PROSIDING, Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN III)
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS), Indonesia, 10 Juli 2021
ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

KAJIAN KLASIFIKASI MASSA BATUAN ANDSIT DAN POTENSI JENIS LONGSORAN PADA LERENG PENAMBANGAN PT. HARMAK INDOSESIA DI KECAMATAN KOKAP, KABUPATEN KULON PROGO, YOGYAKARTA

Ansyarullah, S[1]. Koesnaryo[1], Isser Samuel Tumalang[1], Arga Satria Tama[1]

[1]Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK no.104 (Lingkar Utara, Condongcatur, Kec. Depok, Sleman, DIY

e-mail: Ansyarullah007@gmail.com

ABSTRAK

Massa batuan terdiri dari banyaknya diskontinuitas, struktur geologi dan berbagai macam mineral yang terkandung di dalamnya menjadi hal yang perlu diperhitungkan terhadap kestabilan lereng penambangan. Bidang diskontinuitas yang merupakan bidang lemah dapat menjadi pemicu terjadinya longsoran sehingga sangat perlu untuk mengetahui klas massa batuan serta potensi jenis longsor yang memungkinkan untuk terjadi. metode empirik yang cukup diandalkan dalam pengklasifikasian massa batuan untuk kestabilan lereng yaitu *Rock Mass Rating* (RMR), *Slope Mass Rating* (SMR) dan analisis kinematika untuk mengetahui potensi jenis longsoran yang dapat terjadi. Pada lereng penelitian, berdasarkan klasifikasi massa batuan dengan menggunakan RMR, massa batuan berada pada klas II dengan nilai RMR=67 deskripsi batuan dalam kategori baik, hasil dari klasifikasi SMR, massa batuan berada pada klas III dengan nilai SMR=57 deskripsi massa batuan dalam kategori sedang dengan kondisi stabil Sebagian dan berpotensi longsoran toppling, sedangkan hasil analisis stereonet dengan metode kinematika dengan bantuan perangkat lunak DIPS diketahui kemungkinan tipe longsoran yang dapat terjadi adalah longsoran toppling dengan titik kritis 967, total perpotongan 3654 dan probabilitas 26,46%.

Kata Kunci: Klasifikasi Massa Batuan, RMR, SMR, Analisis Kinematika

ABSTRACT

The rock mass consists of many discontinuities, geological structures and various kinds of minerals contained in it are things that need to be taken into account for the stability of mining slopes. Discontinuity which are weak plane can trigger failure, so it is very necessary to know the class of rock mass and the potential types of failure that may occur. Empirical methods that are quite reliable in classifying rock masses for slope stability are Rock Mass Rating (RMR), Slope Mass Rating (SMR) and kinematics analysis to determine the potential types of failure that can occur. On the research slope, based on rock mass classification using RMR, rock mass is in class II with RMR value = 67 rock description in good category, the results of the SMR classification, the rock mass is in class III with a value of SMR = 57. The description of the rock mass is in the moderate category with partially stable conditions and has the potential for toppling failure while the results of stereonet analysis using the kinematics method with the help of DIPS software, it is known that the possible types of failure that can occur are toppling failure with a critical point of 967, a total intersection of 3654 and a probability of 26.46%.

Keywords: Rock Mass Classification, RMR, SMR, Kinematics Analysis

PENDAHULUAN

Pada tambang terbuka akan selalu dicirikan dengan penambangan yang menyisahkan lereng dalam kegiatannya. Sehingga evaluasi terhadap massa batuan penyusun lereng sangat perlu untuk dilakukan pengkajian mendalam guna untuk mengoptimalkan kegiatan produksi. Massa batuan sering diartikan sebagai kumpulan batuan dan biasa juga disebut sebagai jointed rock mass yang merupakan gabungan dari blok atau partikel angular batuan brittle yang saling mengunci dan dipisahkan oleh bidang-bidang

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

ketidakmenerusan dalam bentuk kekar, patahan, bidang perlapisan dan lainnya yang dapat diisi oleh material lunak. Sallah satu cara yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik massa batuan yaitu dengan menggunakanpendekatan klasifikasi massa batuan yang telah berkembang sejak kurang lebih 100 tahun yang lalu. PT. Harmak Indonesia yang salah satu usahanya bergerak dibidang pertambangan telah melakukan kegiatan penambangan batu andesit yang bernilai ekonomis pada lahan seluas ± 50 Ha. Kegiatan ini tepatnya dilakukan di Desa Hargowilis Kecamatan Kokap Kabupaten Kulon Progo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan pada lereng penambangan yang tersusun oleh batuan andesit terkekarkan yang diketahui sangat berperan penting terhadap kestabilan suatu lereng serta perihal masalah keselamatan kerja dan kelancaran produksi sehingga perlu dilakukan klasifikasi massa batuan untuk mengetahui klas massa batuan pada lereng tersebut. Menurut Bieniawski (1976) kekuatan massa batuan dipengaruhi oleh kondisi permukaan bidang diskontinu (kekasaran dan *infilling material*), kekuatan batuan utuh, spasi antar diskontinu dan kondisi air tanah.

METODE

Metode Klasifkasi Massa Batuan

Klasifikasi massa batuan awalnya telah berkembang kurang lebih 100 tahun dan Ritter, (1879) berusaha untuk memformulasikan penpendekatan empirik untuk perancangan terowongan. Penentuan klasifikasi massa batuan dilakukan dengan proses karakterisasi massa batuan, yaitu menentukan kuat tekan uniaksial, pengukuran kondisi bidang diskontinu massa batuan, dan kondisi air tanah.agar dapat digunakan secara tepat, para enjinir geomekanika memerlukan petunjuk untuk menentukan klasifikasi spasi, orientasi, dan kondisi kekar sehingga dapat dengan mudah untuk mendeskripsikan keadaan massa batuan. Sehingga beberapa peneliti termasuk Bieniawski (1989) membuat klasifikasi masa batuan untuk memudahkan dalam mendeskripsikan massa batuan baik itu dalam terowongan maupun pada lereng.

Pada penelitian ini, klasifikasi massa batuan yang digunakan adalah klasifikasi *Rock Mass Rating* atau RMR (Bieniawski, 1989) dan *Slope Mass Rating* atau SMR (Romana, 1993). Metode RMR terdiri dari lima parameter utama yaitu UCS (kuat tekan batuan utuh), *Rock Quality Designation* (RQD), spasi diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, dan kondisi air tanah. Sedangkan pada metode SMR juga ditentukan berdasarkan bidang diskontinu namun agak berbeda dengan metode RMR, apabila material berupa tanah atau batuan lunak yang sulit untuk diidentifikasi bidang diskontinu, maka SMR tidak dapat digunakan. Sedangkan untuk mengetahui jenis longsoran yang dapat terjadi pada lereng penelitian menggunakan analisis kinmatika dengan bantuan perangkat lunak DIPS.

Rock Mass Rating (RMR)

Klasifikasi (Rock Mass Rating) (RMR) diperkenalkan oleh Bieniawski pada tahun 1972-1973 dan sistem klasifikasi yang disebut juga sebagai Klasifikasi Geomekanik ini terus dikembangkan hingga saat ini dan telah sesuai dengan standar internasional dan perosdur. Rock Mass Rating (RMR) terdiri dari lima parameter utama yaitu; kuat tekan batuan utuh, Rock Quality Designation (RQD), spasi diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, dan kondisi air tanah. Dalam menentukan parameter-parameter tersebut dilakukan pemetaan diskontinuitas atau kekar secara detail dengan metode scanline. Sebelum melakukan pemetaan bidang diskontinu, hendaknya untuk melakukan pengamatan massa batuan dari jarak dekat maupun jarak jauh untuk mendapatkan gambaran mengenai cakupan daerah penelitian yang akan diukur. Cara ini juga bertujuan untuk memperhatikan sekiranya dijumpai batu menggantung yang dapat membahayakan saat pengukuran dilakukan. Data yang telah dikumpulkan dalam pemetaan diskontinuitas tersebut berupa data untuk mendapatkan nilai spasi diskontinu, RQD, dan kondisi diskontinuitas termasuk orientasi kekar. Dalam penentuan nilai UCS dilakukan pengujian kuat tekan batuan *intack rock* di laboratorium guna mendapatkan nilai kuat tekan batuan utuh.

Rock Quality Designation (RQD)

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

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

47.5mm. Nilai RQD ini dapat pula dipakai untuk memperkirakan penyanggaan terowongan. Saat ini, RQD sebagai parameter standar dalam pemerian inti pemboran dan merupakan salah satu parameter dalam penentuan klasifikasi massa batuan RMR dan Q-system. Selanjutnya pada tahun 1967, *Rock Quality Designation* (RQD) secara resmi dipresentasikan di depan umum dan dapat diterima oleh banyak negara. Pada tahun 1979, Hudson & Priest membuat penilaian RQD yang dilakukan perhitungan hasil pemetaan bidang diskontinuitas dengan metode scanline pada lereng minimal 1 meter dengan rumus sebagai berikut:

$$RQD = 100_e^{-0.1\lambda}\,(0.1\lambda + 1) \qquad (1)$$

λ adalah rasio antara jumlah kekar dengan panjang scanline (kekar/meter). Untuk frekuensi diskontinuitas (λ) antara 6-16/meter, pendekatan yang paling baik menggunakan persamaan berikut:

$$RQD = 101{,}4 - 3{,}68\,\lambda \qquad (2)$$

Slope Mass Rating (SMR)

Slope Mass Rating (SMR) merupakan metode klasifikasi massa batuan yang dikembangkan berdasarkan 87 kasus studi di Valencia dan jenis kelongsoran bidang dan topling. Romana (1985) mengusulkan modifikasi pada konsep penggunaan RMR (Bieniawski, 1984) khususnya untuk kemantapan lereng. Hubungan antara *Slope Mass Rating* (SMR) dengan *Rock Mass Rating* (RMR) ditunjukkan pada persamaan berikut ini.

$$SMR = RMR_{basic} + (F1 \times F2 \times F3) + F4 \qquad (3)$$

koreksi terhadap metode penggalian sehingga faktor penyesuaian keseluruhan menjadi empat (F1, F2, F3 dan F4). Romana, (1993) melakukan pengembangan metode SMR dengan memasukkan analisis longsoran Baji *(Wedge failure)*

Analisis kinamatika

Analisis kinematika merupakan salah satu metode analisis kestabilan lereng yang menggunakan parameter orientasi struktur geologi, orientasi lereng dan sudut geser dalam batuan yang diproyeksikan pada stereonet (Hoek dan Bray, 1981). Goodman (1989) menjelaskan bahwa analisis kinematik pada lereng mengacu pada pergerakan tubuh tanpa mengacu pada kekuatan utama yang menyebabkan pergerakan pada lereng. Bray (1981) menjelaskan bahwa keberadaan diskontinuitas, spasi, orientasi dan panjang bidang diskontinu menentukan mekanisme longsoran. Analisis kinematika menilai kemungkinan model longsoran yang mungkin dapat terjadi pada massa batuan. analisis ini memerlukan evaluasi detail dari massa batuan dan geometri pada diskontinuitas yang menyebabkan ketidakstabilan pada lereng (Kliche, 1999). Goodman (1989, hal-295) menjelaskan apabila ada beberapa set bidang diskontinuitas yang berpotongan dalam sudut kemiringan tertentu, studi model kinematik mungkin dapat membantu dalam mengantisipasi pola kelongsoran lereng yang paling mungkin terjadi. . Longsoran yang melibatkan pergerakan balok batuan pada diskontinuitas menggabungkan satu atau lebih dari tiga jenis dasar longsoran yaitu plane sliding, wedge sliding, dan toppling.

Kajian klasifikasi massa batuan dengan metode-metode tersebut di atas diharapkan dapat menjadi referensi dasar bagi perusahaan sebagai data tambahan untuk keperluan geoteknik dalam mewujudkan kegiatan penambangan yang aman dan efisien.

Tabel 1. Parameter klasifikasi dan pembobotannya dalam sistem RMR

Parameter			Selang Nilai						
1	Kuat Tekan Batuan Utuh	PLI (MPa)	>10	4-10	2-4	1-2	Untuk kuat tekan rendah perlu UCS		
		UCS (MPa)	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	<1

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

	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 Diskontinuitis (m)		>2	0.6-2	0.2-0.6	0.06-0.2	<0.06		
	Bobot		20	15	10	8	5		
4	Kondisi Diskontinuiti		Sangat kasar , tidak menerus, tidak ada pemisahan, dinding batu tidak lapuk	agak kasar, pemisahan 1 mm, dinding agak lapuk	Agak kasar, pemisahan <1 mm, dinding sangat lapuk	Slinkenside d/tebal gouge <5mm, atau pemisahan 1-5mm, menerus	Gouge lunak tebal >5mm, atau pemisahan >5mm, menerus		
	Bobot		30	25	20	10	0		
5	Air tanah pada kekar	Aliran/10m panjang tunnel (ltr/menit)	None	<10	10-25	25-125	>125		
		Tek. Air pada kekar/maks tegangan utama (MPa)	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
		Kondisi Umum	Kering	Lembab	Basah	Menetes	Mengalir		
	Bobot		15	10	7	4	0		

6	Efek Orientasi Jurus	Arah Jurus Memotong Sumbu Terowongan					Jurus searah sumbu terowongan	Kemiringan 0°-20° tdk perhatikan kemiringan
		Maju searah kemiringan	Maju melawan kemiringan		Arah jurus searah sumbu terowongan			
		45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	45°-90°	20°-45°	
		Sangat menguntungkan	Menguntungkan	Sedang	Tidak menguntungkan	Sangat tidak menguntungkan	Sedang	Tidak menguntungkan

Parameter			Selang Nilai					
Bobo	Terowongan	0	-2	-5	-10	-12	-5	-10
	Fondasi	0	-2	-7	-15	-25	-7	-15

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

	t	Lereng	0	-2	-25	-50	-60	-25	-50

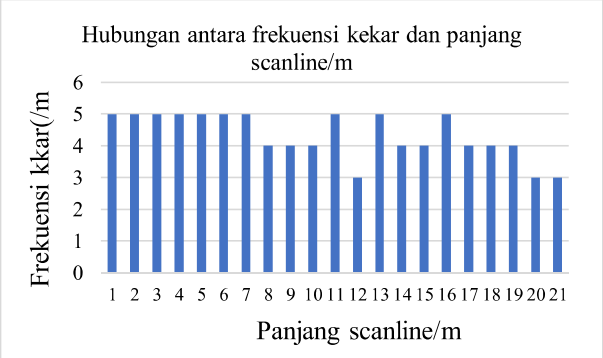
Tabel 2. Klasifikasi Faktor Penyesuaian SMR (Romana 1993)

Kondisi lereng		Sangat bagus	Bagus	Sedang	Jelek	Sangat jelek
F1	P $\lvert\alpha_j-\alpha_s\rvert$	>30°	30-20°	20-10°	10-5°	<5°
	T $\lvert\alpha_j-\alpha_s-180^o\rvert$	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
	W $\lvert\alpha_i-\alpha_s\rvert$					
	Nilai P, W, T					
F2	P $\lvert\beta_j\rvert$	<20°	20-30°	30-35°	35-45°	>45°
	W $\lvert\beta_i\rvert$					
	Nilai P,W	0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
	Nilai T	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
F3	P $\lvert\beta j-\beta s\rvert$	>10°	0°-10°	0°	0°-(-10°)	<-10°
	W $\lvert\beta i-\beta s\rvert$					
	T $\lvert\beta j+\beta s\rvert$	<110	110°-120°	>120°	-	-
	Nilai P, W, T	0	-6	-25	-50	-60
F4	Metode penggalian					
	Metode	Lereng alamiah	Peledakan presplitting	Peledakan smooth	Penggalian mekanis	Peledakan buruk
	Bobot	+15	+10	+8	0	-8

HASIL

Hasil Pengukuran Scanline Batuan Andesit

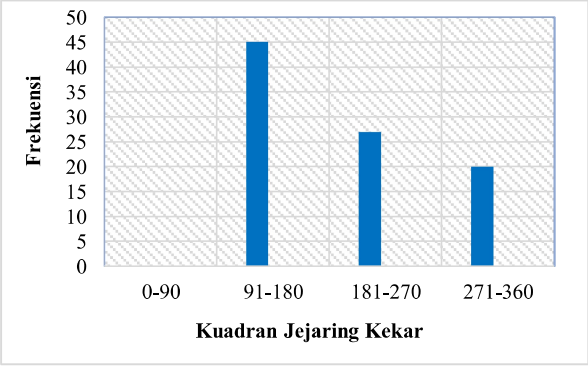
Dari hasil pengamatan lapangan, diperoleh informasi dengan Panjang scanline 21m jumlah kekar yang terekam sebanyak 92 kekar. Material pengisi pada batuan andesit yaitu pasir halus. Sedangkan sifat material pengisi biasanya lebih lemah dari batuan induknya. Sedangkan tinggi lereng mencapai kurang lebih 19 meter dan kemiringan lereng pada lokasi penelitian yaitu 81°



Gambar 1:Grafik hubungan antara frekuensi kekar dan panjang scanline/m

Analisis data orientasi kekar hasil pengukuran diskontinuitas pada penelitian ini berupa *Dip-Dip Direction* akan dikelompokkan terlebih dahulu dengan metode kuadran yaitu sebagai berikut:

- Kuadran 1 yaitu dimulai dari sudut 0° - 90°
- Kuadran 2 yaitu dimulai dari sudut 91° - 180°
- Kuadran 3 yaitu dimulai dari sudut 181°- 270°
- Kuaran 4 yaitu dimulai dari sudut 271° - 360°

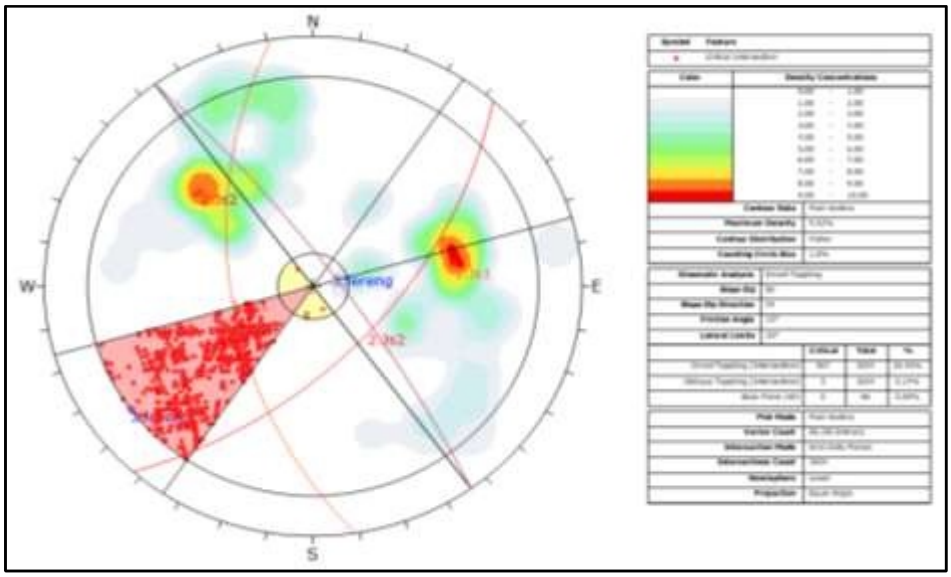


Gambar 2. Histogram orientasi jejaring kekar

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Hasil Analisis Stereografi

Berdasarkan hasil analisis kinematika yang merupakan hasil dari proyeksi data orientasi kekar maka, potensi longsor pada lereng penelitian yang lebih memungkinkan adalah jenis longsoran topling yang diperoleh sebanyak 967 titik perpotongan dari 3654 total set kekar hasil proyeksi dengan probabilitas longsor sekitar 26,46%. Sedangkan secara empiris menggunakan metode klasifikasi Slope Mass Rating (SMR) dengan faktor koreksi RMR, F1, F2, F3 dan F4 berada pada kelas III dengan nilai SMR 57 yang menunjukan potensi longsor beberapa atau banyak blok dengan jenis longsoran topling. Hasil dari masing-masing metode tersebut menunjukkan bahwa jenis longsoran yang lebih memungkinkan untuk terjadi yaitu jenis longsoran toppling.



Gambar 3. Hasil Proyeksi Stereografis Bidang Diskontinu dengan potensi longsoran Direct Toppling

Hasil Klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR)

Tabel 3. Hasil Klasifiksi RMR batuan andesit

No	Parameter	Bobot
1	UCS	7
2	RQD	20
3	Spasi Kekar	10
4	Kondisi Kekar	15
5	Air Tanah	15
Bobot Keseluruhan parameter adalah 67 kategori kelas II (Baik)		

Tabel 4. Hasil Klasifikasi SMR batuan andesit

Profil Massa Batuan					
Kelas	I	II	III	IV	V
Nilai SMR	81-100	61-80	41-60	21-40	0-20
Deskripsi	Sangat baik	Baik	Sedang	Jelek	sangat jelek

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

Kestabilan	Sangat stabil	Stabil	Stabil sebagian	Tidak stabil	Sangat tidak stabil
Struktur	Tidak ada	Bebrapa blok	Beberapa atau banyak blok	Planar atau keruntuhan besar	Bidang planar besar atau tanah

DISKUSI

Setelah dilakukan pengolahan data hasil pengukuran dan analisis terhadap parameter yang diperlukan dalam penlitian maka pembahasan akan dibagi dalam beberapa bagian dan disesuaikan berdasarkan tujuan penelitian.

Mineralogi Batuan Andesit

Jika dilihat dari kondisi geologi regional (Rahardjo et al. 1995), lokasi penelitian termasuk dalam Kompleks Andesit Tua dengan struktur geologi yang terlipat (akibat pengangkatan). Kompleks Andesit Tua terdiri dari *andesit hiperste, andesit-augit-hornblend* dan *traki andesit*. Batuan ini merupakan batuan beku yang komposisinya didominasi oleh mineral plagioklas, *hornblende*, dan *biotite* (Orhan et al. 2006). Mineral plagioklas, biotit dan *hornblend* pada umumnya merupakan mineral yang paling mudah mengalami degradasi (Momeni et al. 2015). Mineral yang mudah mengalami degradasi akan mudah merubah karakteristik batuan menjadi lebih berpori, butiran mineral individu lebih lemah dan ikatan antar butir menjadi hilang. Ketiga hal tersebut pada akhirnya menyebabkan batuan menjadi lebih lemah (Momeni et al. 2015).



Gambar 4. Lintasan Scanline pada batuan andesit

Potensi Jenis Longsoran

Berdasarkan hasil analisis kinematika yang merupakan hasil dari proyeksi data orientasi kekar maka, potensi longsor pada lereng penelitian yang lebih memungkinkan adalah jenis longsoran topling yang diperoleh sebanyak 967 titik perpotongan dari 3654 total set kekar hasil proyeksi dengan probabilitas longsor sekitar 26,46%. Sedangkan secara empiris menggunakan metode klasifikasi *Slope Mass Rating* (SMR) dengan faktor koreksi RMR, F1, F2, F3 dan F4 berada pada kelas III dengan nilai SMR 57 yang

ISSN 2686-0651
Vol. 3, No. 1, Juli 2021

menunjukan potensi longsor beberapa atau banyak blok dengan jenis longsoran topling. Hasil dari masing-masing metode tersebut menunjukkan bahwa jenis longsoran yang lebih memungkinkan untuk terjadi yaitu jenis longsoran topling.

Klasifikasi Massa Batuan

Hasil penentuan klas massa batuan untuk batu andesit pada lereng penelitian menujukkan bahwa massa batuan andesit menurut RMR termasuk klas II, dengan bobot 67, berdasarkan nilai SMR termasuk klas III dengan bobot 57 dengan kategori stabil sebagian dan berpotensi terjadinya longsoran topling. sedangkan kondisi massa batuan pada lereng penelitian masih dalam kategori Baik berdasarkan RMR.

SIMPULAN

a. Hasil penentuan klas massa batuan untuk batu andesit pada lereng penelitian menujukkan bahwa massa batuan andesit menurut RMR termasuk klas II, dengan bobot 67, Dapat dikatakan pada lereng tersebut masih dalam kondisi stabil
b. Hasil yang didapatkan berdasarkan analisis kinematika pada lereng penelitian yaitu berpotensi menghasilkan longsoran *Direct topling* dengan probabilitas 26,46%. Hasil tersebut dikonfirmasi pada metode *Slope mass Rating* (SMR) dengan potensi yang lebih memungkinkan adalah longsoran topling yang menunjukkan jenis longsoran yang sama yaitu dengan nilai SMR = 57 masuk klas III.
c. Perlu dilakukan kajian pendekatan karakterisasi dengan menggunakan metode empiric lainnya untuk analisis kestabilan lereng secara detail.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pimpinan serta karyawan PT. Harmak Indonesia yang telah memberikan kesempatan bagi saya untuk melakukan penelitian. Penulis juga mengucapkan terimakasih pada dosen pembimbing yang telah mengajari dan membimbing dalam proses penelitian dan penulisan jurnal.

DAFTAR PUSTAKA

Bieniawski, Z. T. 1984. *Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling*. John Wiley and Sons. Canada

Bieniawski, Z. T., 1989, "*Enginering Rock Masss Classifications*", John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.

Deere, D.U., and Deere, D.W., "*Rock Quality Designation* (RQD) *after Twenty Years"*, US Army Corps of Engineer, Washington, 1989

Goodman, R.,E., 1989. Intr*udiction to rock mechanics. 2nd edition*, John Wiley & Sons, New York

Hoek, E. And Bray, J.W., 1981. *Rock Slope Engineering, revised 3rd ed*., The institution of Mining and Metallurgy, London

Momeni, A.A., Khanlari, G.R., Heidari, M., Sepahi, A.A., & Bazvand, E., 2015, *New Engineering Geological Weathering Classifications for Granitoid Rocks*, Engineering Geology, 185, 43-51

Orhan, M., Isik, N. S., Topal, T., & Ozer, M., 2006, Effect of Weathering on the Geomechanical Properties of Andesite, Ankara – Turkey, Vol 50, Page 85100.

Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosidi, H.M.D., 1995, Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa

Rai, M. A, Kramadibrata, S, dan Watimena, R. K, 2012, *"Mekanika Batuan",* ITB, Bandung

Romana, M. 1985. *New adjustment ratings for application of Bieniawski classifications to slopes*. Proceeding of Rock Mechanics. Zacatecas, Mexico, 49-53pp.

Romana, M. 1993. *A Geomechanical Classification for Slopes*: *Slope Mass Rating, dalam Comprehensive Rock Engineering,* Editor: Hudson, J.A. Pergamon, Vol. 3, hal.575-600