

STUDI KESTABILAN LERENG MATERIAL GALIAN TAMBANG GOLONGAN C BATU GAMPING BERDASARKAN KLASIFIKASI MASSA BATUAN DI DESA DONGKALA, KABUPATEN BUTON

SLOPE STABILITY STUDY OF CLASS C LIMESTONE MINING EXCAVATION BASED ON ROCK MASS CLASSIFICATION IN DONGKALA VILLAGE, BUTON REGENCY

Agus Margana Womal^{1*}, Shahensah Anand Anggian Rambe², Hasmita Taher³, Noor Dhani⁴

^{1,3}Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Dayanu Ikhsanuddin,

²Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Andi Djemma,

⁴Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Dayanu Ikhsanuddin

*Korespondensi: agusmarganawomal@gmail.com

diajukan: 15 Juli 2026,

diterima: 10 Agustus 2026.

Abstract

Slope stability is one of the most important aspects of mining activities because it affects occupational safety, operational efficiency, and the sustainability of mining operations. The characteristics of the rock mass forming a slope are the primary factors determining slope stability; therefore, an evaluation of rock mass quality is required as a basis for geotechnical analysis. The Rock Mass Rating (RMR) method is one of the most widely used rock mass classification systems for assessing rock mass quality based on geological and geotechnical characteristics. This study aims to determine the quality of the rock mass using the Rock Mass Rating (RMR) method and to analyze slope stability based on the Factor of Safety (FoS) at the research site in Dongkala Village, Pasarwajo District, Buton Regency. The research was conducted through field observations by collecting data on Uniaxial Compressive Strength (UCS), Rock Quality Designation (RQD), joint spacing, joint condition, and groundwater condition. All parameters were analyzed using the Rock Mass Rating (RMR) method and subsequently used as the basis for slope stability analysis through the calculation of the Factor of Safety (FoS). The results showed that the rock mass at the study site had a Rock Mass Rating (RMR) value of 65, classifying it as Class II (Good Rock), indicating good rock mass quality. The slope stability analysis produced a Factor of Safety (FoS) value of 5.671, which is higher than the minimum recommended value for static conditions ($FoS \geq 1.25$). Based on these results, the slope at the study site is classified as stable, with a high level of safety and a relatively low potential for slope failure.

Keywords: slope stability, limestone, Rock Mass Rating (RMR), rock mass, factor of safety.

Abstrak

Kestabilan lereng merupakan salah satu aspek penting dalam kegiatan pertambangan karena berpengaruh terhadap keselamatan kerja, kelancaran operasional, dan keberlanjutan kegiatan penambangan. Kondisi massa batuan yang menyusun lereng menjadi faktor utama yang menentukan tingkat kestabilan lereng, sehingga diperlukan evaluasi terhadap kualitas massa batuan sebagai dasar dalam analisis geoteknik. Metode Rock Mass Rating (RMR) merupakan salah satu metode klasifikasi massa batuan yang banyak digunakan untuk menilai kualitas massa batuan berdasarkan karakteristik geologi dan geoteknik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kualitas massa batuan menggunakan metode Rock Mass Rating (RMR) serta menganalisis tingkat kestabilan lereng berdasarkan nilai Faktor Keamanan (Factor of Safety) pada lokasi penelitian di Desa Dongkala, Kecamatan Pasarwajo, Kabupaten Buton. Penelitian dilakukan melalui observasi lapangan dengan mengumpulkan data kuat tekan batuan utuh (Uniaxial Compressive Strength/UCS), Rock Quality Designation (RQD), jarak antar bidang diskontinuitas, kondisi bidang diskontinuitas, dan kondisi air tanah. Seluruh parameter dianalisis menggunakan metode Rock Mass Rating (RMR), kemudian digunakan sebagai dasar dalam analisis kestabilan lereng melalui perhitungan Faktor Keamanan. Hasil penelitian menunjukkan nilai Rock Mass Rating (RMR) sebesar 65 yang termasuk dalam Kelas II (Good Rock), sehingga massa batuan memiliki kualitas yang baik. Analisis kestabilan lereng menghasilkan nilai Faktor Keamanan sebesar 5,671, yang lebih besar dari nilai minimum yang direkomendasikan ($FK \geq 1,25$). Berdasarkan hasil tersebut, lereng pada

lokasi penelitian dikategorikan stabil dengan tingkat keamanan yang tinggi serta memiliki potensi longsoran yang relatif rendah.

Kata kunci: kestabilan lereng, batu gamping, Rock Mass Rating (RMR), massa batuan, faktor keamanan.

1. PENDAHULUAN

Batuan merupakan salah satu sumber daya alam yang mempunyai nilai strategis dalam mendukung berbagai kebutuhan manusia, baik sebagai bahan bangunan, material industri, maupun sumber daya geoteknik. Pemanfaatan batuan dipengaruhi oleh jenis litologi, sifat fisik dan mekanik, serta kandungan mineral yang menyusunnya. Dalam kajian geologi, batuan diartikan sebagai agregat alami yang tersusun atas satu atau lebih mineral yang terbentuk melalui proses geologi tertentu. Berdasarkan asal pembentukan dan persebarannya, batuan sedimen merupakan jenis batuan yang paling luas menutupi permukaan kerak bumi (Bieniawski, 1989).

Batu gamping (*limestone*) merupakan salah satu formasi batuan sedimen yang memiliki sebaran luas dan memegang peranan krusial sebagai komoditas strategis dalam industri konstruksi serta pertambangan. Namun, dari perspektif geoteknik, batuan gamping memiliki karakteristik teknis yang sangat kompleks dibandingkan dengan jenis batuan lainnya. Sebagaimana dijelaskan oleh Waltham (2008) dalam penelitiannya mengenai *Engineering in Karst Terrains*, proses deposisi kimiawi yang diikuti oleh gejala karstifikasi menyebabkan batuan ini memiliki tingkat diskontinuitas yang sangat tinggi. Fenomena ini menciptakan kompleksitas struktur geologi berupa rekahan (*joints*), bidang perlapisan (*bedding planes*), dan rongga-rongga bawah tanah yang secara drastis memengaruhi integritas serta kekuatan massa batuan tersebut.

Kestabilan lereng merupakan kondisi keseimbangan antara gaya penahan dan gaya pendorong yang bekerja pada suatu lereng, sehingga lereng tetap berada dalam keadaan aman dan tidak mengalami kelongsoran. Pada lereng batuan, khususnya batu gamping, kestabilan lereng dipengaruhi oleh sifat fisik dan mekanik batuan, kondisi massa batuan, struktur geologi, kemiringan lereng, serta faktor eksternal seperti curah hujan, pelapukan, dan aktivitas manusia. Apabila gaya pendorong lebih besar dibandingkan gaya penahan, maka lereng berpotensi mengalami kegagalan berupa longsoran bidang (*planar failure*), longsoran baji (*wedge failure*), robohan (*toppling failure*), maupun jatuhnya batuan (*rockfall*) (Wyllie & Mah, 2004).

Metode *Rock Mass Rating* (RMR) merupakan salah satu sistem klasifikasi massa batuan yang banyak diterapkan untuk menilai kualitas batuan berdasarkan beberapa parameter, yaitu kuat tekan batuan utuh, *Rock Quality Designation* (RQD), jarak antar diskontinuitas, kondisi bidang diskontinuitas, dan kondisi airtanah (Bieniawski, 1989). Pada batu gamping, metode ini sering digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng, terutama pada wilayah dengan topografi curam dan intensitas rekahan yang tinggi. Penelitian Rusydy dan Al-Huda (2021) menunjukkan bahwa klasifikasi massa batuan pada batu gamping mampu memberikan gambaran empiris mengenai tingkat kestabilan lereng. Selain itu, Triana dan Hermawan (2020) menjelaskan bahwa pendekatan RMR dan *Slope Mass Rating* (SMR) efektif digunakan untuk mengevaluasi potensi jatuhnya batuan pada lereng karbonat di Indonesia. Dengan demikian, penerapan metode *Rock Mass Rating* (RMR) pada lereng batu gamping di Kecamatan Pasarwajo perlu dilakukan untuk mengetahui kualitas massa batuan serta tingkat keamanan lereng sebagai dasar perencanaan dan pengelolaan kawasan.

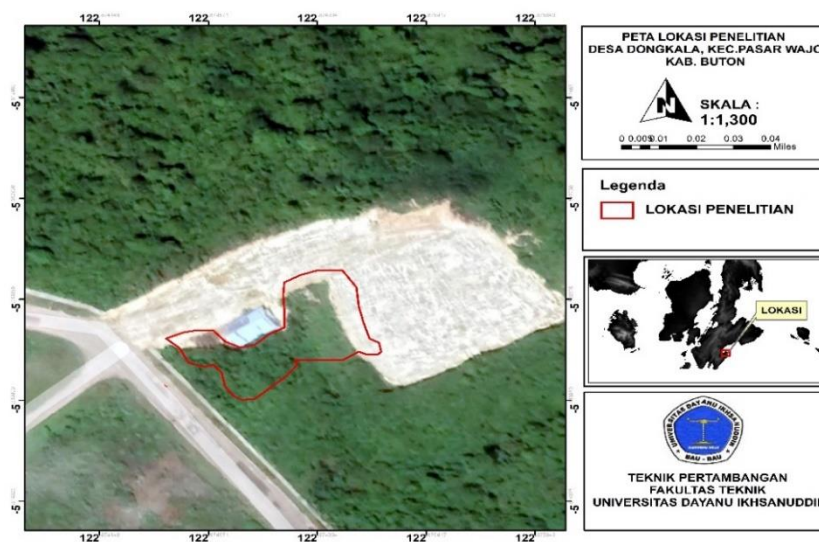
Desa Dongkala merupakan salah satu wilayah yang memiliki kondisi morfologi berbukit dengan indikasi penyebaran batuan karbonat atau batu gamping. Keberadaan lereng batuan di sekitar kawasan permukiman, jalan, dan lahan masyarakat menimbulkan potensi bahaya longsoran apabila kondisi lereng tidak stabil. Faktor rekahan, pelapukan, dan infiltrasi air hujan menjadi penyebab utama menurunnya kekuatan lereng batu gamping di wilayah tersebut. Oleh sebab itu, penelitian mengenai kestabilan lereng batu gamping di Desa Dongkala menggunakan metode RMR sangat penting dilakukan untuk mengetahui kualitas massa batuan dan tingkat kestabilan lereng.

Berdasarkan kondisi tersebut maka diperlukan penelitian mengenai kestabilan lereng batu gamping berdasarkan klasifikasi massa batuan di Desa Dongkala sehingga dapat diketahui tingkat keamanan lereng serta potensi terjadinya longsor di daerah penelitian.

2. METODE

2.1 Profil Lokasi Penelitian

Desa Dongkala berada di Kecamatan Pasarwajo, Kabupaten Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara administratif, Kecamatan Pasarwajo berbatasan dengan Kecamatan Kapontori di sebelah utara, Kecamatan Wolowa dan Laut Banda di sebelah selatan, Laut Banda di sebelah timur, serta Kecamatan Lasalimu dan Kabupaten Buton Tengah di sebelah barat. Wilayah penelitian didominasi oleh perbukitan karst dengan litologi batugamping serta kondisi lereng yang dipengaruhi oleh pelapukan dan rekahan batuan, sehingga berpotensi mengalami ketidakstabilan lereng (BPS Kabupaten Buton, 2024; Pusat Survei Geologi, 1993).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa teknik, antara lain sebagai berikut:

1. **Pengamatan Lapangan:** Kegiatan ini dilakukan dengan meninjau secara langsung area penelitian untuk memperoleh gambaran kondisi lereng batugamping, karakteristik geologi, serta faktor-faktor yang berkaitan dengan objek kajian.
2. **Wawancara:** Metode ini dilakukan melalui komunikasi langsung dengan pihak terkait maupun masyarakat setempat guna memperoleh informasi tambahan yang mendukung penelitian.
3. **Dokumentasi:** Teknik dokumentasi dilakukan dengan menghimpun berbagai data pendukung berupa arsip, catatan, foto lapangan, dan dokumen lain yang memiliki keterkaitan dengan penelitian.
4. **Pengukuran Bidang Diskontinuitas:** Pengukuran dilakukan pada singkapan batuan menggunakan metode *scanline*. Parameter yang diamati meliputi jumlah kekar, jarak antar kekar, panjang rekahan, lebar bukaan rekahan, material pengisi, serta tingkat kesinambungan bidang diskontinuitas.

2.3 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung serta pengukuran di lapangan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai sumber pustaka seperti buku, jurnal ilmiah, peta geologi, serta hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan topik kajian.

2.4 Tahapan Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. **Penentuan Kelas Massa Batuan** : Data hasil lapangan dianalisis menggunakan metode *Rock Mass Rating* (RMR) guna mengetahui kualitas massa batuan berdasarkan parameter geoteknik yang tersedia.
2. **Perhitungan Faktor Keamanan Lereng**: Nilai faktor keamanan lereng dianalisis dengan metode *Rock Mass Rating* (RMR) menggunakan bantuan perangkat lunak *Pemodelan Lereng.0*. Data yang dimasukkan meliputi bentuk geometri lereng, jenis batuan, nilai kohesi, sudut geser dalam, dan bobot isi material batuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil observasi langsung di lapangan, lokasi penelitian berada pada lereng batu gamping di Desa Dongkala, Kecamatan Pasarwajo, Kabupaten Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Kondisi geometri lereng diperoleh melalui pengukuran langsung menggunakan metode *scanline* dengan bantuan meteran sebagai alat ukur. Pengukuran dilakukan terhadap parameter geometri lereng, meliputi tinggi dan lebar lereng, sehingga kondisi aktual lereng di lokasi penelitian dapat diketahui sebagai dasar dalam analisis kestabilan lereng. Hasil pengukuran geometri lereng disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran bentangan *scanline*

Hasil pengukuran geometri lereng pada bentangan (*Scanline*) didapatkan lebar lereng 10 meter, tinggi lereng 8 m, panjang lereng setiap pengukuran 1 m serta strike dan dip N 335°/25° E, dan untuk menghitung sudut kemiringan lereng dapat menggunakan rumus.

$$\tan \alpha = \frac{y}{x}$$
$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right)$$

Keterangan :

Tan α = Derajat kemiringan
y = Tinggi lereng x = panjang lereng
Diketahui :
y = 8 m x = 1 m
Ditanyakan : tan α =?
Penyelesaian :
tan α = tan⁻¹ (8/1) tan α = tan⁻¹ (8)
tan α = 82°

3.1. Karakteristik Litologi Batu Gamping

Berdasar hasil pengamatan pada lokasi penelitian di Desa Dongkala, Kecamatan Pasarwajo, Kabupaten Buton, litologi penyusun lereng didominasi oleh batu gamping. Batu gamping merupakan batuan sedimen karbonat yang secara umum memiliki komposisi utama berupa kalsium karbonat (CaCO₃). Keberadaan batu gamping pada daerah penelitian menjadi karakteristik litologi utama yang menyusun tubuh lereng.

Secara geologi, batu gamping dapat terbentuk melalui proses sedimentasi material karbonat yang kemudian mengalami proses pematatan dan pembatuan. Pada singkapan di daerah penelitian, massa batuan batu gamping memperlihatkan kondisi yang dipengaruhi oleh adanya bidang-bidang rekahan atau kekar. Keberadaan struktur tersebut merupakan bagian dari karakteristik massa batuan yang berkembang pada singkapan batu gamping di lokasi penelitian.

Dengan demikian, litologi yang dijumpai pada lokasi penelitian dapat diidentifikasi sebagai batu gamping yang menjadi penyusun utama lereng. Karakteristik tersebut menjadi gambaran kondisi geologi setempat dan menunjukkan bahwa singkapan batuan pada daerah penelitian merupakan massa batuan karbonat dengan struktur rekahan yang berkembang di dalamnya.

3.2. Uji Kuat Tekan Batuan (UCS)

Selain pengukuran kondisi diskontinuitas, penelitian ini juga dilengkapi dengan pengujian sifat mekanik batuan melalui uji kuat tekan uniaksial *Uniaxial Compressive Strength* (UCS). Pengujian dilakukan menggunakan Mesin Kompresi berkapasitas 2000 kN terhadap dua sampel batuan yang diambil dari lokasi penelitian.



Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan Batuan Sampel 1 (Dokumentasi LAB,2026)

Hasil uji kuat tekan memberikan informasi mengenai kemampuan batuan dalam menahan beban tekan sebelum mengalami keruntuhan. Nilai kuat tekan yang diperoleh menjadi salah satu parameter penting dalam sistem klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR), karena mencerminkan tingkat kekuatan batuan utuh (*intact rock strength*). Data tersebut kemudian dikombinasikan

dengan hasil pengukuran lapangan untuk memperoleh klasifikasi massa batuan yang lebih akurat dan dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis kestabilan lereng.



Gambar 4. Pengujian Kuat Tekan Batuan Sampel 2 (Dokumentasi LAB,2026)

Tabel 1. Ukuran Sampel 1 Dan 2

NO	Sampel	W1	W2	D	P(KN)
1	Sampel 1	53 mm	51 mm	51 mm	60 KN
2	Sampel 2	52 mm	50 mm	51 mm	35 KN

Penentuan nilai kuat tekan batuan dilakukan menggunakan metode *Unconfined Compressive Strength* (UCS) berdasarkan data hasil pengujian terhadap dua sampel batuan. Perhitungan nilai UCS memanfaatkan beberapa parameter, yaitu W1 sebagai panjang sampel, W2 sebagai lebar sampel, dan D sebagai jarak antar kerucut batuan. Ketiga parameter tersebut berperan penting dalam memperoleh nilai kuat tekan yang merepresentasikan kemampuan batuan dalam menahan beban tekan tanpa adanya tekanan lateral. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data, diperoleh nilai UCS rata-rata dari kedua sampel batuan tersebut sebagai berikut:

1. Bobot Kuat Tekan Batuan (UCS)

Rumus yang digunakan :

- Menentukan diameter ekuivalen (*Equivalent Diameter*)

Keterangan:

De = Diameter Ekuivalen (mm)

W = Lebar Sampel (mm)

D = Diameter Sampel (mm)

- Menentukan faktor koreksi ukuran (*Size Correction Factor*)

Keterangan:

F = Faktor Koreksi Ukuran

De2 = Diameter Ekuivalen (mm)

- Menghitung *Point Load Index* terkoreksi

$$I_s = \frac{FP}{D_e^2}$$

Keterangan:

I_s = *Point Load Index* Terkoreksi (MPa)

P = Beban Maksimum Saat Pengujian (N)

D_e^2 = Diameter Ekuivalen (mm)

F = Faktor Koreksi Ukuran

d. Menghitung kuat tekan batuan (*Uniaxial Compressive Strength/UCS*)

$$\sigma_c = 23 \times I_s$$

Keterangan:

σ_c = kuat tekan uniaksial (UCS) (MPa)

I_s = *Point Load Index* terkoreksi (MPa)

23 = faktor konversi empiris dari *Point Load Index* ke UCS.

➤ Perhitungan Sampel 1

Diketahui :

W1 = 53 mm

W2 = 51 mm

D_e^2 = 51 mm

W = 51 mm

P = 60 KN = 60.000 N

Perhitungan :

$$D_e^2 = \frac{4 \times 51 \times 51}{3.14159} = \frac{10.404}{3.14159} = 3.31169 \text{ mm}^2$$

$$D_e = \sqrt{3.31169} = 57.55 \text{ mm}$$

$$F = \left(\frac{57.55}{50} \right)^{0.45} = 1.07$$

$$I_s = \frac{1.07 \times 60.000}{57.55} = 1115.55 \text{ N/mm}$$

$$\sigma_c = 23 \times 1115.55 = 25.657 \text{ MPa}$$

Jadi hasil perhitungan ucs pada sampel 1 diatas adalah 25.657 Mpa.

➤ Perhitungan Sampel 2

Diketahui :

W1 = 52 mm

W2 = 51 mm

D_e^2 = 51 mm

$$W = 51 \text{ mm}$$

$$P = 35 \text{ KN} = 35.000 \text{ N}$$

Perhitungan :

$$D_e^2 = \frac{4 \times 51 \times 51}{3.14159} = \frac{10.404}{3.14159} = 3.31169 \text{ mm}^2$$

$$D_e = \sqrt{3.31169} = 57.55 \text{ mm}$$

$$F = \left(\frac{57.55}{50} \right)^4 \cdot 0.45 = 1.07$$

$$I_s = \frac{1.07 \times 35.000}{57.55} = 0.65074 \text{ N/mm}$$

$$\sigma_c = 23 \times 0.65074 = 14.96702 \text{ MPa}$$

Jadi hasil perhitungan ucs pada sampel 2 diatas adalah 14.96702 Mpa.

Tabel 2. Uji Kuat Tekan Batuan

Sampel	Hasil Pengujian UCS (Mpa)	Bobot	Deskripsi
Sampel 1	25.657 Mpa	4	Kuat (<i>Strong</i>)
Sampel 2	14.96702 Mpa.	4	Kuat (<i>Strong</i>)

Sumber: uji hasil data lapangan, 2026

3.3 Rock Quality Designation (RQD)

Rock Quality Designation (RQD) merupakan salah satu parameter utama dalam klasifikasi massa batuan yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kualitas massa batuan berdasarkan intensitas dan frekuensi bidang-bidang diskontinuitas. Nilai RQD diperoleh melalui analisis frekuensi diskontinuitas yang dihitung berdasarkan jumlah bidang kekar yang dijumpai pada lokasi penelitian.

Pada penelitian ini, pengukuran dilakukan menggunakan metode *scanline* dengan panjang lintasan pengamatan sebesar **10 meter** pada lereng batu gamping di Desa Dongkala, Kecamatan Pasarwajo. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, diperoleh jumlah bidang kekar sebanyak **5 kekar**. Selanjutnya, nilai **Rock Quality Designation (RQD)** dihitung menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Priest dan Hudson (1976), yaitu;

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

dengan keterangan:

RQD = *Rock Quality Designation* (%)

λ = Frekuensi diskontinuitas (jumlah kekar per meter)

e = Bilangan eksponensial (2,71828)

Nilai RQD yang diperoleh kemudian digunakan sebagai salah satu parameter pembobotan dalam penentuan nilai **Rock Mass Rating (RMR)** untuk mengevaluasi kualitas massa batuan dan tingkat kestabilan lereng pada lokasi penelitian.

Tabel 3. pengukuran *scanline*

NO	Pengukuran bidang diskontinu	Jumlah bidsng diskontinu	RQD (%)	Rata-rata
1	0 – 1	2	98,24%	97,98%
2	1 – 2	1	99,53%	
3	2 – 3	1	99,53%	
4	3 – 4	4	93,84%	
5	4 – 5	3	96,30%	
6	5 – 6	0	100%	
7	6 – 7	1	99,53%	
8	7 – 8	2	98,24%	
9	8 – 9	2	98,24%	
10	9-10	3	96,30%	
Bobot		20		

Sumber: uji hasil data lapangan, 2026

Dari pengukuran bidang diskontinu 0–1 meter menunjukkan terdapat 2 bidang diskontinuitas dengan nilai RQD sebesar 98,24%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa massa batuan masih memiliki tingkat keutuhan yang sangat baik meskipun telah dijumpai beberapa bidang rekahan. Hasil pengamatan pada lintasan 1–2 meter memperlihatkan keberadaan 1 bidang diskontinuitas dengan nilai RQD sebesar 99,53%. Kondisi ini mencerminkan bahwa batuan masih bersifat kompak dan memiliki kualitas massa batuan yang sangat baik. Pada interval 2–3 meter, hanya teridentifikasi 1 bidang diskontinuitas sehingga menghasilkan nilai RQD sebesar 99,53%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa keutuhan massa batuan tetap terjaga dengan tingkat diskontinuitas yang sangat rendah. Keberadaan 4 bidang diskontinuitas pada interval 3–4 meter menyebabkan nilai RQD sebesar 93,84%. Meskipun merupakan nilai terendah selama pengamatan, kualitas massa batuan masih termasuk dalam kategori *Very Good Rock*, sehingga kondisi batuan tetap dinilai sangat baik.

Analisis pada interval 4–5 meter menunjukkan terdapat 3 bidang diskontinuitas yang menghasilkan nilai RQD sebesar 96,30%. Persentase tersebut menandakan bahwa rekahan yang ada belum memengaruhi kualitas massa batuan secara berarti. Tidak ditemukannya bidang diskontinuitas pada interval 5–6 meter menghasilkan nilai RQD sebesar 100%. Kondisi ini menunjukkan bahwa massa batuan berada dalam keadaan utuh tanpa adanya rekahan yang memotong lintasan pengamatan. Nilai RQD sebesar 99,53% yang diperoleh pada interval 6–7 meter berasal dari ditemukannya 1 bidang diskontinuitas. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa kualitas massa batuan tetap sangat baik dengan tingkat rekahan yang sangat kecil. Pengamatan sepanjang interval 7–8 meter memperlihatkan adanya 2 bidang diskontinuitas sehingga diperoleh nilai RQD sebesar 98,24%. Nilai ini menunjukkan bahwa massa batuan masih memiliki tingkat keutuhan yang tinggi dan tergolong berkualitas sangat baik. Keutuhan massa batuan pada interval 8–9 meter masih tergolong sangat baik, yang ditunjukkan oleh nilai RQD sebesar 98,24%. Nilai

tersebut diperoleh dari hasil identifikasi 2 bidang diskontinuitas selama pengamatan. Pada interval terakhir, yaitu 9–10 meter, ditemukan 3 bidang diskontinuitas dengan nilai RQD sebesar 96,30%. Walaupun jumlah rekahan relatif lebih banyak dibandingkan beberapa interval lainnya, kualitas massa batuan masih berada pada kategori *Very Good Rock*, sehingga kondisi batuan tetap dinilai sangat baik.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran pada seluruh *interval* menghasilkan nilai RQD rata-rata sebesar 97,98%, yang termasuk kategori *Very Good Rock*. Nilai tersebut menunjukkan bahwa massa batuan di lokasi penelitian memiliki tingkat keutuhan yang tinggi, intensitas rekahan yang rendah, serta memperoleh bobot 20 dalam klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR).

Tabel 4. Rock Quality Designation (RQD)

RQD (%)	Kualitas Batuan	Rating
< 25	Sangat Jelek (<i>Very poor</i>)	3
25–50	Jelek (<i>poor</i>)	8
50–75	Sedang (<i>Fair</i>)	13
75–90	Baik (<i>Good</i>)	17
90–100	Sangat Baik (<i>Very Good</i>)	20

Sumber: uji hasil data lapangan, 2026

Berdasarkan Tabel 4., nilai *Rock Quality Designation* (RQD) dikelompokkan menjadi lima kategori kualitas massa batuan. Nilai RQD < 25% termasuk kategori Sangat Jelek (*Very Poor*) dengan rating 3, nilai 25–50% termasuk kategori Jelek (*Poor*) dengan rating 8, nilai 50–75% termasuk kategori Sedang (*Fair*) dengan rating 13, nilai 75–90% termasuk kategori Baik (*Good*) dengan rating 17, sedangkan nilai 90–100% termasuk kategori Sangat Baik (*Very Good*) dengan rating 20. Berdasarkan hasil perhitungan pada penelitian ini, diperoleh nilai RQD rata-rata sebesar 97,98%, sehingga termasuk dalam kategori Sangat Baik (*Very Good*) dengan rating 20.

3.4 Data Jarak Antar Kekar

Salah satu parameter dalam klasifikasi massa batuan adalah jarak antarbidang diskontinuitas, yaitu jarak tegak lurus antara dua bidang diskontinuitas yang berurutan pada lintasan pengamatan. Nilai parameter ini ditentukan melalui pengukuran langsung di lapangan sebagai dasar dalam evaluasi karakteristik massa batuan. Data mengenai jarak antar kekar yang diperoleh dari hasil pengukuran lapangan tersebut disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5. Data Jarak Antar Kekar

Kekar	Jarak
1 ke 2	0,20 m
2 ke 3	1,2 m
3 ke 4	0,11 m
4 ke 5	0,25 m
5 ke 6	0
6 ke 7	0,14 m
7 ke 8	0,30 m
8 ke 9	0,22
9 ke 10	0,50 m
Rata-rata	0,32 m

Sumber: Hasil pengukuran lapangan, 2026

3.5 Bobot Jarak Antar Kekar

Jarak pada bidang *discontinuity* adalah jarak tegak lurus antara dinding batuan yang berdekatan pada bidang *discontinuity* dengan menggunakan alat ukur berupa meteran dan melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai rata – ratanya. Dari nilai rata – rata tersebut yang nantinya untuk mengetahui nilai dari pembobotan jarak antara kekarnya dapat dilihat pada table 6 dibawah ini :

Tabel 6. Bobot Jarak Antar Kekar

Deskripsi	Spasi Bidang	Bobot
Sangat Lebar (<i>Very Wide</i>)	>2	20
Lebar (<i>Wide</i>)	0,6–2	15
Sedang (<i>Moderate</i>)	0,2–0,6	10
Rapat (<i>Close</i>)	0,06–0,2	8
Sangat Rapat (<i>Very Close</i>)	$<0,06$	5

Sumber: uji hasil data lapangan,2026

Berdasar dari tabel diatas rating jarak antar bidang *diskontinu* adalah 10

3.5 Data Kondisi Kekar

Berdasar hasil pengamatan langsung di lapangan diperoleh kondisi kekar dan isian kekar, dapat dilihat pada gambar 5 berikut:



Gambar 5. kondisi bidang kekar dan isian kekar (Dokumentasi Lapangan, 2026)

Data kondisi kekar diperoleh melalui pengukuran dan pengamatan langsung pada bentangan scanline. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kekar memiliki permukaan agak kasar, bukaan bidang diskontinuitas lebih dari 1 mm, dan batuan mengalami pelapukan ringan. Data kondisi kekar disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Data Kondisi Kekar

No Kekar	Kondisi Kekar				
	Panjang Kekar	Bukaan Kekar	Kekasaran Kekar	Isian Kekar	Pelapukan Kekar
1	0,7 m	13 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
2	1,3 m	2 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
3	0,1	6 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
4	1,4 m	2 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
5	1,17 m	5 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
6	1 m	7 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
7	3,10 m	12 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
8	1,6 m	4 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
9	1,10 m	8 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
10	2,5	20 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang

Sumber: uji hasil data lapangan, 2026

3.6 Data Bobot Kondisi Kekar

Kondisi kekar merupakan salah satu parameter dalam metode *Rock Mass Rating* (RMR) yang digunakan untuk menilai kualitas massa batuan. Penentuan bobot kondisi kekar dilakukan berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan terhadap karakteristik bidang diskontinuitas yang meliputi panjang kekar, bukaan kekar, kekasaran permukaan, material pengisi (*infilling*), dan tingkat pelapukan.

3.6.1 Panjang Kekar

Berdasarkan hasil pengukuran, panjang kekar pada lokasi penelitian berkisar antara 1,00 m hingga 3,10 m. Variasi panjang kekar menunjukkan tingkat perkembangan bidang diskontinuitas yang dapat memengaruhi kondisi massa batuan dan kestabilan lereng.

Bukaan Kekar

Bukaan kekar yang teramati berkisar antara 2 mm hingga 12 mm. Bukaan tersebut memungkinkan air dan material lain masuk ke dalam massa batuan sehingga dapat mempercepat proses pelapukan.

Kekasaran Permukaan Kekar

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa seluruh bidang kekar memiliki permukaan yang kasar (*rough*). Kondisi ini memberikan tahanan geser yang lebih baik, namun tetap memungkinkan terjadinya pelapukan apabila dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

Material Pengisi Kekar (*Infilling*)

Seluruh bidang kekar terisi oleh material berupa tanah, yang mengindikasikan telah terjadinya proses pelapukan pada massa batuan. Keberadaan material pengisi juga dapat mengurangi kuat geser pada bidang diskontinuitas.

Tingkat Pelapukan Kekar

Berdasarkan kondisi bukaan, material pengisi, dan karakteristik permukaan kekar, massa batuan pada lokasi penelitian tergolong mengalami pelapukan ringan (*slightly weathered*), karena struktur batuan masih dapat dikenali dengan baik.

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan meteran serta pengamatan visual di lapangan, selanjutnya dilakukan pembobotan kondisi kekar sesuai kriteria *Rock Mass Rating* (RMR) menurut Bieniawski (1989).

Tabel 8. Bobot Kondisi Kekar

No Kekar	Kondisi Kekar				
	Panjang Kekar	Bukaan Kekar	Kekasaran Kekar	Isian Kekar	Pelapukan Kekar
1	0,7 m	13 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
2	1,3 m	2 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
3	0,1	6 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
4	1,4 m	2 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
5	1,17 m	5 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
6	1 m	7 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
7	3,10 m	12 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
8	1,6 m	4 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
9	1,10 m	8 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
10	2,5	20 mm	Sedikit Kasar	Batu Pasir	Pelapukan Sedang
Bobot	6	0	3	4	3

Sumber: Hasil Pengolahan Data Lapangan, 2026

3.7 Data Kondisi Air Tanah

Data kondisi air ini diperoleh melalui pengamatan secara visual kondisi umum air pada kekar di lapangan. Berdasarkan hasil pengamatan dapat disimpulkan kondisi air tanah dalam keadaan kering. Karena dapat diamati secara langsung untuk lebih meyakinkan lagi sehingga penulis melakukan uji secara langsung di lapangan dengan menggali lereng untuk memastikan keairan pada dalam lereng. Adapun hasilnya sama dengan kondisi air tanah di bidang lerengnya.



Gambar 6. Kondisi Air Tanah (Dokumentasi Lapangan, 2026)

Tabel 9. Kondisi Air Tanah

Kondisi Umum	Kering (<i>Completely Dry</i>)	Lembab	Basah	Terdapat Tetesan Air (<i>Dripping</i>)	Terdapat Aliran Air (<i>Flowing</i>)
Debit Air Tiap 10 M Panjang Terowongan (<i>Liter/Menit</i>)	Tidak Ada	<10	10-25	25-125	>125
Tekanan Air Pada Kekar /Tegangan <i>Principal Mayor</i>	0	<0,1	0,1-0,2	0,1-0,2	>0,5
<i>Rating</i>	15	10	7	4	0

Sumber: uji hasil data lapangan, 2026

3.8 Bobot Kondisi Air Tanah

Berdasarkan pengamatan secara visual kondisi umum air tanah pada kekar di lapangan. Serta melakukan pendeskripsian secara langsung pada keadaan yang sebenarnya pada kondisi umum lereng. dari pendeskripsian pada muka lereng untuk kondisi keairan pada lereng yang diteliti yaitu dalam keadaan kering. Mengacu pada para meter kondisi air tanah yang ditemukan Bieniawski (1989). Sehingga didapatkan atau pembobotan kondisi air tanahnya didapatkan dari tabel klasifikasi massa batuan (RMR) Maka dari itu didapat bobot untuk kondisi air tanah sebesar 15.

Tabel 10. Bobot Kondisi Air Tanah

Kondisi air tanah	Bobot
Kering	15

Sumber: Hasil Pengolahan Data Lapangan, 2026

3.9 Penentuan Kelas Massa Batuan

Setelah seluruh parameter penyusun nilai *Rock Mass Rating* (RMR) diperoleh, setiap parameter diberikan bobot sesuai dengan kriteria klasifikasi Bieniawski. Nilai bobot dari masing-masing parameter kemudian dijumlahkan untuk memperoleh nilai RMR total, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan kelas kualitas massa batuan pada lokasi penelitian. Perhitungan nilai RMR dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{RMR} = \text{Kuat Tekan Batuan} + \text{RQD} + \text{Jarak Antar Bidang Kekar} + \text{Kondisi Bidang Kekar} + \text{Kondisi Air Tanah}$$

$$\text{RMR} = 4 + 20 + 10 + 16 + 15 = 65$$

Tabel 11. Pembobotan Total

No	Litologi	UCS	RQD	Jarak Bidang Kekar	Kondisi Bidang Kekar	Kondisi Air Tanah	Bobot Total
1.	Batu gamping	4	20	10	16	15	65

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR), kualitas massa batuan dibedakan menjadi lima kelas, yaitu massa batuan sangat baik dengan nilai RMR 81–100, massa batuan baik dengan nilai 61–80, massa batuan sedang dengan nilai 41–60, massa batuan buruk dengan nilai 21–40, serta massa batuan sangat buruk dengan nilai kurang dari 20.

Tabel 12. Deskripsi Massa Batuan Berdasarkan Bobot Total *Rock Mass Rating* (RMR)

Bobot	100-81	81-60	60-41	41-20	<20
No.Kelas Batuan	I	II	III	IV	V
Deskripsi	Batuan Sangat Baik	Batuan Baik	Batuan Sedang	Batuan Buruk	Batuan Sangat Buruk
Kohesi	>400	300-400	200-300	100-200	<100

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2026

Berdasarkan hasil perhitungan *Rock Mass Rating* (RMR), diperoleh nilai 65 yang termasuk dalam Kelas II dengan kategori massa batuan baik (*good rock*). Nilai tersebut menunjukkan bahwa massa batuan memiliki kualitas geomekanik yang baik, sehingga masih mampu memberikan kestabilan yang memadai meskipun terdapat beberapa bidang diskontinuitas.

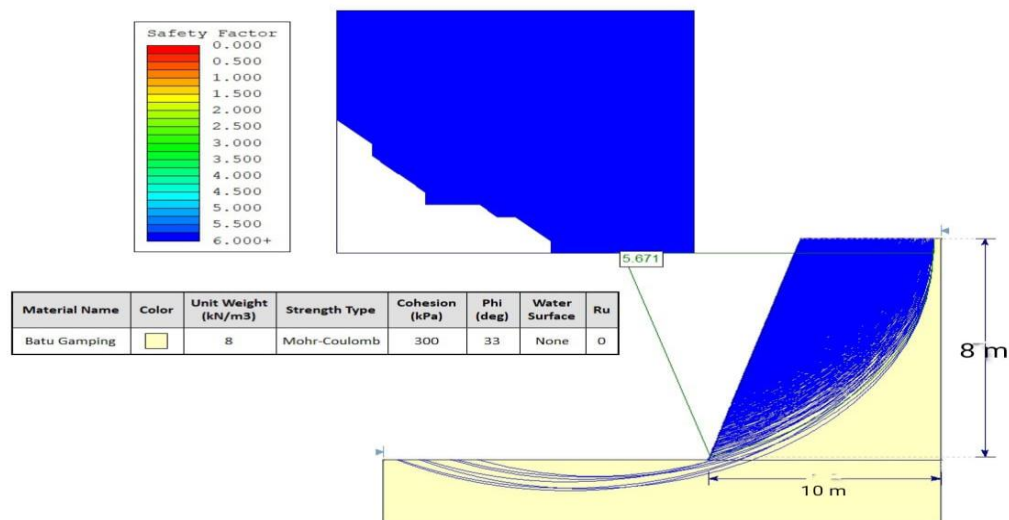
3.10 Analisis Faktor Keamanan (FK) Lereng pada Kondisi Natural

Analisis faktor keamanan (FK) lereng dilakukan menggunakan parameter geoteknik, meliputi geometri lereng, berat isi batuan, *kohesi* (c), sudut geser dalam (ϕ), *litologi*, dan kondisi bidang diskontinuitas. Parameter-parameter tersebut digunakan sebagai data masukan dalam analisis kestabilan lereng untuk memperoleh nilai faktor keamanan (FK) pada kondisi alami (natural). Hasil analisis disajikan pada Tabel 4.13.

Tabel 13. Hasil Analisis FK Kestabilan Lereng

Litologi	Tinggi (M)	Kemiringan	Kohesi (Kpa)	Phi (Φ)	Kelas Batuan	Fk
Batu Gamping	8 m	83°	300	33°	II	5.671

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2026



Gambar 7. Analisis Faktor Keamanan Lereng (FK),
 Sumber: Hasil Pemodelan Penulis Menggunakan Software Pemodelan Lereng, 2026

Hasil klasifikasi massa batuan dengan metode *Rock Mass Rating* (RMR) menunjukkan nilai 65, sehingga termasuk dalam Kelas II (*Good Rock*). Nilai tersebut mengindikasikan bahwa massa batuan memiliki kualitas yang baik dan mampu memberikan ketahanan geser yang memadai. Analisis kestabilan lereng menghasilkan Faktor Keamanan (FK) sebesar 5,671, yang berada jauh di atas nilai minimum yang direkomendasikan untuk kondisi statis ($FK \geq 1,25$). Hasil ini menunjukkan bahwa lereng memiliki tingkat kestabilan yang sangat baik dengan kemungkinan terjadinya longsor yang rendah. Oleh karena itu, kualitas massa batuan yang tergolong baik berdasarkan nilai RMR berkontribusi terhadap tingginya tingkat keamanan lereng pada lokasi penelitian.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil klasifikasi massa batuan menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki nilai *Rock Mass Rating* (RMR) sebesar 65, sehingga termasuk dalam Kelas II (*Good Rock*) atau massa batuan berkualitas baik. Nilai tersebut diperoleh dari hasil pembobotan parameter kuat tekan batuan utuh, *Rock Quality Designation* (RQD), jarak antar bidang diskontinuitas, kondisi bidang diskontinuitas, dan kondisi air tanah. Klasifikasi tersebut menunjukkan bahwa massa batuan memiliki kondisi geomekanik yang baik serta masih mampu memberikan daya dukung yang memadai terhadap kestabilan lereng.
2. Berdasarkan analisis kestabilan lereng menggunakan parameter geoteknik yang diperoleh dari hasil klasifikasi RMR, diperoleh Faktor Keamanan (*Factor of Safety/FK*) sebesar 5,671. Nilai tersebut berada jauh di atas batas minimum yang direkomendasikan untuk kondisi statis ($FK \geq 1,25$), sehingga lereng pada lokasi penelitian dikategorikan stabil dengan tingkat keamanan yang sangat baik. Hasil ini menunjukkan bahwa karakteristik massa batuan pada lokasi penelitian masih mampu memberikan tahanan geser yang tinggi sehingga potensi terjadinya longsor relatif rendah pada kondisi alami.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada masyarakat Desa Dongkala, Kecamatan Pasarwajo, Kabupaten Buton yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Peneliti juga mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang sudah membantu secara moral maupun material.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., & Naibaho, T. (2015). Geologi Regional Pulau Buton. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi Kelautan.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Buton. (2024). Kabupaten Buton Dalam Angka 2024. Badan Pusat Statistik Kabupaten Buton.
- Bieniawski, Z. T. (1973). Engineering Classification Of Jointed Rock Masses. *Transactions Of The South African Institution Of Civil Engineers*, 15(12), 335–344.
- Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. New York: John Wiley & Sons.
- Boggs, S. (2014). *Principles Of Sedimentology And Stratigraphy* (5th Ed.). Pearson Education.
- Dunham, R. J. (1962). Classification Of Carbonate Rocks According To Depositional Texture. In W. E. Ham (Ed.), *Classification Of Carbonate Rocks*. American Association Of Petroleum Geologists Memoir 1.
- Duncan, J. M., & Wright, S. G. (2005). *Soil Strength And Slope Stability*. John Wiley & Sons.
- Folk, R. L. (1959). Practical Petrographic Classification Of Limestones. *American Association Of Petroleum Geologists Bulletin*, 43(1), 1–38.
- Giani, G. P. (1992). *Rock Slope Stability Analysis*. Rotterdam: A.A. Balkema.
- Goodman, R. E. (1989). *Introduction To Rock Mechanics* (2nd Ed.). John Wiley & Sons.
- Hoek, E., & Bray, J. W. (1981). *Rock Slope Engineering* (3rd Ed.). London: Institution Of Mining And Metallurgy.
- International Society For Rock Mechanics (ISRM). (1981). *Rock Characterization, Testing And Monitoring: ISRM Suggested Methods*. Pergamon Press.
- Made Astawa Rai, I., Dkk. (2010). *Geoteknik Tambang*. Bandung.
- Made Astawa Rai, I., & Suseno, K. (2011). *Geoteknik Tambang*. Bandung.
- Priest, S. D., & Hudson, J. A. (1976). Discontinuity Spacing In Rock. *International Journal Of Rock Mechanics And Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 13(5), 135–148.
- Pusat Survei Geologi. (1993). *Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi Tenggara*. Bandung: Pusat Survei Geologi.
- Rusydy, I., & Al-Huda. (2021). *Integrated Approach In Studying Rock And Soil Slope Stability In A Tropical And Active Tectonic Country*.
- Sikumbang, N., & Santoyo. (1981). *Peta Geologi Lembar Buton, Sulawesi Tenggara*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi.
- Triana, & Hermawan. (2020). Slope Mass Rating-Based Analysis To Assess Rockfall Hazard On Yogyakarta Southern Mountain, Indonesia.
- Tucker, M. E., & Wright, V. P. (1990). *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications.
- Waltham, T. (2008). *Engineering In Karst Terrain*. Springer.
- Wines, D. R., & Lilly, P. A. (2002). Measurement And Analysis Of Rock Mass Discontinuity Spacing. *International Journal Of Rock Mechanics And Mining Sciences*, 39, 245–254.
- Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). *Rock Slope Engineering* (4th Ed.). London: Spon Press.