

KESTABILAN LERENG TAMBANG BERDASARKAN RMR, SMR, DAN KINEMATIKA KERUNTUHAN DI DAERAH SOREANG DAN SEKITARNYA, KABUPATEN BANDUNG JAWA BARAT

Aditya Sukur, Adi Candra

Jurusan Teknik Geologi, Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED), Purwokerto
e-mail : adi.candra@unsoed.ac.id

Abstrak. Kestabilan suatu lereng pada kegiatan tambang terbuka dipengaruhi oleh batuan, bentuk lereng, air tanah, faktor luar seperti getaran akibat peledakan ataupun alat mekanis yang beroperasi. Metode semi kuantitatif digunakan untuk melakukan karakterisasi massa batuan, yaitu dengan metode *rock mass rating* dan *slope mass rating*, dan kinematika keruntuhan. Pada pengamatan lapangan didapatkan jenis litologi untuk semua lokasi adalah andesit. Pengujian sifat indeks menghasilkan rata-rata nilai *Schmidt Hammer Rebound Value* (SHRV) 29 - 34.88. Karakterisasi massa batuan dengan klasifikasi RMR menunjukkan seluruh lokasi memiliki nilai RMR dengan kategori "baik". Analisis keruntuhan pada seluruh lokasi menunjukkan keruntuhan baji sebagai keruntuhan utama untuk lokasi AS-1 dan AS-3, lokasi AS-2 keruntuhan Plannar Tanpa Batas, dan AS-4 keruntuhan jungkiran langsung. Klasifikasi SMR menunjukkan lereng dalam kategori "stabil" pada lokasi AS-1 dan AS-2, lokasi AS-3 dan AS-4 "normal". Optimalisasi pada besar sudut ekskavasi maksimal menghasilkan sudut sebesar 65° pada seluruh lokasi. Arah ekskavasi paling optimal di masing- masing lokasi antara lain U290°T pada lokasi AS-1, U260°T pada lokasi AS-2, U350°T pada lokasi AS-3, dan U310°T pada lokasi AS-4. Optimalisasi jenis ekskavasi pada semua lokasi adalah "blast to loosen", kecuali lokasi AS-4 "blast to fracture".

Kata Kunci: RMR; SMR; kinematika; ekskavasi.

Abstract. Slope stability on mining open pit activity are influenced by lithology, geometry of slope, groundwater, external factors obtained vibration caused by blasting or mechanical device. Semi quantitative is conducted to characterize the rock mass that using rock mass rating, slope mass rating, and failure kinematics. Field observation were found andesite lithology that was index test results by schmidt hammer rebound value (SHRV) is 29 – 34.88. Rock Mass Rating results for total value of all sites are "good" category. Rock failure analysis on all sites was found that the major failure is wedge failure at sites AS-1 and AS-3, sites AS-2 plannar no limit, and sites AS-4 toppling flexure. SMR analysis results the slope of sites AS-1 and AS-2 "stable", sites AS-3 and AS-4 "normal". Optimization of dip angle excavated is 65°. The excavation optimum direction of each sites are N290°E for site AS-1, N260°E for site AS-2, N350°E for site AS-3, and N310°E for site AS-4. All of sites should use "blast to loosen" for the rock slope, except sites AS-1 "blast to fracture".

Keywords: RMR; SMR; kinematics; excavation.

PENDAHULUAN

Penambangan dengan sistem tambang terbuka (*surface mining*) memerlukan perencanaan lereng yang optimal untuk ditambang, salah satunya dengan menggunakan metode karakteristik massa batuan dan analisis kestabilan lereng. Analisis massa batuan terdiri dari data RMR dan SMR yang didapatkan dari perhitungan data scanline yang dilakukan pada beberapa tempat. Data *scanline* kemudian digunakan sebagai acuan menghitung RMR dan SMR. Data RMR diperlukan untuk mengetahui kelas massa batuan didapatkan dari penjumlahan bobot nilai dari masing – masing parameter RMR seperti *Unconfined Compressive*

Strength (UCS), *Rock Quality Designation* (RQD), spasi bidang diskontinuitas, kondisi bidang diskontinuitas, kondisi air tanah, orientasi bidang diskontinuitas (Bieniawski, 1989). Nilai SMR didapatkan dari hasil pembobotan nilai RMR yang kemudian dijadikan acuan dalam pembobotan SMR sesuai parameter-parameter SMR (M. Romana dkk., 1993).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui model design lereng optimal yang dapat digunakan sebagai acuan dalam penambangan berdasarkan nilai SMR. Untuk mencapai hal tersebut, dengan cara mengklasifikasikan massa batuan sesuai

kelasnya (RMR) dan untuk mengetahui sudut yang dibentuk dari massa batuan (SMR).

Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada tambang terbuka yang terdapat di Daerah Soreang Kecamatan Damar, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Lokasi penelitian terletak pada batuan intrusi andesit hasil letusan gunungapi Lalakon pada kala Miosen dan Breksi Piroklastik gunungapi Soreang pada kala Pliosen.

Pemilihan lokasi penelitian ditentukan oleh perusahaan sesuai daerah tambang yang memerlukan kajian geoteknik. Kajian geoteknik ini memperhatikan beberapa faktor-faktor kemandirian lereng seperti geometri lereng, struktur batuan, sifat fisik dan mekanik batuan (Karyono, 2004). Pengukuran *scanline* dilakukan pada 4 jalur dengan kode AS-1, AS-2, AS-3, AS-4.

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian pengamatan lapangan semi kuantitatif. Metode tersebut dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu tahap pra-lapangan, tahap lapangan, dan tahap pasca-lapangan.

1. Tahap Pra-Lapangan

Tahapan 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.

2. Tahap Penelitian Lapangan

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan beberapa data yang diperlukan saat langsung di lapangan, yang kemudian diolah untuk mendapatkan suatu hasil yang dapat dianalisa.

a. 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*.

b. 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.

c. 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.

3. 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

1. Rock Mass Rating

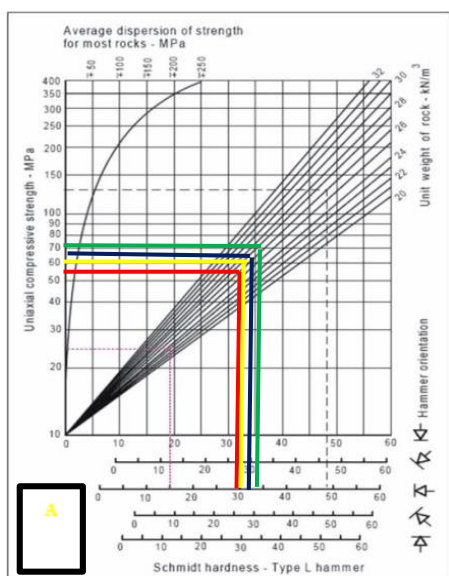
Data-data kondisi massa batuan dan diskontinuitas kemudian diberi pembobotan sesuai dengan parameter RMR yang terdiri dari *unconfined compressive strength* (UCS), RQD, jarak antar diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, dan kondisi airtanah. Penyajian data dalam bentuk tabel nilai dan pembobotan di bawah ini merupakan nilai rata-rata pada lokasi tersebut.

a. Unconfined Compressive Strength (UCS)



Gambar 1. Pengambilan Data UCS dari Uji Schmidt Hammer

Nilai UCS diperoleh dari pendekatan nilai SHRV yang berasal dari uji sifat indeks batuan. Sifat indeks batuan diperoleh dari uji Schmidt Hammer langsung di permukaan lereng di lokasi penelitian (Gambar 1). Uji Schmidt Hammer dilakukan sebanyak minimal 20 kali dan menghasilkan nilai Schmidt Hammer Rebound Value (SHRV). Untuk rata-rata lokasi AS-1 30.6 lokasi AS-2 34.88 lokasi AS-3 32.08 dan lokasi AS-4 29. Rata-rata nilai SHRV akan diplot ke dalam diagram SHRV yang kemudian dikorelasikan dengan nilai berat isi masing-masing batuan dan menghasilkan nilai kuat tekan (Gambar 3). Dari hasil pembobotan nilai kuat tekan pada



Gambar 2. Nilai kuat tekan

masing-masing lokasi didapatkan semua lokasi berbobot 7 atau kuat.

b. Rock Quality Designation (RQD)

Berdasarkan hasil perhitungan menurut Priest and Hudson, 1976 dilihat dari data intensitas rendah atau tidaknya diskontinuitas pada lereng, dimana:

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

Maka didapatkan nilai RQD di seluruh lokasi scanline memiliki rata-rata berkisar 90%-100% (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil perhitungan nilai RQD seluruh lokasi

Frekuensi Diskontinuitas AS-1 (m)	Nilai RQD	Bobot Nilai	Keterangan
1-10 m	99,4	20	Sempurna
10-20 m	99,9	20	Sempurna
20-27 m	98,9	20	Sempurna

27-30 m	99,9	20	Sempurna
30-40 m	98,8	20	Sempurna
40-50 m	99,6	20	Sempurna
Frekuensi Diskontinuitas AS-2 (m)	Nilai RQD	Bobot Nilai	Keterangan
0-1 m	96,3	20	Sempurna
1-9 m	92,1	20	Sempurna
9-13 m	98,2	20	Sempurna
13-21 m	99,2	20	Sempurna
21-30 m	96,9	20	Sempurna
30-40m	97,1	20	Sempurna
40-50 m	92,4	20	Sempurna
Frekuensi Diskontinuitas AS-3 (m)	Nilai RQD	Bobot Nilai	Keterangan
0-11 m	91,8	20	Sempurna
11-15 m	95,1	20	Sempurna
15-23 m	97,3	20	Sempurna
23-30 m	96,1	20	Sempurna
30-40 m	99,4	20	Sempurna
40-50 m	98,1	20	Sempurna
Frekuensi Diskontinuitas AS-4 (m)	Nilai RQD	Bobot Nilai	Keterangan
0-10 m	97,9	20	Sempurna
10-13 m	97,1	20	Sempurna
13-20 m	99,1	20	Sempurna
20-30 m	97,5	20	Sempurna
30-40 m	94,6	20	Sempurna
40-50 m	97,1	20	Sempurna

c. Jarak Antar Diskontinuitas

Dari hasil perhitungan dan pembobotan nilai jarak antar diskontinuitas, didapatkan sebagai berikut (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil nilai jarak antar diskontinuitas pada seluruh lokasi

Lokasi	Jarak Antar diskontinuitas (m)	Pembobotan	Deskripsi
AS-1	1.02	15	Lebar
AS-2	0.34	10	Sedang
AS-3	0.35	10	Sedang
AS-4	0.4	10	Sedang

d. Kondisi Diskontinuitas

Kondisi diskontinuitas didapatkan dari deskripsi setiap bidang diskontinuitas. Parameter kondisi diskontinuitas yaitu panjang diskontinuitas, bukaan, kekasaran, material pengisi, dan tingkat pelapukan (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Kondisi Diskontinuitas Seluruh Lokasi

Lokasi	Panjang	Bukaan
--------	---------	--------

	Nilai (m)	Bobot	Nilai (mm)	Bobot
AS-1	1-3	4	0,1 - 1	4
AS-2	3-10	2	0,1 - 1	4
AS-3	3-10	2	0,1 - 1	4
AS-4	3-10	2	0,1 - 1	4

e. Kondisi Airtanah

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, didapatkan bahwa kondisi airtanah pada seluruh lokasi adalah kering (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil perhitungan kondisi airtanah pada seluruh lokasi

Lokasi	Kondisi Air	Bobot
AS-1	Kering	15
AS-2	Kering	15
AS-3	Kering	15
AS-4	Kering	15

f. Total RMR

Perhitungan menggunakan persamaan total RMR yang mana menjumlahkan seluruh bobot nilai pada masing- masing parameter. Dari hasil perhitungan didapatkan rentang nilai total RMR antara 72–77 (Tabel 5). Rentang nilai tersebut menunjukkan bahwa kelas RMR pada seluruh lokasi adalah “baik”.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Total RMR Pada Seluruh Lokasi

Lokasi	Nilai RMR	Kelas RMR
AS-1	76.4	Baik
AS-2	75.7	Baik
AS-3	72.1	Baik
AS-4	72.4	Baik

2. Kinematika Keruntuhan

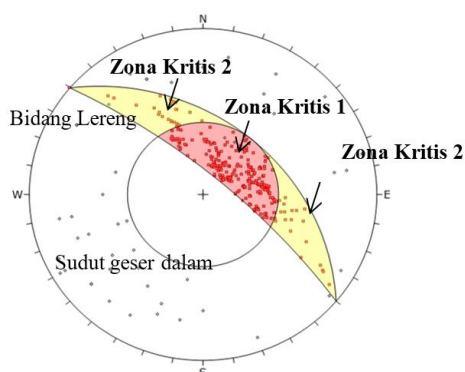
Dalam menganalisis probabilitas keruntuhan digunakan metode analisis kinematika untuk mendapatkan nilai persentase keruntuhan yaitu menggunakan aplikasi Rocscience-Dips 6 untuk membantu dalam plotting stereonet, pembuatan diagram roset, dan melakukan analisis kinematika. Parameter yang digunakan adalah parameter umum yang terdiri dari kedudukan lereng, kedudukan diskontinuitas, dan sudut geser dalam diskontinuitas (Tabel 6).

Tabel 6. Parameter/Data Kinematika Keruntuhan

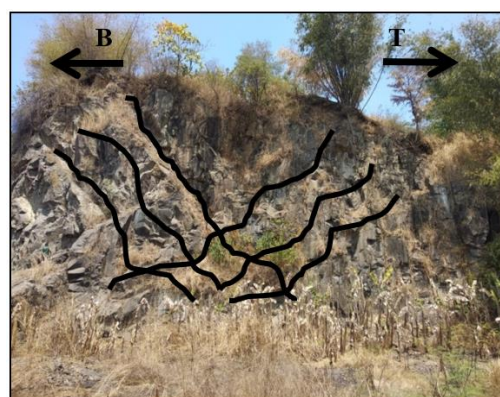
Kekasaran		Material Pengisi		Tingkat Pelapukan	
Nilai	Bobot	Nilai	Bobot	Nilai	Bobot
Sedikit Kasar	3	<5 mm (keras)	4	Segar	6
Sedikit Kasar	3	tidak ada	6	Ringan	5
Sedikit Kasar	3	<5 mm (keras)	4	Ringan	5
Halus	1	<5 mm (keras)	4	Sedang	3

a. Kinematika Keruntuhan Lokasi AS-1

Berdasarkan hasil proyeksi stereografi Dip- 6, didapatkan bahwa keruntuhan baji sebagai probabilitas keruntuhan utama (major failure) sebesar 31.88%.



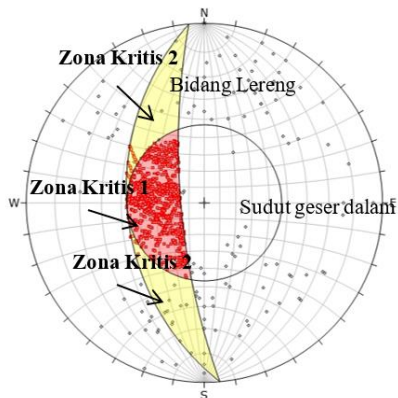
Gambar 3. Analisis Kinematika Keruntuhan Baji Pada Lokasi AS-1



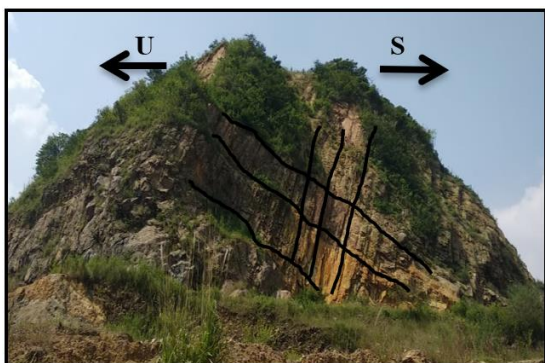
Gambar 4. Rekontruksi Keruntuhan Baji Pada Lokasi AS-1

b. Kinematika Keruntuhan Lokasi AS-2

Berdasarkan hasil proyeksi stereografi Dip- 6, didapatkan bahwa keruntuhan baji sebagai probabilitas keruntuhan utama (major failure) sebesar 13.46%.



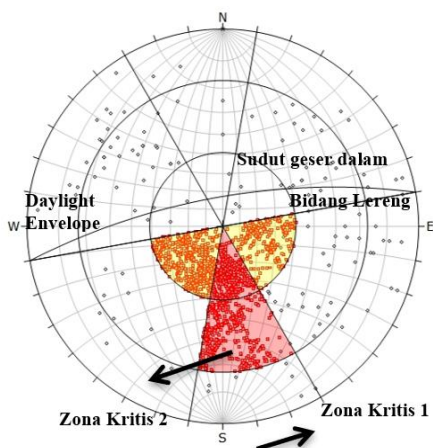
Gambar 5. Analisis Kinematika Keruntuhan Baji Pada Lokasi AS-2



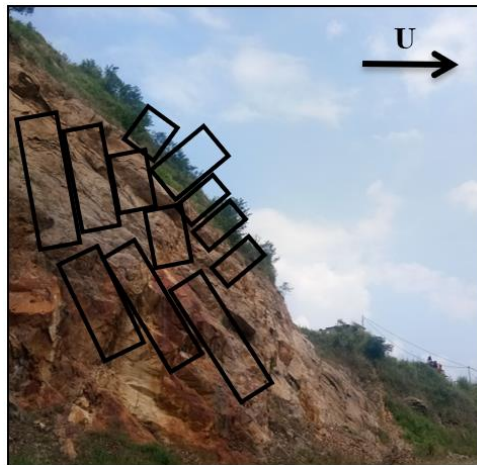
Gambar 6. Rekonstruksi Keruntuhan Baji Pada Lokasi AS-2

c. Kinematika Keruntuhan Lokasi AS-3

Berdasarkan hasil proyeksi stereografi *Dip-6*, didapatkan bahwa keruntuhan jungkiran langsung sebagai probabilitas keruntuhan utama (*major failure*) sebesar 12.81%.



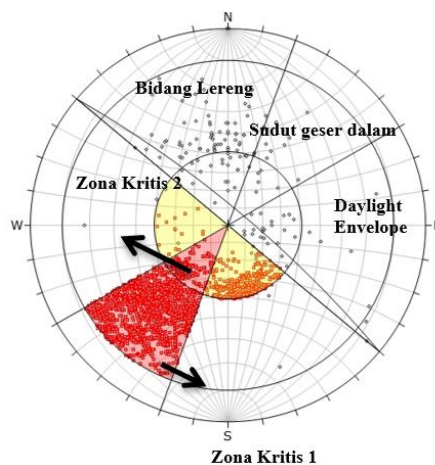
Gambar 7. Analisis Kinematika Keruntuhan Jungkiran Langsung Pada Lokasi AS-3



Gambar 8. Rekonstruksi Keruntuhan Jungkiran Langsung Pada Lokasi AS-3

d. Kinematika Keruntuhan Lokasi AS-4

Berdasarkan hasil proyeksi stereografi *Dip-6*, didapatkan bahwa keruntuhan jungkiran langsung sebagai probabilitas keruntuhan utama (*major failure*) sebesar 24.90%.



Gambar 9. Analisis Kinematika Keruntuhan Jungkiran Langsung Pada Lokasi AS-4



Gambar 10. Rekonstruksi Keruntuhan Jungkiran Langsung Pada Lokasi AS-4

3. Slope Mass Rating

Analisis *SMR* dilakukan berdasarkan perhitungan pembobotan nilai dari nilai total *RMR*, hubungan kedudukan lereng dengan diskontinuitas massa batuan (F1, F2, dan F3), dan metode ekskavasi (F4). Hubungan kedudukan lereng dengan kedudukan diskontinuitas massa batuan setiap titik pengamatan diperoleh dari hasil analisis kinematika. Kemudian dilakukan pembobotan dari setiap nilai hubungan kedudukan lereng dengan bidang diskontinuitas berdasarkan tabel pembobotan *SMR* (M. Romana dkk., 1993).

Nilai F1 diperoleh berdasarkan perhitungan hubungan antara jurus diskontinuitas dengan jurus lereng. Berikut nilai F1 untuk seluruh lokasi (Tabel 7):

Tabel 7. Hasil Perhitungan Nilai F1 Seluruh Lokasi

Lokasi	F1	
	Nilai	Rating
AS-1	0.0005	1
AS-2	0.0005	1
AS-3	0.027	1
AS-4	0.411	1

Nilai F2 diperoleh berdasarkan besar kemiringan diskontinuitas. Dari hasil perhitungan, didapatkan bahwa deskripsi nilai F2 pada seluruh lokasi adalah (Tabel 8):

Tabel 8. Hasil Perhitungan Nilai F2 Seluruh Lokasi

Lokasi	F2	
	Nilai	Rating
AS-1	9.47	0.15
AS-2	3.53	0.15
AS-3	4.2	0.15
AS-4	1	1

Nilai F3 diperoleh berdasarkan perhitungan hubungan antara besar kemiringan diskontinuitas dengan besar kemiringan lereng. Dari hasil perhitungan, didapatkan bahwa deskripsi nilai F3 pada seluruh lokasi adalah (Tabel 9):

Tabel 9. Hasil Perhitungan Nilai F3 Seluruh Lokasi

Lokasi	F3	
	Nilai	Rating
AS-1	-4	-50
AS-2	-13	-60
AS-3	137	-25
AS-4	125	-25

Nilai F4 berasal dari jenis ekskavasi yang diterapkan pada lereng. Adapun jenis ekskavasi pada seluruh lokasi adalah *mechanical excavation* sehingga nilai F4 pada seluruh lokasi adalah 0 (Tabel 10) :

Tabel 10. Hasil Perhitungan Nilai F4 Seluruh Lokasi

Lokasi	Nilai F4	Deskripsi
AS-1		0
AS-2	<i>Mechanical excavation</i>	0
AS-3		0
AS-4		0

Perhitungan nilai total *SMR* (M. Romana dkk., 1993) dan menghasilkan rentang nilai *SMR* pada seluruh lokasi adalah 47.10–68.90. Hal tersebut menunjukkan bahwa deskripsi nilai *SMR* pada seluruh lokasi adalah (Tabel 11):

Tabel 11. Hasil Perhitungan Total *SMR* Pada Seluruh Lokasi

<i>RMR</i>	<i>SMR</i> (Romana 1985)	Kelas <i>SMR</i>
76.4	$RMR+(F1 \times F2 \times F3)+F4$	68.9 Stabil (II)
75.7		66.7 Stabil (II)
72.1		47.1 Normal (III)
72.4		47.4 Normal (III)

4. Optimalisasi Ekskavasi

Optimalisasi ekskavasi dilakukan untuk menentukan perencanaan ekskavasi lereng yang dinilai paling optimal. Optimalisasi ekskavasi terdiri dari optimalisasi besar sudut ekskavasi, optimalisasi arah ekskavasi, dan optimalisasi jenis ekskavasi.

a. Optimalisasi Besar Sudut Ekskavasi

Penentuan besar sudut ekskavasi yang optimal menggunakan hasil dari karakterisasi massa batuan metode *RMR*. Menurut Waltham (2002, dalam Singh dan Goel, 2011), besar sudut aman pemotongan lereng dapat ditentukan berdasarkan karakter massa batuan. Dari hasil karakterisasi massa batuan yang dilakukan menghasilkan deskripsi nilai total *RMR* massa batuan pada seluruh lokasi *scanline* adalah “baik” (Tabel 8), berdasarkan data tersebut, sudut aman pemotongan lereng untuk massa batuan dengan deskripsi “baik” yaitu (Tabel 12) :

Tabel 12. Sudut Aman Pemotongan Lereng Seluruh Lokasi

No.	Parameter	Total <i>RMR</i>				
		100-	80-	60-	40-	<20

		81	61	41	21	
1	Klasifikasi Massa Batuan	Sgt Baik	Baik	Ckp	Brk	Sangat Buruk
2	Safe Cut Slope ° waltham, 2002	>70°	65°	55°	45°	<40°

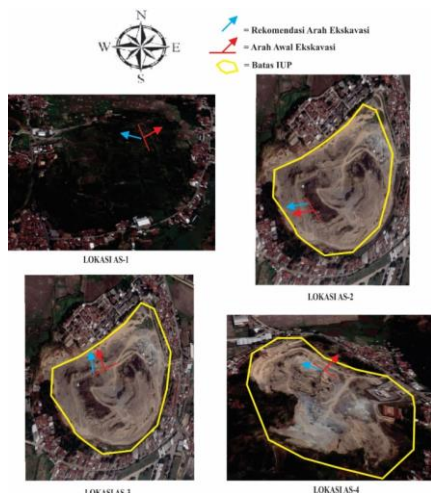
b. Optimalisasi Arah Ekskavasi

Penentuan arah ekskavasi yang paling aman menggunakan skenario pada analisis kinematika. Skenario yang dilakukan adalah dengan mengubah arah lereng dari kondisi awal menjadi arah lain dengan rentang arah dari 0° hingga 350°. Interval perubahan arah lereng yang digunakan adalah 10° sehingga setiap perubahan arah 10° dilakukan analisis kinematika pada kondisi lereng yang baru (Tabel 13).

Tabel 13. Arah Paling Aman Untuk Seluruh Lokasi

Lokasi	Arah Lereng Awal	Arah Lereng Aman
AS-1	40°	290°
AS-2	265°	260°
AS-3	350°	350°
AS-4	40°	310°

Hal yang perlu diperhatikan adalah lereng kondisi awal dianggap sebagai arah ekskavasi awal yang dilakukan saat ini. Skenario analisis kinematika dilakukan untuk menentukan arah dimana lereng memiliki probabilitas keruntuhan yang paling kecil karena ekskavasi lereng pada arah tersebut merupakan yang paling aman. Dari hasil skenario yang dilakukan, arah ekskavasi yang paling aman pada daerah penelitian adalah sebagai berikut (Gambar 11):



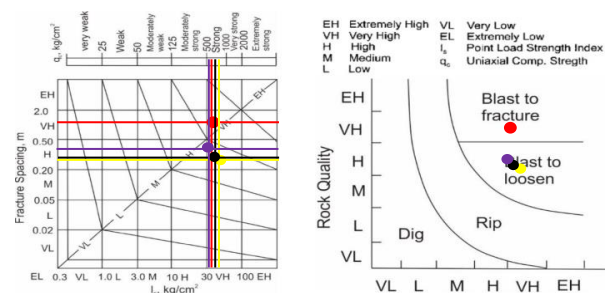
Gambar 11. Kondisi Area Tambang Pada Seluruh Lokasi (Google Maps).

Setelah kita mengetahui arah ekskavasi paling aman, selanjutnya dilakukan penilaian apakah arah ekskavasi tersebut dapat diterapkan pada lereng di masing-masing lokasi atau tidak karena arah ekskavasi paling aman belum tentu merupakan arah ekskavasi yang optimal.

Untuk Lokasi AS-1 apabila diterapkan pada lereng, arah U 290° T dinilai merupakan lereng yang optimal dan tidak mengganggu aktivitas pertambangan pada area tersebut karna masih baru tambang terbuka. Oleh karena itu, arah ekskavasi optimal pada lokasi AS-1 adalah U 290° T. Lokasi AS-2 apabila diterapkan pada lereng, arah U 260° T dinilai cocok untuk diterapkan pada lereng lokasi AS-2, karena arah tersebut dinilai tidak terlalu signifikan mengubah arah lereng awal dan mengganggu area produksi lain pada tambang tersebut. Lokasi AS-3 apabila diterapkan pada lereng, arah U 350° T dinilai cocok untuk diterapkan pada lereng lokasi AS-3, karena menurut hasil kinematik arah ini merupakan probabilitas keruntuhan paling aman. Lokasi AS-4 apabila diterapkan pada lereng, arah U 310° T dinilai tidak cocok untuk diterapkan pada lereng lokasi AS-4 karena dinilai terlalu signifikan mengubah arah lereng awal. Selain itu, juga terdapat area pertambangan lain yang terletak di balik lereng lokasi AS-4.

c. Optimalisasi Jenis Ekskavasi

Penentuan jenis ekskavasi yang optimal dengan menggunakan diagram yang disusun oleh (J.A. Franklin dkk., 1971). Pada diagram tersebut, digunakan parameter berupa nilai UCS dan jarak antar diskontinuitas. Nilai UCS pada masing-masing lokasi yang digunakan berdasarkan (Gambar 12)



Gambar 12. Penentuan Jenis Eskavasi Optimal (Franklin Dkk., 1971)

Sedangkan nilai jarak antar diskontinuitas yang digunakan berdasarkan (Tabel 14) diperoleh sebagai berikut :

Tabel 14. Jenis Ekskavasi Untuk Seluruh Lokasi

Lokasi	UCS (Mpa)	qc (Kg/cm ²)	Spasi / Jarak Diskontinuitas (m)	Jenis Ekskavasi
AS-1	60	611.62	1.02	Blast to fracture
AS-2	70	713.55	0.34	Blast to loosen
AS-3	65	662.59	0.35	Blast to loosen
AS-4	55	560.65	0.4	Blast to loosen

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan *RMR* didaerah penelitian didapatkan bahwa kualitas batuan pada lokasi AS-1 76.4 (baik), lokasi AS-2 75.7 (baik), lokasi AS-3 72.1 (baik), dan lokasi AS-4 72.4 (baik).

Hasil perhitungan *SMR* daerah penelitian didapatkan bahwa klasifikasi massa batuan di lokasi AS-1 68.90 (stabil), lokasi AS-2 66.70 (stabil), lokasi AS-3 47.1 (normal), dan lokasi AS-4 47.40 (normal).

Berdasarkan hasil kinematika keruntuhan pada plot *stereonet dips-6* didapatkan bahwa pada lokasi AS-1 dan AS-2 kemungkinan berpotensi longsor baji, untuk lokasi AS-3 dan lokasi AS-4 berpotensi longSORan jungkiran langsung. Lokasi AS-1 untuk besar sudut aman pemotongan lereng yaitu 65°, untuk arah paling aman yaitu 290°, dan jenis ekskavasinya yaitu *blast to fracture*. Lokasi AS-2 untuk besar sudut aman pemotongan lereng yaitu 65°, untuk arah paling aman yaitu 260°, dan jenis ekskavasinya yaitu *blast to lossen*. Lokasi AS-3 untuk besar sudut aman pemotongan lereng yaitu 65°, untuk arah paling aman yaitu 350°, dan jenis ekskavasinya yaitu *blast to lossen*. Lokasi AS-4 untuk besar sudut aman pemotongan lereng yaitu 65°, untuk arah paling aman yaitu 310°, dan jenis ekskavasinya yaitu *blast to lossen*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah banyak membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan mengharapkan semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca pada umumnya serta dapat dijadikan referensi bagi kegiatan yang berkaitan dengan ilmu geologi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amini, M., Majdi, A. dan Veshadi, M.A. (2012), "Stability Analysis of Rock Slopes Against Block-Flexure Toppling Failure", *Rock Mechanics and Rock Engineering*, Vol.45, No.4, hal. 519–532. <http://doi.org/10.1007/s00603-012-0220-7>.
- Bieniawski, Z.T. (1989), Google-Books-ID: pejDUvjwPdMC, *Engineering Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in Mining, Civil, and Petroleum Engineering*, John Wiley & Sons, New York.
- Deere, D.U., Miller, R.P., Service, U.S.N.T.I. dan Laboratory (U.S.), A.F.W. (1966), *Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock*, Springfield, Va.: National Technical Information Service. Diambil dari <https://trove.nla.gov.au/version/43584385>.
- J.A. Franklin, E. Broch dan G. Walton (1971), "Logging The Mechanical Character of Rock", *Proceeding of Institution of Mining and Metallurgy*.
- J.A. Hudson, H.J.P. (1997), *Engineering Rock Mechanics*, Oxford, 444 hal., Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-0-08-043864-1.X5000-9>.
- International Society for Rock Mechanics commission on standardization of laboratory and field tests: Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses", *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech*, Vol.15, No.6, hal. 319–368. [http://doi.org/10.1016/0148-9062\(78\)91472-9](http://doi.org/10.1016/0148-9062(78)91472-9).
- Karyono (2004), *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka*, Universitas Islam Bandung, Bandung.
- M. Romana, J.B. Seron dan E. Montalar (1993), *SMR Geomechanics Classification: Application, Experience, and Validation ISMR 2003-Technology Roadmap for Rock Mechanics*, South African Institute of Mining and Metallurgy.
- Wyllie, D.C. dan Mah, C.W. (1981), *Rock Slope Engineering Civil and Mining*, 431 hal., Spon Press, London.