

PENERAPAN METODE KLASIFIKASI MASSA BATUAN (RMR DAN Q-SLOPE) PADA LERENG JALAN di DESA GIRIMULYO, KECAMATAN PANGGANG, KABUPATEN GUNUNG KIDUL, D.I YOGYAKARTA

Arga Satria Tama, S. Koesnaryo, Ansyarullah

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Jl. SWK no. 104 (Lingkar Utara, Condongcatur, Kec. Depok, Sleman, DIY)

argadandu94@gmail.com

ABSTRAK

Penilaian awal kestabilan lereng sangat penting untuk dilakukan, karena berhubungan dengan keamanan dan keselamatan manusia terutama untuk lereng jalan serta mempengaruhi efektivitas kerja dalam penambangan. Massa batuan yang umumnya dipotong oleh struktur geologi khususnya bidang diskontinu, perlu untuk diketahui orientasi serta *Properties* dari bidang diskontinu ((*Persistence* (kemenerusan), *Aperture* (pemisahan bukaan), *Roughness* (kekasaran), *Gouge/Filling* (isian) dan *Weathered* (pelapukan)). Klasifikasi massa batuan, merupakan metode yang tepat untuk mewakili karakteristik massa batuan. Klasifikasi yang digunakan untuk penilaian massa batuan pada lereng yaitu klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Q-Slope* untuk mengetahui tingkat kestabilan dari lereng berdasarkan kemiringan serta mendapatkan rekomendasi kemiringan.

Dari pengamatan di lapangan, diperoleh ketinggian lereng yaitu 15 m dan kemiringan lereng 60° . Pemetaan diskontinu dilakukan dengan menggunakan metode *Scanline* dengan panjang garis bentangan yaitu 65,20 m, didapatkan data sebanyak 66 data. Berdasarkan penilaian RMR lereng penelitian memiliki nilai bobot sebesar 67 (kuat). Sementara untuk penilaian *Q-Slope* yang mempertimbangkan stabilitas lereng berdasarkan kemiringan, lereng terbilang aman dengan bobot sebesar 4,2. *Q-Slope* juga memberikan rekomendasi kemiringan berdasarkan garfik probabilitas *Q-Slope* yaitu $77,6^\circ$, 80° , $82,8^\circ$, $86,2^\circ$.

Kata kunci: kestabilan lereng, diskontinuitas, RMR, *Q-Slope*

PENDAHULUAN

Dalam penilaian kestabilan lereng, karakteristik massa batuan dari material pembentuk lereng sangat penting untuk diketahui. Klasifikasi massa batuan, merupakan metode yang sangat tepat untuk mewakili karakteristik massa batuan, khususnya bidang diskontinuitas seperti *Joint* (kekar), *Fault* (patahan), *Bedding* (bidang perlapisan), *Shear Zone* (zona geser), *Cleavage*, dan *Foliation* (foliasi) yang menyebabkan terbentuknya blok pada lereng batuan.

Keberadaan bidang diskontinu dapat menyebabkan terjadinya penurunan pada kekuatan batuan. Semakin lemah kekuatan batuan, maka semakin banyak bidang diskontinu yang memotong massa batuan. Adanya bidang diskontinu pada massa batuan dapat menyebabkan terjadinya longsoran pada suatu lereng. Selain itu, perilaku massa batuan juga dipengaruhi oleh kondisi bidang diskontinu seperti *Persistence* (kemenerusan), *Aperture* (pemisahan bukaan), *Roughness* (kekasaran), *Gouge/Filling* (isian) dan *Weathered* (pelapukan).

Persebaran batugamping yang terdapat di daerah Gunungkidul cukup luas, dapat dilihat dari lokasi yang terdapat hampir di seluruh pinggiran jalan Gunungkidul. Batugamping secara umum memiliki

kuat tekan yang rendah sehingga pada saat memperoleh tegangan dan telah melampaui batas elastisitasnya, maka bidang diskontinu akan terbentuk di batuan. Tegangan tersebut dapat berasal dari mekanisme pembebanan gravitasi ataupun tektonik. Menurut Wyllie dan Mah (2004) Orientasi diskontinuitas merupakan faktor geologi utama yang mempengaruhi stabilitas batuan. 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.

Untuk itulah, karakterisasi massa batuan dengan menggunakan metode klasifikasi massa batuan perlu dilakukan. Klasifikasi massa batuan ini dapat memberikan informasi mengenai parameter yang paling berpengaruh terhadap perilaku massa batuan dan mendeskripsikan kelas massa batuan serta menghasilkan data kuantitatif untuk desain rekayasa.

DATA LAPANGAN

Data Topografi

Dari hasil pengamatan, didapatkan data ketinggian lereng yaitu 15 meter dengan menggunakan *Global*

Positioning System (GPS) dan kemiringan lereng 60° menggunakan kompas jenis *clinometer*.

Pemetaan Bidang Diskontinu

Hal pertama yang dilakukan adalah menentukan lintasan pengukuran pada lereng dengan menggunakan metode *Scanline* untuk mendapatkan data diskontinu berupa arah umum (*Strike*), kemiringan (*Dip*), jarak antar atau spasi kekar, panjang kekar, *Properties* bidang diskontinu (kekasaran, material pengisi, bukaan, kemenerusan dan pelapukan).

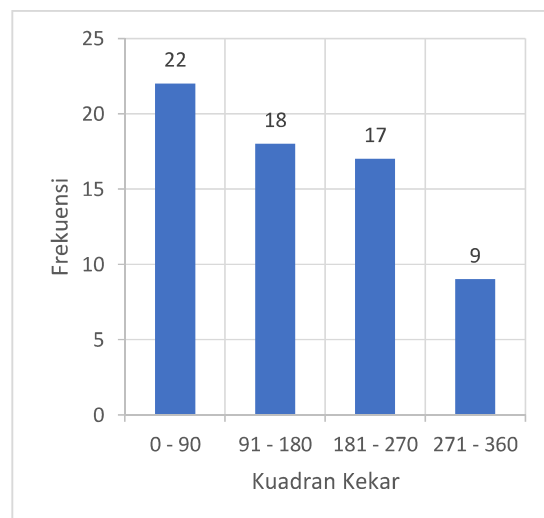
HASIL DAN DISKUSI

Pemetaan Diskontinu

Pemetaan diskontinu dilakukan pada muka lereng penelitian dengan metode *scanline* dengan panjang garis bentangan 65,20 m. Dari hasil pemetaan, didapatkan data sebanyak 66 data yang terekam disepanjang garis bentangan.

Orientasi diskontinu pada lereng penelitian menunjukkan distribusi data diskontinu yang terdapat di dinding lereng. Untuk mengetahui distribusi diskontinu, data pengukuran orientasi diskontinu berupa *dip-direction* akan dikelompokkan berdasarkan metode kuadran.

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



Gambar 1: Histogram Orientasi Diskontinu

Berdasarkan Gambar 1, distribusi kekar lebih banyak pada kuadran $0^\circ - 90^\circ$ yaitu 22 data kekar,

sedangkan kuadran $91^\circ - 180^\circ$ sebanyak 18 data, kuadran $181^\circ - 270^\circ$ sebanyak 17 data dan kuadran $271^\circ - 360^\circ$ sebanyak 9 data.

Klasifikasi Rock Mass Rating (RMR)

Sistem klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR), atau juga dikenal sebagai klasifikasi Geomekanik (*Geomechanics Classification*) diperkenalkan oleh Bieniawski pada tahun 1972-1973 dan terus dikembangkan hingga saat ini. Terdapat lima parameter utama yang digunakan untuk mendapatkan nilai dari sistem klasifikasi RMR. Pengamatan dan pengukuran dari kelima parameter akan dibobotkan sesuai klasifikasi massa batuan *Rock Mass Rating* (Bieniawski, 1989).

Kuat Tekan Tekan Batuan Utuh

Pada tahap ini, kuat tekan batuan utuh diperlukan untuk mengetahui kekuatan batuan pada suatu lereng. kuat tekan batuan utuh didapatkan dengan melakukan pengujian di Laboratorium yaitu uji *Uniaxial Comprehenssive Strength* (UCS). Dari hasil pengujian didapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 18,748.

Rock Quality Designation (RQD)

Berdasarkan kerapatan bidang diskontinu yang diukur pada muka lereng dengan metode *Scanline*, nilai RQD dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 (Priest & Hudson, 1976).

$$RQD = 100 e^{-0,1\lambda} (0,1\lambda + 1) \quad (1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai RQD lereng yaitu 98,89%.

Spasi Bidang Diskontinu

Spasi diskontinu didapatkan dengan membagi total jumlah kekar dan panjang *scanline*. Dalam Irwandy (2016) disebutkan bahwa panjang *scanline* minimum untuk pengukuran jarak bidang diskontinu adalah 50 kali jarak rata-rata bidang diskontinu yang hendak diukur. Sedangkan menurut ISRM (1981) panjang *scanline* cukup 10 kali jarak rata-rata diskontinu yang hendak diukur. Dari hasil perhitungan diperoleh spasi rata-rata diskontinu yaitu 0,99 m.

Kondisi Bidang Diskontinu

Kondisi bidang diskontinu didapatkan dari hasil pengamatan di lokasi penelitian. Parameter bidang diskontinu yang diamati adalah kemenerusan bidang diskontinu (*Persistence*), kekasaran bidang diskontinu (*Roughness*), bukaan (*Aperture*), material pengisi (*Gouge*) serta pelapukan (*Wheathered*).

Penilaian kondisi diskontinu dalam penelitian ini didasarkan oleh Bieniawski (1989) yaitu dengan

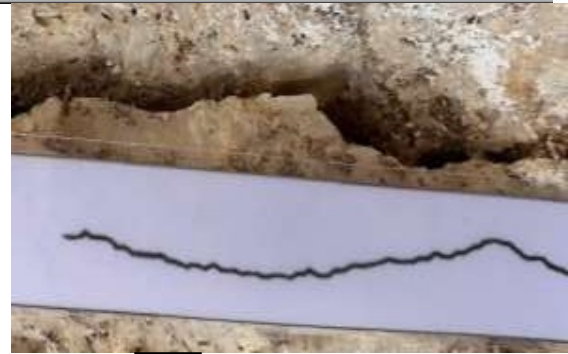
menjumlahkan nilai bobot kelima parameter kondisi diskontinu. Nilai bobot kemenerusan yaitu 4, nilai bobot bukaan yaitu 1, nilai bobot kekasaran yaitu 1, nilai bobot isian yaitu 4 dan nilai bobot pelapukan yaitu 5. Dari hasil penilaian kondisi kekar didapatkan nilai bobot kondisi kekar yaitu 15. Nilai ini menunjukkan bahwa kondisi kekar di lereng penelitian berada pada kondisi sedang. Kondisi dari kelima parameter yang menggambarkan kondisi kekar dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2 : Kondisi Kemenerusan Diskontinu Pada Lereng



Gambar 3 : Kondisi Bukaan Diskontinu Pada Lereng



a



b

Gambar 4 : Kondisi Kekasaran Diskontinu Pada Lereng Penelitian, (a) Rough dan (b) smooth



Gambar 5 : Kondisi Isian Diskontinu



a



b



c

Gambar 6 : Kondisi Pelapukan Kekar Pada Lereng Penelitian (a) Agak Lapuk, (b) Pelapukan Sedang dan (c) Tidak Lapuk

Air Tanah

Pengamatan air tanah pada bidang diskontinu dilakukan dengan memperhatikan kondisi umum dengan kategori kering (*Dry*), basah (*Wet*), lembab (*Damp*), menetes (*Dripping*), dan mengalir (*Flowing*).

Hasil pembobotan dari kelima parameter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 : Nilai RMR Lereng

NO	PARAMETER	BOBOT
1	Kuat Tekan	2
2	RQD	20
3	Jarak Kekar	15
4	Kondisi Kekar	15
5	Air Tanah	15

Klasifikasi *Q-Slope*

Q-Slope adalah klasifikasi metode empiris kestabilan lereng batuan yang pertama kali dipublikasikan oleh Neil Bar dan Nick Barton pada tahun 2015 yang merupakan pengembangan dari klasifikasi *Q-System* (Barton dkk, 1974) yang telah banyak diaplikasikan untuk klasifikasi massa batuan pada konstruksi dan tambang bawah tanah. Prinsip utama dari metode ini adalah mendapatkan lereng yang stabil tanpa perluatan dengan menyesuaikan sudut lereng dengan ketinggian lereng tunggal maksimal 30 meter. Penilaian metode *Q-Slope* didasarkan enam parameter utama untuk mengetahui peringkat klasifikasi massa batuan yakni RQD (*Rock Quality Designation*), J_n (jumlah set diskontinu), J_r (kekasaran bidang diskontinu), J_a (tingkat alterasi bidang diskontinu), J_{wice} (kondisi lingkungan dan geologi), dan SRF (*Stress Reduction Factor*), serta penambahan faktor orientasi kekar (*O-factor*), sehingga persamaan empirik yang digunakan dalam metode *Q-Slope* dapat dilihat pada persamaan 2 :

$$Q_{Slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right)_O \times \frac{J_{wice}}{SRF_{Slope}} \quad (2)$$

Barton dan Bar (2017) memberikan hubungan antara nilai *Q-Slope* dan sudut lereng (β) untuk ketinggian lereng kurang dari 30 meter dengan faktor probabilitas longsor 1%, 15%, 30%, dan 50% yang menggambarkan bahwa suatu lereng dikatakan stabil atau tidak stabil. Persamaan empirik yang menggambarkan probabilitas kelongsoran berdasarkan hubungan dengan nilai *Q-Slope* dapat dilihat pada persamaan 3 – 6.

1. Nilai PL 1 %, menggunakan persamaan

$$\beta = 20 \log_{10} Q_{slope} + 65^0 \quad (3)$$

2. Nilai PL 15%, menggunakan persamaan

$$\beta = 20 \log_{10} Q_{slope} + 67,5^0 \quad (4)$$

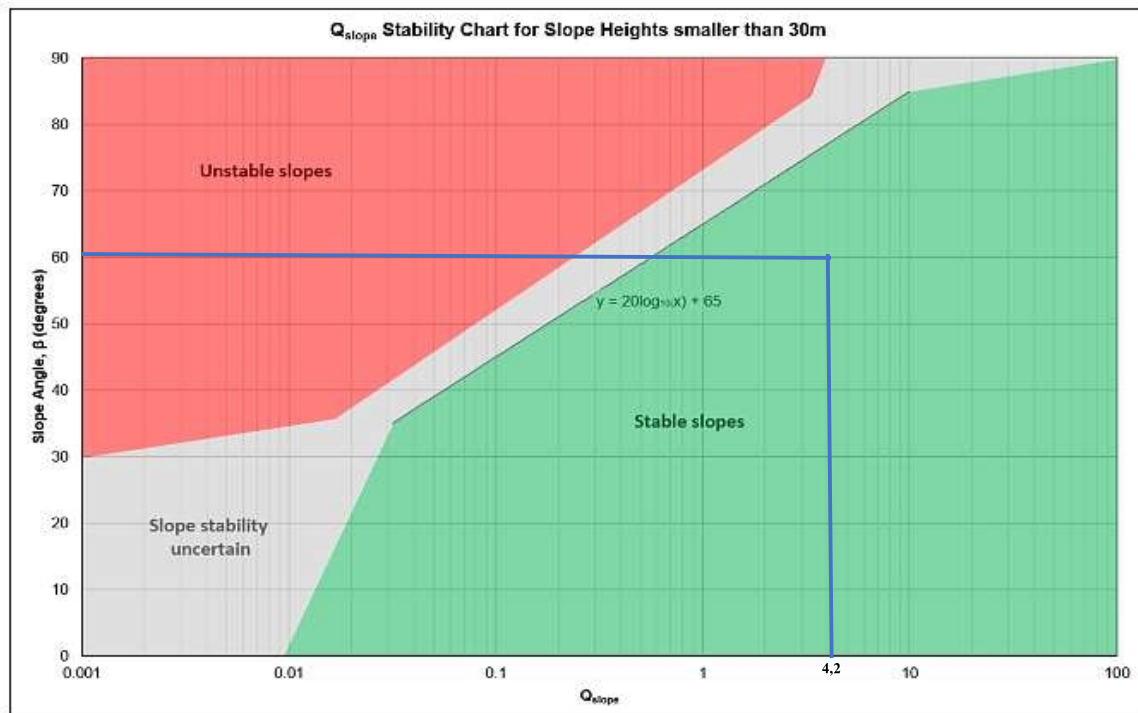
3. Nilai PL 30%, menggunakan persamaan

4. Nilai PL 50%, menggunakan persamaan
- $$\beta = 20 \log_{10} Q_{slope} + 70,5^0 \quad (5)$$
- $$\beta = 20 \log_{10} Q_{slope} + 73,5^0 \quad (6)$$
- Dimana PoF adalah probabilitas kelongsoran dan (β) adalah sudut lereng dimana PoF = 1% digunakan untuk memberikan anggapan bahwa lereng stabil karena probabilitas yang paling kecil. Berikut hasil dari penilaian *Q-Slope* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 : Nilai *Q-Slope* Lereng

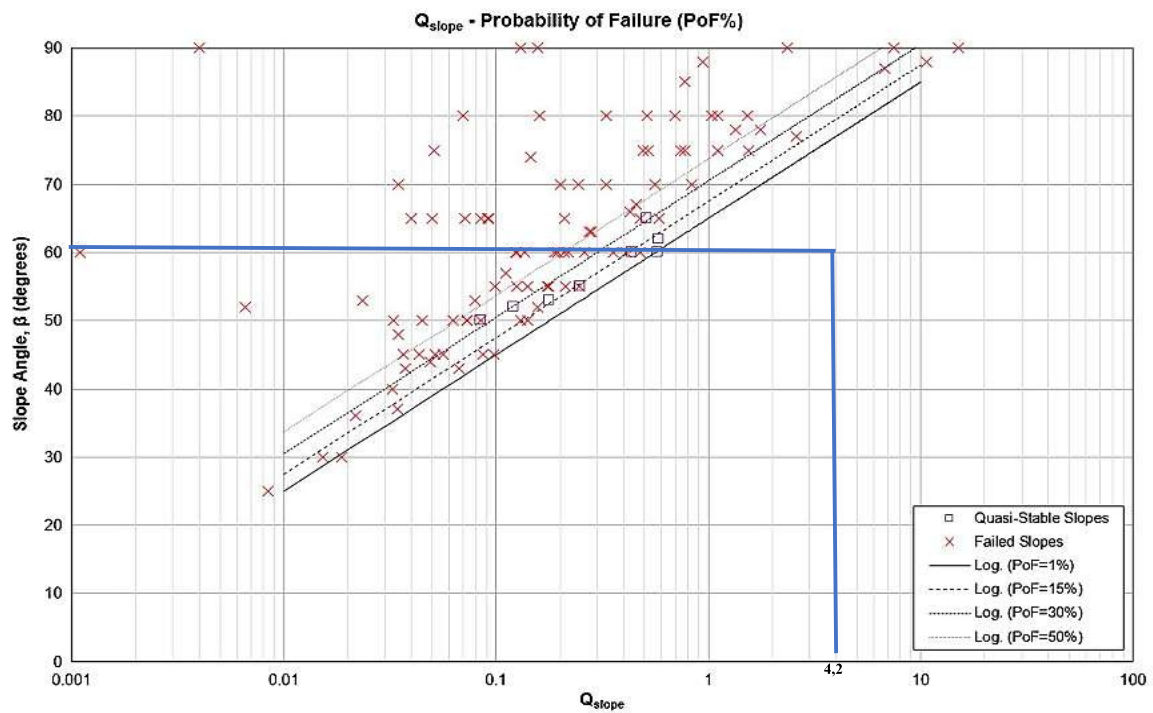
Sudut Lereng	RQD	Jn	Set	Jr	Ja	O	J_{wice}	SRFa	SRFb	SRFc	<i>Q-Slope</i>
60	98,89	9	A	2	4	1	0,3	2,5	2,5	1	4,2
			B	2	4	1	0,3	2,5	2,5	1	

selanjutnya dilakukan *plotting* pada grafik seperti pada Gambar 1.



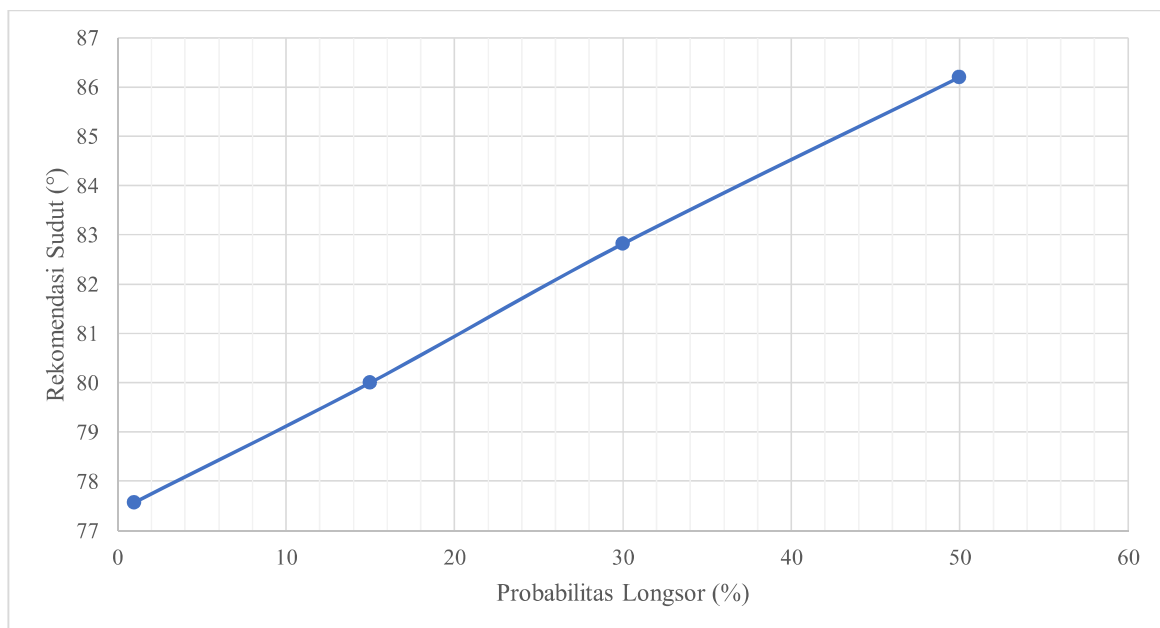
Gambar 7 : *Plotting* Pada Grafik *Q-Slope*

Dari grafik *Q-Slope* di atas, lereng penelitian berada dalam kondisi sangat aman. Ini dapat dilihat dari hasil *plotting* pada grafik probabilitas berdasarkan usulan Barton dan Bar (2017), seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 8 : Plotting Pada Grafik Probabilitas Kelongsoran Pada Lereng

Pada Gambar 3 berikut merupakan grafik yang menyatakan besarnya perubahan sudut pada masing-masing lereng yang sesuai dengan ketentuan syarat lereng aman berdasarkan nilai probabilitas kelongsoran (PL).



Gambar 9 : Rekomendasi Sudut Lereng Berdasarkan Q-Slope

PEMBAHASAN

Rock Mass Rating (RMR)

Dari nilai RMR yang telah didapatkan, lereng penelitian termasuk kedalam kelas II (kuat). Hal ini dapat dilihat dari penilaian pada masing-masing parameter masukan RMR, seperti yang akan di jelaskan selanjutnya.

Kuat Tekan Uniaxial Comprehensive Strength (UCS)

Berdasarkan hasil penilaian RMR dari sampel databerupa batugamping kristalin diperoleh hasil kuat tekan (UCS) rata-rata sebesar 18,748 MPa dengan bobot 2 (dua) yang berarti massa batuan tergolong lemah. Batugamping secara umum memiliki kuat tekan yang rendah sehingga pada saat memperoleh tegangan dan telah melampaui batas elastisitasnya, maka bidang diskontinu akan terbentuk di batuan.

Rock Quality Designation (RQD)

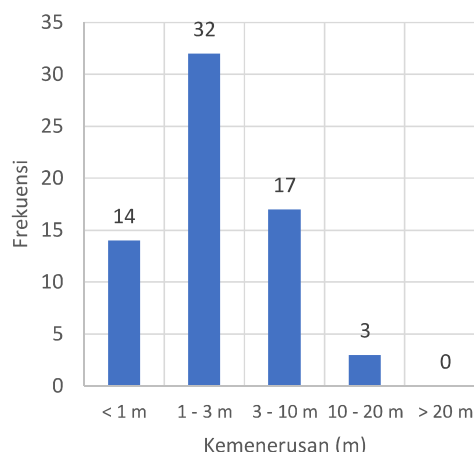
Nilai RQD dari diskontinuitas pada lereng penelitian memiliki nilai 98,89% dengan bobot 20 (dua puluh), memiliki arti bahwa diskontinuitas massa batuan pada lereng penelitian memiliki presentasi yang rendah sehingga dari parameter RQD, massa batuan di lereng penelitian tergolong baik karena intensitas kekar yang rendah.

Spasi Diskontinuitas

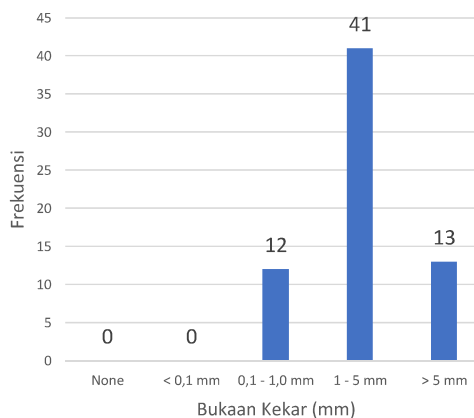
Kekar terbentuk di batuan pada saat batuan memperoleh tegangan dan telah melampaui batas elastisitasnya. Tegangan tersebut dapat berasal dari mekanisme pembebanan gravitasi ataupun tektonik. Adapun dari parameter spasi kekar memiliki nilai rata-rata 0,99 meter dengan bobot 15 (lima belas) yang berarti kekar pada lereng tidak begitu dominan sehingga massa batuan tergolong cukup baik.

Kondisi Diskontinuitas

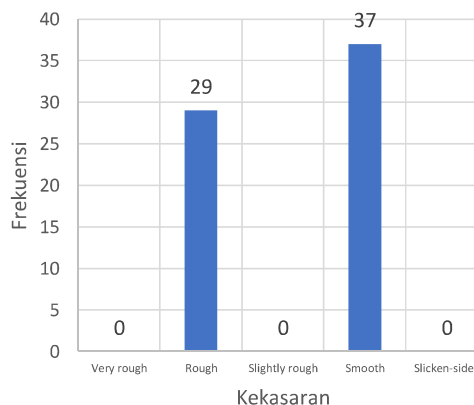
Untuk parameter kondisi kekar yang ditinjau dari tingkat kemenerusan, bukaan, kekasaran, isian dan pelapukan memiliki bobot 15 (lima belas) dari skala 0 – 30 yang berarti kekar memiliki kondisi sedang. Ini dapat dilihat pada histogram pada masing-masing parameter.



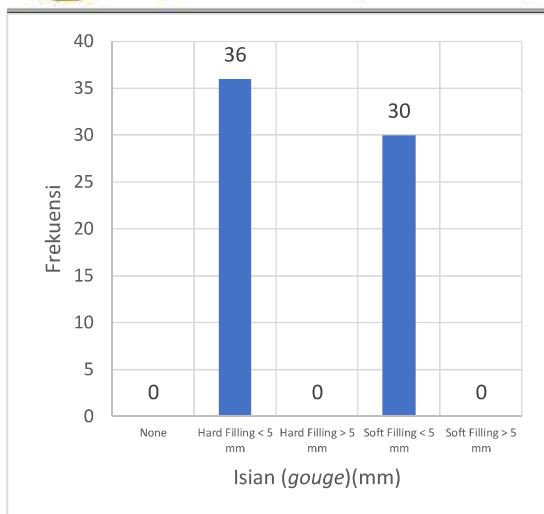
Gambar 10 : Histogram Kondisi Kemenerusan Kekar Pada Lereng



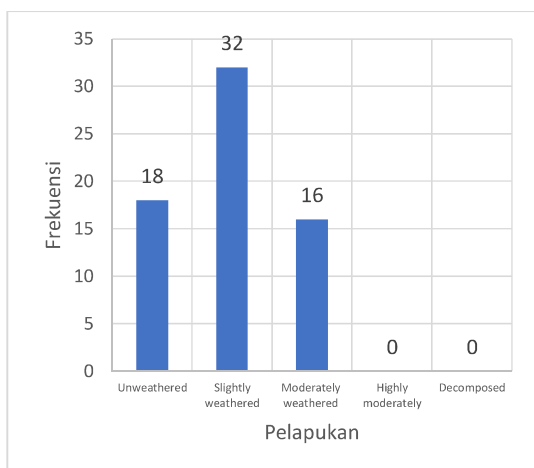
Gambar 11 : Histogram Kondisi Bukaan Kekar Pada Lereng



Gambar 13 : Histogram Kondisi Kekasaran Kekar Pada Lereng



Gambar 14 : Histogram Kondisi Isian Kekar Pada Lereng



Gambar 15 : Histogram Kondisi Pelapukan Kekar Pada Lereng

Q-Slope

Berdasarkan penilaian *Q-Slope*, menunjukkan bahwa lereng penelitian berada dalam kondisi yang aman. Metode ini menghubungkan antara kemiringan lereng dengan hasil penilaian parameter *Q-Slope* yang bernilai 4,2. Dalam hal upaya menstabilkan lereng penelitian, metode ini berfokus pada perubahan kemiringan lereng. Kemiringan yang direkomendasikan berdasarkan metode ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 : Rekomendasi Kemiringan Lereng (°)

No	Kemiringan (°)
1	77,6
2	80
3	82,8
4	86,2

Berdasarkan kedua metode empiris yang digunakan yaitu klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR) dan *Q-Slope*, lereng menunjukkan kondisi yang aman, ini ditunjukkan dengan nilai bobot yang di hasilkan dari kedua metode empiris yang digunakan. Berikut hasil dari kedua metode klasifikasi yang digunakan, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 : Hasil Karakterisasi Massa Batuan

Jenis Batuan	RMR	Q-SLOPE	Kelas Massa Batuan
			RMR
Gamping Kristalin	67	4,2	II (Kuat)

SIMPULAN

Dari jurnal ini dapat disimpulkan:

- kuat tekan batuan pada lereng sebesar 18,748 MPa dengan bobot 2 (dua). *Rock Quality Designation* dari diskontinuitas pada lereng penelitian memiliki nilai 98,89% dengan bobot 20 (dua puluh). Spasi kekar memiliki nilai rata-rata 0,99 meter dengan bobot 15 (lima belas) yang berarti kekar pada lereng tidak begitu dominan sehingga massa batuan tergolong cukup baik. kondisi kekar yang ditinjau dari tingkat kemenerusan, bukaan, kekasaran, isian dan pelapukan memiliki bobot 15 (lima belas) dari skala 0 – 30 yang berarti kekar memiliki kondisi sedang. Sementara pada kondisi air tanah, setelah dilakukan pengamatan langsung masuk kedalam kategori kering dengan bobot 15. Berdasarkan bobot dari kelima parameter klasifikasi RMR, lereng memiliki nilai bobot 67 dengan kelas massa batuan II (kuat).
- Klasifikasi *Q-Slope* memberikan penilaian stabilitas lereng berdasarkan enam parameter utama yakni RQD (*Rock Quality Designation*), Jn (jumlah set diskontinu), Jr (kekasaran bidang diskontinu), Ja (tingkat alterasi bidang diskontinu), Jwice (kondisi lingkungan dan geologi), dan SRF (*Stress Reduction Factor*), serta penambahan faktor orientasi kekar (O-factor). Dari hasil *Plotting* pada grafik stabilitas lereng dan grafik probabilitas berdasarkan *Q-Slope*, lereng masih terbilang aman sebesar 4,2 pada kemiringan 60°.
- Metode empirik *Q-slope* memberikan hasil yang realistis dalam identifikasi stabilitas lereng dengan waktu yang relatif cepat dengan deskripsi kondisi lereng secara visual di lapangan serta dapat memberikan sudut rekomendasi dalam penilaian stabilitas lereng sehingga metode ini cukup dapat digunakan untuk identifikasi lereng alami atau lereng buatan pada pekerjaan tambang dan sipil dimana identifikasi lereng selama

konstruksi membutuhkan waktu yang cepat dan efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih teruntuk kedua orang tua beserta adik-adik yang selalu mendukung & mendoakan, serta semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, H. (2016). Pengaruh Bidang Diskontinu Terhadap Kestabilan Lereng Tambang-Studi Kasus Lereng Barat Daya Pb9s4 Tambang Terbuka Grasberg. Tesis Magister (tidak dipublikasi). Program Studi Rekayasa Pertambangan Bidang Khusus Geomekanika. ITB.
- Barton, N., Bar, N., 2015. *Introducing the Q-Slope Method and its intended use within Civil and Mining Engineering Projects*. EUROCK 2015 & 64th Geomechanics Colloquium, Schubert (ed).
- Barton, N., Bar, N., 2017. *The Q-Slope Method for Rock Slope Engineering*. Rock Mech Rock Eng. ©Springer-Verlag GmbH Austria 2017.
- Bemmelen, R.W. Van. 1949. *The Geology of Indonesia*, Vol. IA, The Hague Martinus Nijhoff, Netherland.
- Bieniawski, Z.T. 1989. *Engineering rock mass classifications*. New York: Wiley.
- Deere, D. U., Deere, D. W., "The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice" Rock Classification Systems for Engineering Purposes, ASTM STP 984, Louis Kirkaldie, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1989. PP. 91-101.
- ISRM (1981). *Rock Characterization, Testing and Monitoring*. International Society for Rock Mechanics, Suggested Methods.
- Made A. Rai, S. Kramadibrata, Wattimena, Ridho K. 2012. *Mekanika Batuan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Maulana. Sejarah Geologi Pegunungan Selatan. Tersedia:
<https://wingmanarrows.wordpress.com/2009/10/07/sejarah-geologi-zona-pegunungan-selatanjawa-timur/>. Diakses pada tanggal 7 Agustus 2016.
- Palmstrom, A. 2001. *Measurement and Characterization of Rock Mass Jointing in Insitu Characterization of Rock*. Balkema Publishers, Norway.
- Priest S. D., Hudson J. A., 1976. *Discontinuity Spacings in Rock*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. Vol. 13, pp. 135-148. Pergamon Press. Printed in Great Britain.
- Shang, J., West, L.J., Hencher, S.R., & Zhao, Z. (2018). Geological discontinuity persistence: Implications and quantification. *Engineering Geology*, 241. pp. 4154. ISSN 0013-7952.
- Singh, Bhawani., Goel, R. K., 2011. *Engineering Rock Mass Classification*. Edinburgh, London, New York, Oxford, Philadelphia, St. Louis Sydney Toronto.
- Wyllie, D.C., and Mah, C.W., 2004. *Rock Slope Engineering, Civil and Mining (4th ed.)*. SPON Press Taylor and Francis Group.