



PENGARUH ROCK MASS RATING TERHADAP TINGKAT KESTABILAN LERENG PADA PT. HOLCIM INDONESIA UNIT NAROGONG

Abraham Nainggolan^{1*}, Irvan Sophian¹, Hendarmawan¹

¹Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Bandung

*Korespondensi: anggial5004@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Kecenderungan lereng untuk runtuh dalam kegiatan tambang terbuka dipengaruhi oleh sifat massa batuan, berdasarkan pengamatan di lapangan dan analisis laboratorium. Penelitian ini dilakukan di kuari batugamping yang terletak di Narogong, Bogor, Jawa Barat. Hasil *Rock Mass Rating* (RMR) dan ciri litologi dari delapan lokasi di daerah penelitian menunjukkan hasil klasifikasi massa batuan berada di dalam kelas II (*Good Rock*) dengan tingkat kestabilan lereng dan tipe keruntuhan yang berbeda terkhusus pada tipe keruntuhan baji dan planar. Untuk menunjukkan pengaruh RMR terhadap kestabilan lereng, ditampilkan grafik yang menunjukkan hubungan RMR dengan faktor keamanan (FK). Berdasarkan hasil pengukuran diskontinuitas, analisis kinematik, dan analisis laboratorium di lokasi pengamatan yang berbeda menunjukkan nilai RMR berbanding lurus terhadap faktor keamanan. Meskipun massa batuan memiliki nilai RMR yang relatif sama, terdapat perbedaan FK signifikan pada dua tipe keruntuhan. Gagasan yang mendasari penelitian ini adalah untuk menyarankan kajian geoteknik di setiap perusahaan pertambangan untuk meningkatkan aspek keselamatan mereka dalam stabilitas lereng karena berbagai jenis potensi keruntuhan lereng di tambang terbuka.

Kata kunci: Kestabilan Lereng, FK, Sifat Batuan, Kinematik, RMR

ABSTRACT

The temporal trend of slope failures in open pit mining are affected by properties of rock mass based on observation in the fields and laboratory analysis. This research was conducted in quarry limestone located in Narogong, Bogor, West Java. Rock Mass Rating (RMR) records and lithological profiles from eight locations in research area show the rock masses are classified into class II (Good Rock) with discrepancy levels of slope stability and type of failures specifically wedge failure and plane failure. To show the control of RMR on slope stability, graphs showing the relationship of RMR and factor of safety (FS) were applied. Based on results from measurements of discontinuity, kinematic analysis, and laboratory analysis at different observation spots showed RMR values was positive linear to factor of safety. Even though rock masses belong to the same RMR class, there is significant FS distinction in the two types of slope failure. The general idea underlying this research is to suggest geotechnical assessment in every mining company to improve their safety aspect in slope stability due to various types of potential slope failure in open pit mining.

Keywords: Slope Stability, FK, Rock Properties, Kinematic, RMR

1. PENDAHULUAN

PT. Holcim Indonesia Tbk. merupakan salah satu produsen terbesar di dunia, dengan kapasitas produksi semen sebesar 15 juta ton/tahun. Kegiatan pertambangan dilakukan dengan metode tambang terbuka. Didalam kegiatan pertambangan, faktor kestabilan lereng

merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan. Lereng tidak stabil dapat berisiko terjadinya longsor yang dapat mengakibatkan kerusakan alat berat dan keselamatan pekerja di sekitar lereng tambang menjadi terancam.

Oleh sebab itu, penelitian mengenai kestabilan lereng menjadi salah satu kunci

dalam melakukan kegiatan penambangan yang aman. Faktor utama yang diamati dalam penelitian ini adalah kondisi masa batuan. Dengan mengamati kondisi masa batuan, dapat dijadikan kajian awal dalam mengevaluasi kestabilan lereng tambang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Hoek dan Bray (1981) massa batuan adalah batuan insitu yang dijadikan diskontinuitas oleh sistem struktur, seperti: kekar, sesar, dan bidang pelapisan. Bidang diskontinuitas memiliki beberapa jenis yang dapat digolongkan berdasarkan ukuran dan proses keterbentukannya, sebagai berikut: patahan, kekar, *fracture*, dan *crack*.

Berkaitan dengan rekayasa batuan, klasifikasi massa batuan merupakan kegiatan mengumpulkan data dan mengklasifikasikan singkapan tubuh batuan berdasarkan parameter-parameter yang telah diyakini dapat menjadi representasi kualitas massa batuan tersebut. Metode klasifikasi massa batuan terus berkembang dari waktu ke waktu. Pada penelitian ini, metode klasifikasi massa batuan yang digunakan adalah metode RMR (rock mass rating) yang dikembangkan oleh Bieniawski (1989). Pada metode ini digunakan 5 parameter yang memiliki bobot (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter Klasifikasi RMR dan Nilai Pembobotan (Bieniawski, 1989)

A. PARAMETER KLASIFIKASI DAN PEMBOBOTAN									
Parameter									
1	kekuatan batuan utuh (<i>Intact Rock</i>)	UC S	>250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	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		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Bobot		20	15	10	8	5		
4	Kondisi Diskontinuitas		permukaan sangat kasar, tidak menerus, tidak renggang, tidak lapuk	permukaan kasar, renggangan < 1 mm, Agak lapuk	permukaan agak kasar, renggangan < 1 mm, renggangan 1 - 5 mm, sangat lapuk	permukaan menangka (<i>slickensided</i>) < 5 mm menerus	<i>soft gouge</i> > 5 mm atau renggangan > 5 mm menerus		
	Bobot		30	25	20	10	0		
5	Air tanah (Keadaan Umum)		kering	kembub	basah	menetes	mengalir		
	Bobot		15	10	7	4	0		

Nilai RMR diperoleh berdasarkan hasil penjumlahan seluruh parameter yang telah diberi bobot. Setelah seluruh parameter diberi bobot, massa batuan yang diukur akan dikategorikan berdasarkan klasifikasi Bieniawski (1989)

Tabel 2. Klasifikasi Massa Batuan Berdasarkan Nilai RMR (Bieniawski, 1989)

No.	Pembobotan	Pemerian	Nomor kelas
1	100-81	Sangat Baik	I
2	80-61	Baik	II
3	60-41	Sedang	III
4	40-21	Buruk	IV
5	<21	Sangat Buruk	V

Kriteria Mohr – Coloumb adalah suatu persamaan tegangan prinsipal yang menjelaskan keadaan material isotropic akan runtuh dan dianggap tidak dipengaruhi oleh σ_2 (*intermediate stress*). Pada kriteria keruntuhan ini diperlukan nilai kohesi (c) dan nilai sudut geser dalam (ϕ) dengan cara membuat garis regresi linier dari titik tegangan normal dan tegangan geser hasil dari uji *direct shear* di laboratorium.

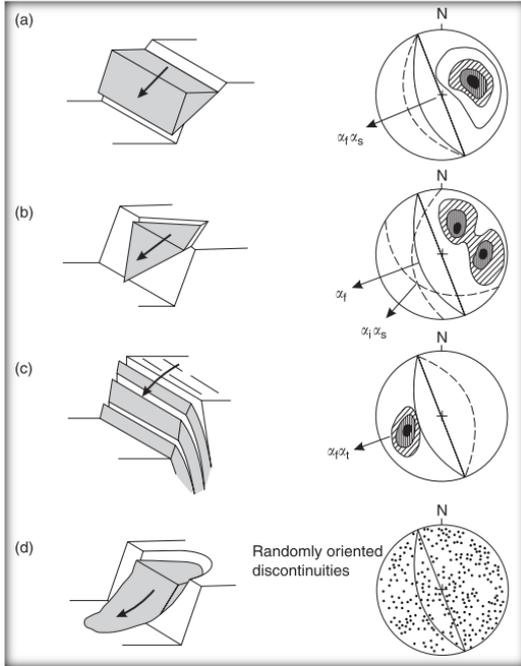
Metode analisis kinematik lereng yang dilakukan berdasarkan pada metode proyeksi stereografi yang diperkenalkan oleh Hoek dan Bray (1981). Semua data geologi yang didapatkan di lapangan berupa arah kemiringan dan bidang kemiringan sebuah diskontinuitas dan pelapisan. Data tersebut diplotkan dalam proyeksi stereografi untuk dianalisis tingkat kestabilan lereng dan tipe keruntuhan yang akan terjadi.

Proyeksi stereografi merupakan metode memproyeksikan kondisi struktur geologi tiga dimensi menjadi dua dimensi. Dengan memahami distribusi bidang-bidang lemah yang sudah diproyeksikan, maka dapat diketahui sudut relatif sebuah batuan yang selanjutnya digunakan untuk tujuan analisis kinematik (lihat Gambar 1). Berikut adalah tipe-tipe keruntuhan: keruntuhan baji, keruntuhan planar, keruntuhan jungkiran, dan keruntuhan melengkung.

Kondisi lereng dapat ditinjau melalui nilai faktor keamanan. Faktor keamanan merupakan perbandingan antara gaya penahan dengan gaya pendorong. Gaya penahan merupakan gaya yang berusaha mempertahankan kondisi stabil pada lereng, sedangkan gaya pendorong merupakan gaya yang membuat lereng mengalami keruntuhan untuk kembali mencapai tingkat kestabilan.

$$FS = \frac{\sum \text{Resisting Force}}{\sum \text{Driving Force}} \quad (1)$$

Berdasarkan Hoek dan Bray (1981) apabila $FK > 1$ maka lereng dapat dikatakan dalam kondisi stabil.



Gambar 1. Tipe Keruntuhan Berdasarkan Hasil Analisis Kinematik: (a) Tipe Keruntuhan Planar; (b) Tipe Keruntuhan Baji; (c) Tipe Keruntuhan Jungkiran; (d) Tipe Keruntuhan Melengkung (Hoek dan Bray, 1981)

Kondisi umum untuk terbentuknya keruntuhan tipe planar adalah nilai dip dari bidang keruntuhan harus lebih kecil dibandingkan dengan nilai dip dari muka lereng $\psi_p < \psi_f$, nilai dip dari bidang keruntuhan harus lebih besar dibandingkan dengan nilai sudut geser material penyusun $\psi_p > \phi$, dan bidang gelincir memotong muka lereng.

Untuk dapat mengetahui nilai faktor keamanan lereng pada lereng yang memiliki potensi keruntuhan tipe planar, dapat menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Hoek dan Bray (1981):

$$FS = \frac{c_A + (W(\cos\alpha - sc \times \sin\alpha) - U + T \cos\theta) \tan\phi}{W(\sin\alpha + sc \times \cos\alpha) - T \sin\theta} \quad (2)$$

$$A = \frac{H}{\sin\alpha} \quad (3)$$

$$W = \frac{\gamma_r H^2}{2} (\cot\alpha - \cot\beta) \quad (4)$$

$$U = \frac{\gamma_w H^2}{4 \sin\alpha} \quad (5)$$

Dengan: FS = faktor keamanan
 c = kohesif (*cohesive strength*)
 ϕ = sudut geser dalam
 θ = sudut plunge
 H = tinggi lereng
 α = sudut lereng
 β = sudut bidang gelincir
 γ_r = berat jenis batuan
 γ_w = berat jenis air
 sc = koefisien getaran
 W = berat batuan
 A = area dasar
 U = gaya pengangkat

Kondisi umum untuk terbentuknya keruntuhan tipe baji adalah terdapat dua bidang yang saling memotong, nilai plunge dari perpotongan bidang harus lebih kecil dibandingkan dengan nilai *plunge* dari muka lereng dan lebih besar dibandingkan dengan sudut geser dalam material penyusun $\psi_{fi} > \psi_i > \phi$, dan arah perpotongan bidang harus mengarah keluar dari muka lereng (*out of the face*)

Untuk dapat mengetahui nilai faktor keamanan lereng pada lereng yang memiliki potensi keruntuhan tipe baji, dapat menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Hoek dan Bray (1981):

$$FS = \frac{3}{\gamma_r H} (c_A X + c_B Y) + \left(A - \frac{\gamma_w X}{2\gamma_r} \right) \tan\phi_A + \left(B - \frac{\gamma_w Y}{2\gamma_r} \right) \tan\phi_B \quad (6)$$

$$X = \frac{\sin\theta_{24}}{\sin\theta_{45} \cos\theta_{2,na}} \quad (7)$$

$$Y = \frac{\sin\theta_{13}}{\sin\theta_{35} \cos\theta_{1,nb}} \quad (8)$$

$$A = \frac{\cos\psi_a - \cos\psi_b \cos\theta_{a,nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{a,nb}} \quad (9)$$

$$B = \frac{\cos\psi_b - \cos\psi_a \cos\theta_{a,nb}}{\sin\psi_5 \sin^2\theta_{a,nb}} \quad (10)$$

Dengan:

FS = faktor keamanan
 c_A, c_B = *cohesive Strength each planes*
 ϕ_A, ϕ_B = *Friction angle each planes*
 ψ_a, ψ_b = *dips plane each planes*
 ψ_5 = *dip of the line of intersection*
 θ = *plunge angle*
 H = *slope Height*
 α = *slope angle*
 γ_r = *unit weight of rock*
 γ_w = *unit weight of water*

3. METODE

Penelitian diawali dengan tahap studi pustaka, tahap ini dilakukan studi mengenai geologi daerah penelitian baik secara regional maupun lokal berdasarkan hasil peneliti terdahulu dan metode-metode kestabilan lereng yang terkait dengan penelitian.

Dilanjutkan dengan tahap pengumpulan dan pengolahan data. Pada penelitian ini, terdapat beberapa jenis data yang digunakan yaitu data lapangan, data laboratorium, dan data penunjang. Berikut pembahasan mengenai setiap jenis data:

a. Data Lapangan

Data lapangan meliputi deskripsi batuan secara megaskopis di setiap lokasi pengamatan, data diskontinuitas yang terdiri dari nomor bidang diskontinuitas, posisi diskontinuitas, panjang diskontinuitas, kedudukan diskontinuitas (strike, dip, dan dip direction), bukaan diskontinuitas (*aperture*), material pengisi, kondisi pelapukan, kondisi keairan, kekerasan batuan menggunakan estimasi UCS, tingkat kekasaran diskontinuitas (*roughness*), JRC (*Joint Roughness Coefficient*), dan JCS (*Joint Compressive Strength*).

b. Data Laboratorium

Data laboratorium meliputi data hasil pengujian nilai kekuatan batuan (*strength*) berdasarkan uji UCS (lihat Gambar 3.4), nilai natural density (sifat fisik batuan) berdasarkan uji sifat dasar batuan, dan nilai kohesi beserta sudut geser dalam batuan (sifat mekanik batuan) berdasarkan uji direct shear. Sampel batuan yang digunakan merupakan sampel batuan yang diambil langsung oleh peneliti kemudian dilakukan preparasi terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian

Tahap selanjutnya adalah tahap analisis data. Terdapat beberapa analisis yang digunakan pada penelitian ini, diantaranya:

a. Analisis Kinematik

Analisis dilakukan berdasarkan hasil data diskontinuitas yang diambil dari setiap

lokasi pengamatan. Pengambilan data dilakukan berdasarkan metode *line mapping* atau *scanline*. Analisis kinematik menggunakan persyaratan terjadinya keruntuhan Hoek dan Bray (1981) dengan bantuan *software* Dips V.6.0. Analisis dilakukan dengan memasukan data geometri lereng, data data diskontinuitas pada lereng pengamatan. Dilanjutkan dengan penentuan dominansi diskontinuitas untuk menentukan set diskontinuitas (*joint set*).

b. Klasifikasi Massa Batuan

Klasifikasi massa batuan dilakukan berdasarkan hasil data diskontinuitas yang diambil dari setiap lokasi pengamatan (lihat Gambar 3.6) dan uji laboratorium (UCS), bertujuan untuk mengetahui kondisi massa batuan. Pada penelitian ini metode klasifikasi massa batuan menggunakan metode RMR yang dikembangkan oleh Bieniawski (1989).

c. Perhitungan Nilai Faktor Keamanan

Perhitungan nilai FK dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai gaya penahan dengan gaya pendorong pada suatu lereng, yang bertujuan untuk mengetahui kondisi lereng dalam kondisi stabil atau tidak stabil. perhitungan nilai FK dilakukan berdasarkan tipe keruntuhan setiap lereng dengan bantuan *software* Swedge V.4.0 untuk perhitungan nilai FK pada tipe keruntuhan baji, dan *software* Rocplane V.2.0 untuk perhitungan nilai FK pada tipe keruntuhan planar

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Massa Batuan

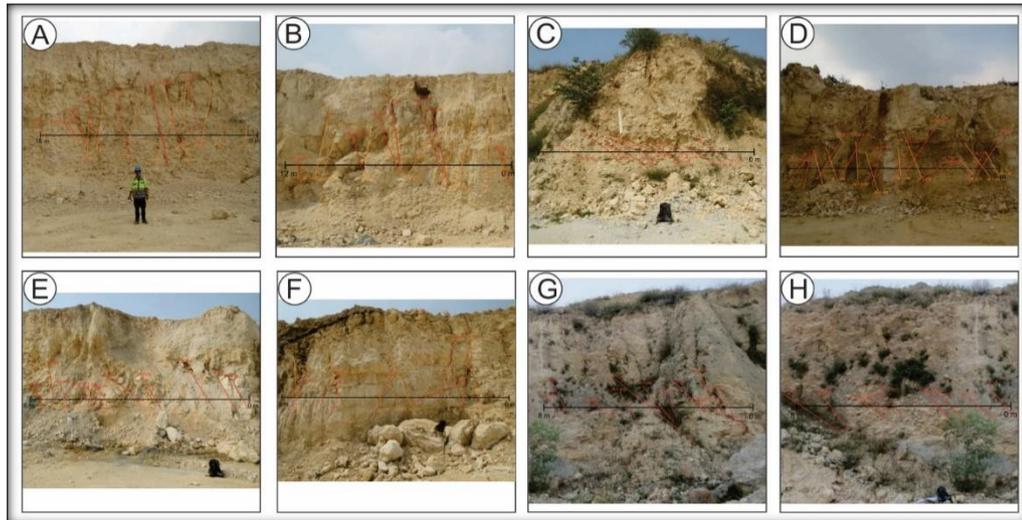
Berdasarkan perhitungan RMR setiap lokasi, didapatkan hasil bahwa seluruh lokasi tersusun atas batuan dengan nilai RMR mulai dari 68.82 – 71.79 yang termasuk ke dalam kelas II (*Good Rock*).

Berdasarkan hasil perhitungan RMR didapatkan hasil 70.76 (1), 71.46 (2), 69.75 (3), 71.26 (4), 71.79 (5), 70.04 (6), 69.18 (7), dan 68.83 (8).

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil RMR Seluruh Lokasi Pengamatan

Lokasi	RMR	Kelas	Deskripsi	Tipe Keruntuhan
Scanline 1	70.76	II	Good Rock	Baji
Scanline 2	71.46	II	Good Rock	Baji
Scanline 3	69.75	II	Good Rock	Planar
Scanline 4	71.26	II	Good Rock	Baji
Scanline 5	71.79	II	Good Rock	Baji
Scanline 6	70.04	II	Good Rock	Baji
Scanline 7	69.18	II	Good Rock	Planar
Scanline 8	68.83	II	Good Rock	Planar

Perbedaan nilai RMR pada setiap lokasi pengamatan relatif kecil, disebabkan oleh kesamaan litologi secara megaskopis menunjukkan batugamping terumbu. Dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kandungan mineral penyusun batuan.



Gambar 2. Lokasi Pengamatan: (A) Lokasi 1; (B) Lokasi 2; (C) Lokasi 3; (D) Lokasi 4; (E) Lokasi 5; (F) Lokasi 6; (G) Lokasi 7; (H) Lokasi 8

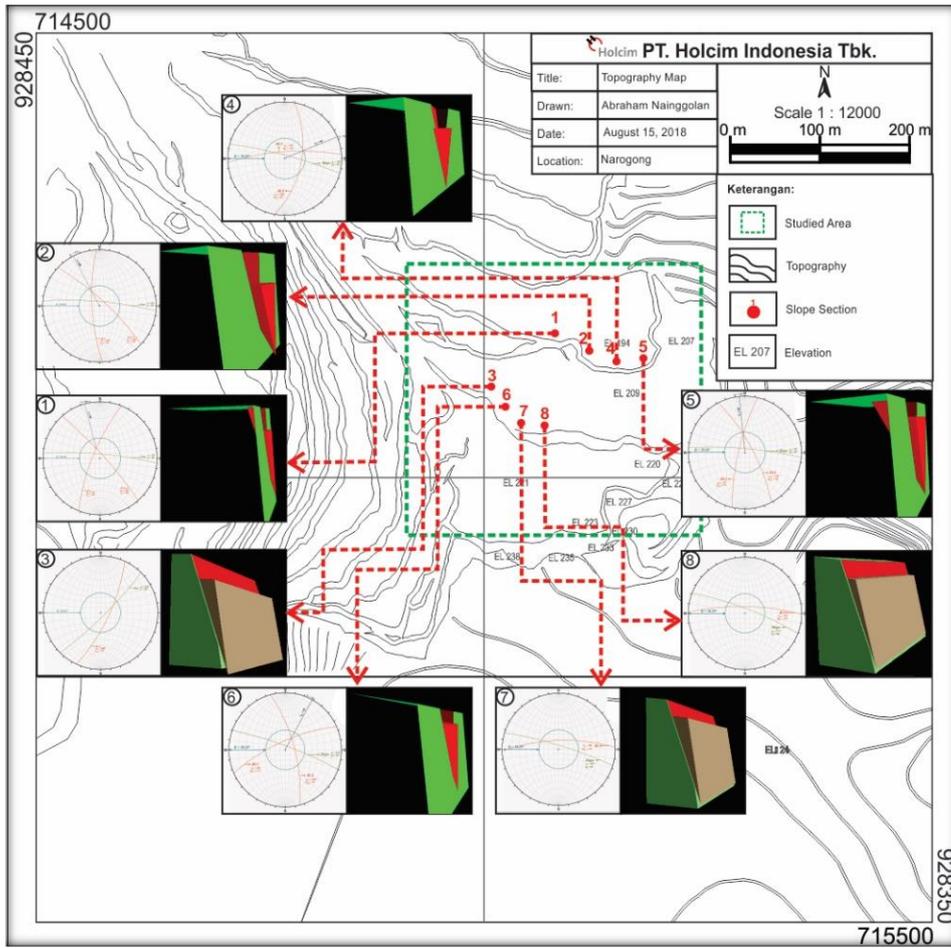
4.2 Tipe Keruntuhan Daerah Penelitian

Berdasarkan hasil analisis kinematik pada delapan lokasi penelitian, didapatkan hasil bahwa tipe keruntuhan yang berkembang terdiri dari dua tipe keruntuhan, yaitu: tipe keruntuhan planar dan tipe keruntuhan baji. Tipe keruntuhan baji merupakan tipe keruntuhan yang paling sering dijumpai pada daerah penelitian, terdapat 5 lokasi yang memiliki potensi keruntuhan tipe baji dan 3 lokasi yang memiliki potensi keruntuhan tipe planar.

Seluruh tipe keruntuhan yang mungkin terjadi diakibatkan oleh bidang diskontinuitas yang berkembang pada lokasi penelitian. Bidang diskontinuitas yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh kegiatan penambangan, yaitu: kegiatan blasting dan pengerukan material tambang. Berdasarkan keterbentukan bidang diskontinuitas, maka diperlukan kegiatan pengamatan secara berkala untuk mengetahui kondisi lereng secara berkala.

Tabel 4. Geometri Lereng dan Orientasi Lereng Setiap Lokasi Pengamatan

Geometri Lereng Scanline 1		Geometri Lereng Scanline 2	
Upper face	0°	Upper face	0°
Slope face	81°	Slope face	81°
Slope Height	12 m	Slope Height	12 m
Slope Width	18 m	Slope Width	12 m
Slope Direction	5°	Slope Direction	5°
Geometri Lereng Scanline 3		Geometri Lereng Scanline 4	
Upper face	10°	Upper face	0°
Slope face	82°	Slope face	83°
Slope Height	12 m	Slope Height	12 m
Slope Width	8 m	Slope Width	11 m
Slope Direction	135°	Slope Direction	15°
Geometri Lereng Scanline 5		Geometri Lereng Scanline 6	
Upper face	0°	Upper face	0°
Slope face	82°	Slope face	81°
Slope Height	12 m	Slope Height	12 m
Slope Width	8 m	Slope Width	8 m
Slope Direction	5°	Slope Direction	20°
Geometri Lereng Scanline 7		Geometri Lereng Scanline 8	
Upper face	0°	Upper face	0°
Slope face	82°	Slope face	80°
Slope Height	12 m	Slope Height	12 m
Slope Width	8 m	Slope Width	8 m
Slope Direction	17°	Slope Direction	21°



Gambar 3. Lokasi Pengamatan pada Daerah Penelitian

4.3 Perhitungan Nilai Faktor Keamanan

Perhitungan dilakukan dengan cara melakukan perhitungan nilai kohesi dan sudut geser dalam berdasarkan nilai JRC dan JCS setiap bidang diskontinuitas yang menjadi bidang gelincir serta hasil uji laboratorium direct shear. Untuk parameter sifat fisik batuan (*natural density*) didapatkan dari hasil uji laboratorium *basic properties* dari batuan. Pada penelitian ini, perhitungan dilakukan tanpa melihat pengaruh getaran tanah atau dapat dikatakan lereng dalam keadaan diam (statis).

Berdasarkan hasil perhitungan FK rata-rata didapatkan hasil FK Statis 1.9201 (*scanline* 1), 3.2865 (*scanline* 2), 0.9504 (*scanline* 3), 2.4520 (*scanline* 4), 3.9302 (*scanline* 5), 1.6226 (*scanline* 6), 0.7074 (*scanline* 7), dan 0.6406 (*scanline* 8).

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan FK Seluruh Lokasi Pengamatan

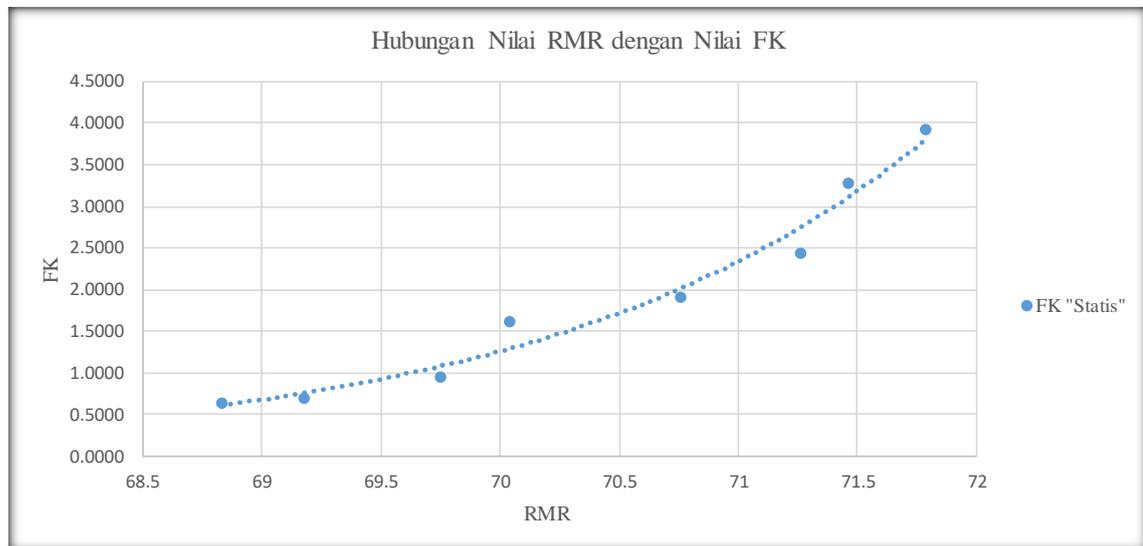
Lokasi	FK "Statis"
<i>Scanline</i> 1	1.9201
<i>Scanline</i> 2	3.2865
<i>Scanline</i> 3	0.9504
<i>Scanline</i> 4	2.4520
<i>Scanline</i> 5	3.9302
<i>Scanline</i> 6	1.6226
<i>Scanline</i> 7	0.7074
<i>Scanline</i> 8	0.6406

Berdasarkan hasil diatas dapat diketahui terdapat tiga lokasi penelitian yang tidak dalam kondisi stabil yaitu pada lokasi penelitian 3, 7, dan 8. Ketiga lokasi tersebut menunjukkan potensi keruntuhan planar. Lokasi pengamatan dengan nilai FK tertinggi berada pada lokasi *scanline* 5, sedangkan untuk nilai terendah pada lokasi *scanline* 8.

4.4 Pengaruh RMR Terhadap Nilai FK

Berdasarkan hasil perhitungan FK (faktor keamanan) rata-rata didapatkan hasil

bahwa hubungan antara nilai RMR batuan penyusun dengan FK adalah berbanding lurus, sehingga semakin tinggi nilai RMR maka semakin tinggi nilai FK.



Gambar 4. Hubungan Nilai RMR dengan Nilai FK

Perhitungan RMR tidak dapat menjadi acuan akhir dalam menentukan kondisi kestabilan lereng batuan. Hal diperlihatkan pada Gambar 4, dengan nilai RMR relatif sama namun memiliki variasi nilai FK yang tinggi. Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat tingginya pengaruh antara hubungan orientasi diskontinuitas dengan geometri lereng. Grafik menunjukkan tipe keruntuhan baji relatif lebih stabil dibandingkan dengan tipe keruntuhan planar. Sehingga kajian yang perlu dilakukan setelah melakukan perhitungan RMR adalah analisis kinematik untuk mengetahui potensi tipe keruntuhan pada setiap lereng aktif.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan klasifikasi RMR menunjukkan daerah penelitian memiliki kondisi massa batuan yang baik (kelas II atau Good Rock). Kondisi massa batuan memiliki kelas massa batuan yang sama dikarenakan litologi penyusun yang sama yaitu batugamping terumbu.

Berdasarkan hasil analisis kinematik didapatkan tipe keruntuhan yang mungkin terjadi pada daerah penelitian adalah tipe

keruntuhan baji dan planar. Dari kedua tipe keruntuhan, tipe keruntuhan planar memiliki sifat yang relatif lebih tidak stabil dibandingkan dengan tipe runturan baji.

Berdasarkan perhitungan nilai kestabilan lereng dengan menggunakan metode kesetimbangan batas didapatkan hasil FK Statis 1.9201 (scanline 1), 3.2865 (scanline 2), 0.9504 (scanline 3), 2.4520 (scanline 4), 3.9302 (scanline 5), 1.6226 (scanline 6), 0.7074 (scanline 7), dan 0.6406 (scanline 8).

Dilihat dari grafik hubungan antara nilai RMR dengan nilai FK setiap lereng, memiliki hubungan yang berbanding lurus. Sehingga semakin tinggi nilai RMR, maka akan semakin tinggi nilai FK. Namun terdapat perbedaan nilai FK secara signifikan. Perbedaan nilai FK tersebut dipengaruhi oleh kondisi diskontinuitas, orientasi diskontinuitas, tingkat pelapukan, dan kegiatan tambang disekitar lereng. Lereng dengan potensi keruntuhan baji relatif lebih stabil dibandingkan dengan lereng yang memiliki potensi keruntuhan planar. Hal ini diakibatkan pada lereng dengan potensi keruntuhan baji selain dipengaruhi oleh sifat fisik dan mekanik batuan, juga dipengaruhi oleh hubungan

orientasi diskontinuitas dengan geometri lereng.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. Holcim Indonesia Tbk. Unit Narogong untuk kesempatan melakukan penelitian mengenai kestabilan lereng pada kuari batugamping yang telah diberikan kepada penulis dan kepada Prodi Teknik Geologi yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melaksanakan penelitian tugas akhir di PT. Holcim Indonesia Tbk. Unit Narogong.

DAFTAR PUSTAKA

- Azzuhry, Y., 2016, *Stability Analysis and Failure Mechanisms of Open Pit Rock Slope*. Journal of the Civil Engineering Forum, Vol. 2 No. 3, pp. 141-150.
- Bieniawski, Z. T., 1989, *Engineering Rock Mass Classification*. New York: John Wiley & Sons.
- Djakamihardja, A.S., dan Soebowo, E., 1996, *Studi kemantapan lereng batuan pada jalur jalan raya Liwa-Krui, Lampung Barat: Suatu pendekatan metoda empiris*. Prosiding Kemantapan Lereng Pertambangan Indonesia II, Jurusan Teknik Pertambangan, ITB, hal. 153-163.
- Hoek, E., dan Bray, J. W., 1981 *Rock Slope Engineering*. 3rd ed. Institute of Mining and Metallurgy.
- Putra, Dewandra B.E. dan Choanji, T., 2017, *Preliminary Analysis of Slope Stability in Kuok and Surrounding Areas*. Journal of Geoscience, Vol. 1 No.1, pp. 41–44.
- Rahim, Ismail A., dan Musta, B, 2018, *The Stability of Metasedimentary Rock in Ranau, Sabah, Malaysia*. Indonesian journal on geoscience, Vol. 5 No. 1, pp. 23–31. doi: 10.17014/ijog.5.1.23-31.
- Sarah, D. dkk., 2012, *Engineering Geological Investigation of Slow Moving Landslide in Jahiyang Village, Salawu, Tasik-malaya Regency*. Indonesian Journal of Geology, Vol. 7 No. 1, pp. 27–38.
- Turkandi, T., Sidarto, Agustyanto, D.A., Hadiwidjono, M.P., 1992, *Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu, Jawa*. Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi, Republik Indonesia, Bandung.
- Wylie, D., dan Mah, C., 2004, *Rock Slope Engineering Civil and Mining* 4th Edition (Vol.13). Spon Press Taylor and Francis Group: London.
- Zakaria, Z. dkk., 2012, *Koreksi SMR Pada Desain Lereng Tambang Terbuka Batubara Pada Formasi Balikpapan dan Formasi Kampungbaru, Sangasanga, Kalimantan Timur*. Buletin Sumber Daya Geologi, Vol. 7 No. 3, pp. 147-157.
- Zakaria, Z., Muslim, D. dan Sophian, I., 2013, *Correlation between RMR and SMR Based on Field Data: A Case Study in Limestone Mining Area in Citatah, West Java, Indonesia*. International Journal of Chemical, Environmental and Biological, Vol 1 No.1, pp. 149–152.