkecil adalah kelurahan Tamansari dengan luas 332,00 Ha atau 11,19%. Secara administratif, Kecamatan Pulomerak dibagi menjadi 4 kelurahan yaitu kelurahan Mekarsari, Tamansari, Lebakgede dan Suralaya.

Lokasi penelitian terletak di kelurahan Mekarsari.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Genesa Batuan Vulkanik

Batuan vulkanik merupakan salah satu batuan yang tersusun oleh jenis batuan beku ekstrusif dan batuan sedimen klastik. Batuan beku ekstrusif biasanya ringan dan berwarna abu-abu gelap, ditemukannya dalam aliran lava yang dihasilkan oleh stratovulkano. Lava yang naik ke permukaan akan mengalami proses pendinginan dengan cepat, hal inilah yang menyebabkan tekstur batuan vulkanik seperti andesit menjadi lebih halus. Butir mineral dalam andesit biasanya sangat kecil sehingga tidak dapat dilihat tanpa menggunakan alat pembesar. Beberapa jenis andesit mengandung sejumlah glass, dan ada juga yang terlihat jejak lava gas vesikular.

Batuan sedimen klastik merupakan batuan sedimen yang terbentuk dari pengendapan kembali pecahan batuan asal yang berupa batuan beku, batuan metamorf atau batuan sedimen itu sendiri, yang mengalami pelapukan secara mekanik salah satu contoh batuan itu adalah batu breksi.

Andesit adalah batuan umum kerak benua yang biasanya berada di atas zona subduksi. Andesit umumnya terbentuk setelah melting

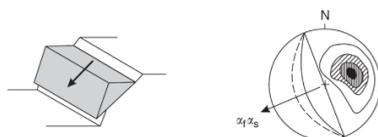
(pelelehan/pencairan) lempeng samudera akibat subduksi. Subduksi yang menyebabkan melting pada zona ini merupakan sumber magma yang apabila naik ke permukaan akan membentuk andesit.

## 2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kemantapan Lereng

1. Geometri Lereng
2. Sifat fisik dan mekanik batuan pembentuk lereng
3. Struktur geologi pada lereng
4. Keadaan hidrologi dan hidrogeologi pada lereng
5. Gaya-gaya luar terhadap lereng.

## 2.3 Macam-Macam Jenis Longsoran

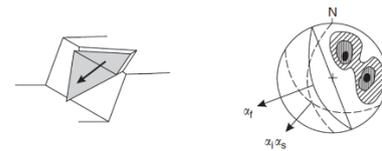
1. Longsoran Bidang  
Longsoran bidang (Gambar 2.1) relatif jarang terjadi. Namun, jika terdapat kondisi yang menunjang terjadinya longsoran bidang, longsoran yang terjadi mungkin akan lebih besar (secara volume) daripada longsoran lain. Longsoran ini disebabkan oleh adanya struktur geologi yang berkembang, seperti kekar (joint) ataupun patahan yang dapat menjadi bidang luncur.



Gambar 2.1 Skema longsoran bidang (Hoek dan Bray, 1981).

## 2. Longsoran Baji

Longsoran baji merupakan jenis longsoran yang sering terjadi di lapangan. Sama halnya dengan longsoran bidang, longsoran baji juga diakibatkan oleh adanya struktur geologi yang berkembang. Perbedaan pada longsoran baji adalah adanya dua struktur geologi yang berkembang dan saling berpotongan.



Gambar 2.2 Skema longsoran baji (Hoek dan Bray, 1981)

## 3. Longsoran Guling (Toppling Failure)

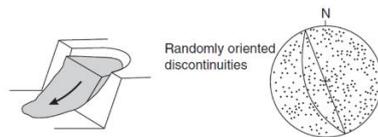
Longsoran guling (gambar 3.3) umumnya terjadi pada lereng yang terjal dan pada batuan yang keras, dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom. Longsoran guling ini terjadi apabila bidang-bidang lemah yang terdapat pada lereng mempunyai kemiringan yang berlawanan dengan kemiringan lereng.



Gambar 3.3 Skema longsoran guling (Hoek dan Bray, 1981)

#### 4. Longsor Busur

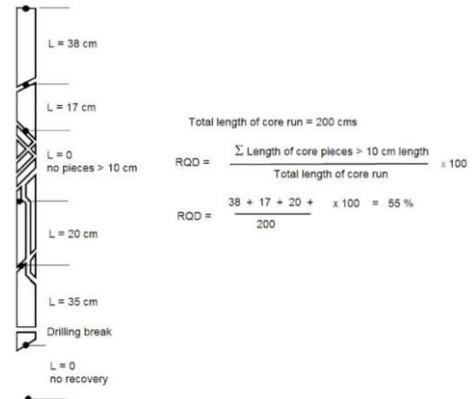
Longsor jenis ini banyak terjadi pada lereng tanah dan batuan lapuk atau sangat terkekarkan dan di lereng-lereng timbunan. Bentuk bidang gelincir pada longsor busur, sesuai dengan namanya, akan menyerupai busur bila digambarkan pada penampang melintang. Gambar 3.4 memperlihatkan skema longsor busur.



Gambar 3.4 Skema longsor busur (Hoek dan Bray,1981).

#### 2.4 Rock Quality Designation

RQD dikembangkan pada tahun 1964 oleh Deere. Metode ini didasarkan pada penghitungan persentasi inti terambil yang mempunyai panjang 10 cm atau lebih. Dalam hal ini, inti terambil yang lunak atau tidak keras tidak perlu dihitung walaupun mempunyai panjang lebih dari 10cm. Diameter inti optimal yaitu 47.5mm.



Berdasarkan nilai RQD massa batuan diklasifikasikan sebagai berikut:

RQD	Kualitas Massa Batuan
< 25%	Sangat Jelek
25 – 50 %	Jelek
50 – 75 %	Sedang
75 – 90 %	Baik
90 – 100 %	Sangat Baik

#### 2.5 Rock Mass Rating

Sistem Rock Mass Rating (RMR), atau sering juga dikenal sebagai Geomechanics Classification. Klasifikasi ini telah dimodifikasi berulang kali begitu informasi baru dari studi studi kasus diperoleh dan menjadikannya sesuai dengan International Standard dan prosedur.

RMR terdiri dari 5 parameter utama & 1 parameter pengontrol untuk membagi massa batuan, yaitu:

1. Kuat Tekan Batuan Utuh (UCS).
2. RQD.
3. Jarak diskontinuiti/kekar.
4. Kondisi diskontinuiti/kekar.
5. Kondisi air tanah.

6. Koreksi dapat dilakukan bila diperlukan untuk “Orientasi diskontinuiti/kekar.

**RMR – A**  
**Klasifikasi Parameter & Pembobotan**

Parameter	Selang Nilai				
	> 10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Untuk kuat tekan rendah perlu UCS
1	Kuat tekan (MPa) batuan utuh UCS (MPa)	> 100 100-200	40-100 50-100	20-40 25-50	5-20 1-5
	<b>Bobot</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>
2	RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50
	<b>Bobot</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>8</b>
3	Jarak diskontinuiti	> 2 m	0.6-2 m	0.2-0.6 m	< 0.06 m
	<b>Bobot</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
4	Kondisi diskontinuiti	sangat kasar, tdk menerus, tdk ada pematahan, dinding batu tdk lapuk	agak kasar pematahan < 1 mm, dinding agak lapuk	agak kasar pematahan < 1 mm, dinding sangat lapuk	Slicken-sided, tdk ada pematahan < 5 mm, atau pematahan 1-5 mm, menerus
	<b>Bobot</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>10</b>
5	Ar tanah	Aliran 10 m panjang terowongan (L/km)	None	< 10	10-25
	<b>Bobot</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>
	Tekanan air	0	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.5
	Kondisi umum	Kering	Lembab	Basah	Merata
	<b>Bobot</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>

### 2.6 Faktor Keamanan

Dari gambar 3.5 dapat dilihat bahwa gaya yang bekerja pada suatu lereng adalah gaya berat, kemudian dihasilkan gaya penggerak dan gaya penahan. Untuk menjaga agar benda di lereng tidak jatuh (failure), diperlukan perhitungan terhadap kemiringan sesuai dengan faktor keamanan yang diinginkan. Secara mekanik sederhana, faktor keamanan (FK) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Faktor Keamanan (FK)} = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}} = \frac{F^*}{F}$$

$$= \frac{\text{Kekuatan Geser}}{\text{Gaya Penggerak}} = \frac{F^*/A}{F/A} = \frac{\tau^*}{\tau}$$

$$\text{Kekuatan Geser} = c + \sigma_n \tan \phi$$

Dengan perhitungan lebih rinci didapatkan faktor keamanan sebagai berikut.

$$\text{Faktor Keamanan (FK)} = \frac{cA + \sigma_n A \tan \phi}{W \sin \psi_F}$$

$$= \frac{cA + W \cos \psi_F \tan \phi}{W \sin \psi_F}$$

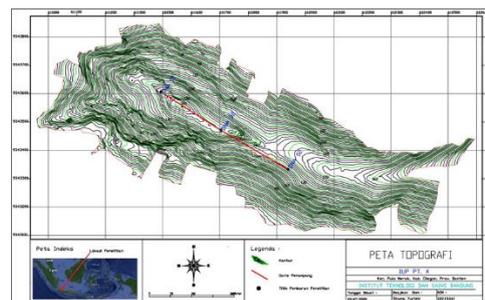
Apabila nilai FK untuk suatu lereng > 1,0 (gaya penahan > gaya penggerak), lereng tersebut berada dalam kondisi stabil. Namun, apabila harga  $F < 1,0$  (gaya penahan < gaya penggerak), lereng tersebut berada dalam kondisi

tidak stabil dan mungkin akan terjadi longsoran pada lereng tersebut.

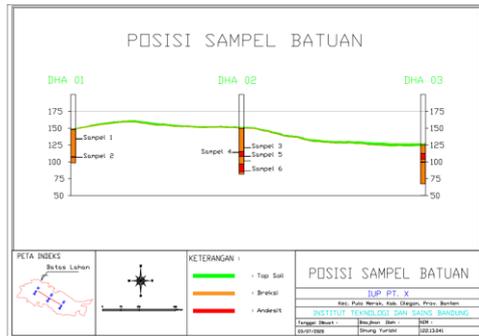
## III. DATA DAN PENGOLAHAN DATA

### 3.1 Data

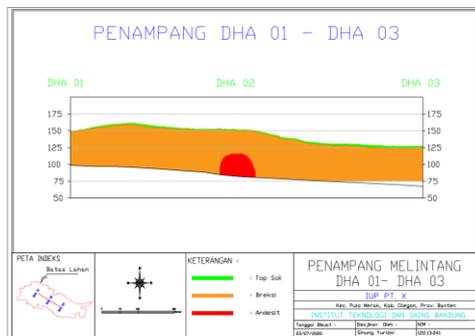
Penelitian studi kestabilan lereng ini bertujuan untuk menilai kestabilan lereng pada lokasi penelitian. Untuk itu diperlukan beberapa data untuk merepresentasikan kondisi di lapangan. Tahap pertama yang dilakukan adalah pemboran geoteknik. Tahap ini berguna untuk mengetahui litologi dan karakteristik material batuan penyusun lereng. Pemboran geoteknik yang dilakukan oleh perusahaan X berjumlah 3 titik bor dengan kode DHA-01, DHA-02 dan DHA-03. Dari pemboran geoteknik yang dilakukan, diketahui bahwa litologi daerah penelitian adalah Breksi dan Andesit. Untuk mengetahui stratigrafi daerah penelitian selanjutnya dilakukan korelasi data antara DHA-01, DHA-02 dan DHA-03 (Gambar 3.2).



Gambar 3.1 Peta Topografi



Gambar 3.2 Korelasi Coring dan Sampel Batuan.



Gambar 3.3 Penampang Sayatan DHA 01 - DHA 03.

Setelah diketahui litologi dan stratigrafi daerah penelitian, diperlukan data karakteristik batuan yang dapat diperoleh dari pengamatan di lapangan maupun pengujian sampel di laboratorium. Adapun pengujian di laboratorium tersebut meliputi uji sifat fisik dan mekanik batuan. Tabel 1 menunjukkan informasi mengenai data sifat fisik dan mekanik batuan yang diperoleh melalui pengujian laboratorium. Data sifat fisik batuan yang diperoleh dimasukkan kedalam perangkat lunak yaitu bobot jenuh, masing-masing dalam satuan  $gr/cm^3$ . Data sifat mekanik batuan diperoleh melalui uji triaksial di laboratorium untuk memperoleh nilai kuat tekan  $\sigma_c$ .

Tabel 1. Hasil Uji Sifat Fisik dan Mekanik Batuan.

ID	Dept (m)	Material	Uji Sifat Fisik		UCS
			Bobot isi Kering ( $kn/m^3$ )	Bobot Jenuh ( $kn/m^3$ )	$\sigma_c$ (kPA)
DHA-01	14.0 - 15.0	Breksi	21.829	23.526	4747.81
DHA-01	41.6 - 41.8	Andesit	24.918	25.232	7136.64
DHA-02	30.3 - 30.6	Breksi	23.143	24.026	4282.57
DHA-02	37.0 - 38.0	Andesit	24.702	25.114	9434.36
DHA-02	43.0 - 43.5	Andesit	17.661	20.535	858.35
DHA-02	50.0 - 65.0	Andesit	25.418	25.703	11251.63

Tabel 2. Nilai DRQ

Batuan	DHA-01	DHA-02	DHA-03
Breksi	76.75	71.94	51.53
Andesit	100	50.88	11.88

Tabel 3. RMR DHA 02

Parameter	Nilai		Bobot	
	Breksi	Andesit	Breksi	Andesit
Kuat Tekan	45.15	71.70	7	7
RQD	71.94	50.88	13	13
Jarak Diskontinuiti	>2	>2	20	20
Kondisi Diskontinuiti	Pemisah <1mm	Pemisah <1mm	25	25
Air Tanah	Kering	Kering	15	15
<b>Total</b>			<b>80</b>	<b>80</b>
<b>Kelas Massa Batuan</b>			<b>Baik</b>	<b>Baik</b>
<b>Kohesi</b>			<b>300-400</b>	<b>300-400</b>
<b>Sudut Geser Dalam</b>			<b>35°-45°</b>	<b>35°-45°</b>

### 3.2 Pengolahan Data

Perhitungan kestabilan lereng dilakukan berdasarkan data-data hasil pengujian sampel di laboratorium. Analisis dilakukan dengan metode kesetimbangan batas menggunakan perangkat lunak.

Analisis kestabilan desain lereng tambang dilakukan berdasarkan beberapa data-data masukan antara lain :

1. Karakteristik fisik dan mekanik batuan

Nilai karakteristik fisik dan mekanik dari masing-masing jenis batuan diperoleh dari hasil pengujian laboratorium.

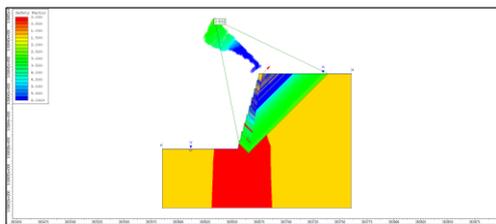
2. Kondisi air tanah

Untuk mengantisipasi kemungkinan

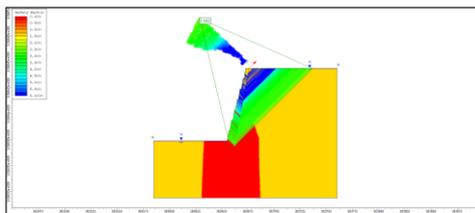
curah hujan tinggi yang menambah potensi terjadinya longoran, maka perhitungan dilakukan dengan mengasumsikan kondisi batuan dalam keadaan jenuh dan tinggi muka air tanah diasumsikan mengikuti tinggi permukaan lereng.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

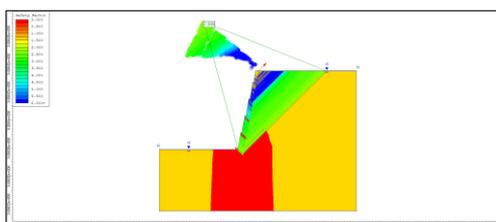
##### 4.1 Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Geometri Lereng



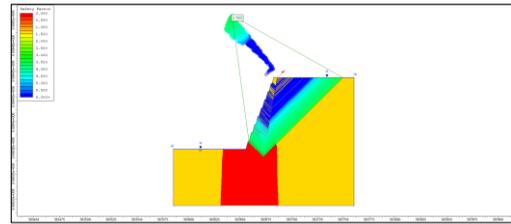
**Gambar 4.1** FK = 2.933, Hss = 8 meter, SS = 80, OS = 72°



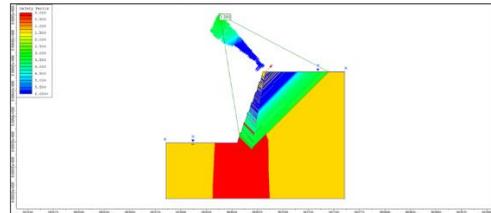
**Gambar 4.2** FK = 2.642, Hss = 10 meter, SS = 80, OS = 75°



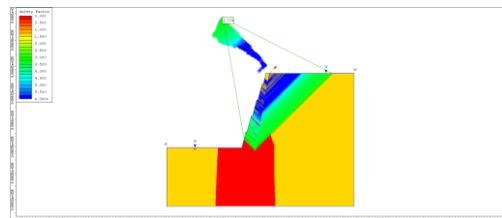
**Gambar 4.3** FK = 2.289, Hss = 15 meter, SS = 80, OS = 77°



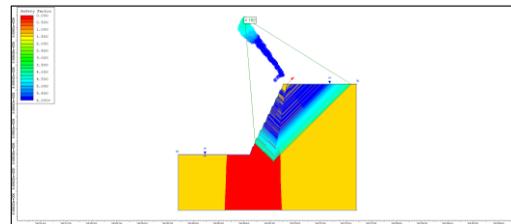
**Gambar 4.4** FK = 3.562, Hss = 8 meter, SS = 75, OS = 69°



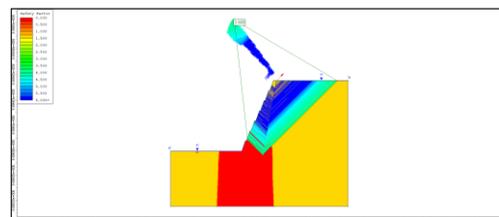
**Gambar 4.5** FK = 3.283, Hss = 10 meter, SS = 75, OS = 70°



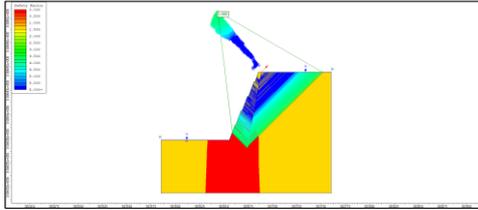
**Gambar 4.6** FK = 3.174, Hss = 15 meter, SS = 75, OS = 72°



**Gambar 4.7** FK = 4.162, Hss = 8 meter, SS = 70, OS = 65°



**Gambar 4.8** FK = 3.920, Hss = 10 meter, SS = 70, OS = 66°

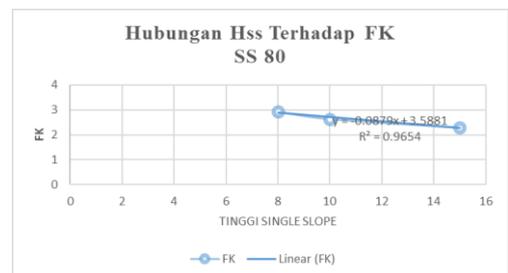
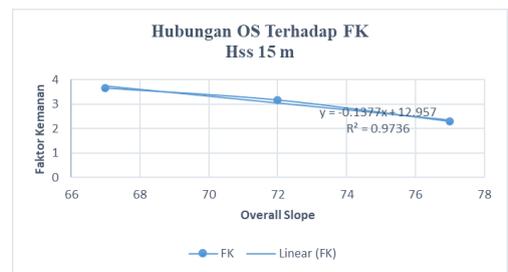
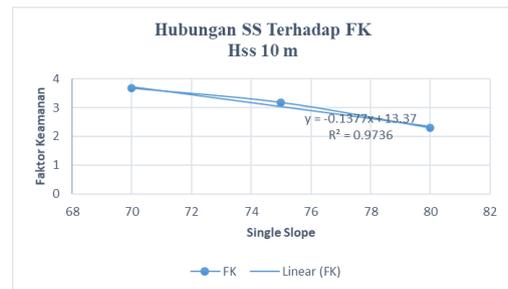
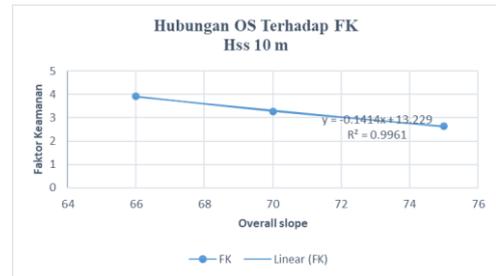
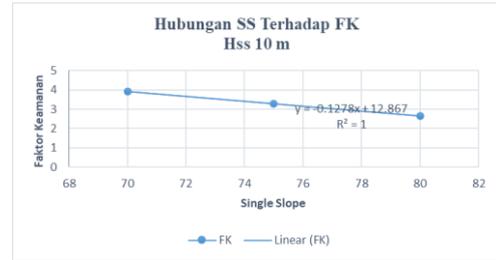
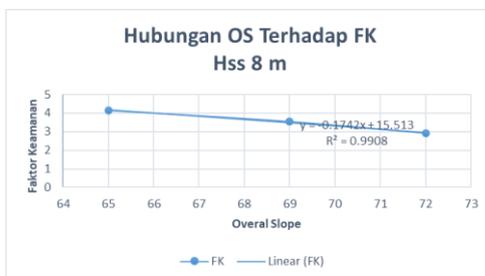
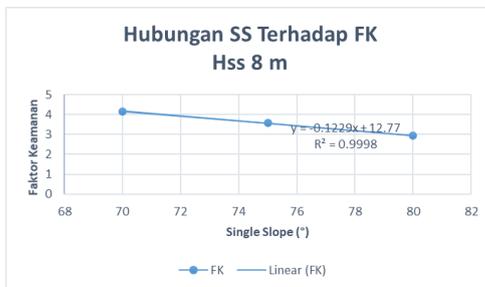


Gambar 4.9 FK = 3.666, Hss = 15 meter, SS = 70°, OS = 67°

Hss (meter)	Single Slope (°)	FK	Overall Slope (°)
8	70	4.162	65
	75	3.562	69
	80	2.933	72
10	70	3.92	66
	75	3.283	70
	80	2.642	75
15	70	3.666	67
	75	3.174	72
	80	2.289	77

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan oleh tabel di atas, dapat dilihat tidak ada nilai FK kurang dari 1.5 yang artinya lereng dengan variasi tinggi lereng tunggal 8, 10, 15 dan SS 70°, 75°, 80° aman untuk ditambang.

Berikut grafik hubungan antara nilai faktor keamanan dengan geometri lereng.

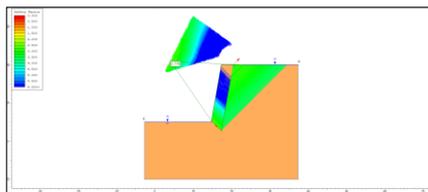


Gambar tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa terdapat korelasi kuat antara tinggi lereng tunggal, single slope dan overall slope dengan nilai faktor keamanan (FK) lereng keseluruhan. Hal tersebut terbukti dari nilai  $R^2 > 0,9$  yang menunjukkan nilai

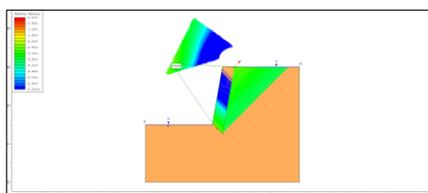
korelasi mendekati 1. Variasi single slope yang digunakan dalam analisis yaitu 70°, 75°, 80° pada tinggi lereng tunggal 8, 10, 15 meter dan lereng keseluruhan 70 meter.

Melalui grafik diatas tersebut, dapat diketahui suatu hubungan antara single slope dan tinggi lereng dengan overall slope adalah berbanding lurus, artinya semakin besar nilai single slope dan tinggi lereng tunggal maka nilai overall slope juga semakin besar. Hubungan antara tinggi lereng tunggal dengan nilai FK adalah berbanding terbalik, semakin besar nilai tinggi lereng tunggal maka nilai FK nya semakin kecil. Hubungan tersebut maka berlaku juga untuk nilai single slope dan overall slope, yang mana semakin besar nilai single slope dan overall slope maka nilai FK akan semakin kecil, dan begitupun sebaliknya.

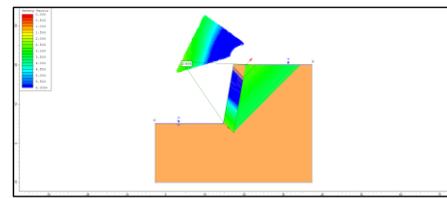
#### 4.2 Analisis Geometri Lereng Berdasarkan Densitas



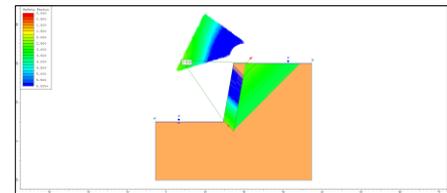
Gambar 4.10 Lereng Breksi, Densitas 20.53 kN/m<sup>3</sup>, FK=2.776



Gambar 4.11 Lereng Breksi, Densitas 25.11 kN/m<sup>3</sup>, FK=2.647



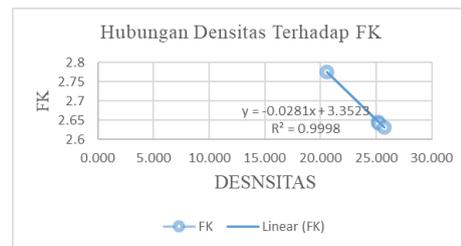
Gambar 4.12 Lereng Breksi, Densitas 25.23 kN/m<sup>3</sup>, FK=2.643



Gambar 4.13 Lereng Breksi, Densitas 25.70 kN/m<sup>3</sup>, FK=2.632

Tabel 6. Hubungan Densitas Terhadap FK

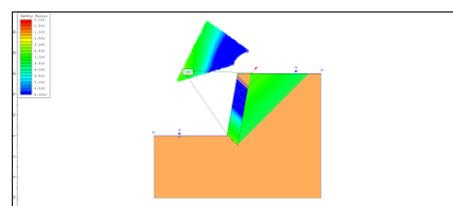
Densitas	FK
20.535	2.776
25.115	2.647
25.232	2.643
25.703	2.632



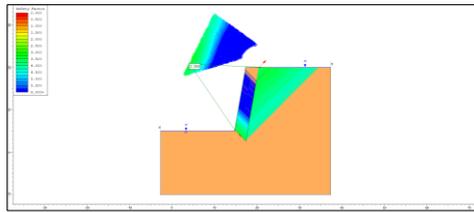
Grafik Hubungan Densitas Terhadap FK.

Dari grafik diatas dapat dilihat arah grafik menurun ke kanan, artinya hubungan antara densitas dengan nilai FK adalah berbanding terbalik. Semakin besar nilai densitas maka nilai FK akan semakin mengecil.

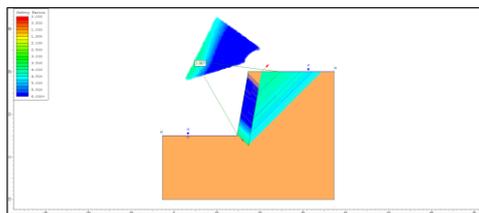
#### 4.3 Analisis Geometri Lereng Berdasarkan Kuat Tekan



Gambar 5.16 Lereng Breksi, Kuat Tekan 71.37 MPa, FK = 2.662



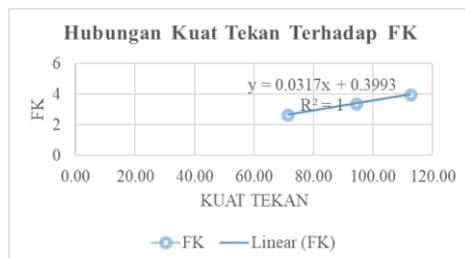
**Gambar 5.17 Lereng Breksi, Kuat Tekan  
94.34 MPa, FK= 3.394**



**Gambar 5.18 Lereng Breksi, Kuat Tekan  
112.52 MPa, FK= 3.967**

**Tabel 7. Hubungan Kuat Tekan  
Terhadap FK**

Kuat Tekan	FK
71.37	2.662
94.34	3.394
112.52	3.967



**Grafik Hubungan Kuat Tekan Terhadap FK.** Dari grafik diatas dapat dilihat arah grafik menurun ke kanan, artinya hubungan antara kuat tekan dengan nilai FK adalah berbanding terbalik. Semakin besar nilai kuat tekan maka nilai FK akan semakin mengecil.

## V. PENUTUP

### Kesimpulan

1. Kualitas massa batuan berdasarkan hasil RQD adalah sedang dengan presentasi RQD breksi adalah 71.9% dan Andesit adalah 50.8%. Nilai rata-rata density (jenuh) dan kuat tekan ( $\sigma_c$ ) batu breksi adalah 23.77 Kn/m<sup>3</sup> dan 45.15 Mpa. Nilai rata-rata density (jenuh) dan kuat tekan ( $\sigma_c$ ) batu andesit adalah 24.15 Kn/m<sup>3</sup> dan 71.70 Mpa.
2. Perhitungan nilai FK dengan tinggi lereng keseluruhan 70 meter dan variasi pada lereng tunggal yaitu 8 m, 10 m dan 15 m dan variasi single slope yaitu 70°, 75° dan 80°, didapat nilai FK > 1.5 yang artinya lereng aman.
3. Hubungan antara geometri lereng, sifat fisik dan mekanik dengan nilai faktor keamanan lereng keseluruhan adalah sebagai berikut:
  - Hubungan antara densitas batuan dan nilai FK adalah berbanding terbalik.
  - Hubungan antara kuat tekan dan nilai FK adalah berbanding lurus.
  - Hubungan antara nilai RQD dan nilai FK adalah berbanding lurus.
  - Hubungan tinggi lereng dan nilai FK adalah berbanding terbalik.
  - Hubungan antara sudut lereng dengan nilai FK adalah berbanding terbalik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Arif, Irwandy. 2016. Geoteknik Tambang. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama. Blume, H.P., Hartge, K.H., Schachtschabel, P. und Schwertmann, U. 1979. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.
2. Rai, Made Astawa, Suseno Kramadibrata dan Ridho Kresna Wattimena. 2014. Mekanika Batuan. Bandung : ITB.
3. Wyllie, Duncan C., & Christopher W. Mah. (2003). Rock Slope Engineering, Civil and Mining (4th ed). London & New York: Spon Press.7.