

PENGARUH ORIENTASI DISKONTINUITAS BATUAN TERHADAP STABILITAS LERENG DI RUAS JALAN UTARA GOA SUROCOLO BANTUL

Arie Noor Rakhman¹

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas AKPRIND Indonesia
Email: ¹arie_rakhman@akprind.ac.id

Masuk: 21 Februari 2024, Revisi masuk: 22 Maret 2024, Diterima: 29 Maret 2024

ABSTRACT

Geological structure affects rock slope stability, especially in Bantul area around Kali Opak since the 2006 tectonic earthquake. The research objective was to evaluate the influence of rock discontinuity orientation on rock slope stability. Seven rock slopes were studied on the edge of the north access road of Surocolo Cave, Bantul Regency. The 1979 version of the Rock Mass Rating (RMR) value (43-72) showed that the rock slopes tended to be stable. The 1989 version of RMR was applied by adding discontinuity orientation parameters resulting in a decrease in value (25-72). This decrease in value is supported by the results of kinematics analysis that indicates the potential for wedge avalanches, the result of the intersection of two sets of bridles in the direction of N292°E - N322°E, parallel to the slope of N300°E - N318°E. Statistical testing results from the t-test show that the resulting p value (0.136) is greater than the significance level (0.05). This indicates that the addition of the parameter has no significant effect on the difference in the values of the two RMRs. The lowest value of the 1989 version of RMR can be used to identify which slopes need priority treatment and further monitoring among the slopes studied at the research site.

Keywords: *Discontinuity, Slope, Kinematics, Influence, RMR.*

INTISARI

Struktur geologi mempengaruhi stabilitas lereng batuan, terutama di daerah Bantul sekitar Kali Opak sejak gempa tektonik tahun 2006. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh orientasi diskontinuitas batuan terhadap stabilitas lereng batuan sebagai bagian dari mitigasi bencana longsor. Lokasi penelitian dilakukan pada tujuh lereng batuan di tepi ruas jalan akses utara Goa Surocolo, Kabupaten Bantul. Penilaian stabilitas lereng dengan menggunakan Rock Mass Rating (RMR) versi 1979 dengan rentang antara 43 hingga 72 menunjukkan lereng batuan cenderung stabil. Setelah RMR 1989 diterapkan dengan penambahan parameter orientasi diskontinuitas terdapat penurunan nilai menjadi 25 hingga 72. Penurunan nilai ini didukung dengan hasil analisis kinematika yang mengindikasikan potensi longsor baji yang berasal dari perpotongan dua set kekar dengan arah N292°E - N322°E, sejajar dengan kemiringan lereng N300°E - N318°E. Hasil pengujian statistik dari uji t menunjukkan bahwa nilai p yang dihasilkan (0,136) lebih besar dari tingkat signifikansi (0,05). Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan parameter orientasi kekar pada RMR tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap perbedaan kedua nilai RMR tersebut. Nilai RMR versi 1989 yang terendah dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi lereng mana yang membutuhkan prioritas dalam penanganan dan pemantauan lebih lanjut di antara lereng yang diteliti di lokasi penelitian.

Kata-kata kunci: Diskontinuitas, Lereng, Kinematika, Pengaruh, RMR.

PENDAHULUAN

Lereng merupakan permukaan terbuka yang membentuk sudut tertentu dengan bidang datar. Permukaan lereng disusun oleh material yang dibedakan menjadi lereng batuan, lereng tanah, dan lereng campuran (Oktafiani et al., 2022). Lereng dapat terbentuk secara alamiah atau buatan (hasil rekayasa manusia) (Wahyudi &

Agustina, 2022). Stabilitas lereng batuan di utara kawasan wisata Gua Surocolo, Bantul menjadi perhatian penelitian, mengingat lereng batuan yang rentan longsor dapat mengganggu ruas jalan utama di sisi utara akses destinasi wisata tersebut. Di kawasan wisata goa buatan bersejarah di Pundong, selain obyek wisata Gua Surocolo sebagai peninggalan Mataram Hindu dan Mataram

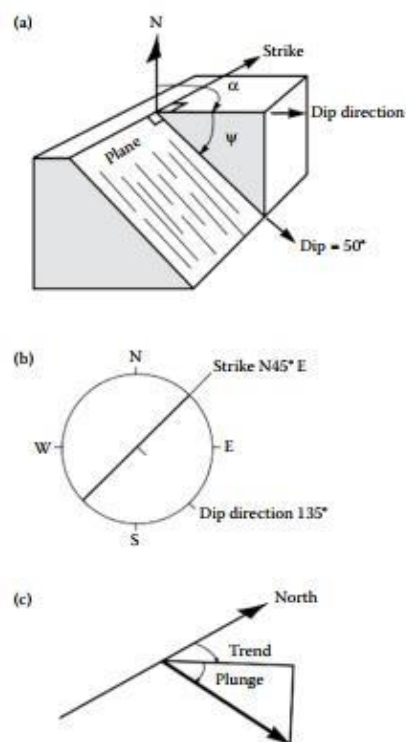
Islam, juga terdapat Gua Pendem sebagai peninggalan sejarah di era penjajahan Jepang (Jadesta, 2024). Ruas jalan sisi utara tersebut merupakan akses yang cenderung lebih mudah dicapai wisatawan daripada menggunakan akses selatan yang jauh dan curam jika ditempuh dari Kota Yogyakarta.

Beberapa peneliti telah melakukan penyelidikan stabilitas lereng dengan menggunakan sistem *Rock Mass Rating* (RMR) di daerah penelitian dan sekitarnya. Penelitian tersebut telah dilakukan pada lereng lava andesit di Jelapan (Rakhman & Heriyadi, 2017), lereng lava andesit di Seloharjo (Rakhman et al., 2019), lereng lava andesit dan batugamping di perbukitan Parangtritis (Triana & Hermawan, 2020), dan lereng perselingan batupasir tufan dan tuf di Patuk (Juhari et al., 2021). Namun demikian belum secara detail mengenai pengaruh kondisi orientasi diskontinuitas dan lereng dengan pendekatan metode RMR versi 1979 dan 1989. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh kondisi orientasi diskontinuitas tersebut terhadap stabilitas lereng di ruas jalan sisi utara Goa Surocolo, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Berdasarkan peta geologi lembar Yogyakarta, batuan di lokasi penelitian terdiri dari perselingan batupasir tufan dan tuf bagian dari Formasi Semilir, batuan lava andesit bagian dari Formasi Nglanggran, sedangkan batugamping bagian dari Formasi Wonosari. Sebaran batuan-batuan tersebut terpotong oleh struktur geologi yang berperan sebagai diskontinuitas batuan. Struktur tersebut berupa Sesar Opak sebagai utama, dan Sesar Girijati di tenggara – selatan Sesar Opak sebagai sesar penyerta (minor) dari Sesar Opak (Rahardjo et al., 1977, 2012). Peneliti lainnya mengemukakan bahwa selain Sesar Girijati terdapat sesar penyerta lainnya yang terdapat di perbukitan timur Kali Opak, antara lain Sesar Parangtritis (Husein et al., 2010), Sesar mendatar Ngreco, Sesar (diperkirakan sesar turun) Kalipakem, Sesar turun Poyahan (Triana & Hermawan, 2020). Sesar Parangtritis berarah utara – selatan, sejajar dengan Sesar Girijati, yang terbentuk dari aktivasi pergerakan normal Sesar Girijati. Sedangkan sesar-sesar penyerta lainnya yang terbentuk di timur Sesar Opak tersebut diduga terbentuk sebagai struktur geologi yang teraktivasi setelah gempa

utama Bantul tahun 2006 (Handayani, 2019).

Diskontinuitas batuan merupakan struktur geologi yang alami, mampu menyebabkan pecahnya batuan melalui bidang strukturnya (Price et al., 2009; Zhang, 2016), termasuk permukaan diferensiasi material dan diskontinu seperti kekar, sesar, lapisan, ketidakselarasan, dan skistositas (Li, 2019). Visualisasi diskontinuitas dari kekar dan sesar dalam bentuk diagram blok, posisi stereografis dan arah kedudukan orientasi diskontinuitas dan lereng batuan disajikan pada gambar berikut



Gambar 1. Terminologi yang mendefinisikan orientasi diskontinuitas (Wyllie, 2018)

Gambar tersebut menunjukkan terminologi pendefinisian dari orientasi diskontinuitas, yang terdiri dari : (a) pandangan isometrik bidang (arah kemiringan dan penunjaman); (b) tampilan dalam pandangan stereografis; dan (c) penampilan dalam bentuk garis isometrik (Wyllie, 2018).

Diskontinuitas batuan mengakibatkan pemisahan massa batuan dan menciptakan bidang lemah yang berpotensi menyebabkan keruntuhan pada lereng batuan (Wyllie, 2018). Dalam investigasi stabilitas lereng batuan terdapat dua langkah penting. Pertama, identifikasi

sifat-sifat diskontinuitas dari hasil pemetaan singkapan dan hasil pemboran. Kedua, evaluasi pengaruh diskontinuitas terhadap stabilitas, meliputi hubungan antara orientasi diskontinuitas dan karakteristik permukaan lereng. Dalam perancangan lereng perlu mengenali potensi masalah stabilitas pada tahap awal penyelidikan geoteknik. Hal ini dikarenakan berbagai jenis keruntuhan lereng berkaitan erat dengan struktur geologi yang berbeda (Wyllie & Mah, 2004).

Rock Mass Rating (RMR) merupakan salah satu sistem klasifikasi massa batuan yang dapat dipergunakan untuk menilai stabilitas lereng batuan. RMR mengalami perkembangan dalam beberapa tahun. RMR dikembangkan oleh Bieniawski dengan mengidentifikasi massa batuan atas kelompok struktural secara homogen dan mengklasifikasikan kualitas massa batuan (Chen & Yin, 2019; Larbi et al., 2012). RMR diperkenalkan oleh Bieniawski, mulai dari tahun 1974 untuk stabilitas lereng terpotong (Alashti, 2018). RMR dimodifikasi untuk dapat dipergunakan pada terowongan dan pondasi bendungan pada tahun 1976 (Aksoy, 2008). Pada tahun 1979, RMR menggunakan lima parameter untuk penilaian lereng (Basahel & Mitri, 2017; Romana et al., 2003). Parameter dengan nilai bobot untuk RMR tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Lima parameter pada RMR (Bieniawski, 1989)

Parameter	Selang nilai					
R1 Kekuatan batuan	Indeks Kekuatan Point Load (MPa)	> 10	4 - 10	2 - 4	1 - 2	Untuk nilai yang kecil dipakai UCS
Utuh	Kuat tekan uniaxial (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5-25 1-5 <1
Pembobotan		15	12	7	4	2 1 0
R2 RQD (%)		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25
Pembobotan		20	17	13	8	3
R3 Spasi rekahan		> 2 m	0,6 - 2 m	0,2 - 0,6	60 - 200 mm	< 60 mm
Pembobotan		20	15	10	8	5
R4 Kondisi rekahan	Permukaan sangat kasar, renggangan tidak menerus 1 mm, agak tidak renggang tidak lapuk	Agak kasar, renggangan 1 mm, agak lapuk	Agak kasar, renggangan 1 mm, agak lapuk	Slickenside / gauge < 5 mm renggangan 1 mm, menerus	Gauge lemah, tebal > 5 mm, menerus	
Pembobotan		30	25	20	10	0
R5 Air tana	Aliran / panjang terowongan (L/min)	Tidak ada	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125
Tekanan pori Teg. Utama maks		0	< 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5
Keadaan umum		Kerino	Lembab	Basah	Menetes	Mendalir
Pembobotan		15	10	7	4	0

RMR versi tahun 1979 dikenal sebagai RMR dasar yang banyak dipakai pada pekerjaan konstruksi stabilitas lereng (Romana et al., 2003). Pada tahun 1989, Bieniawski menjadikan sistem RMR mempunyai 6 parameter (dengan simbol R1

hingga R6), yaitu menambahkan parameter kondisi orientasi diskontinuitas pada RMR dasar atau RMR versi tahun 1979 (Bieniawski, 1989). RMR versi tahun 1989 ini versi revisi terakhir bagi penggunaannya untuk penilaian stabilitas lereng batuan (Larbi et al., 2012; Soufi et al., 2018). Meskipun telah memodifikasi sedemikian rupa, Bieniawski menyarankan untuk memodifikasi RMR versi 1979 lebih lanjut dengan memperhatikan kondisi orientasi diskontinuitas dan lereng batuan, sebagaimana rekomendasi Bieniawski menggunakan sistem Slope Mass Rating (SMR) yang telah dikembangkan Romana tahun 1985 yang memodifikasi fitur dari parameter ke-6 tersebut (Romana et al., 2003, 2015). Parameter ke-6 sebagai penilaian orientasi kekar dengan nilai bobot dapat disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. Penilaian parameter ke-6 pada RMR versi 1989 (Bieniawski, 1989)

Orientasi jurus dan kemiringan	Terowongan	Pondasi	Lereng
Sangat menguntungkan	0	0	0
Menguntungkan	-2	-2	-2
Sedang	-5	-7	-25
Tidak menguntungkan	-10	-15	-50
Sangat tidak menguntungkan	-12	-25	-60

Beberapa peneliti memilih versi RMR tertentu, seperti Laubscher (1976) atau Kendorski, dkk. (1983). Pilihan ini bergantung pada tingkat sensitivitas yang dibutuhkan dan metode desain yang digunakan sehingga menghasilkan nilai yang bervariasi (Milne et al., 1998). Pendeskripsian kelas dari hasil penjumlahan parameter RMR dapat dilihat pada tabel berikut.

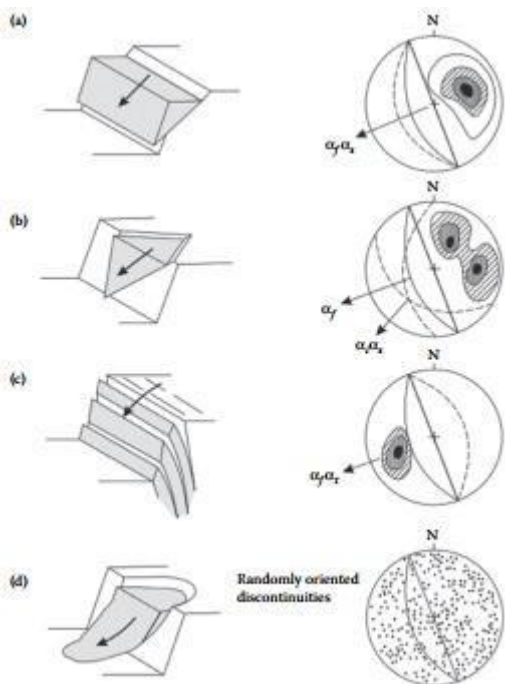
Tabel 3. Deskripsi kelas hasil jumlah nilai RMR (Bieniawski, 1989)

Nilai RMR	Nomor Kelas	Pemerian
100-81	I	Sangat baik
80-61	II	Baik
60-41	III	Sedang
40-21	IV	Buruk
>21	V	Sangat buruk

Masing-masing kelas hasil penjumlahan nilai pembobotan pada sistem RMR mempunyai estimasi nilai sudut gesek dalam

(ϕ) dengan batas tertentu (Singh & Goel, 2011; Vásárhelyi, 2009). Nilai sudut gesek dalam yang terendah menjadi pertimbangan untuk menentukan potensi stabilitas longsorannya. Prosentase kejadian potensi longsor dapat diketahui dari hasil analisis kinematika atas orientasi dari kedudukan diskontinuitas dan lereng batuan (Wyllie & Mah, 2004).

Hoek dan Bray (1981) mengklasifikasikan keruntuhan lereng batuan ke dalam empat kategori berdasarkan jenis dan tingkat kontrol struktural yang ada, termasuk longsor bidang atau planar (plane failure), longsor baji (wedge failure), longsor busur (circular failure), dan longsor penggulingan atau jungkiran (toppling failure). Meskipun demikian, dalam konteks praktis, lereng batuan yang sebenarnya cenderung menunjukkan berbagai jenis keruntuhan yang diinduksi oleh kompleksitas struktur geologi yang beragam (Wyllie, 2018). Ilustrasi tipe keruntuhan berdasarkan analisis kinematika dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Tipe keruntuhan lereng berdasarkan analisis kinematika menurut Hoek dan Bray (1981) (Wyllie, 2018)

Gambar di atas menunjukkan empat tipe keruntuhan lereng yang terdiri dari: (a) tipe keruntuhan planar; (b) tipe keruntuhan baji; (c) tipe keruntuhan jungkiran; dan (d) tipe

keruntuhan busur atau melengkung (Wyllie, 2018)

Analisis kinematika lereng batuan tersebut menyediakan informasi mengenai arah pergerakan blok batuan, yang berperan penting dalam memberikan pemahaman lebih dalam terhadap kondisi stabilitas dan potensi risiko keruntuhan lereng. Proses analisis kinematika melibatkan penafsiran terhadap pergerakan relatif antar blok batuan atau diskontinuitas pada suatu lereng atau dinding batuan, menyediakan hal yang mendasar bagi evaluasi stabilitas geoteknik (Wyllie & Mah, 2004).

Selain untuk mengevaluasi pengaruh orientasi diskontinuitas batuan terhadap stabilitas lereng batuan, hasil penelitian ini bermanfaat dalam memberikan kontribusi yang signifikan dengan merekomendasikan penggunaan RMR yang disesuaikan dengan kondisi lereng batuan untuk penilaian stabilitas lereng, sehingga dapat efektif dalam upaya mitigasi bencana longsor di ruas jalan akses utara Goa Surocolo, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan tahap studi pustaka yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Hasil studi yang dipelajari meliputi studi kondisi geologi regional dan lokal, perkembangan struktur geologi, macam metode penilaian stabilitas lereng. Data ataupun hasil penelitian ini dapat menjadi data sekunder yang mendukung pembuktian hipotesis penelitian.

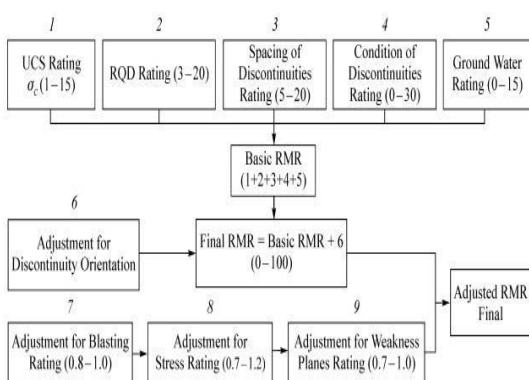
Selesai tahap studi lanjut maka dilanjutkan dengan tahapan penelitian berikutnya berupa pengumpulan dan pengolahan data. Jenis data yang dikumpulkan menjadi data primer. Data ini terdiri dari data lapangan dan data laboratorium atau studio.

Data lapangan berupa data yang diperoleh secara empiris dari hasil pengamatan jenis batuan dan diskontinuitas batuan di lapangan. Penentuan penamaan batuan diperoleh dari hasil deskripsi batuan secara megaskopis. Data diskontinuitas batuan dikumpulkan sesuai dengan data empiris yang diperlukan untuk penilaian parameter RMR. Salah satu parameter RMR yaitu kekuatan batuan (*strength*) diperoleh dari hasil pengujian UCS di laboratorium. Sampel batuan yang diuji merupakan sampel batuan utuh (*intact*) yang diambil

langsung dari lapangan, yang selanjutnya dipreparasi (pemotongan batuan) terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian.

Dalam penelitian ini analisis data dilakukan beberapa analisis, antara lain: klasifikasi massa batuan, analisis kinematika, dan analisis statistik. Klasifikasi massa batuan didasarkan atas hasil penilaian dari data diskontinuitas batuan dan pengujian kekuatan batuan. Dalam penelitian ini, terdapat dua sistem klasifikasi massa batuan yang diuji, yaitu RMR versi 1979 dan 1989.

Penilaian RMR versi 1979 merupakan hasil penjumlahan dari lima parameter (R1 hingga R5) (Bieniawski, 1989; Romana, 1985). Prosedur sistem RMR versi 1989 menggunakan penjumlahan aljabar dari lima parameter pertama (RMR versi 1979) yang ditambahkan dengan parameter ke-6 (R6). R6 merupakan parameter yang berhubungan dengan orientasi kekar (Bieniawski, 1989, 1993). Perbedaan perhitungan dari kedua RMR dapat dijelaskan melalui bagan RMR yang dijelaskan oleh Aksoy (2008) sebagai berikut.



Gambar 3. Bagan algoritma perhitungan RMR (Aksoy, 2008)

Pada gambar tersebut RMR versi 1979 disebut sebagai RMR dasar (*Basic RMR*), sedangkan RMR versi 1989 disebut sebagai Final RMR (Aksoy, 2008). Tahapan 7 hingga 9 tidak dilakukan dalam penelitian ini, hanya enam tahapan pertama pada prosedur tersebut yang diterapkan.

Analisis kinematika dilakukan dengan menggunakan data stabilitas lereng batuan yang memenuhi persyaratan keruntuhan yang dinyatakan oleh Hoek dan Bray (1981) (Wyllie, 2018). Data tersebut, antara lain: data geometri lereng, data diskontinuitas

batuan, data mekanika batuan. Setelah data tersebut dientrikan, dilanjutkan dengan penentuan set diskontinuitas dan interpretasi jenis keruntuhan lerengnya. Penerapan analisis data ini menggunakan bantuan aplikasi software Dips versi ke-6 (Rocscience, 2024).

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif menggunakan metode uji statistik untuk mengetahui peran pengaruh kondisi orientasi diskontinuitas atas perbedaan perlakuan penerapan parameter tersebut pada RMR. Untuk menguji hipotesis adanya pengaruh orientasi lereng akibat perbedaan parameter RMR dari penambahan parameter ke-6 dari RMR versi 1979 sehingga menjadi RMR versi 1989, maka diperlukan pengujian hipotesis secara parsial atau uji statistik t. Uji statistik t atau *t-test* merupakan metode pengujian dari uji statistik parametrik (Sugiyono, 2017). Pengujian ini menunjukkan seberapa besar pengaruh satu variabel independen secara individual dalam menerangkan variabel dependen (Ghozali, 2016). Pengujian statistik t dilakukan dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 0,05 ($\alpha=5\%$). Kriteria dalam penerimaan atau penolakan uji hipotesis sebagai berikut. Apabila nilai signifikan $> 0,05$, maka hipotesis nol (H_0) diterima, dan hipotesis alternatif (H_1) ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa secara parsial, variabel independen tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen. Sebaliknya, jika nilai signifikan $< 0,05$, maka hipotesis nol (H_0) ditolak, dan hipotesis alternatif (H_1) diterima. Dalam konteks ini, dapat disimpulkan bahwa secara parsial, variabel independen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen.

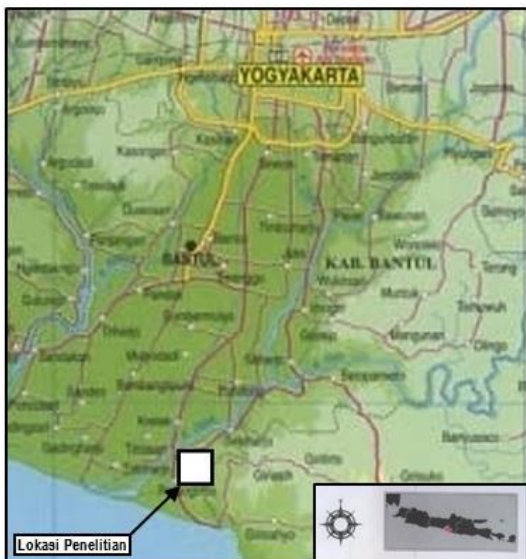
Untuk menganalisis pengaruh perlakuan orientasi diskontinuitas (kekar) pada RMR, Kaiser dan Gale (1985) menyarankan penggunaan studi probabilitas sebagai alat untuk mengevaluasi konsistensi dan kualitas data lapangan sebelum melakukan korelasi antar sistem klasifikasi massa batuan (Kaiser et al., 1986). Dalam konteks studi probabilitas, hal tersebut dilakukan dengan menggunakan analisis distribusi normal dari uji Kolmogorov Smirnov (Cichoń, 2020; Dimitrova et al., 2020). Dalam penelitian ini, data yang telah mengikuti distribusi normal, memungkinkan dilakukannya uji statistik parametrik, yaitu uji t. Dalam penelitian ini aplikasi software yang dipergunakan yaitu

Excel dari Microsoft Office Professional Plus 2013 (Gio & Rosmaini, 2016).

PEMBAHASAN

Berdasarkan posisi koordinat astronomis, penelitian telah dilakukan pada tujuh lereng batuan (RS) yang berada di 7°59'19,38" LS dan 110°19'18,84" BT (RS1), 7°59'20,23" LS dan 110°19'19,32" BT (RS2), 7°59'20,88" LS dan 110°19'19,09" BT (RS3), 7°59'19,23" LS dan 110°19'20,58" BT (RS4), 7°59'20,28" LS dan 110°19'22,03" BT (RS5), 7°59'25,08" LS dan 110°19'16,83" BT (RS6), serta 7°59'24,04" LS dan 110°19'18,08" BT (RS7).

Secara keseluruhan, massa batuan lava andesit pada tujuh lereng batuan tersebut mempunyai kekuatan batuan (R1) yang berkisar antara 18,71 hingga 61,69 MPa; presentasi nilai RQD (R2) antara 43,37 hingga 87,81%; jarak antar kekar (R3) berkisar antara 4 hingga 9 cm. Kondisi kekar (R4) dominan mempunyai permukaan bidang kekar sedikit kasar; renggang kurang dari 1 mm, beberapa dijumpai hingga 5 mm; permukaannya lapuk hingga sedikit lapuk. Kondisi keairan (R5) umumnya lembab dan beberapa lereng dijumpai dalam kondisi kering.



Gambar 4. Lokasi penelitian

Hasil penilaian untuk RMR versi 1979, yaitu 43 hingga 72, menunjukkan kelas II – III (klasifikasi stabilitas lereng sedang hingga baik). Penilaian sistem ini mengindikasikan bahwa lereng batuan cenderung stabil. Meskipun stabil, lereng batuan ini mempunyai potensi keruntuhan lereng.

Berdasarkan analisis kinematika pada tujuh lokasi lereng batuan, diperoleh hasil bahwa lereng batuan mempunyai potensi tipe keruntuhan lereng, yaitu longsoran baji. Kenampakan longsoran baji dengan blok batuan hasil perpotongan kekar di lapangan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Longsoran baji di lereng RS1

Hasil analisis ini juga menunjukkan potensi keruntuhan lereng (longsor) mengikuti orientasi kekar (R6) berkedudukan arah longsoran baji dari perpotongan dua set kekar ke arah N292°E - N322°E searah dengan kemiringan lereng N300°E - N318°E. Penambahan parameter ke-6 (R6) pada RMR menjadikan nilai RMR versi 1989 cenderung menjadi lebih rendah, berkisar antara 25 hingga 72. Hasil penilaian RMR dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Hasil penilaian RMR

Lereng batuan	RMR	RMR
	versi 1979	versi 1989
RS1	43	41
RS2	67	67
RS3	50	25
RS4	55	30
RS5	60	58
RS6	65	65
RS7	72	72

Pengujian statistik untuk data variabel yaitu RMR versi 1979 dan RMR versi 1989 dengan uji Kolmogorov Smirnov dapat dilihat pada tabel berikut.

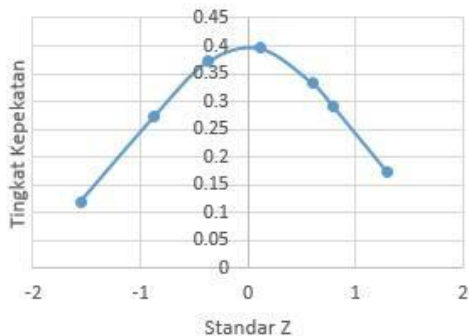
Tabel 5. Hasil uji Kolmogorov Smirnov

Variabel	RMR	RMR
	versi 1979	versi 1989
Rata-rata	58,857	51,143
Simpangan baku	10,189	18,969

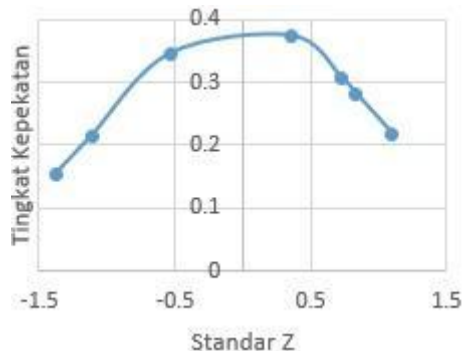
Nilai $ ft - fs $ terbesar (D)	0,099	0,153
--------------------------------	-------	-------

Keterangan:
ft :kumulatif teoritis distribusi normal
fs :fungsi distribusi kumulatif empiris
Ambang batas signifikansi Kolmogorov Smirnov dengan tingkat signifikansi (α) 0,05 pada 7 data (n) = 0,483

Visualisasi grafik kurva distribusi normal sebagai berikut.



Gambar 6. Grafik kurva distribusi normal data RMR versi 1979



Gambar 7. Grafik kurva distribusi normal data RMR versi 1989

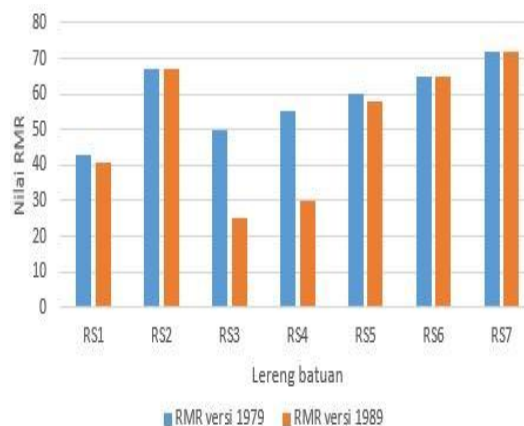
Berdasarkan analisis distribusi normal dari uji Kolmogorov Smirnov menunjukkan bahwa nilai D lebih kecil daripada nilai ambang batas signifikansi Kolmogorov Smirnov sehingga kedua data variabel tersebut telah mengikuti distribusi normal dan memungkinkan untuk dilakukannya uji statistik parametrik, uji t.

Dalam penelitian ini, uji statistik parametrik yang digunakan yaitu *t-test of related* (Sugiyono, 2017). *T-Test: Paired Two Sample for Means* digunakan untuk menguji hipotesis komparatif dua variabel yang berhubungan tersebut. Hasil uji statistik disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6. Hasil t-Test untuk RMR

<i>t-Test: Paired Two Sample for Means</i>	RMR79	RMR89
Mean	58,85714	51,14286
Variance	103,8095	359,8095
Observations	7	7
Pearson Correlation	0,836622	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	6	
t Stat	1,723502	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	0,067783	
<i>t Critical one-tail</i>	1,94318	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	0,135567	
<i>t Critical two-tail</i>	2,446912	

Berdasarkan data penilaian RMR yang diperoleh, dapat diinterpretasikan sebagai berikut. Hasil analisis tersebut tidak menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara nilai RMR79 dan RMR89. Ini dikarenakan nilai p yang dihasilkan (0,136) lebih besar dari tingkat signifikansi (0,05). Sehingga, tidak cukup bukti untuk menolak hipotesis nol yang menyatakan tidak adanya perbedaan antara kedua nilai tersebut. Meskipun secara pengujian statistik dari semua data menunjukkan tidak ada pengaruh dari penambahan parameter orientasi kekar pada persamaan Bieniawski tersebut, namun secara rasional kedudukan orientasi kekar dan kekar menjadikan nilai RMR versi 1989 menjadi lebih rendah secara kontras daripada nilai RMR versi 1979. Bagan grafik batang dari nilai RMR versi 1979 dan 1989 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 8. Grafik batang nilai RMR

Berdasarkan gambar grafik nilai RMR, dapat diinterpretasikan bahwa terdapat perbedaan visual batang dari nilai kedua RMR tersebut. Hal ini mempermudah untuk mengidentifikasi lereng mana yang lebih memerlukan perhatian khusus untuk mitigasi bencana longsor. Dalam penelitian ini, kasus lereng RS3 merupakan lereng yang paling rentan longsor, disusul lereng RS4, sebagai lereng dengan stabilitas lereng yang buruk (Kelas IV) (Bieniawski, 1989).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dibahas, maka diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Meskipun penilaian RMR versi 1979 menunjukkan stabilitas lereng dalam kategori sedang hingga baik, analisis kinematika mengindikasikan potensi keruntuhan lereng dalam bentuk longsor baji. Potensi longsor baji ini berasal dari perpotongan dua set kekar dengan arah N292°E - N322°E, sejajar dengan kemiringan lereng N300°E - N318°E.
2. Adanya kecenderungan orientasi arah longsor yang sejajar dengan arah kemiringan lereng mengakibatkan penurunan nilai parameter orientasi diskontinuitas. Dengan demikian, ketika parameter ini dimasukkan dalam penilaian RMR versi 1989 (kisaran nilai 25 hingga 72), nilai-nilai tersebut menjadi lebih rendah dibandingkan dengan penilaian RMR versi 1979 (kisaran nilai 43 hingga 72).
3. Karakteristik lereng yang secara umum stabil didukung oleh hasil pengujian statistik dari uji t, yang menunjukkan bahwa nilai p yang dihasilkan (0,136) lebih besar dari tingkat signifikansi (0,05). Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan parameter orientasi kekar pada RMR tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap perbedaan antar kedua nilai RMR tersebut.
4. Dalam melakukan pencermatan lebih lanjut untuk mengidentifikasi lereng yang membutuhkan prioritas dalam penanganan dan pemantauan lebih lanjut, nilai RMR versi 1989 yang terendah dapat digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Aksoy, C. O. (2008). Review of Rock Mass Rating Classification: Historical Developments, Applications, and

Restrictions. *Journal of Mining Science*, 44(1), 51–63. <https://doi.org/10.1007/s10913-008-0005-2>

- Alashti, M. S. (2018). New Empirical Relations for Determination of Rock Slope Safety Factor in Fully rained Conditions on Section RS06 of Block five in Sungun Copper Mine. *East African Scholars Multidisciplinary Bulletin*, 1(3), 61–121. <https://doi.org/10.36349/easmb.2018.v01i03.005>
- Basahel, H., & Mitri, H. (2017). Application of rock mass classification systems to rock slope stability assessment: A case study. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 9, 993–1009. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2017.07.007>
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. John Wiley & Sons.
- Bieniawski, Z. T. (1993). Classification of Rock Masses for Engineering: The RMR System and Future Trends, Comprehensive rock engineering. In J. A. Hudson (Ed.), *Comprehensive Rock Engineering: Principles, Practice & Projects* (1st ed., pp. 553–573). Pergamon Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-042066-0.50028-8>
- Chen, Q., & Yin, T. (2019). Integration of Homogeneous Structural Region Identification and Rock Mass Quality Classification. *Royal Society Open Science Journal*, 6(1), 18. <https://doi.org/10.1098/rsos.181353>
- Cichoń, M. (2020). Reporting Statistical Methods and Outcome of Statistical Analyses in Research Articles. *Pharmacological Reports*, 72, 481–485. <https://doi.org/10.1007/s43440-020-00110-5>
- Dimitrova, D. S., Kaishev, V. K., & Tan, S. (2020). Computing the Kolmogorov-Smirnov Distribution When the Underlying CDF is Purely Discrete, Mixed, or Continuous. *Journal of Statistical Software*, 95(10 SE-Articles), 1–42. <https://doi.org/10.18637/jss.v095.i10>
- Ghozali, I. (2016). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM*

- SPSS 23 (8th ed.). Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Gio, P. U., & Rosmaini, E. (2016). *Belajar Olah Data dengan SPSS, MINITAB, R, MICROSOFT EXCEL, EVIEWS, LISREL, AMOS, dan SMARTPLS* (1st ed.). USU Press.
- Handayani, L. (2019). Active Fault Zones of the 2006 Yogyakarta Earthquake Inferred From Tilt Derivative Analysis of Gravity Anomalies. *Riset Geologi Dan Pertambangan*, 29(1), 1–11. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2019.v29.1018>
- Husein, S., Sudarno, I., Pramumijoyo, S., & Karnawati, D. (2010). Paleostress Analysis to Interpret the Landslide Mechanism: A Case Study in Parangtritis, Yogyakarta. *Journal of Applied Geology*, 2(2), 104–109. <https://doi.org/10.22146/jag.7251>
- Jadesta. (2024). *Desa Wisata Seloharjo. Jejaring Desa Wisata*. https://jadesta.kememparekraf.go.id/desa/seloharjosurocolo_goa_jepang
- Juhari, A. S., Indrawan, G. B., & Wilopo, W. (2021). The Engineering Characteristics and Classifications of Rock Masses along Road Section from Prambanan to Patuk, Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Applied Geology*, 6(2), 119–127. <https://doi.org/10.22146/jag.58034>
- Kaiser, P. K., MacKay, C., & Gale, A. D. (1986). Evaluation of Rock Classifications at B. C. Rail Tumbler Ridge Tunnels. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 19(4), 205–234. <https://doi.org/10.1007/bf01039996>
- Larbi, G., Abderrahmen, B., Ismail, N., Laid, B. M., Ali, H., Ridha, M., Faouzi, M., & Hammoud, I. (2012). Study of Fractured Rock Masses Deformation in Boukhadra (Tebessa) Underground Mine Empirical and Numerical Approach (N-E Algeria). *Journal of Geology and Mining Research*, 4(2), 23–34. <https://doi.org/10.5897/JGMR11.041>
- Li, Y. (2019). Handbook of Geotechnical Testing: Basic Theory, Procedures and Comparison of Standards. In *Handbook of Geotechnical Testing*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429323744>
- Milne, D. M., Hadjigeorgiou, J., & Pakalnis, R. (1998). Rock Mass Characterization for Underground Hard Rock Mines. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 13(4), 383–391. [https://doi.org/10.1016/S0886-7798\(98\)00081-9](https://doi.org/10.1016/S0886-7798(98)00081-9)
- Oktafiani, P. T., Utami, S. R., & Agustina, C. (2022). Simulasi Pengukuran Longsor pada Kelerengan dan Kedalaman Bidang Gelincir yang Berbeda. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 329–337. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.13>
- Price, D. G., De Freitas, M. H., Hack, H. R. G. K., Higginbottom, I. E., Knill, J. L., & Maurenbrecher, M. (2009). *Engineering Geology; Principles and Practice*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-68626-2>
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, & Rosidi, H. M. (1977). *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, & Rosidi, H. M. (2012). *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Pusat Survey Geologi, Badan Geologi. <https://geologi.esdm.go.id/geomap/pages/preview/peta-geologi-lembar-kebumen-jawa>
- Rakhman, A. N., & Heriyadi, N. W. A. A. T. (2017). Pengaruh Diskontinuitas Massa Batuan Vulkanik terhadap Stabilitas Lereng di Daerah Jelapan dan Sekitarnya, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Technoscintia*, 10(1), 71–77. <https://doi.org/10.34151/technoscintia.v10i1.85>
- Rakhman, A. N., Zakaria, Z., Muslim, D., Haryanto, I., & Mulyaningsih, S. (2019). Modification of Rock Mass Classification in The Rock Slope Platy Jointed Andesite at Seloharjo Area. *International Journal of GEOMATE*, 16(53), 163–170. <https://doi.org/10.21660/2018.53.32848>
- Rocscience. (2024). *Dips User Guide: Tutorials Overview*. Rocscience Inc. <https://www.rocscience.com/help/dips/tutorials>
- Romana, M. (1985). New Adjustment Ratings for Application of Bieniawski Classification to Slopes. *Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics in*

- Excavations for Mining and Civil Works*, 49–53.
- Romana, M., Serón, J. B., & Montalar, E. (2003). SMR Geomechanics Classification: Application, Experience and Validation. *10th Congress of the International Society for Rock Mechanics (ISRM) Proceedings: Technology Roadmap for Rock Mechanics*, 1–4.
- Romana, M., Tomás, R., & Serón, J. B. (2015). Slope Mass Rating (SMR) Geomechanics Classification: Thirty Years Review. *13th Congress of The International Society for Rock Mechanics (ISRM) Proceedings: International Congress on Rock Mechanics*, 10.
- Singh, B., & Goel, R. K. (2011). *Engineering Rock Mass Classification: Tunneling, Foundations, and Landslides* (1st ed.). Butterworth-Heinemann.
<https://www.sciencedirect.com/book/9780123858788/engineering-rock-mass-classification>
- Soufi, A., Bahi, L., Ouadif, L., & Kissai, J. E. (2018). Correlation between Rock Mass Rating, Q-System and Rock Mass Index Based On Field Data. *2nd International Congress on Materials & Structural Stability (CMSS-2017)*, 1–7.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201814902030>
- Sugiyono. (2017). *Statistika untuk Penelitian* (3rd ed.). Alfabeta.
- Triana, K., & Hermawan, K. (2020). Slope Mass Rating-Based Analysis to Assess Rockfall Hazard on Yogyakarta Southern Mountain, Indonesia. *Geoenvironmental Disasters*, 7(24), 1–17.
<https://doi.org/10.1186/s40677-020-00164-w>
- Vásárhelyi, B. (2009). A Possible Method for Estimating the Poisson's Rate Values of the Rock Masses. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 44(3), 313–322.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1556/a/geod.44.2009.3.4>
- Wahyudi, R., & Agustina, D. H. (2022). Pengaruh Kadar Air Terhadap Kestabilan Lereng. *Sigma Teknika*, 5(1), 151–157.
<https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i1.4153>
- Wyllie, D. C. (2018). *Rock Slope Engineering: Civil Applications* (5th ed.). CRC Press.
- Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). *Rock Slope Engineering: Civil and Mining* (4th ed.). Spon Press.
- Zhang, L. (2016). Determination and Applications of Rock Quality Designation (RQD). *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 8, 389–397.
<https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2015.11.008>

BIODATA PENULIS

Arie Noor Rakhman, lahir di Yogyakarta pada tanggal 29 Mei 1976, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Geologi dari Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta tahun 1999, S2 bidang ilmu Teknik Geologi dari Universitas Gadjah Mada tahun 2002. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Program Studi Teknik Geologi, Universitas AKPRIND Indonesia dengan jabatan Asisten Ahli pada bidang minat Geologi Teknik dan Mitigasi Kebencanaan.