

# KAJIAN GEOTEKNIK KESTABILAN LERENG DI DAERAH QUARRY HAMBALANG, KECAMATAN CITEUREUP KABUPATEN BOGOR, JAWA BARAT

Oleh :

Djauhari Noor dan Solihin

## ABSTRAK

Quarry Hambalang adalah suatu quarry bahan baku semen milik PT. Indocement Tunggul Prakasa, Tbk. yang secara geologi tersusun dari batuan napal, batulempung dan batupasir gampingan Formasi Jatiluhur, dimana batuan-batuan tersebut adalah jenis batuan yang relatif tidak stabil apabila dilakukan penambangan dengan metoda open pit dengan membuat lereng-lereng, dikarenakan faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap kestabilan lereng seperti antara lain jenis batuan, stratigrafi, dan struktur geologinya. Kestabilan lereng banyak ditentukan oleh tingkat pelapukan dan struktur geologi yang ada pada massa batuan tersebut, seperti sesar, kekar, lipatan, dan bidang perlapisan (Sulistianto,2011). Struktur-struktur tersebut selain lipatan juga disebut bidang lemah. Disamping geologi struktur, kandungan air dan karakteristik sifat fisik mekanik juga dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng tersebut diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan kajian geoteknik untuk kestabilan lereng pada Quarry Hambalang, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat konsensi penambangan milik PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan mendesain kestabilan lereng yang terdapat pada Quarry Hambalang di wilayah Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat untuk mengetahui jenis longsoran, nilai faktor keamanan dan desain lereng yang sesuai dengan batas terendah faktor keamanan lereng.

**Kata Kunci:** *Kajian Geoteknik, Kestabilan Lereng, Quarry Hambalang.*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Quarry Hambalang adalah suatu quarry bahan baku semen milik PT. Indocement Tunggul Prakasa, Tbk. yang secara geologi tersusun dari batuan napal, batulempung dan batupasir gampingan Formasi Jatiluhur, dimana batuan-batuan tersebut adalah jenis batuan yang relatif tidak stabil apabila dilakukan penambangan dengan metoda open pit dengan membuat lereng-lereng, dikarenakan faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap kestabilan lereng seperti antara lain jenis batuan, stratigrafi, dan struktur geologinya.

Kestabilan lereng banyak ditentukan oleh tingkat pelapukan dan struktur geologi yang ada pada massa batuan tersebut, seperti sesar, kekar, lipatan, dan bidang perlapisan (Sulistianto,2011). Struktur-struktur tersebut selain lipatan juga disebut bidang lemah. Disamping geologi struktur, kandungan air

dan karakteristik sifat fisik mekanik juga dapat mempengaruhi kestabilan lereng.

Berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kestabilan lereng tersebut diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan kajian geoteknik untuk kestabilan lereng pada Quarry Hambalang, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat konsensi penambangan milik PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk.

### 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan mendesain kestabilan lereng yang terdapat pada Quarry Hambalang di wilayah Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat untuk mengetahui jenis longsoran, nilai faktor keamanan dan desain lereng yang sesuai dengan batas terendah faktor keamanan lereng.

### 1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini difokuskan pada faktor-faktor geoteknik yang berpengaruh terhadap

kestabilan lereng dengan membatasi masalah kestabilan lereng dengan memakai metoda kinematika. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah kajian geoteknik hasil pemetaan permukaan daerah penelitian mencakup: Jenis longsor pada lereng daerah X ; Nilai FK (Faktor Keamanan) pada lereng daerah X ; Rekomendasi desain lereng daerah X.

#### 1.4. Lokasi Daerah Penelitian

Secara geografis, daerah penelitian beradapada koordinat  $106^{\circ} 54' 18''$  BT dan  $6^{\circ} 31' 46''$  LS pada bagian *Mining Division* pada Quarry Hambalang, PT. Indocement Tungal Prakarsa, Tbk di Kecamatan Citereup, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Daerah penelitian dapat dicapai dengan kendaraan roda empat dan roda dua dengan rute: Bogor - Cibinong - Citereup atau Bogor - Sentul - Citeureup dengan waktu tempuh lebih kurang 1 jam perjalanan.

## II. KONDISI GEOLOGI

### 2.1. Geomorfologi

Klasifikasi Geomorfologi daerah penelitian secara genetik oleh Lobeck (1939) dan berdasarkan konsep yang dikemukakan W.M Davis (1954) dalam bukunya *principal of Geomorphology* yang meliputi aspek, struktur, proses dan juga tahapan, maka geomorfologi daerah penelitian dikelompokkan menjadi 2 (dua) satuan:

Satuan Geomorfologi Perbukitan Lipat Patahan. Satuan ini diwakili oleh warna ungu pada Peta Geomorfologi, menempati  $\pm 80\%$  daerah penelitian dengan kelerengan  $4^{\circ} - 20^{\circ}$  dan ketinggian 200 – 400 mdpl. Satuan ini disusun oleh batuan sedimen klastik berbutir halus berupa batulempung dan batupasir dan dikontrol oleh struktur geologi lipatan dan patahan.

Satuan Geomorfologi Bukit Batuan Gunung Api. Satuan ini diwakili oleh warna cokelat pada Peta Geomorfologi, menempati  $\pm 20\%$  daerah penelitian dengan kelerengan  $6^{\circ} - 40^{\circ}$  dan ketinggian 300 – 600 mdpl. Satuan ini disusun oleh Batuan Endapan Gunung Api berupa breksi dan lava.

### 2.2. Stratigrafi

Batuan tertua didaerah penelitian adalah termasuk ke dalam Formasi Jatiluhur yang terdiri dari napal, batulempung dan batupasir gampingan. Formasi ini berumur Miosen Awal atau  $\pm 20$  juta tahun yang lalu (Efendi dkk, 1998). Batuan termuda di daerah ini adalah Endapan Gunung Api Breksi dan Lava Gunung Kencana dan Limo yang berumur Quarter (Efendi dkk, 1998).

### 2.3. Struktur Geologi

Daerah penelitian memiliki struktur geologi yang cukup kompleks. Terdapat tiga jenis struktur geologi yang berkembang diderah penelitian, yakni Lipatan Antiklin yang memiliki sumbu barat laut - tenggara, Sesar Mendatar berada di bagian selatan dan Sesar Normal/Turun yang memanjang hampir barat – timur yang pada bagian barat dibatasi oleh Satuan Batuan Breksi dan Lava Gunung Api.

### 2.4. Sejarah Geologi

Sejarah Geologi daerah penelitian dimulai pada kala Miosen Awal diendapkan batuan sedimen berupa batulempung dan batupasir Formasi Jatiluhur (Efendi dkk, 1998). Pada kala Plio – Plistosen telah terjadi proses tektonik yang diikuti oleh proses orogenesis yang juga mengakibatkan Formasi Jatiluhur (Satuan Batuan Batulempung dan Batupasir (Hijau)) mengalami perlipatan dan terpatahkan dalam beberapa orde. Pada kala Plistosen terjadilah proses vulkanik yang mengakibatkan daerah tersebut terendapkan Batuan Gungngapi berupa Breksi dan Lava.

## III. METODELOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini mencakup 3 tahapan, yaitu 1). Tahap Pengumpulan Data; 2). Tahap Analisis Kestabilan Lereng; dan 3). Tahap Pengolahan Data.

### 1. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, pekerjaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### a. Studi Litelatur

Studi litelatur merupakan metode pengumpulan data dan informasi dengan melakukan kegiatan kepustakaan melalui buku-buku, jurnal, penelitian terdahulu dan lain sebagainya yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

## b. Data Lapangan

Pengambilan data lapangan dilakukan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam rangka mencapai tujuan dari penelitian. Data-data yang dikumpulkan di lapangan meliputi:

- Pengukuran Bidang Diskontinuitas Lereng Sepanjang 15 meter dengan Metode *Scanline*.
- Pengukuran Geometri Lereng.
- Pengukuran Azimuth dan Kemiringan Lereng, Tebal Lapisan dan Ciri Fisik Setiap Litologi.

## 2. Tahap Analisis Data

### a. Metode Kinematik

Metode ini dipakai untuk mengetahui potensi keruntuhan lereng batuan dengan teknik stereografis. Teknik stereografis merupakan metode grafis yang digunakan untuk menunjukkan jurus dan kemiringan dari suatu bidang.

### b. Klasifikasi Masa Batuan

Klasifikasi massa batuan adalah kegiatan mengumpulkan data dan mengklasifikasikan singkapan batuan berdasarkan parameter-parameter yang telah diyakini dapat mencerminkan perilaku massa batuan tersebut. Tujuan utama dari klasifikasi massa batuan adalah untuk menilai berbagai properti teknik dari atau yang berhubungan dengan massa batuan.

### c. Metode Kesetimbangan Batas

Metode ini bertujuan untuk mencari dan mengetahui faktor keamanan lereng dan faktor kestabilan lereng.

## 3. Tahap Pengolahan Data

### a. Jenis Longsoran

Pada tahapan ini adalah mengetahui jenis longsoran yang terdapat pada quarry Hambalang didasarkan dari hasil pengamatan dan pengukuran data-data di lapangan

### b. Nilai Faktor Keamanan Lereng

Pada tahapan ini penentuan nilai faktor keamanan lereng dilakukan dengan uji lapangan dan laboratorium berupa uji kuat tekan uniaxial batuan utuh, RQD, spasi bidang diskontinyu, kondisi bidang diskontinyu dan kandungan air.

### c. Rekomendasi Desain Lereng

Rekomendasi desain lereng dihitung berdasarkan jenis longsoran hasil analisis kinematik dan nilai faktor

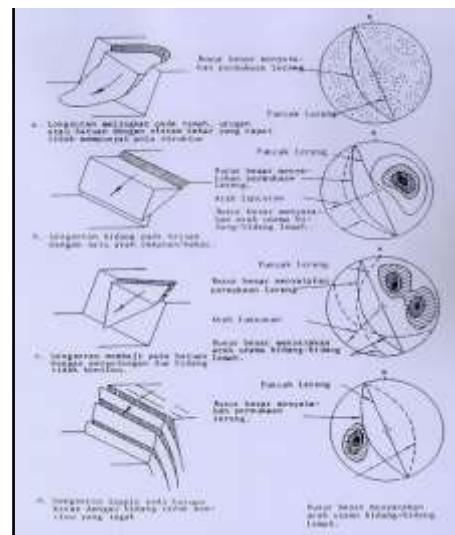
keamanan lereng yang diperoleh dari uji laboratorium.

## IV. LANDASAN TEORI

### a. Metode Kinematik

Metode kinematik adalah suatu metoda yang digunakan untuk mengetahui potensi keruntuhan lereng batuan adalah dengan teknik stereografis. Teknik stereografis merupakan metode grafis yang digunakan untuk menunjukkan jurus dan kemiringan dari suatu bidang.

Teknik stereografis banyak digunakan untuk membantu mengidentifikasi jenis runturan yang mungkin terjadi. Pengeplotan secara bersamaan antara jurus dan kemiringan, baik muka lereng maupun bidang lemah pada suatu stereonet yang akan segera dapat diketahui jenis dan arah keruntuhannya.



Gambar 1. Klasifikasi Jenis Longsoran (Hoek and Bray, 1981)

### b. Klasifikasi Masa Batuan

Massa batuan (*rock mass*) adalah tubuh atau massa batuan yang dipisahkan oleh diskontinuitas. Massa batuan ini terdiri dari material geologi seperti tekstur, komposisi mineral dan diskontinuitas. Sementara itu dalam kaitannya dengan rekayasa batuan, klasifikasi massa batuan (*rock mass classification*) berarti mengumpulkan data dan mengklasifikasikan singkapan batuan berdasarkan parameter-parameter yang telah

diyakini dapat mencerminkan perilaku massa batuan tersebut.

Kegunaan utama dari system klasifikasi massa batuan adalah untuk menilai berbagai properti teknik dari atau yang berhubungan dengan massa batuan (*rock mass*). Parameter yang digunakan dalam klasifikasi massa batuan menggunakan RMR yaitu:

- **Kuat tekan Uniaxial Batuan Utuh**
  - Uji Laboratorium (*Uniaxial Compressive Test* atau *Point Load*)
  - Uji Langsung di Lapangan
- **Rock Quality Designation (RQD)**
  - Perhitungan RQD Melalui Hasil *Core*
  - Perhitungan RQD melalui Data Lapangan
- **Spasi Bidang Dikontinyu**
- **Kondisi Bidang Diskontinyu**
- **Kondisi Air Tanah**

Tabel 1. Parameter Klasifikasi RMR dan Pembobotan (Bieniawski, 1984)

PARAMETER	Indeks sekuler	SELANG NILAI				
		> 15 MPa	4 - 15 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Urut nilai yang kecil dipakai hasil UCS
1 Kekuatan batuan utuh	Poor / Lemah / Unsur	> 15 MPa	4 - 15 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	10-25 0-10 (dalam MPa)
	Pembobotan	15	10	7	5	0
2 RQD (rock quality designation)	Pembobotan	90 - 100 %	75 - 90 %	50 - 75 %	25 - 50 %	< 25 %
	Spasi rekahan	> 200 mm	60 - 200 mm	30-60 mm	6-25 mm	< 6 mm atau < 60 mm
3 SPASI REKAHAN	Pembobotan	20	15	10	5	0
	4 KONDISI REKAHAN	Pembobotan	30	25	20	10
5 AIR T A N A H		Aliran per 100' Panjang persegipanjang	Tidak ada	<10 (inch/m)	10 - 25 (inch/m)	25 - 125 (inch/m)
	Tekanan pori air	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
6 H	Teg. utama max.	Kering	Lembab	Basah	Menetas	Mengalir
	Kelembaban umum	Kering	Lembab	Basah	Menetas	Mengalir
Pembobotan		15	10	7	5	0

Tabel 2. Kelas Pembobotan Massa Batuan Total (Bieniawski, 1984)

Pembobotan	100-81	80-61	60-41	40-21	<21
Nomor Kelas	I	II	III	IV	V
Pemerian	Sangat baik	Baik	Sedang	Jelek	Sangat jelek

Tabel 3 Arti Dari Kelas Batuan (Bieniawski, 1984)

Nomor kelas	I	II	III	IV	V
Stand-up time	10 tahun atau lebih (10 meter)	5 tahun atau lebih (5 meter)	1 hingga 5 tahun (3-5 meter)	1 jam atau lebih (2,5 m)	10 menit atau lebih (1 meter)
Rata-rata nilai: Kohesi	>400 Kpa	300-400 Kpa	200-300 Kpa	100-200 Kpa	<100 Kpa
α Sudut geser batuan	>45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	<15°

**c. Metode Kesetimbangan Batas**

- **Faktor Keamanan Lereng**  
 Penelitian terhadap kemantapan suatu lereng harus dilakukan bila longsoran lereng yang mungkin terjadi akan menimbulkan akibat yang merusak dan menimbulkan bencana. Kemantapan lereng tergantung pada gaya penggerak dan penahan yang ada pada lereng tersebut. Gaya penggerak adalah gaya-

gaya yang mengakibatkan lereng longsor.

Sedangkan gaya penahan adalah gaya-gaya yang mempertahankan kemantapan lereng tersebut. Jika gaya penahannya lebih besar dari gaya penggerak, maka lereng tersebut dalam keadaan mantap. Kemantapan suatu lereng biasanya dinyatakan dalam bentuk Faktor Keamanan (FK), yaitu:

1.  $FK > 1.2$  (Lereng Dalam Kondisi Stabil)
2.  $FK < 1.2$  (Lereng Dalam Kondisi Tidak Stabil)
3.  $FK = 1.2$  (Lereng Dalam Kondisi Kritis)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi keamanan lereng, yaitu:

1. Geometri Lereng
2. Struktur Batuan
3. Sifat Fisik dan Mekanik Batuan
4. Bobot Isi
5. Kuat Tekan, Kuat Tarik dan Kuat Geser
6. Porositas
7. Kandungan Air
8. Kohesi dan Sudut Geser Dalam
9. Pengaruh Gaya

• **Metode Bishop**

Metode kesetimbangan batas untuk kestabilan lereng membagi massa bidang gelincir menjadi irisan-irisan kecil. Gaya gaya yang bekerja pada irisan diasumsikan mewakili seluruh bagian yang sama dari kuat geser batuan atau tanah dimana gaya-gaya geser ini bekerja.

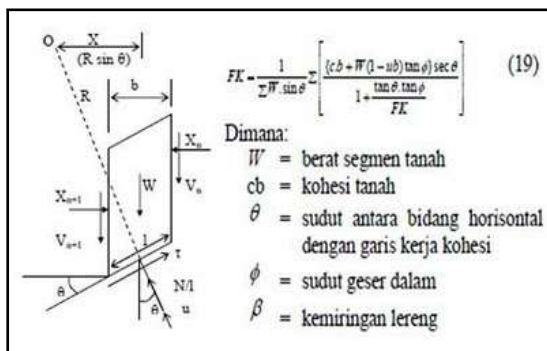
Metode ini pada dasarnya sama dengan metode swedia, tetapi dengan memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada. Metode Bishop mengasumsikan bidang longsor berbentuk busur lingkaran. Pertama yang harus diketahui adalah geometri dari lereng dan juga titik pusat busur lingkaran bidang lurus, serta letak rekahan. Untuk menentukan titik pusat busur lingkaran bidang lurus dan letak rekahan pada longsoran busur dipergunakan grafik.

Metode Bishop 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.

Metode Bishop sendiri memperhitungkan komponen gaya-gaya (horizontal dan vertikal) dengan memperhatikan keseimbangan momen dari masing-masing potongan. Metode ini dapat digunakan untuk menganalisa tanggapan efektif.

Cara analisa yang dibuat oleh A.W. Bishop (1955) menggunakan cara elemen dimana gaya yang bekerja pada tiap elemen ditunjukkan pada seperti pada gambar.

Persyaratan keseimbangan diterapkan pada elemen yang membentuk lereng tersebut. Faktor keamanan terhadap longsor didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah di bidang longsor (Stersedia) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan (Sperlu).



Gambar 2. Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop

#### IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam kajian geoteknik ini, akan menghasilkan suatu data terkatit lereng yang diteliti, meliputi:

##### a. Jenis Longsor (Metode Kinematik)

Jenis Longsor yang dapat terjadi di daerah penelitian didapatkan dari hasil Metode Kinematik dengan pengolahan data-data hasil di lapangan dan laboratorium berupa hasil klasifikasi massa batuan.

##### b. Nilai Faktor Keamanan Lereng (Metode Kesetimbangan Batas)

Nilai Faktor Keamanan Lereng di daerah penelitian didapatkan dari hasil Metode Kesetimbangan Batas yang merupakan pengolahan data-data lapangan seperti geometri lereng, azimuth lereng, kemiringan lereng serta data-data sifat fisik batuan.

##### c. Rekomendasi Desain Lereng

Rekomendasi desain lereng dibuat berdasarkan hasil analisis kinematik dan analisis nilai faktor keamanan lereng. Pembuatan desain lereng mempertimbangkan nilai faktor keamanan dan *slope stability*.

#### 4.1. Jenis Longsor (Metode Kinematik)

##### a. Pengambilan Data Lapangan Dengan Metode Scanline

Dari hasil pengamatan dan pengukuran dilapangandengan metode scanline, didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 6.4 Data Pengukuran Lereng Pada Saat Scanline

Kedudukan Scanline	Panjang Scanline	Ketinggian Lereng
N 236° E/ 32°	15 meter	41.87 meter

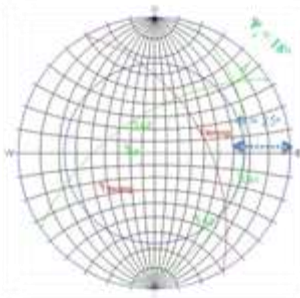
Secara umum ciri litologi batupasir pada daerah *scanline* memiliki ciri fisik berdasarkan pengamatan megaskopis yaitu, warna abu-abu cerah, dengan ukuran butir pasir sangat halus, bentuk butir membuldar, pemilahan baik, sementasi karbonatan, kekerasan dapat diremas, dibeberapa tempat terdapat kalsit. Ciri litologi berupa batulempung pada daerah *scanline* memiliki

ciri fisik berdasarkan pengamatan megaskopis yaitu, warna abu-abu kehitaman, ukuran butir lempung, sedikit kompak, karbonatan.

Tabel 5. Data Pengukuran *Scanline*

Dur	Dua Orientasi
30°	329°
33°	323°
35°	332°
41°	326°
38°	328°
37°	326°
35°	327°
37°	325°
38°	326°
37°	324°
31°	326°
32°	323°
34°	326°
34°	326°

Dari hasil analisa stereografis didapatkan bahwa, kondisi lereng pada *scanline* berpotensi terjadi longsor membaji (Hoek dan Bray, 1981). Longsor membaji dapat terjadi pada suatu batuan jika lebih dari satu bidang lemah yang bebas dan saling berpotongan. Tipe longsor ini dibentuk oleh dua set bidang lemah, diskontinuitas 1 (JS1) dan diskontinuitas 2 (JS2).



Gambar 3. *Joint Set* dan Lereng Daerah Penelitian Pada Diagram Stereonet

Berdasarkan model pengeplotan hasil *scanline* pada *stereonet* dapat diketahui potensi longsorannya. Didapatkan dua set diskontinuitas untuk daerah *scanline*, JS1 dan JS2 dengan kedudukan umum untuk JS1 N 284° E / 66° dan untuk JS2 N 147° E / 32°. Menunjukkan model tipe longsor membaji, longsor ini di bentuk oleh dua set diskontinuitas JS1 dan JS2, memiliki penunjaman yang di bentuk oleh kedua bidang tersebut (*plunge intersection*) ( $\Psi_i$ ) sebesar 18°, dengan sudut geser dalam ( $\Phi$ ) sebesar 25° dan kemiringan lereng ( $\Psi_f$ ) sebesar 41°. Berdasarkan syarat kinematik yang ditetapkan, yaitu  $\Psi_i < \Phi < \Psi_f$  ( $18^\circ < 25^\circ < 41^\circ$ ), maka dapat disimpulkan longsor membaji dapat terjadi

karena syarat kinematik untuk terjadi longsor tersebut terpenuhi.

### b. Klasifikasi Massa Batuan

Parameter yang harus diukur dan diamati dalam klasifikasi massa batuan atau dikenal dengan *Rock Mass Rating* (RMR) :

#### ▪ Rock Quality Designation (RQD)

Di lokasi penelitian tidak terdapat pemboran, sehingga perhitungan RQD dilakukan dengan penilaian empiris. Penilaian ini dilakukan dengan pengamatan pada lokasi *scanline* dengan mengukur spasi, jumlah dan lebar bukaan diskontinuitas. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai RQD pada *scanline* 91,12%. Dari nilai tersebut, maka lereng di lokasi penelitian terdapat dalam satu nilai bobot 15.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai RQD

Spesi	Jumlah Diskontinuitas (N)	Parang <i>Scanline</i> (L)	Persentase Diskontinuitas	RQD (%)	Pembobotan
<i>Scanline</i>	34	15	0,98	91,12	15

#### ▪ Kondisi Diskontinuitas

Kondisi diskontinuitas didapat dari keadaan umum diskontinuitas pada lereng berupa tingkat pelapukan yang sangat lapuk dan kekerasan bidang diskontinuitas yang agak kasar. Berdasarkan pengamatan dilapangan maka kondisi diskontinuitas pada *scanline* memiliki nilai bobot 20.

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Pengamatan Kondisi Diskontinuitas

Spesi	Kekerasan Perukaan Bidang Diskontinuitas	Bukaan Diskontinuitas	Kondisi Pelapukan	Pembobotan
<i>Scanline</i>	Agak kasar	< 1 mm - 3 mm	Sangat lapuk	20

batuan penyusun lereng *scanline* termasuk kedalam kelas II atau baik dan sudut geser dalam ( $\Phi$ ) berkisar 35°- 45°. Penentuan bidang runtuh kritis yang menghasilkan faktor keamanan minimum adalah salah satu tahap penting dalam analisis kestabilan lereng menggunakan metode irisan. Lokasi dari bidang runtuh kritis tersebut dapat ditentukan dengan cara menggunakan metode optimasi. Prinsip dasarnya yaitu

sebuah bidang runtuh yang masuk akal dibuat kemudian dihitung faktor keamanannya. Dari bidang runtuh yang dianalisis didapatkan bidang runtuh yang menghasilkan faktor keamanan kecil, bidang runtuh ini disebut sebagai bidang runtuh kritis.

▪ **Spasi Diskontinuitas**

Spasi diskontinuitas merupakan jarak antara satu bidang diskontinuitas dengan bidang diskontinuitas lain yang saling berdekatan dalam satu *scanline*. Nilai spasi diskontinuitas dilakukan dengan perhitungan pembagian antara jarak *scanline* dengan jumlah diskontinuitas. Dari hasil perhitungan tersebut di dapat nilai spasi diskontinuitas rata-rata yaitu 107 cm dengan nilai bobot 15.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Spasi Diskontinuitas

Parameter	Perhitungan	Jumlah Diskontinuitas	Jarak Scanline	Pembobotan
Rata-rata	107 cm	15	1605 cm	15

▪ **Kondisi Air**

Dalam penelitian ini, kondisi air tanah diperkirakan dengan cara memberikan gambaran umum kondisi keairan pada lereng. Deskripsi kondisi umum keairan akan memberikan parameter kering, lembab, berair, basah, atau mengalir. Dari pengamatan di lapangan kondisi keairan pada *scanline* lembab dengan pembobotan 20.

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Pengamatan Kondisi Air

Segmen	Kondisi Air Tanah	Pembobotan
Scanline	Lembab	20

▪ **Perhitungan Rock Mass Rating (RMR)**

Berikut ini adalah hasil perhitungan *Rock Mass Rating* (RMR) untuk *scanline* guna mendapatkan nilai sudut geser dalam ( $\Phi$ ) yang akan digunakan dalam analisa kinematik. Dari hasil perhitungan RMR pada tabel 6.9 didapatkan nilai RMR 64. Dengan nilai tersebut, dapat disimpulkan bahwa massa batuan penyusun lereng *scanline* termasuk kedalam kelas II atau baik dan sudut geser dalam ( $\Phi$ ) berkisar 35°- 45°.

Tabel 10. Kelas Pembobotan Massa Batuan Total (Bieniawski, 1984)

Pembobotan	100-81	80-61	50-41	40-25	<25
Nomor kelas	I	II	III	IV	V
Penilaian	Sangat baik	Baik	Sedang	Jelek	Sangat jelek

Tabel 11. Arti Dari Kelas Batuan (Bieniawski, 1984)

Nomor kelas	I	II	III	IV	V
Standar tinggi	10 meter atau lebih	8 meter atau lebih	7 meter atau lebih	6 meter atau lebih	5 meter atau lebih
Rata-rata nilai K <sub>g</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	>400	300-400	200-300	100-200	<100 kPa
Sudut geser dalam	>45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	<15°

Tabel 12. Hasil Perhitungan RMR Pada Scanline Daerah Penelitian

PARAMETER	NILAI / KONDISI	BOBOT
Kekuatan Batuan	25 - 50 Mpa	4
RQD	91,12%	13
Spasi Diskontinuitas	107 cm	15
Kondisi Diskontinuitas	Persebaran agak kasar, renggang < 1 mm - 5 mm, sangat lepek (soft walls)	20
Kondisi Air Tanah	Lembab	20
Peringkat Batuan		64
Kelas Massa Batuan		II

**4.2. Nilai Faktor Keamanan (Metode Kesetimbangan Batas)**

**a. Bidang Runtuh Kritis**

Penentuan bidang runtuh kritis yang menghasilkan faktor keamanan minimum adalah salah satu tahap penting dalam analisis kestabilan lereng menggunakan metode irisan. Lokasi dari bidang runtuh kritis tersebut dapat ditentukan dengan cara menggunakan metode optimasi. Prinsip dasarnya yaitu sebuah bidang runtuh yang masuk akal dibuat kemudian dihitung faktor keamanannya. Dari bidang runtuh yang dianalisis didapatkan bidang runtuh yang menghasilkan faktor keamanan kecil, bidang runtuh ini disebut sebagai bidang runtuh kritis.

**b. Perhitungan Faktor Keamanan**

Faktor keamanan terhadap kesetimbangan momen (FM) dan faktor keamanan terhadap kesetimbangan gaya (FF) harus dihitung secara serentak dengan mengasumsikan nilai dari faktor skala (I) harus terlebih dahulu. Prinsip dari perhitungan ini adalah untuk mencari suatu nilai faktor skala yang menghasilkan perbedaan absolut dari (FM - FF) lebih kecil dari toleransi yang diberikan. Apabila kondisi tersebut sudah dipenuhi berarti kondisi kesetimbangan gaya dan momen telah dapat dipenuhi.

**c. Analisis Kriteria Runtuhan Hoek and Brown dan Morh - Coloumb**

Pada dasarnya seluruh metoda analisis kestabilan lereng memiliki tujuan yang sama yaitu untuk memperoleh lereng yang optimal yaitu memperhatikan kondisi aman tetapi tetap ekonomis untuk direalisasikan. Secara umum tujuannya yaitu :

1. Menentukan kondisi kestabilan lereng.
2. Memperkirakan bentuk keruntuhan atau longsoran yang mungkin terjadi.
3. Memprediksi tingkat kerawanan lereng terhadap resiko longsor.
4. Merancang suatu lereng yang optimal dan memenuhi kriteria keamanan dan kelayakan yang ekonomis.

Parameter hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik yang digunakan pada batupasir dan batulempung seperti ; *Unit Weight*, Kuat Tekan Batuan (UCS), *Geology Strenght Index (GSI)* dan *Intact Rock Constant*. Sedangkan, parameter hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik yang digunakan pada soil seperti : *Unit Weight*, *Cohesion* dan sudut gesek dalam. Identifikasi kondisi air tanah pada daerah penelitian dilakukan terhadap kondisi rembesan air yang dijumpai. Setelah dianalisis, kondisi lereng di daerah penelitian, memiliki nilai sifat fisik dan sifat mekanik sebagai berikut:

Tabel 13. Material Properties Pada Kriteria Runtuhan Hoek and Brown

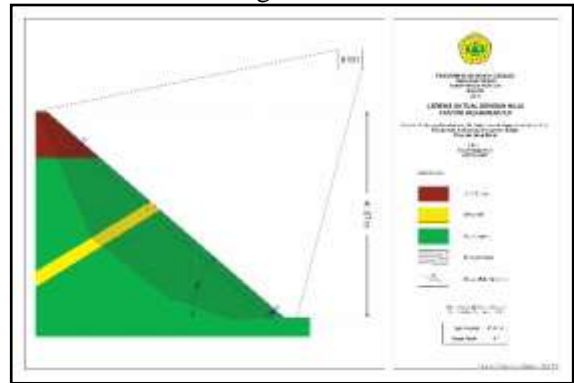
Material	Unit Weight Berat (kN/m <sup>3</sup> )	Unit Weight Berat (kN/m <sup>3</sup> )	Uniaxial Compression Strength (UCS)	Geology Strength Index (GSI)	Intact Rock Constant
Dapireni	24	23	2500 kPa	45	15
Sekeloa	23	22	2240 kPa	50	14

Tabel 14. Material Properties Pada Kriteria Runtuhan Morh-Coulomb

Material	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesion (kPa)	Sudut Gesek Dalam
soil	17,64	88,80	23,70°

Pada daerah penelitian, didapatkan bentuk lereng berdasarkan hasil pengukuran geometri lereng yaitu memiliki tinggi ± 41.87 meter dengan besar *slope* tunggal yaitu 41°. Berdasarkan analisis perhitungan nilai faktor keamanan (FK) dengan metoda Morgenstein-Price, lereng pada daerah penelitian dapat terjadi ketidakstabilan yang disebabkan oleh nilai faktor keamanan lereng tersebut, pada daerah penelitian, lereng memiliki nilai faktor keamanan sebesar 0.9 dimana nilai faktor

keamanan tersebut kurang dari batas minimum nilai keamanan lereng.



Gambar 4. Kondisi *Failure* Pada Lereng Aktual Daerah Penelitian

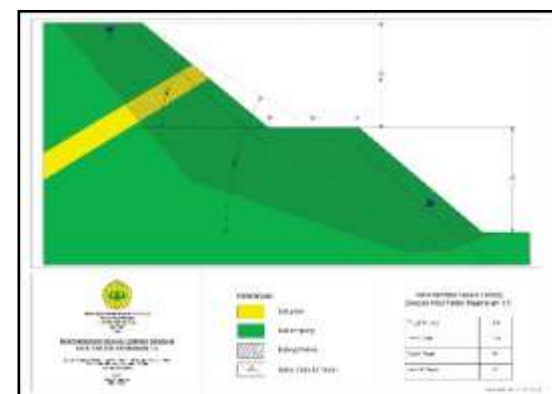
**4.3. Rekomendasi Desain Lereng**

Berdasarkan kondisi lereng pada daerah penelitian, dibuat beberapa rekomendasi lereng untuk meningkatkan nilai faktor keamanan lereng dengan mempertimbangkan kondisi aktual lereng, meliputi : asumsi kondisi hidrologi berupa batas muka air tanah, *slope stability*, pertimbangan nilai ekonomi dan sifat fisik litologi. Rekomendasi desain lereng dibuat dan disesuaikan dengan kondisi aktual lereng, adapun nilai faktor keamanan, *over all slope*, *single slope*, tinggi jenjang dan lebar jalan pada tiap rekomendasi lereng, yaitu :

Tabel 15. Nilai Rekomendasi Desain Lereng

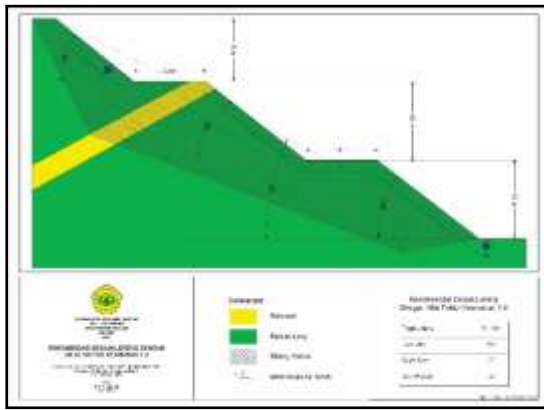
Rekomendasi Desain Lereng	Nilai Faktor Keamanan	Lebar Jalan	Tinggi Urugan	Over All Slope	Sudut Kemiringan
Desain 1	1,5	8 m	8 m - 22 m	31°	41°, 42°, 43°
Desain 2	1,4	10 m	8 m - 20 m	32°	39°
Desain 3	1,2	8 m	22 m - 13 m	41°	39°

Rekomendasi desain lereng telah disesuaikan dengan asumsi kondisi hidrologi pada daerah penelitian, batas muka air tanah dibuat 1.5 meter dari permukaan, hal ini dipertimbangkan berdasarkan jenis litologi dan sifat fisik litologi di daerah penelitian.

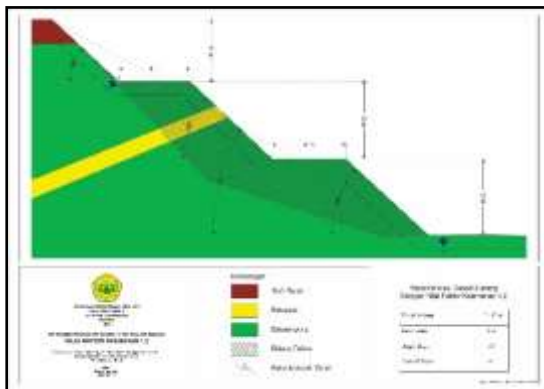


Gambar 5. Rekomendasi Desain Lereng 1 (Nilai FK 1.5)





Gambar 6. Rekomendasi Desain Lereng 2 (Nilai FK 1.4)



Gambar 7. Rekomendasi Desain Lereng 3 (Nilai FK 1.2)

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa kinematik terhadap jenis-jenis longsoran yang terdapat di Quarry Hambalang adalah jenis longsoran membaji. Nilai faktor keamanan lereng di daerah penelitian berdasarkan analisis kestabilan lereng diperoleh nilai 0,9. Dengan mempertimbangkan faktor tersebut maka desain lereng dibuat dengan mempertimbangkan berbagai aspek, seperti sifat fisik batuan, kondisi aktual lereng dan disesuaikan dengan batas minimum keamanan suatu lereng pada kegiatan pertambangan, sesuai dengan nilai faktor keamanan desain lereng, lebar jalan, tinggi jenjang, *over all slope* dan *single slope* yang diberikan pada 3 rekomendasi desain lereng tersebut yang memiliki nilai faktor keamanan yaitu : 1,2 ; 1,4 dan 1,5.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bieniawski, Z.T. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soil*: Second Edition. McGraw-Hill: New York, USA.
- [2]. Bieniawski, Z.T., 1989. *Engineering Rock Mass Clasification*, New York: John Wileyand Sons
- [3]. Hoek, E and Brown, E.T. 1980. *Empirical Strength Criterion for Rock Masses*. Journalof the Geotechnical Engineering Division: Proceeding of American Society of Civil Engineers, Vol. 106.
- [4]. Hoek, E., Bray, J.W. 1981. *Rock Slope Engineering*, London: Institution of Miningand Metallurgy.
- [5]. Hoek, E and Brown, E.T. 1997. *Technical Note Practical Estimates of Rock MassStrength*. Elsevier: International Journal Rock Mechanics and Mining Sciences Vol. 34, No. 8 page 1165-1186.
- [6]. Hoek, E and Marions, P. 2000. *GSI: Geologically Friendly Tool for Rock MassStrength Estimation*. Proceeding of the International Conference Geotechnical and Geological Engineering: Melbourne.
- [7]. Hoek, E., Read, J., Karzulovic, A., Chen, Z.Y. 2000. *Rock Slope for Civil and MiningEngineering*. Proceeding of the International Conference Geotechnicaland Geological Engineering: Melbourne.
- [8]. Hoek, E., Carter, T.G., Diedrichs, M.S. 2013. *Quantification of Geological Strength Index Chart*. Proceedings of 47<sup>th</sup> GeomechanicsSymposium

## PENULIS :

1. **Ir. Djauhari Noor, M.Sc.** Staf Dosen Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik – Universitas Pakuan, Bogor.
2. **Ir. Solihin, MT.** Staf Dosen Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik – Universitas Pakuan, Bogor.