

Uji Kualitas Massa Batuan Berdasarkan Metode *Rock Mass Rating* Desa Longalo, Kabupaten Bone Bolango

Moh. Raihan Anwar¹, Muh. Kasim¹, Ayub Pratama Aris¹

¹Program Studi Teknik Geologi, Jurusan Ilmu Dan Teknologi Kebumihan, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo

*Email Koresponden: moh.raihananwar@gmail.com

Diterima: 30-10-2025

Disetujui: 17-11-2025

Publish: 02-12-2025

Abstrak Penelitian ini dilakukan di Desa Longalo untuk mengetahui kualitas massa batuan berdasarkan metode *Rock Mass Rating* (RMR). Analisis dilakukan terhadap lima segmen pengamatan lapangan. Litologi penyusun daerah penelitian terdiri dari batuan granit yang sebagian besar telah mengalami deformasi, terutama pada bagian lereng. Faktor geologi seperti tingkat pelapukan, dan kondisi struktur geologi berpengaruh terhadap penilaian massa batuan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai RMR berkisar antara 48 hingga 56 yang tergolong dalam kelas III, yaitu batuan kualitas sedang/*fair rock*. Berdasarkan klasifikasi tersebut, kondisi massa batuan di daerah penelitian umumnya memiliki kestabilan yang cukup baik, namun masih dipengaruhi oleh keberadaan struktur dan pelapukan.

Kata kunci: Geologi; *Rock Mass Rating*; Struktur; Granit; Pelapukan

Abstract This study was conducted in Longalo Village to determine the rock mass quality using the *Rock Mass Rating* (RMR) method. The analysis was carried out on five field observation segments. The lithology of the study area consists of granitic rocks, most of which have undergone deformation, especially along the slope areas. Geological factors such as the degree of weathering and structural conditions influence the rock mass assessment. The analysis results show that the RMR values range from 48 to 56, which are classified as Class III or fair-quality rock. Based on this classification, the rock mass conditions in the study area are generally fairly stable but are still influenced by structural features and weathering.

Keywords: Geology; *Rock Mass Rating*; Structure; Granite; Weathering

1. PENDAHULUAN

Masalah suatu lereng merupakan salah satu hal yang cukup menarik, hal ini karena batuan dikontrol dengan hadirnya bidang diskontinuitas, Bidang ini menjadi suatu pemicu terhadap kemantapan suatu lereng (Arirupa 2021). Selain itu, karakteristik fisik, mekanik batuan dan kondisi air tanah juga menjadi faktor kemantapan suatu lereng (Wiradani & Heriyadi 2018 ; Santo Frans, J., & Nurfalaq, M. H. 2019 ; Nugroho, Y. 2016). Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) di tahun 2023, Kabupaten Bone Bolango tercatat memiliki indeks risiko longsor tertinggi di Provinsi Gorontalo (BNPB, 2023). Hal ini sejalan dengan pendapat (Patuti *et al*, 2017) yang menyatakan bahwa Kabupaten Bone Bolango merupakan salah satu wilayah yang didominasi oleh perbukitan dan pegunungan, sehingga fenomena longsor kerap terjadi di wilayah tersebut.

Massa batuan di ruas jalan utama Desa Longalo memperlihatkan adanya lereng-lereng yang sudah mengalami pelapukan, Disamping aspek kondisi massa batuan, lereng di Desa Longalo ini juga dikontrol dengan keberadaan bidang-bidang diskontinuitas berupa kekar. Hal ini menjadi latar belakang penting untuk bisa dilakukan kajian bagaimana sebenarnya kondisi massa batuan melalui pendekatan pada bidang geologi teknik.

Dalam hal ini, pengujian kualitas massa batuan merupakan tindakan awal yang perlu dalam menggambarkan kondisi geoteknik dari massa batuan dengan maksud untuk mengelompokkan massa batuan sebagai tinjauan awal untuk memahami karakter masing-masing lereng (Siswanto, S., & Anggraini, D. 2018). klasifikasi massa batuan yang digunakan pada lereng adalah metode klasifikasi massa batuan *Rock Mass Rating*. Klasifikasi *Rock Mass Rating* terdiri dari parameter yang cukup sebagai representasi karakteristik massa batuan, terutama sifat bidang diskontinuitas yang dapat digunakan untuk masalah lereng (Dandy L, et al 2023).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pemetaan geologi permukaan yang didasari dengan analisis laboratorium dan studio. Metode penelitian ini menggunakan pendekatan empiris dengan mengamati langsung pada lapangan (Syamsuri et al, 2022). Tahapan awal penelitian adalah melakukan pemetaan geologi permukaan untuk mengetahui kondisi geologi secara umum di daerah penelitian. Data geologi yang dikumpulkan meliputi litologi, struktur, geomorfologi. Pemetaan geologi dilakukan pada lokasi dengan peta dasar dengan skala 1:2000 untuk mengetahui kondisi geologi secara umum di daerah penelitian. Dalam pengambilan data *Rock Mass Rating*, lereng dibagi menjadi 5 segmen, segmen dibagi sebagai bentuk pengamatan secara detail untuk mendeskripsikan kondisi massa batuan dan bidang diskontinuitas pada permukaan lereng. Adapun pendeskripsian kondisi massa batuan dan bidang diskontinuitas dilakukan dengan metode *scanline mapping* yang meliputi beberapa parameter *Rock Mass rating* yaitu *uniaxial compressive strength (UCS)*, *Rock Quality Designation (RQD)*, Jarak antar spasi diskontinuitas, kondisi diskontinuitas (kemenerusan, bukaan, kekasaran, material pengisi, pelapukan) serta kondisi air tanah (Bieniawski, 1989).

Pengujian kuat tekan batuan *uniaxial compressive strength (UCS)* dilakukan melalui pengambilan sampel batuan di lapangan untuk diuji di laboratorium. Nilai *Rock Quality Designation (RQD)* diperoleh dari penggunaan data *scanline* berdasarkan persamaan priest and hudson (Priest, S. D., & Hudson, J. A,1976). Sementara untuk kondisi bidang diskontinuitas diukur menggunakan kompas geologi.

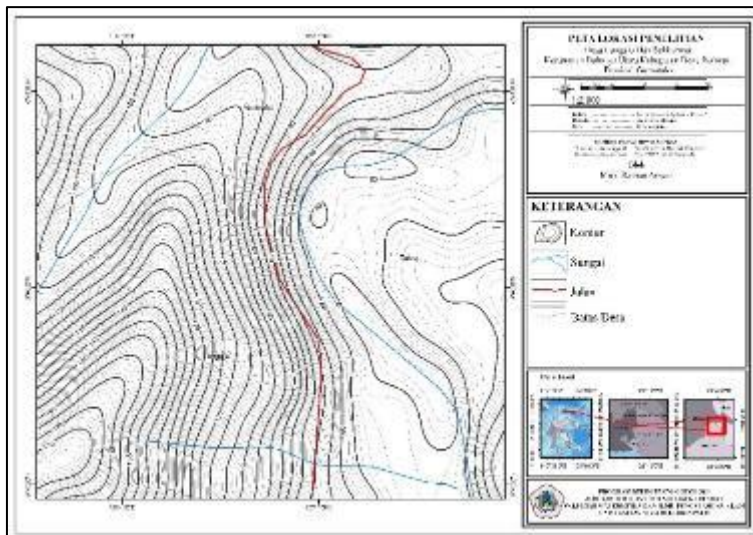
Keseluruhan data yang diperoleh dari setiap segmen kemudian dihitung dan diklasifikasikan menurut kriteria *Rock Mass Rating (RMR)* (Bieniawski, 1989) sehingga diperoleh penilaian kualitas massa batuan pada masing-masing segmen lereng. Hasil analisis ini digunakan untuk mengetahui kondisi geologi teknik pada ruas jalan utama Desa Longalo sekaligus sebagai dasar penilaian kualitas batuan. Persamaan dalam menghitung hasil akhir dari metode *Rock Mass Rating* ditunjukkan pada persamaan (1).

$$RMR = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 \dots \dots \dots (1)$$

Dimana A merujuk pada parameter dalam metode *Rock Mass Rating*. A_1 merupakan nilai *uniaxial compressive strenght* A_2 merupakan nilai *Rock Quality Designation*, A_3 merupakan Jarak antar spasi diskontinuitas, A_4 merupakan nilai Kondisi bidang diskontinuitas, serta A_5 merupakan Kondisi air tanah.

2.1. Lokasi Penelitian

Secara administratif, wilayah penelitian terletak di Desa Longalo, Kecamatan Bulango Utara, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. Lokasi penelitian merupakan lokasi terluas di kecamatan bulango utara dengan persentase sebesar 17,11% (Badan Pusat Statistik 2023). Peta lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar 1. Pemilihan lokasi sebagai tempat dilakukannya penelitian didasari dari observasi yang dilakukan sebelumnya dilapangan yang memperlihatkan kondisi massa batuan penyusun lereng mengalami pelapukan yang disertai dengan adanya bidang-bidang diskontinuitas. Selain itu, lereng pada daerah penelitian juga pernah terjadi kasus longoran. Yang menjadi tinjauan utama adalah letak lereng yang berada di ruas jalan utama desa longalo, ruas jalan ini yang menjadi konektifitas masyarakat dalam beraktifitas sosial.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

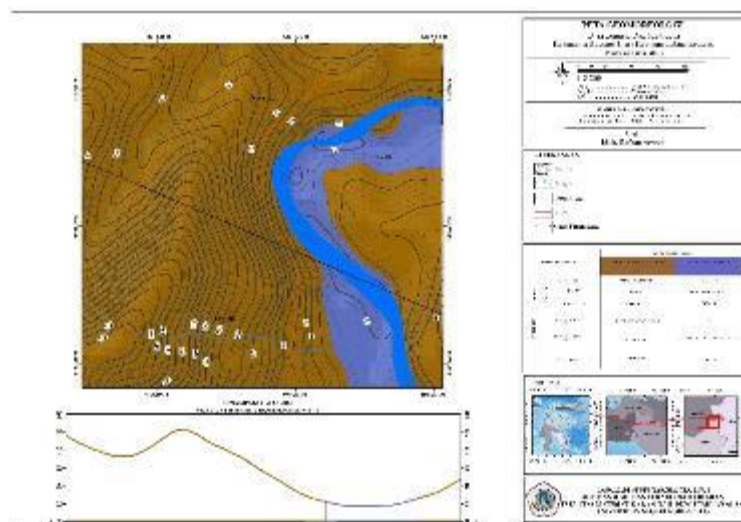
3.1 Kondisi Geologi, Geomorfologi dan Struktur

Litologi penyusun di daerah penelitian terdiri atas satuan granit dan endapan aluvial. Endapan aluvial ini berupa material lepas yang diperkirakan hasil dari lapukan batuan induk granit pada lokasi penelitian ataupun dapat berupa batuan lain yang kemudian tertransportasi dan terendapkan. Adapun material lepas terdiri atas pasir hingga kerakal. Sementara satuan granit menunjukkan litologi memiliki warna cerah abu-abu dengan warna merah muda yang dihasilkan dari mineral orthoklas, berwarna lapuk cokelat, tekstur batuan tergolong faneritik, tingkat kristalisasi holokristalin, bentuk kristal euhedral-subhedral, serta keseragaman antar butir yaitu equigranular. Dengan struktur batuan tergolong masif, terdiri atas mineral penyusun berupa orthoklas, biotit, kuarsa, plagioklas, serta terdapat mineral sekunder berupa klorit. Sebagian besar batuan ini dijumpai tersingkap dengan kondisi mengalami pelapukan serta terdeformasi. Penamaan satuan ini didasari dari klasifikasi (Streckeisen,1967) (Gambar 2)



Gambar 2. Singkapan batuan granit

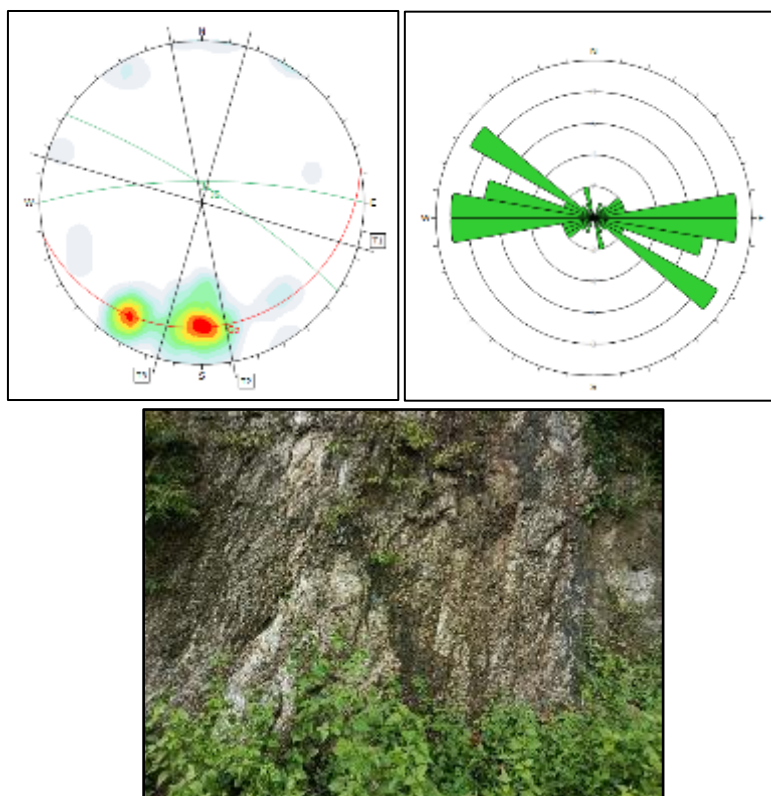
Penentuan satuan geomorfologi daerah penelitian, mengacu pada klasifikasi geomorfologi yang dikemukakan oleh (Van Zuidam, 1985). Dalam menentukan hal tersebut, dilakukan dengan memperhatikan beberapa aspek-aspek geomorfologi. Beberapa aspek yang dimaksudkan ditinjau pada aspek fisik, kontrol struktur, dan proses permukaan yang berkembang di daerah penelitian. Secara terperinci, pemerian satuan geomorfologi terdiri dari morfologi, morfometri, serta morfogenesis. Berdasarkan pembagian pemerian satuan geomorfologi tersebut, daerah penelitian terbagi menjadi 2 satuan bentuk lahan yaitu, satuan perbukitan denudasional dan satuan dataran fluvial (Gambar 3).



Gambar 3. Geomorfologi daerah penelitian

Satuan bentuk lahan perbukitan denudasional menempati wilayah dengan luas kisaran 13,29 hektar (Ha). Secara keseluruhan, persentase dari satuan ini yaitu 85,30% dari total persentase luasan peta. Satuan

ini memiliki bentuk perbukitan yang berada di arah barat serta timur daerah penelitian. Satuan ini diperkirakan memiliki kemiringan lereng yang relatif terjal antara 30° - $>55^{\circ}$, dengan bentuk lembah V-U. Berdasarkan aspek morfogenesis, satuan ini dipengaruhi dengan adanya gaya eksogen yang mengakibatkan daerah ini beberapa kali terjadi proses degradasional. Satuan ini ditempati dengan litologi batuan beku berupa granit yang secara kondisi mengalami pelapukan sehingga resistensi dari batuan ini tergolong rendah sehingga proses erosi serta longsor yang terjadi cukup tinggi. Dari beberapa proses degradasional yang terjadi maka satuan ini dimasukkan kedalam satuan bentuk lahan perbukitan denudasional. Satuan ini merupakan satuan yang merupakan bagian dari lereng yang di analisis. Sementara satuan bentuk lahan dataran fluvial menempati wilayah dengan luas kisaran 2,28 hektar (Ha). Secara keseluruhan, persentase dari satuan ini yaitu 14,70% dari total persentase luasan peta. Satuan ini diperkirakan memiliki kemiringan lereng yang relatif landai antara 0° - 4° . secara morfologi, satuan ini dicirikan dengan keberadaan lembah berbentuk U dan relief yang tergolong datar-hampir datar. Berdasarkan aspek morfogenesis, satuan ini dipengaruhi dengan adanya proses yang terjadi pada batuan induk dengan resistensi yang rendah yang mengakibatkan pelapukan yang terjadi serta proses transportasi yang terjadi menghasilkan material lepas berupa pasir hingga kerakal.



Gambar 4. Struktur Geologi Daerah Penelitian

Struktur geologi daerah penelitian diinterpretasikan sebagai *extension joint* masing-masing set kekar direpresentasikan dalam bentuk jurus dan kemiringan (*strike and dip*), kemudian diplot dan dianalisis lebih lanjut. Kekar daerah penelitian memiliki ciri retakan dengan pola yang tegak lurus dan bentuk rekahan umumnya terbuka dengan arah umum relatif Barat-Timur.

3.2 Klasifikasi *Rock Mass Rating (RMR)*

Penilaian kualitas massa batuan dilakukan pada lereng dengan menggunakan metode *Rock Mass Rating (RMR)* oleh (Bieniawski, 1989) pada 5 segmen lereng. Adapun parameter yang dinilai mencakup, *Uniaxial compressive strength (UCS)*, *Rock Quality Designation (RQD)*, Spasi dari bidang diskontinuitas, kondisi diskontinuitas (kemenerusan, bukaan, kekasaran, material pengisi, pelapukan). Serta kondisi air tanah. Pengambilan data didasari dengan metode *Scanline mapping*. *scanline* tergambaran berupa jarak yang tegak lurus di antara 2 bidang kekar yang berjejeran dalam suatu garis pengamatan (Arif, 2016).

A. *Uniaxial compressive strength (UCS)*

Pengujian kuat tekan batuan dilakukan uji di laboratorium dengan contoh batuan dengan geometri yang beraturan. Dari pengujian ini menghasilkan beberapa informasi salah satunya yaitu kuat tekan *uniaxial*. Hasil pengujian *uniaxial compressive strength* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai Kuat Tekan Batuan (*UCS*) Lereng 1-5

Lereng	Material	Nilai kuat tekan batuan <i>UCS</i> (Mpa)	Bobot
1	Granit	6.4	2
2	Granit	5.8	2
3	Granit	6.32	2
4	Granit	6.09	2
5	Granit	6.76	2

B. *Rock Quality Designation (RQD)*

Nilai *Rock Quality Designation (RQD)* diperoleh dari data pengeboran namun, mengingat ketidakterediaan data bor, estimasi *Rock Quality Designation* dihitung dengan menggunakan data *scanline* dan didasari pada persamaan priest and hudson (Priest, S. D., & Hudson, J. A,1976). Hasil perhitungan *Rock Quality Designation* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Nilai *Rock Quality Designation (RQD)* Lereng 1-5

Lereng	<i>Rock Quality Designation (RQD)</i>	Bobot	Kualitas Batuan
1	83.60 %	17	Baik
2	91.19 %	20	Sangat Baik
3	91.19 %	20	Sangat Baik
4	90 %	17	Baik
5	84.70 %	17	Baik

C. Jarak antar spasi bidang diskontinuitas

Penentuan jarak antar spasi dari bidang diskontinuitas dilakukan dengan menggunakan garis *scanline* serta penggaris. Hal ini dilakukan untuk mengukur jarak spasi antar bidang diskontinuitas yang ditemui dilapangan. Dalam hal ini, pengukuran dilakukan dengan merujuk pada persamaan perhitungan spasi oleh (Priest, S. D., & Hudson, J. A,1976). Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Nilai Jarak Antar Spasi Bidang Diskontinuitas Lereng 1-5

Lereng	Jarak antar spasi (m)	Bobot
1	0.64	10
2	1.17	15
3	1.17	15
4	1.05	15
5	0.68	15

D. Kondisi bidang diskontinuitas

Kondisi bidang diskontinuitas terdiri atas kemenerusan, bukaan, kekasaran, material pengisi, serta pelapukan. beberapa parameter ini merupakan sub parameter dari kondisi bidang diskontinuitas keseluruhan sub parameter ini diamati langsung dilapangan sepanjang bentangan garis *scanline*, adapun pembobotan beberapa sub parameter kondisi bidang diskontinuitas dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Jarak Antar Spasi Bidang Diskontinuitas Lereng 1-5

Kondisi Diskontinuitas	Lereng				
	1	2	3	4	5
Kemenerusan (m)	1.75	1.73	1.05	1.04	1.00
Bobot	4	4	4	4	4
Bukaan (cm)	1.23	1.02	1.61	1.84	1.34
Bobot	1	1	1	1	1
Kekasaran	Halus	Halus	Halus	Halus	Halus
Bobot	1	1	1	1	1
Material pengisi (mm)	Lunak >5	Lunak >5	Lunak >5	Lunak >5	Lunak >5
Bobot	0	0	0	0	0
Pelapukan	Lapuk	Lapuk	Lapuk	Lapuk	Lapuk
Bobot	3	3	3	3	3

E. Kondisi air tanah

Nilai ini didasari dari pengamatan yang dilakukan secara langsung pada lereng. Hal ini dilakukan dengan memperhatikan kondisi lereng apakah secara kondisi lereng kering, lembap atau terdapat air yang mengalir. Pembobotan kondisi air tanah dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Kondisi Air Tanah Lereng 1-5

Lereng	Kondisi Air Tanah	Bobot
1	Lembap	10
2	Lembap	10
3	Lembap	10
4	Lembap	10
5	Lembap	10

3.3 Nilai *Rock Mass Rating*

Pengambilan serta pengolahan data yang digunakan berupa parameter yang di butuhkan untuk menentukan nilai *Rock Mass Rating*, Kemudian dilakukan pembobotan berdasarkan hasil yang didapatkan pada setiap lereng dengan menjumlahkan bobot hasil keseluruhan parameter pada tiap segmen lereng yang diteliti meliputi, *Uniaxial compressive strength (UCS)*, *Rock Quality Designation (RQD)*, Spasi dari bidang diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, Serta kondisi air tanah (Bieniawski, 1989). Nilai ini didasari untuk mengetahui bagaimana kualitas dari massa batuan yang diteliti pada tiap segmen lereng. Nilai kualitas massa batuan pada area penelitian adalah sebagai berikut:

**Gambar 5.** Peta lereng daerah penelitian

1. Hasil pengamatan pada segmen 1 dilakukan pada saat kondisi cuaca cerah, pada koordinat $0^{\circ}40'28.3''\text{N}$, $123^{\circ}04'28.9''\text{E}$ Lereng ini memiliki ketinggian berkisar 6.66 m, kemiringan 65° dengan panjang lintasan *scanline* sepanjang 20 meter. Dari hasil pengukuran, menunjukkan lereng memiliki sejumlah 31 bidang diskontinuitas dengan orientasi rata-rata $\text{N}266^{\circ}\text{E}/76^{\circ}$. Nilai kualitas batuan pada segmen ini adalah 48 yang masuk pada kelas batuan III dengan deskripsi batuan yaitu kelas sedang/*fair rock*.



Gambar 6. Lereng segmen 1

2. Hasil pengamatan pada segmen 2 dilakukan pada saat kondisi cuaca cerah, pada koordinat $0^{\circ}40'27.4''\text{N}$, $123^{\circ}04'28.6''\text{E}$ Lereng ini memiliki ketinggian berkisar 7.63 m, kemiringan 78° dengan panjang lintasan *scanline* sepanjang 20 meter. Dari hasil pengukuran, menunjukkan lereng memiliki sejumlah 17 bidang diskontinuitas dengan orientasi rata-rata $\text{N}256^{\circ}\text{E}/70^{\circ}$. Nilai kualitas batuan pada segmen ini adalah 56 yang masuk pada kelas batuan III dengan deskripsi batuan yaitu kelas sedang/*fair rock*.



Gambar 7. Lereng segmen 2

3. Hasil pengamatan pada segmen 3 dilakukan pada saat kondisi cuaca cerah, pada koordinat $0^{\circ}40'26.9''\text{N}$, $123^{\circ}04'28.6''\text{E}$ Lereng ini memiliki ketinggian berkisar 6.66 m, kemiringan 71° dengan panjang lintasan *scanline* sepanjang 20 meter. Dari hasil pengukuran, menunjukkan lereng memiliki sejumlah 17 bidang diskontinuitas dengan orientasi rata-rata $\text{N}198^{\circ}\text{E}/60^{\circ}$. Nilai kualitas batuan pada

segmen ini adalah 56 yang masuk pada kelas batuan III dengan deskripsi batuan yaitu kelas sedang/*fair rock*.



Gambar 8. Lereng segmen 3

4. Hasil pengamatan pada segmen 4 dilakukan pada saat kondisi cuaca cerah, pada koordinat $0^{\circ}40'25.0''\text{N}$, $123^{\circ}04'29.1''\text{E}$ Lereng ini memiliki ketinggian berkisar 7.22 m, kemiringan 77° dengan panjang lintasan *scanline* sepanjang 20 meter. Dari hasil pengukuran, menunjukkan lereng memiliki sejumlah 19 bidang diskontinuitas dengan orientasi rata-rata $\text{N}113^{\circ}\text{E}/70^{\circ}$. Nilai kualitas batuan pada segmen ini adalah 53 yang masuk pada kelas batuan III dengan deskripsi batuan yaitu kelas sedang/*fair rock*.



Gambar 9. Lereng segmen 4

5. Hasil pengamatan pada segmen 5 dilakukan pada saat kondisi cuaca cerah, pada koordinat $0^{\circ}40'24.4''\text{N}$, $123^{\circ}04'29.5''\text{E}$ Lereng ini memiliki ketinggian berkisar 7.22 m, kemiringan 79° dengan panjang lintasan *scanline* sepanjang 20 meter. Dari hasil pengukuran, menunjukkan lereng memiliki sejumlah 29 bidang diskontinuitas dengan orientasi rata-rata $\text{N}106^{\circ}\text{E}/65^{\circ}$. Nilai kualitas batuan pada segmen ini adalah 53 yang masuk pada kelas batuan III dengan deskripsi batuan yaitu kelas sedang/*fair rock*.



Gambar 10. Lereng segmen 5

Hasil penelitian pada keseluruhan segmen lereng menunjukkan nilai yang cukup variatif pada parameter yang dinilai terutama pada parameter *Rock Quality Designation* dan jarak antar spasi dari bidang diskontinuitas. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas massa batuan tidak hanya mencerminkan kondisi dari batuan saja namun juga melihat kondisi dari bidang diskontinuitas berupa kekar. Semakin tinggi konsistensi struktur yang didapatkan juga mempengaruhi kualitas dari massa batuan. Walaupun nilai yang ditunjukkan tidak sama secara keseluruhan, namun kelas massa batuan yang didapatkan pada kelima segmen lereng yaitu kelas massa batuan III dengan deskripsi sedang/*fair rock*. Klasifikasi massa batuan ini penting untuk digunakan dengan tujuan memberikan gambaran awal terhadap kondisi batuan serta komposisi struktur yang berkembang pada lereng yang diteliti.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, Litologi utama yang tersingkap didominasi oleh batuan granit yang sebagian terdeformasi terutama pada area lereng yang menjadi tempat pengujian massa batuan, dengan kondisi bentuk lahan denudasional yang dicirikan dengan erosi pada permukaan lereng, sedangkan struktur geologi terdiri atas *extension joint* dengan bentuk rekahan terbuka. Hasil penilaian kualitas massa batuan menggunakan metode *Rock Mass Rating (RMR)* menunjukkan bahwa nilai *RMR* pada lokasi penelitian berkisar antara 48-56, yang secara klasifikasi termasuk dalam kategori batuan kelas III dengan kualitas sedang/*fair Rock*. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kualitas massa batuan di daerah penelitian secara umum dipengaruhi oleh kombinasi faktor litologi, kondisi struktur geologi, serta tingkat pelapukan, yang secara keseluruhan menghasilkan kelas massa batuan dengan tingkat kestabilan tertentu berdasarkan metode *Rock Mass Rating*.

5. REFERENSI

- Arif, I. I. (2016). Geoteknik Tambang. Gramedia Pustaka Utama
- Arirupa, G. (2021). *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Pemodelan Numerik Menggunakan Metode Elemen Hingga (Studi Kasus: Lereng Jalan Poros Trans-Sulawesi, Desa Tamboo, Kecamatan Bonepantai, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo)* (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bone Bolango. (2024). *Kecamatan Bulango Utara Dalam Angka (2023)*
- Bieniawski, Zt. (1989). Engineering Rock Mass Classifications. Jhon Wiley And Sons, Inc: Canada.
- Bnpb. (2023). Data Informasi Bencana (Dibi).
- Dandy, L., Khoirullah, N., & Hamdani, A. H. (2023). Nilai Kualitas Massa Batuan dengan Metode Rock Mass Rating pada Area Lowwall PIT X, PT. Bukit Asam TBK. Sumatera Selatan. *J. Geomin. (Jurnal Geol. Miner. dan Batubara)*, 8(2), 108-118.
- Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B., & Bateman, P. (Eds.). (2005). *Igneous rocks: a classification and glossary of terms: recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. Cambridge University Press.
- Nugroho, Y. (2016). Pengaruh posisi lereng terhadap sifat fisika tanah. *Jurnal Hutan Tropis*, 4(3), 300-304.
- Patuti, I. M., Rifa'i, A., & Suryolelono, K. B. (2017). Mechanism And Characteristics Of The Landslides In Bone Bolango Regency, Gorontalo Province, Indonesia. *Geomate Journal*, 12(29), 1-8.
- Priest, S. D., & Hudson, J. A. (1976, May). Discontinuity Spacings In Rock. In *International Journal Of Rock Mechanics And Mining Sciences & Geomechanics Abstracts* (Vol. 13, No. 5, Pp. 135-148). Pergamon.
- Santo Frans, J., & Nurfalaq, M. H. (2019). Studi geoteknik pengaruh muka air tanah terhadap kestabilan lereng tambang batubara. *Prosiding Temu Profesi Tabunan PERHLAPI*, 1(1), 475-488.
- Siswanto, S., & Anggraini, D. (2018). Perbandingan Klasifikasi Massa Batuan Kuantitatif (Q, RMR dan RMI). *Jurnal Geosains dan Teknologi*, 1(2), 67-73.
- Syamsuri, R. R. N., Zainuri, A., & Kasim, M. (2022). Metode Geological Strength Index (GSI) untuk Perkiraan Bahaya Bencana Geoteknik pada Lereng Ruas Gorontalo Outer Ring Road Segment 1 STA 6+ 450. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 6(1), 47-52.
- Wiradani, P. K., & Heriyadi, B. (2018). Analisis Probabilitas Kelongsoran Menggunakan Metode Monte Carlo Pada Highwall Pit Sb-Ii Bk-14 Pt. Trubaindo Coal Mining, Site Melak, Kabupaten Kutai Barat, Kalimantan Timur. *Bina Tambang*, 3(4), 1615-1629.
- Zuidam, R. V. (1985). Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. *ITC, Smits Publ., Enschede, The Hague*.