

ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN MENGGUNAKAN METODE *ROCK MASS RATING* DAN *SLOPE MASS RATING* PADA TAMBANG BATUPASIR DI SAMARINDA SEBERANG, KOTA SAMARINDA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR *(Slope Stability Analysis Using Mass Rock Mass Rating And Slope Rating On Mine Sandstone Mining In Samarinda District, East Kalimantan Province)*

Agusti Wulandari, Shalah Dina Devy, Hamzah Umar
Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Samarinda

Abstrak

Kestabilan suatu lereng pada kegiatan penambangan dipengaruhi oleh kondisi geologi, bentuk keseluruhan lereng pada lokasi tersebut, kondisi air tanah, faktor luar seperti getaran akibat peledakan ataupun alat mekanis yang beroperasi. Salah satu metode analisis stabilitas lereng yaitu metode *Rock Mass Rating* dan *Slope Mass Rating*. Analisis ini dibutuhkan dalam eksploitasi tambang khususnya dalam sistem tambang terbuka. Lokasi penelitian terletak pada Formasi Pulaubalang dan Formasi Balikpapan. Nilai Kuat Tekan Batuan (UCS) di lokasi penelitian adalah 8,615 Mpa dan hasil analisis stereografis didapatkan longsoran di lokasi penelitian adalah longsoran baji. Nilai RMR di lokasi penelitian adalah 59,71 dan nilai SMR adalah 24,71. Dari hasil analisis klasifikasi massa batuan dengan menggunakan metode RMR pembobotan kelas massa batuan di lokasi penelitian termasuk kedalam kelas III yang termasuk dalam deskripsi batuan sedang. Sedangkan hasil analisis kestabilan lereng dengan metode SMR dapat disimpulkan bahwa kelas massa lereng termasuk kedalam kelas IV dengan asumsi berada dalam kelas massa batuan yang buruk, stabilitas lereng tidak stabil, dengan kelongsoran yang dapat terjadi adalah longsoran bidang dan longsoran baji, dan kemungkinan untuk longsor adalah 0,6.

Kata kunci: Kestabilan Lereng, *Rock Mass Rating* (RMR), *Slope Mass Rating* (SMR), Kecamatan Samarinda Seberang

Abstract

The stability of a slope on mining activity are influenced by the local geological conditions, the overall slope, groundwater conditions, external factors such as vibration caused by blasting or mechanical device that operates. One of the slope stability analysis methods are the Rock Mass Rating and Slope Mass Rating. This analysis is needed in the exploitation of mines, especially in open-pit mining system. The research location is situated on the Pulaubalang Formation and Balikpapan Formation. The results of Unconfined Compressive Strength (UCS) at the research site is 8,615 MPa and stereografy analysis is wedge failure. RMR value of the research site is 59.71 and the SMR value is 24.71. From the analysis of rock mass classification based on RMR method the rating of slope at the research site is in the class number III, which means the rock masses description is medium rock. While the results of slope stability analysis with SMR method can be concluded that the slope included into the class IV with the assumption that the rock mass is in a bad state, unstable slope stability, the failure that can be occurred are plane failure and wedge failure, and the possibility of failures is 0.6.

Keywords: *Slope Stability, Rock Mass Rating (RMR), Slope Mass Rating (SMR), District Samarinda Seberang*

PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan sangat erat hubungannya dengan proses penggalian pengangkutan dan ekstraksi bahan galian dengan berbagai permasalahan yang dihadapi, salah satunya adalah masalah kemantapan lereng. Penambangan memerlukan desain lereng dengan berbagai cara. Kajian desain lereng yang stabil dibutuhkan dalam kegiatan eksplotasi tambang.

Kestabilan suatu lereng pada kegiatan penambangan dipengaruhi oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan lereng pada lokasi tersebut, kondisi air tanah setempat, faktor luar seperti getaran akibat peledakan ataupun alat mekanis yang beroperasi dan juga dari teknik yang digunakan dalam pembuatan lereng. Apabila kestabilan dari suatu lereng dalam operasi penambangan meragukan, maka analisa terhadap kestabilannya harus dinilai dari struktur

geologi, kondisi air tanah dan faktor pengontrol lainnya yang terdapat pada suatu lereng.

Oleh karena itu diperlukan penelitian mengenai kestabilan lereng yang aman selama proses penambangan. Salah satu parameter pengukuran kestabilan lereng diantaranya adalah *Slope Mass Rating (SMR)* yang merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yaitu *Rock Mass Rating (RMR)*. Untuk menentukan lereng stabil secara cepat, digunakan pembobotan massa lereng yaitu *Slope Mass Rating (SMR)* yang berdasarkan pada pembobotan massa batuan *Rock Mass Rating (RMR)*. Metode pengklasifikasian tersebut menggunakan parameter-parameter yang mudah untuk dilakukan dilapangan.

Tujuan dari penelitian ini antara lain, menganalisis nilai kuat tekan batuan, menganalisis kelas massa batuan berdasarkan RMR, menganalisis jenis longsoran yang dapat terjadi menggunakan proyeksi stereografis, dan menganalisis kelas massa lereng berdasarkan pembobotan SMR.

Lokasi penelitian dilakukan di lereng penambangan batu pasir yang secara administratif terletak di Jl. H.A.M Rifaddin, Kecamatan Samarinda Seberang, Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Luas wilayah izin usaha pertambangan batupasir adalah ± 2 hektar. Lereng penambangan batupasir berada di sebelah barat jalan poros Samarinda – Balikpapan.

Geologi Struktur

Geologi struktur adalah cabang geologi yang meliputi studi dan interpretasi deformasi kerak bumi, sedangkan struktur geologi adalah objek yang dipelajari. Deformasi menyebabkan terjadinya perubahan ukuran (*dilation*), bentuk (*distortion/strain*), posisi (*translation*), atau orientasi (*rotation*) pada batuan (Balfas, 2015). Struktur geologi dapat dikelompokkan berdasarkan kejadiannya, yaitu :

1. Struktur Primer adalah struktur geologi yang terbentuk bersamaan dengan proses pembentukan batuan.
2. Struktur Sekunder adalah struktur geologi yang dihasilkan oleh deformasi setelah batuan terbentuk yang meliputi kekar (*joint*), sesar (*fault*) dan lipatan (*fold*).

Batuan

Batuan adalah kumpulan atau agregasi alamiah dari satu atau lebih mineral, fosil, atau mineral lainnya yang merupakan bagian dari kerak bumi. Terdapat tiga jenis batuan yang utama berdasarkan proses dan lingkungan pembentukannya (Balfas, 2015) yaitu :

1. Batuan Beku
2. Batuan Sedimen
3. Batuan Metamorf

Sifat Fisik dan Mekanik Batuan

Batuan mempunyai sifat-sifat tertentu yang perlu diketahui dalam mekanika batuan dan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu :

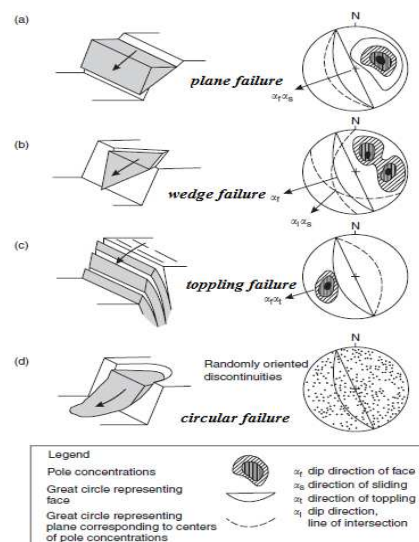
1. Sifat fisik batuan seperti bobot isi, specific gravity, porositas, absorpsi, void ratio.
2. Sifat mekanik batuan seperti kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas, poisson's ratio.

Analisis Kinematika

Salah satu contoh terbaik dari pendekatan awal adalah menentukan kemungkinan ketidakstabilan dari suatu lereng dengan metode analisis kinematika. 'Kinematika' mengacu pada studi gerakan, tanpa mengacu pada kekuatan-kekuatan yang pembuatnya. (Hudson & John, 2005).

Analisis kinematika dilakukan untuk mengetahui tipe longsor yang berpotensi terjadi pada lereng batuan. Analisis kinematika menggunakan parameter orientasi struktur geologi, orientasi lereng, dan sudut geser batuan yang diproyeksikan dalam analisis stereografis sehingga dapat diketahui tipe dan arah longsoran.

Longsoran pada suatu lereng dapat terjadi dengan beberapa bentuk atau cara. Hal ini yang membuat analisa dari kemantapan lereng sangat penting. Secara umum longsoran pada tambang terbuka dibagi menjadi 4, yaitu longsoran bidang, longsoran baji, longsoran guling dan longsoran busur.



Gambar 1. Hubungan hasil proyeksi orientasi struktur dan lereng terhadap tipe longsoran

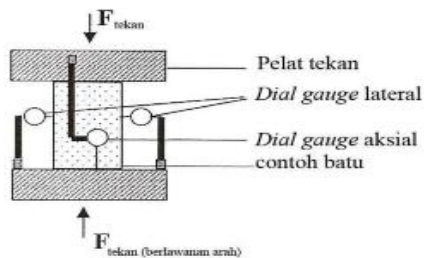
Rock Mass Rating

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

Rai dkk (2013) RMR terdiri dari 5 parameter utama dan 1 parameter pengontrol untuk membagi massa batuan, yaitu :

Kekuatan Batuan

Kekuatan batuan merupakan parameter yang sangat penting yang harus diukur guna memprediksi sifat mekanik batuan. Tujuan uji tekan adalah untuk mengukur kuat tekan uniaksial sebuah contoh batuan dalam geometri yang beraturan, baik dalam bentuk silinder, balok atau prisma dalam satu arah (uniaksial). Tujuan utama uji ini adalah untuk klasifikasi kekuatan dan karakterisasi batuan utuh (Rai dkk, 2013).



Gambar 2. Skematik penempatan contoh uji kuat tekan uniaksial (Rai, 1988)

Perbandingan antara tinggi dan diameter perconton (l/d) mempengaruhi nilai kuat tekan batuan. Untuk perbandingan $l/d = 1$ kondisi tegangan triaxial saling bertemu sehingga akan memperbesar nilai kuat tekan batuan. Untuk pengujian kuat tekan digunakan ukuran sampel $2 < l/d < 2.5$. Perhitungan kuat tekan uniaksial dapat dilihat pada persamaan 1.

$$\sigma_{ca} = F/A \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

σ_{ca} = Kuat tekan uniaksial batuan (MPa)

F = Gaya yang berkerja pada saat conto batu hancur (KN)

A = Luas penampang conto batuan (mm²)

Perhitungan kuat tekan terkoreksi sesuai dengan rumus yang terdapat di SNI Tahun 2008 mengenai cara uji kuat tekan batu uniaxial tertera pada persamaan 2.

$$\sigma_c = \sigma_{ca} / (0,88 + (0,24(d/l))) \dots \dots \dots (2)$$

σ_c = Kuat tekan uniaksial batuan (MPa)

l = panjang conto batuan (mm)

d = diameter conto batuan (mm)

Rock Quality Designation

Parameter yang dapat menunjukkan kualitas massa batuan sebelum penggalian dilakukan adalah *Rock Quality Designation* (RQD) yang dikembangkan oleh Deere (1964)

dalam Rai dkk (2013) yang mana datanya diperoleh dari pengeboran eksplorasi dalam bentuk inti bor yang merupakan wakil massa batuan berbentuk silinder.

RQD dihitung secara langsung dari persentase bor inti yang diperoleh dengan panjang minimum 10 cm dan jumlah potongan inti bor tersebut biasanya diukur pada inti bor sepanjang 2m. Rumus perhitungan RQD secara langsung tertera pada persamaan 3.

$$RQD = \frac{\text{jumlah bor panjang} \geq 10 \text{ cm}}{\text{total panjang bor inti}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Apabila inti bor tidak tersedia maka perhitungan RQD dapat diperoleh dengan metode tak langsung seperti yang diusulkan oleh Priest dan Hudson (1976) dalam Rai dkk (2013) seperti yang ditunjukkan pada persamaan (4).

$$RQD = 100e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1) \dots \dots \dots (4)$$

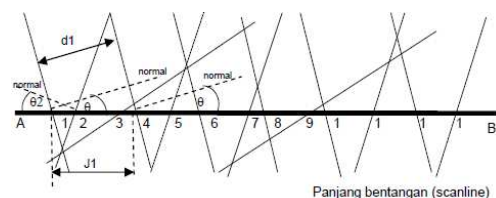
Keterangan :

RQD = *Rock Quality Designation*

λ = Jumlah Kekar Rata-rata Per Meter

Spasi Kekar

Spasi kekar merupakan jarak antar kekar yang berdekatan yang diukur dengan garis yang tegak lurus terhadap bidang lemahnya. Spasi diukur dengan menggunakan pita sepanjang singkapan batuan, menghitung jumlah kekar dalam jarak tertentu dan mengalikan dengan sudut kosinus antara kekar normal dan bidang singkapan batuan yang sesuai (Hudson, 1993).



Gambar 3. Pengukuran jarak antar bidang kekar pada scanline

Pengukuran jarak kekar dimulai dengan membentangkan tali sepanjang muka bidang massa batuan yang akan diukur dengan arah kemiringan (α_s) dan kemiringan (β_s) tertentu. Selanjutnya dengan pita ukur ditentukan posisi kekar-kekar yang berpotongan dengan garis bentangan tanpa memperhatikan orientasi setiap kekar. Jarak yang diukur ini disebut jarak semu kekar. Jarak semu ini akan menjadi jarak duga atau sebenarnya bila semua kekar yang ditemukan berpotongan dengan garis bentang secara tegak lurus (Rai dkk, 2013).

Pada kenyataannya dilapangan, garis bentang ini tidak akan tegak lurus terhadap semua bidang kekar sehingga akan timbul bias orientasi. Dengan memperhatikan gambar 2.9 sudut tajam antara normal dengan sebuah bidang kekar dan garis bentang adalah θ_1 . Jarak duga kekar (d_{i+i+1}) dapat dihitung dari jarak semu kekar (J_{i+i+1}), yang diukur antara titik perpotongan bidang-bidang kekar terhadap garis bentang melalui persamaan (5)

$$d_{i,i+1} = j_{i,i+1} \cos \frac{(\theta_i + \theta_{i+1})}{2} \dots\dots\dots(5)$$

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \cos (\alpha_n - \alpha_s) \cos \beta_n \cos \beta_s + \sin \beta_n \sin \beta_s \\ \alpha_d < 180, \alpha_n &= \alpha_d + 180 \\ \alpha_d > 180, \alpha_n &= \alpha_d - 180 \\ \beta_s &= 90 - \beta_d \end{aligned}$$

Keterangan :

$d_{i,i+1}$ = jarak sebenarnya antara 2 kekar yang berurutan dalam satu (m)

$J_{i,i+1}$ = jarak semu antara 2 kekar yang berurutan dalam satu set (m)

θ = sudut normal

α_n = arah dip dari garis normal

α_d = arah dip dari kekar (dalam gambar ditunjukkan dengan α_f)

α_s = arah dip dari scanline

β_n = dip dari garis normal

β_d = dip dari kekar (dalam gambar ditunjukkan dengan β_f)

β_s = sudut kemiringan scanline

Selanjutnya jarak rata-rata antar bidang kekar pada Set A dihitung dengan persamaan (4)

$$dswA = \frac{\sum_{i=1}^n dsw_{Ai,i+1} \cos (\theta_{i,i+1})}{k} \dots\dots\dots(6)$$

$dswA$ = jarak rata-rata kekar A sepanjang scanline,

$dsw_{Ai,i+1}$ = jarak semu antar bidang kekar pada set bidang kekar A.

$$dsw = \frac{\sum_{i=1}^m dsw_m}{m} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

dsw = jarak rata-rata kekar sepanjang scanline

dsw_m = jumlah jarakkekar sebenarnya sepanjang scanline setiap set

m = jumlah set kekar.

Kondisi Kekar

Menurut Rai dkk (2013) pengamatan kondisi kekar dilakukan terhadap beberapa aspek atau kondisi seperti :

- Kondisi persistensi kekar
- Kondisi kekasaran kekar
- Kondisi bukaan apertur kekar
- Kondisi isian kekar

Kondisi Airtanah

Menurut Hardiyatmo (2012) airtanah didefinisikan sebagai air yang terdapat di bawah permukaan bumi. Air merupakan faktor yang sangat penting dalam masalah-masalah teknis yang berhubungan dengan tanah seperti: penurunan, stabilitas fondasi, stabilitas lereng, dan lain-lainnya.

Kondisi air tanah dapat diperkirakan dalam klasifikasi RMR dan terbagi menjadi 3, yaitu (Hudson, 1993) :

- Aliran air dalam terowongan
- Rasio tekanan pori
- Kondisi umum

Tabel 1. Pembobotan *Rock Mass Rating*

Parameter	Selang pembobotan				Gunakan nilai UCS
1. Kuat tekan PLI (MPa)	> 10	4 – 10	2 – 4	1 – 2	Gunakan nilai UCS
Batu tulis	UCS (MPa)	> 250	100 – 250	50 – 100	25 – 50
Bobot	15	12	7	4	2, 1, 0
2. RQD (%)	90 – 100	75 – 90	50 – 75	25 – 50	< 25
Bobot	20	17	13	8	3
3. Jarak kekar	> 2 m	0.6 – 2 m	0.3 – 0.6 m	0.06 – 0.3 m	< 0.06 m
Bobot	20	15	10	8	3
4. Kondisi kekar	muka agak kasar, tidak menerus, tidak terputus, dinding tidak lapuk	muka agak kasar, pemisahan 1 mm, dinding agak lapuk	muka agak kasar, pemisahan 1 mm, dinding sangat lapuk	muka silindris gouge < 5 mm, pemisahan 1-5 mm, menerus	gouge lunak > 5 mm, pemisahan > 5 mm, menerus
Bobot	30	25	20	10	0
5. Air tanah	Aliran per 10 m panjang singkapan (Litmen)	Kosong	< 10	10 – 25	25 – 125
	Tekanan air tegangan utama mayor	0	< 0.1	0.1 – 0.2	0.2 – 0.5
	Kondisi umum	Kering	Lembab	Basah	Netes
Bobot	15	10	7	4	0
Bobot	100 – 81	80 – 61	60 – 41	40 – 21	< 20
No. Kelas	I	II	III	IV	V
Deskripsi	Batuan sangat baik	Batuan Baik	Batuan Sedang	Batuan buruk	Batuan sangat buruk

Slope Mass Rating

Slope Mass Rating dikembangkan berdasarkan 87 kasus studi Valencia dan jenis kelongsoran bidan dan toppling. Romana (1985, 1993, 1995) mengusulkan modifikasi pada konsep penggunaan RMR (Bieniawski, 1983) dalam Rai dkk (2013) khususnya untuk kemantapan lereng.

Pada klasifikasi massa batuan lereng (SMR) ini ada penambahan satu faktor penyesuaian, F4 yaitu faktor koreksi terhadap metode penggalian sehingga faktor penyesuaian keseluruhan menjadi empat (F1, F2, F3, dan F4). *Slope Mass Rating* (SMR) diperoleh dengan menjumlahkan faktor penyesuaian yang bergantung pada

orientasi bidang diskontinuitas dan metode penggalian.

Usulan *Slope Mass Rating* didapat dari RMR dengan mengurangi faktor penyesuaian yang bergantung pada kekar – hubungan lereng dan menambahkan suatu faktor bergantung pada metode penggalian. Dan didefinisikan sebagai berikut :

$$SMR = RMR_{Basic} - (F1 \times F2 \times F3) + F4 \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

F1 = Bergantung pada kesejajaran antara kekar dan jurus lereng

F2 = Merujuk pada kemiringan kekar pada model keruntuhan bidang

F3 = Menunjukkan hubungan antara muka lereng dengan kemiringan kekar

F4 = Berhubungan dengan metode penggalian lereng

Tabel 2. Bobot faktor koreksi untuk orientasi kekar yang berbeda

Case		Very Favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very Unfavourable
P	$ a - a_s$					
T	$ a - a_s - 180^\circ$	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
W	$ a - a_s$					
P.T.W	F1	0.15	0.4	0.7	0.85	1
P	$ B $					
W	$ B $	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
P.W	F2	0.15	0.4	0.7	0.85	1
T	F2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
P	$\theta - \theta_s$					
W	$\theta - \theta_s$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
T	$\theta - \theta_s$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
P.T.W	F3	0	-6	-25	-50	-80

Tabel 3. Bobot F4 berdasarkan cara penggalian

Method	Natural	Pre-splitting	Smooth Blasting	Blasting or Mechanical	Deficient Blasting
F4	15	10	8	0	-8

Berdasarkan jumlah bobot SMR dari persamaan 2.5 *Romana* (1985) membagi menjadi lima kelas massa lereng seperti dijelaskan pada tabel 2.4.

Tabel 4. Kelas massa lereng berdasarkan bobot SMR

Class No.	V	IV	III	II	I
SMR Value	0 – 20	21 – 40	41 – 60	61 – 80	81 – 100
Rock mass description	Very bad	Bad	Normal	Good	Very good
Stability	Completely unstable	Unstable	Partially stable	Stable	Completely stable
Failures	Big planar or soil-like or circular	Planar or big wedges	Planar along some joints and many wedges	Some block failure	No failure
Probability of failure	0.9	0.6	0.4	0.2	0

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode induktif. Metode tersebut dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu tahap pra-lapangan, tahap lapangan, dan tahap pasca-lapangan.

Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap yakni tahap pra-lapangan, penelitian lapangan, dan pasca-lapangan.

Tahap pra-lapangan

Tahapan persiapan yang dilakukan untuk penelitian ini meliputi :

Tahap persiapan yang dilakukan untuk penelitian ini meliputi :

a. Studi Literatur

Tahapan ini dilakukan berkaitan dengan rumusan masalah yang ada, termasuk juga kajian yang telah dilakukan sebelumnya yang berkaitan dengan analisis kestabilan lereng. Selain itu dilakukan pula studi terhadap literatur-literatur yang mendukung penelitian ini.

b. Pengamatan Lapangan

Meliputi pengamatan terhadap lokasi penelitian, jenis batuan serta formasi batuan di daerah penelitian.

Tahap Penelitian Lapangan

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan beberapa data yang diperlukan baik itu data sekunder maupun data primer yang langsung didapatkan di lapangan, yang kemudian diolah untuk mendapatkan suatu hasil yang dapat dianalisa.

a. Data Primer

1. Data Kekar

Pengukuran kekar dilakukan dengan menggunakan metode *Priest* (1985), yaitu dengan mengukur *dip direction*, *strike* dan *dip* dari setiap bidang diskontinu sepanjang garis *scanline*.

2. Data Lereng

Sama halnya dengan penentuan kekar, pengukuran data lereng mengukurnya terhadap arah utara (*azimuth*), sedangkan untuk menentukan kemiringan lereng tersebut diambil besaran sudut terhadap bidang datar.

3. Sampel Batuan

Sampel berfungsi sebagai objek penelitian untuk mendapatkan data kuat tekan sifat fisik batuan yang mewakili dari keseluruhan populasi batuan yang ada disuatu daerah penelitian. Sampel yang diambil berjumlah 4 buah dari titik agar mewakili keseluruhan keadaan lereng. Sampel tersebut masih berupa bongkahan batuan dengan ukuran yang tidak beraturan.

Tahap Pasca Lapangan

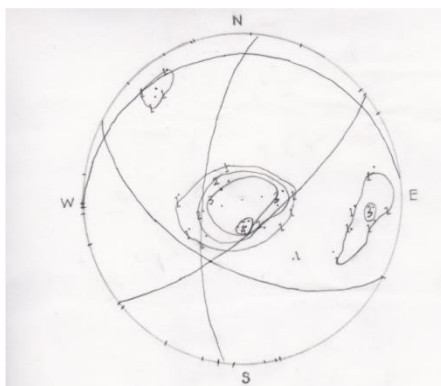
Data yang telah didapatkan dari hasil pengamatan lapangan dan pengumpulan data – data pendukung dikumpulkan sebagai data dasar yang diperlukan. Kemudian dilakukan

pengolahan data untuk mendapat bobot kelas massa batuan berdasarkan metode RMR dan jenis longsoran yang berpotensi dapat terjadi. Dari pembobotan kelas massa batuan metode RMR dapat diketahui kelas massa lereng berdasarkan metode SMR di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Interpretasi Set Kekar

Dari hasil pengukuran kekar, didapatkan 24 kekar yang terdapat pada lereng di lokasi penelitian. Selanjutnya kekar-kekar tersebut dikelompokkan dengan menggunakan proyeksi stereografis secara manual. Dari proses tersebut didapatkan hasil 3 Joint Set di lokasi penelitian yakni JS1, JS2, dan JS3.



Gambar 4. Interpretasi set kekar

Tabel 5. Pengelompokkan data kekar

No.	No. Kekar	Strike (°)	Dip (°)	Dip Direction (°)	Joint Set
1	1	232	18	322	1
2	5	190	18	280	1
3	6	174	10	264	1
4	7	280	14	10	1
5	8	332	31	62	1
6	9	255	11	345	1
7	10	343	11	73	1
8	11	5	33	95	1
9	12	316	26	46	1
10	13	268	11	358	1
11	14	270	11	360	1
12	18	23	12	113	1
13	21	52	11	142	1
14	22	344	21	74	1
15	24	230	40	320	1
16	2	196	60	286	2
17	3	184	60	274	2
18	15	184	71	274	2
19	16	190	73	280	2
20	17	168	74	258	2
21	19	210	55	300	2
22	20	60	80	150	3
23	23	50	71	140	3

Analisis Metode Rock Mass Rating

Terdapat beberapa parameter di dalam penentuan bobot kelas massa batuan berdasarkan metode *Rock Mass Rating*. Parameter-parameter tersebut memberikan bobot masing-masing yang selanjutnya dijumlahkan menjadi bobot total yang akan menunjukkan kelas massa batuan di lokasi penelitian.

Untuk parameter kekuatan batuan (UCS) didapatkan nilai kuat tekan berdasarkan

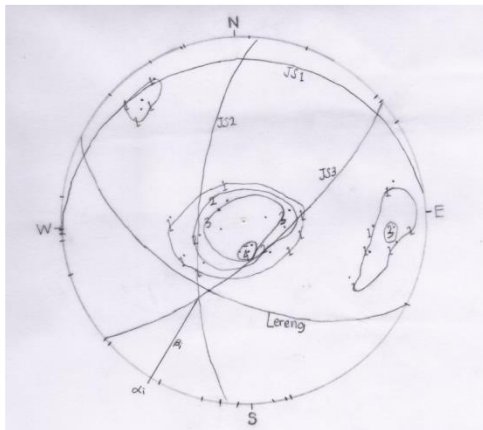
pengujian di laboratorium dengan mengkonversi hasil pengujian sampel menjadi sampel yang berdiameter 50 mm adalah 8,615 MPa. Nilai RQD dihitung dengan metode tidak langsung menggunakan persamaan 2.4 diperoleh persentase sebesar 98,46%. Pengamatan kondisi airtanah di lapangan secara umum menunjukkan kondisi yang lembab sampai basah. Spasi kekar yang diukur di lapangan masih berupa jarak semu sehingga harus dicari jarak aslinya. Dari hasil perhitungan didapatkan rata-rata spasi kekar adalah 0,54 m. Dan untuk kondisi kekar menunjukkan bahwa kekar sebagian menerus, kasar, material pengisi kasar dengan ukuran antara 0 – 36 mm, kondisi pelapukannya adalah lapuk sebagian dengan lebar bukaan berukuran antara 0,5 – 50 mm. Dari hasil pengujian dan pengamatan terhadap parameter-parameter diatas maka didapatkan bobot total RMR sebesar 59,71.

Tabel 6. Bobot Total RMR

Parameter	Nilai Kekar	Bobot
Kuat Tekan (UCS)	7,342 Mpa	2
RQD	98,53%	20
Kondisi Air Tanah	Lembab	10
Jarak Kekar	0,53 m	10
Kondisi Kekar	Persistensi kekar	4,25
	Kekasaran	5
	Jarak aperture kekar	0,75
	Material Pengisi	3,75
	Pelapukan	4,08
Jumlah Bobot		59,83
Kelas Massa Batuan		III

Analisis Stereografis

Berdasarkan hasil interpretasi set kekar didapatkan 3 *joint set* yang terdapat pada lokasi penelitian. Dari ketiga *joint set* tersebut selanjutnya akan dianalisis longsoran yang dapat terjadi dengan memasukkan data *strike* dan *dip* lereng yaitu N 120° E / 55° kedalam stereonet. Adapun arah kemiringan bidang kekar untuk *joint set* 1 (α_j) adalah N 358° E dan sudut kemiringan kekar (β_j) adalah 14°. Dan arah kemiringan kekar untuk *joint set* 2 (α_j) adalah N 278° E dan sudut kemiringan kekar (β_j) adalah 70°. Sedangkan arah kemiringan kekar untuk *joint set* 3 (α_j) adalah N 144° E dan sudut kemiringan kekar untuk *joint set* 3 (β_j) adalah 74°. Dari hasil analisis stereografis, longsoran yang dapat terjadi adalah longsoran baji yang terbentuk dari perpotongan bidang lemah *joint set* 2 dan *joint set* 3 dengan sudut kemiringan dari garis perpotongan antara *joint set* 2 dan *joint set* 3 (β_i) adalah 49° dan arah kemiringan dari garis perpotongan (α_i) tersebut adalah 213°. Sedangkan untuk *joint set* 1 tidak berpotensi untuk membentuk longsoran apapun.



Gambar 5. Analisis stereografis

Analisis Dengan Metode *Slope Mass Rating*

Berdasarkan hasil analisis stereografis, didapatkan longsoran yang dapat terjadi pada lokasi penelitian adalah longsoran baji. Untuk menentukan nilai F1, F2, dan F3 terlebih dahulu dilakukan perhitungan berdasarkan rumus yang berada pada Tabel 2.2 dengan memasukkan besar sudut kemiringan dari perpotongan bidang lemah (β_i) dan arah kemiringan garis perpotongan tersebut (α_i). Sedangkan untuk memperoleh nilai F4 didasarkan pada jenis penggalan pada lereng yang bobot masing-masingnya terdapat pada Tabel 2.3.

Dari hasil perhitungan diperoleh untuk nilai F1 adalah 1, F2 adalah 1, dan F3 adalah -50. Dan nilai F4 diperoleh bobot sebesar 15 karena lereng di lokasi penelitian merupakan lereng alami yang tidak terbentuk karena penggunaan alat mekanis, maupun peledakan.

Dari hasil perhitungan diperoleh bobot SMR 24,71. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kelas massa lereng di lokasi penelitian termasuk ke dalam kelas No. IV dengan deskripsi massa batuan buruk, dengan stabilitas lerengnya tidak stabil, dengan longsoran yang dapat terjadi adalah longsoran bidang atau baji, dan kemungkinan untuk longsor dengan panjang scanline 11 meter adalah sepanjang 6,6 meter.

KESIMPULAN

Dari pembahasan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa, nilai kuat tekan batuan rata-rata di lokasi penelitian adalah 8,615 MPa. Bobot total RMR adalah 59,83 yang menunjukkan kelas massa batuan No. III dengan deskripsi batuan sedang. Berdasarkan analisis stereografis diperoleh longsoran yang berpotensi terjadi adalah longsoran baji. Dari hasil bobot RMR dan analisis stereografis didapatkan bobot total SMR di lokasi penelitian adalah 32,33 yang menunjukkan kelas massa lereng No. IV dengan deskripsi massa batuan yang buruk, kestabilan lerengnya tidak stabil, longsoran yang berpotensi

terjadi adalah longsoran bidang dan longsorran baji, dan kemungkinan untuk longsor adalah 0,6

DAFTAR PUSTAKA

- Balfas, M. D., 2015, *Geologi Untuk Pertambangan Umum*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Bell, F.G., 2007, *Engineering Geology*, Elsevier Ltd, USA
- Hardiyatmo, H. C., 2012, *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hudson, J. A., 1993, *Comprehensive Rock Engineering*, Pergamon Press Ltd, UK.
- Hudson, J. A., dan John, P. H., 2005, *Engineering Rock Mechanics An Introduction to The Principles*, Pergamon : London.
- Rai, M. A., 1988, *Mekanika Batuan*, Laboratorium Geoteknik Institute Teknologi Bandung, Bandung.
- Rai, M. A., Kramadibrata, S., dan Watimena, R, K., 2013, *Mekanika Batuan*, ITB Press : Bandung.
- Price, D. G., 2009, *Engineering Geology Principles and Practice*, Springer, Verlag Berlin Heidelberg.
- Singh, B. & Goel, R.K. 2011. *Engineering Rock Mass Classification*. Elsevier Science Ltd. UK.
- SNI No 2825, Standar Nasional Indonesia, 2008, *Cara Uji Kuat Tekan Batuan Uniaxial*, Indonesia.
- SNI No 6167, Standar Nasional Indonesia, 1999, *Metode Pengukuran Kekar Massa Batuan di Lapangan*, Indonesia.