

NILAI KUALITAS MASSA BATUAN DENGAN METODE ROCK MASS RATING PADA AREA LOWWALL PIT X, PT. BUKIT ASAM TBK. SUMATERA SELATAN

Leonardus Dandy¹, Nur Khoirullah¹, Ahmad Helman Hamdani¹

¹Fakultas Teknik Geologi, Universitas
Padjadjaran, Bandung

²Satuan Kerja Eksplorasi, PT. Bukit Asam, Tbk.

Email Penulis: leonardus18002@mail.unpad.ac.id

Naskah Diterima: Juli 2023/Revisi: September 2023 /Disetujui: November 2023

ABSTRAK

Penelitian ini terletak di Formasi Muara Enim yang termasuk kedalam cekungan Sumatera Selatan dan merupakan formasi pembawa batubara pada daerah penelitian. Klasifikasi *Rock Mass Rating* adalah salah satu metode klasifikasi massa batuan dengan pembobotan massa batuan yang dapat digunakan untuk acuan awal rekayasa geologi teknik karena menggambarkan karakteristik massa batuan yang berhubungan dengan kestabilan lereng. Penambangan pada PT Bukit Asam Tbk menggunakan metode penambangan terbuka (*open pit mining*) sehingga proses penggaliannya berkaitan dengan kestabilan lereng. Penelitian dilakukan pada area lereng *lowwall* yang dirancang dengan mengikuti arah kemiringan perlapisan batuan yang berpotensi terjadinya longsoran bidang sehingga penting untuk diketahui karakteristik massa batuan sebagai acuan awal kestabilan suatu lereng. Kualitas massa batuan *Rock Mass Rating* ditentukan dengan pembobotan pada setiap parameternya yang dilakukan dengan metode *scanline* sebagai perhitungan lapangan. Berdasarkan pembobotan kualitas massa batuan, daerah penelitian dibagi menjadi tiga kelas massa batuan yaitu kelas batuan II (batuan baik/*good rock*), kelas batuan III (batuan sedang/*fair rock*), dan kelas batuan IV (batuan buruk/*poor rock*).

Kata kunci: Rock Mass Rating; Penambangan Terbuka; Lereng Lowwall; Kestabilan Lereng

ABSTRACT

This research is located in the Muara Enim Formation which is included in the South Sumatera Basin and this formation is a coal-bearing formation in the study area. Rock Mass Rating classification is a rock mass classification method which can be used as an initial reference for engineering geology because it describes the rock mass characteristics which associated with slope stability. Mining at PT Bukit Asam Tbk. using the open pit mining method so the control process is related to slope stability. The research was conducted on lowwall slope area which was designed to follow the slope of the rock layers that have the potential for plane slides so it is important to know the characteristics of the rock mass as an initial reference for the stability of a slope. The quality of the rock mass rating is determined by the rating of each parameter which is carried out by using the scanline method as a field calculation. Based on the rating of rock mass rating, the study area is divided into three rock mass classes, rock mass class II (good rock), rock mass class III (fair rock), and rock mass class IV (poor rock).

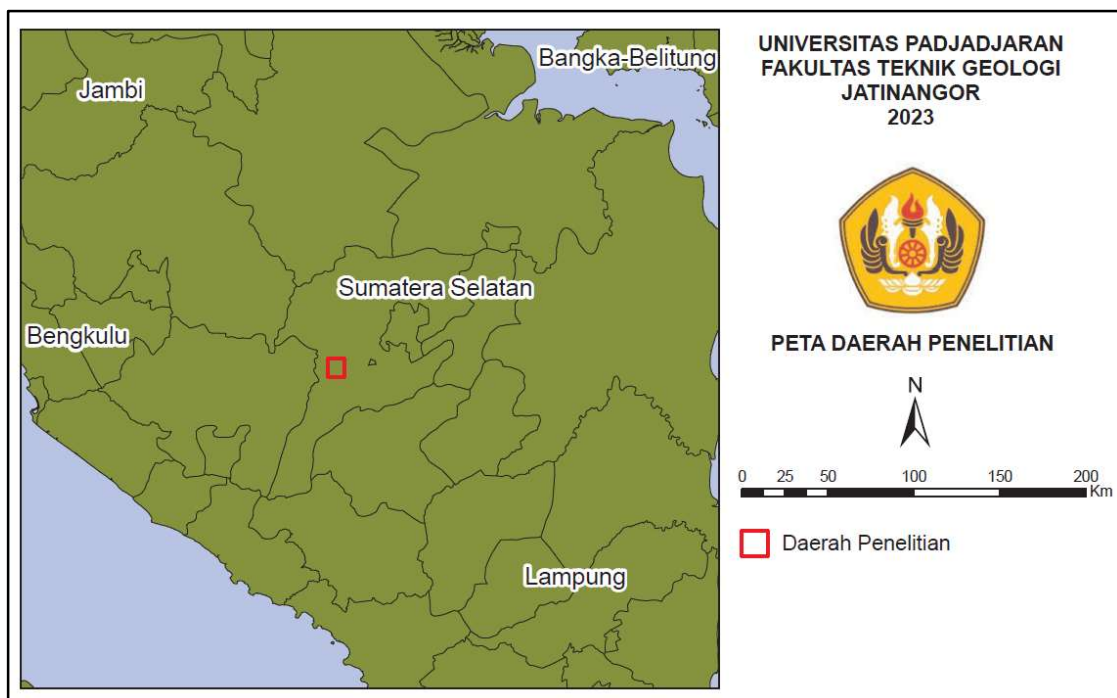
Keywords: Rock Mass Rating; Open Pit Mining; Lowwall Area; Slope Stability

PENDAHULUAN

Unit Pertambangan Tanjung Enim (UPTE) PT Bukit Asam Tbk terdapat pada cekungan Sumatera Selatan, tepatnya di Formasi Muara Enim (Purnama et al., 2018). Cekungan Sumatera Selatan memiliki sumber daya geologi yang sangat potensial yaitu batubara yang berasal dari Formasi Muara Enim (Nurdrajat, 2018). Penambangan pada Unir Pertambangan Tanjung Enim dilakukan dengan metode penambangan terbuka (*open pit mining*) sehingga pembobotan massa batuan adalah salah satu metode yang dibutuhkan untuk rekayasa geoteknik seperti desain lereng yang ekonomis, efektif, dan akurat (Atmaja, 2014). Pembobotan massa batuan ini dapat ditentukan dengan klasifikasi massa batuan.

Salah satu klasifikasi massa batuan yang dapat dilakukan pada suatu lereng adalah metode klasifikasi massa batuan *Rock Mass Rating* (RMR). Klasifikasi RMR terdiri dari parameter yang sangat cocok untuk merepresentasikan karakteristik massa batuan, terutama sifat *joint* atau bidang lemah yang dapat digunakan untuk masalah stabilitas lereng untuk optimasi pertambangan (Atmaja, 2014).

Lereng *low wall Pit X* PT Bukit Asam, Tbk. sangat berkaitan dengan kestabilan lereng dimana kestabilan lereng ini dapat menimbulkan potensi bahaya seperti lereng yang tidak stabil dan mengalami kelongsoran, sehingga klasifikasi massa batuan *Rock Mass Rating* dapat berguna sebagai penilaian awal stabilitas lereng tersebut (Haslan et al., 2021).



Gambar 1 Peta Lokasi Daerah Penelitian

METODOLOGI

Penelitian berada pada lereng *lowwall Pit X* Unit Pertambangan Tanjung Enim (UPTE) PT Bukit Asam Tbk Objek yang diamati adalah seluruh aspek yang digunakan untuk

menentukan pembobotan massa batuan *Rock Mass Rating* di lapangan yang terdiri dari nilai kuat tekan batuan (*UCS*), *Rock Quality Designation (RQD)*, jarak antar diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, kondisi air tanah, dan orientasi diskontinuitas (Bieniawski, 1989). Pengambilan data kekar dan pemetaan kekar di lapangan dilakukan dengan menggunakan metode *scanline* dengan membentangkan tali ukur sepanjang 10 kali rata-rata spasi kekar (Rai, dkk., 2014). Pengambilan data di lapangan dilakukan pada empat (4) titik pengamatan lereng, dan data nilai kuat tekan (*UCS*) yang didapatkan dari uji laboratorium mekanika batuan PT. Bukit Asam Tbk.

Nilai kualitas massa batuan didapatkan dari pembobotan klasifikasi massa batuan *Rock Mass Rating* (Bieniawski, 1989). Parameter nilai kuat tekan batuan (*UCS*) dilakukan terlebih dahulu dengan menggunakan metode estimasi kekuatan batuan di lapangan (Hoek & Brown, 1997) kemudian disesuaikan dengan hasil pengujian uji *uniaxial compressive test* pada laboratorium mekanika batuan PT Bukit Asam Tbk; Parameter *Rock Quality Designation (RQD)* didapatkan dari persentase hubungan kerapatan kekar dengan spasi diskontinuitas dengan menggunakan persamaan Priest & Hudson (1976) dikarenakan tidak tersedianya data sampel *core*; Parameter jarak antar diskontinuitas (spasi diskontinuitas) yang didapatkan dari jarak antar 2 bidang diskontinuitas yang memiliki orientasi arah yang sama; parameter kondisi diskontinuitas yang didapatkan dari pengamatan langsung di lapangan dan kondisi ini terdiri dari beberapa sub parameter, yaitu terdiri dari kekasaran bidang diskontinuitas (*roughness*), lebar rekahan diskontinuitas (*separation*), kemenerusan bidang diskontinuitas (*persistence*), pelapukan (*weathering*), dan material pengisi bidang diskontinuitas (*infilling*); Parameter kondisi air tanah yang didapatkan dari pengamatan secara visual dan meraba permukaan rekahan pada lereng; Parameter orientasi diskontinuitas yang mengacu pada arah dan kemiringan bidang diskontinuitas. Jika arah orientasi diskontinuitas sejajar dengan orientasi arah lereng maka artinya tidak menguntungkan. Sebaliknya jika orientasinya tegak lurus dengan orientasi arah lereng maka menguntungkan. Identifikasi parameter-parameter tersebut dilakukan pada seluruh titik pengamatan di lapangan, kemudian hasil dari seluruh pengambilan data tersebut dilakukan pengelompokkan kualitas massa batuan (Bieniawski, 1989) yang didapatkan dari penjumlahan seluruh parameter klasifikasi massa batuan *Rock Mass Rating* sehingga didapatkan nilai kualitas massa batuan pada setiap titik pengamatan.

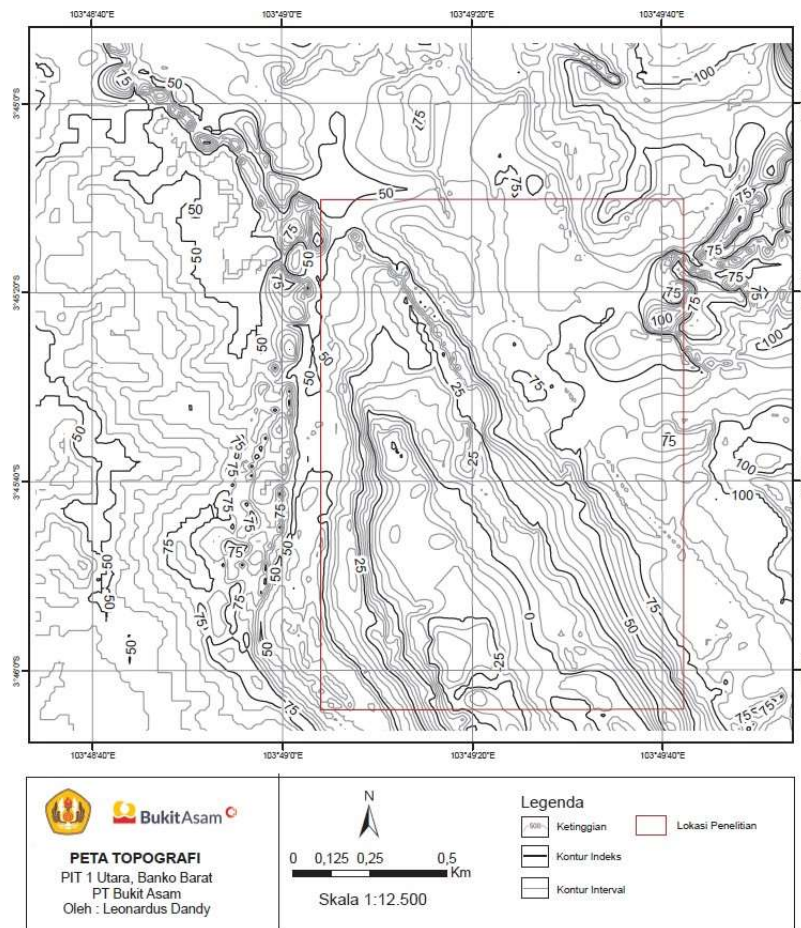
HASIL DAN PEMBAHASAN

Formasi yang terdapat pada daerah penelitian adalah Formasi Air Benakat (Tma) dan Formasi Muara Enim (Tmpe) (Gafoer et al, 1986) dan Formasi pembawa batubara adalah Formasi Muara Enim (Tmpe) yang berumur Miosen Tengah – Miosen Akhir. Stratigrafi pada *Pit* daerah penelitian di dasarkan pada kolom stratigrafi yang telah dibuat oleh PT Bukit Asam Tbk. yang kemudian dicocokkan dengan keadaan di lapangan. Urutan litologinya dari paling tua ke muda berdasarkan kolom stratigrafi tersebut adalah:

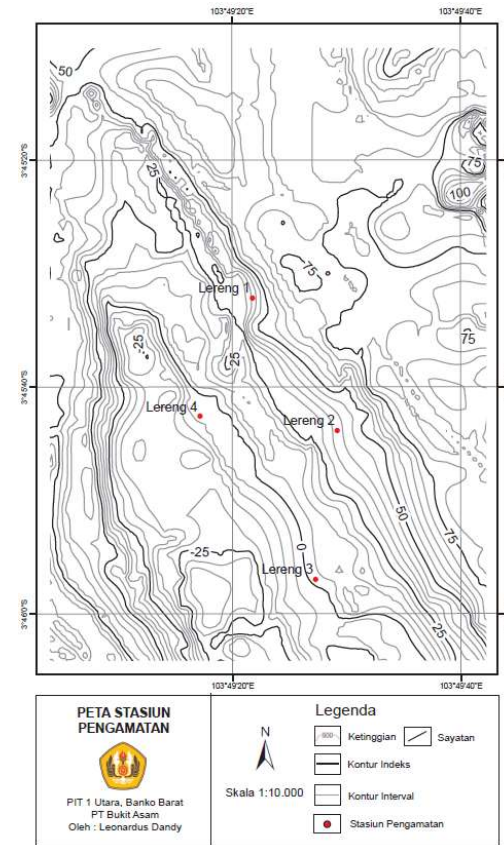
1. *Underburden C* (Batupasir, bewarna abu-abu gelap, terkadang disisipi oleh batulempung pada kontak bagian bawah seam C bewarna abu-abu)
2. *Seam C* (Batubara dengan warna hitam kusam dengan cerat kecoklatan)

**NILAI KUALITAS MASSA BATUAN DENGAN METODE *ROCK MASS RATING* PADA AREA
LOWWALL PIT X, PT. BUKIT ASAM TBK. SUMATERA SELATAN**

3. *IB (Interburden) B2 – C* (Batupasir dengan ukuran butir pasir halus dengan sisipan lempung- lanau, bewarna abu-abu)
4. *Seam B2* (Batubara dengan warna hitam kusan dengan cerat kecoklatan)
5. *IB (Interburden) B1 – B2* (Batulempung bewarna abu-abu gelap)
6. *Seam B1* (Batubara dengan hitam kusam dengan cerat kecoklatan)
7. *IB (Interburden) A2 – B1* (Batulempung dengan warna abu-abu dan terdapat sisipan batubara)
8. *Seam A2* (Batubara dengan warna hitam kusam dengan cerat kecoklatan)
9. *IB (Interburden) A1 – A2* (Batupasir)
10. *Seam A1* (Batubara dengan warna hitam kusam dengan cerat kecoklatan)
11. *Overburden A1* (Material sedimen berukuran lempungan/batulempung dengan warna abu- abu).



Gambar 2 Peta Topografi Daerah Penelitian



Gambar 3 Peta Stasiun Pengamatan Daerah Penelitian

A. Nilai Kuat Tekan Batuan Utuh (UCS)

Nilai kuat tekan batuan utuh pada daerah penelitian didapatkan dari data sekunder berupa hasil uji laboratorium mekanika batuan PT Bukit Asam Tbk dengan melakukan pengujian *uniaxial compressive test* dimana setiap pembobotan dilakukan sesuai dengan *seam* yang teliti pada setiap lereng daerah penelitian dan dipastikan dengan pengujian dilapangan menggunakan palu geologi. Pembobotan nilai kuat tekan batuan utuh dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Nilai Kuat Tekan Batuan Utuh (UCS) Lereng 1 - 4

Lereng	Material	Pengujian di Lapangan	UCS Uji Laboratorium (MPa)	Bobot (Rating)
1	Batulempung dan Batupasir Halus	Sangat Lunak	2,0 MPa	1
2	Batupasir Halus	Sangat Lunak	2,0 MPa	1
3	Batupasir Halus	Sangat Lunak	2,7 MPa	1
4	Batupasir Halus	Sangat Lunak	2,0 MPa	1

**NILAI KUALITAS MASSA BATUAN DENGAN METODE *ROCK MASS RATING* PADA AREA
LOWWALL PIT X, PT. BUKIT ASAM TBK. SUMATERA SELATAN**

B. Nilai Rock Quality Designation (RQD)

Nilai *Rock Quality Designation* dihitung dari frekuensi kekar pada singkapan massa batuan, dikarenakan tidak adanya data inti bor secara aktual, pengukuran *RQD* dilakukan dengan pemetaan kekar dilapangan dan menggunakan persamaan Priest & Hudson (1976). Pembobotan nilai *RQD* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Nilai *Rock Quality Designation (RQD)* Lereng 1 - 4

Lereng	RQD	Bobot (Rating)	Kualitas Batuan
1	97,17 %	20	<i>Excellent</i>
2	98,28 %	20	<i>Excellent</i>
3	98,26 %	20	<i>Excellent</i>
4	96,14 %	20	<i>Excellent</i>

C. Nilai Spasi Ketidakmenerusan Diskontuinitas

Pengukuran spasi ketidakmenerusan diskontuinitas dilakukan pada kekar yang hanya memotong garis bentangan (*scanline*) pada lereng yang diamati. Pengukuran spasi kekar dilakukan pada kekar-kekar yang masih dalam satu set kekar, dimana setiap set kekar ini memiliki arah orientasi kekar yang sama atau tidak berbeda jauh. Pembobotan nilai spasi ketidakmenerusan diskontuinitas dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Spasi Ketidakmenerusan Diskontuinitas Lereng 1 - 4

Lereng	Jumlah Set	Spasi/Jarak	Deskripsi	Bobot (Rating)
1	1	0.31 m	Sedang (<i>Moderate</i>)	10
2	1	0.56 m	Sedang (<i>Moderate</i>)	10
3	2	0.50 m	Sedang (<i>Moderate</i>)	10
4	2	0,29 m	Sedang (<i>Moderate</i>)	10

D. Nilai Kondisi Diskontuinitas

Nilai kondisi diskontuinitas didapatkan dari 5 sub parameter yang berupa panjang kekar, lebar bukaan kekar, kekasaran bidang kekar, material pengisi kekar, dan tingkat pelapukannya. Kelima sub parameter tersebut langsung diamati dilapangan. Pembobotan nilai kondisi diskontuinitas dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai Kondisi Diskontinuitas Lereng 1 - 4

Kondisi Diskontinuitas	Lereng Penelitian			
	1	2	3	4
Panjang Kekar (m)	0,36	0,31	0,38	1,05
Bobot	6	6	6	4
Lebar Kekar (mm)	1,11	15	1,81	2,87
Bobot	1	0	1	1
Kekasaran Bidang Kekar	Kasar	Kasar	Sedikit Kasar	Sedikit Kasar
Bobot	5	5	3	3
Material Pengisi	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
Bobot	6	6	6	6
Pelapukan	Sedikit Lapuk	Sedikit Lapuk	Lapuk	Lapuk
Bobot	5	5	3	3

E. Nilai Kondisi Air Tanah

Nilai kondisi air tanah didapatkan dari pengamatan langsung pada lereng daerah penelitian yang terdapat pada bidang diskontinuitasnya. Bidang inilah yang memungkinkan menjadi tempat mengalirnya air tanah dan membuat lereng daerah penelitian menjadi lembab. Pembobotan nilai kondisi air tanah dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai Kondisi Air Tanah Lereng 1 - 4

Lereng	Kondisi Air Tanah	Bobot (Rating)
1	Kering (<i>Completely Dry</i>)	15
2	Kering (<i>Completely Dry</i>)	15
3	Lembab (<i>Damp</i>)	10
4	Lembab (<i>Damp</i>)	10

F. Nilai Orientasi Diskontinuitas

Orientasi bidang diskontinuitas dapat dilihat dari proyeksi kekar terhadap orientasi lereng. Apabila bidang diskontinuitas searah dengan orientasi lereng maka tidak menguntungkan, sebaliknya jika bidang diskontinuitas sejajar dengan orientasi lereng maka akan menguntungkan. Pembobotan nilai orientasi diskontinuitas dapat dilihat pada Tabel 6.

**NILAI KUALITAS MASSA BATUAN DENGAN METODE *ROCK MASS RATING* PADA AREA
LOWWALL PIT X, PT. BUKIT ASAM TBK. SUMATERA SELATAN**

Tabel 6 Nilai Orientasi Diskontinuitas 1 - 4

Lereng	Orientasi Bidang Diskontinuitas	Bobot (<i>Rating</i>)
1	Sedang (<i>Fair</i>)	-25
2	Menguntungkan (<i>Favourable</i>)	-2
3	Sedang (<i>Fair</i>) (<i>Very Favourable</i>)	-25
4	Menguntungkan (<i>Favourable</i>)	-2

G. Nilai *Rock Mass Rating* (RMR)

Setelah dilakukan pengambilan data sekunder dan data primer di lapangan serta pengolahan data-data berupa parameter – parameter yang dibutuhkan untuk klasifikasi massa batuan *Rock Mass Rating* berupa yaitu kuat tekan batuan utuh (UCS), *rock quality designation*, spasi diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, kondisi air tanah, dan orientasi diskontinuitas, dilakukan pembobotan klasifikasi massa batuan RMR kemudian ditentukan kualitas massa batuan pada setiap lereng daerah penelitian dengan cara menjumlahkan seluruh parameter pembobotannya, nilai kualitas massa batuan pada area *lowwall Pit X* adalah sebagai berikut:

1. Lereng 1, terdapat pada koordinat 3°45'32.1" S, 103°49'21.9" E dengan panjang lereng 28 meter dan tinggi lereng 20 meter, litologi pada lereng ini berupa batupasir halus berwarna abu-abu gelap dan batulempung dengan warna abu- abu kecoklatan dengan kekerasan agak keras. Berdasarkan pembobotan kualitas massa batuan *Rock Mass Rating*, nilai kualitas massa batuan pada lereng ini adalah 44 yang termasuk kedalam kelas III dengan deskripsi batuan yaitu kelas batuan sedang/*fair rock* (60 – 41). Menurut Bieniawski (1993) massa batuan pada kelas ini memiliki nilai sudut geser dalam yaitu sebesar 25° – 35° dan kohesi massa batuan sebesar 200 – 300 kPa dengan waktu *stand up time* rata-rata adalah 1 minggu untuk 5 meter *span*.



Gambar 4 Lereng *Lowwall* 1

2. Lereng 2, terdapat pada koordinat $3^{\circ}45'43.9''$ S, $103^{\circ}49'29.3''$ E dengan panjang lereng 24 meter dan tinggi lereng 23 meter litologi pada lereng ini berupa batupasir halus dengan warna abu-abu kecoklatan dengan kekerasan agak keras. Berdasarkan pembobotan kualitas massa batuan *Rock Mass Rating*, nilai kualitas massa batuan pada lereng ini adalah 66 yang termasuk kedalam kelas II dengan deskripsi batuan yaitu kelas batuan baik/*good rock* (80 – 61). Menurut Bieniawski (1993) massa batuan kelas II ini memiliki nilai sudut geser dalam sebesar 35° – 45° dan kohesi masa batuan sebesar 300 – 400 kPa dengan waktu *stand up time* rata-rata adalah 1 tahun untuk 10 meter *span*.



Gambar 5 Lereng *Lowwall* 2

3. Lereng 3, terdapat pada koordinat $3^{\circ}45'57.0''$ S, $103^{\circ}49'27.4''$ E dengan panjang lereng 23 meter dan tinggi lereng 26 meter litologi pada lereng ini berupa batupasir halus dengan warna abu-abu kecoklatan dengan kekerasan agak keras. Berdasarkan pembobotan kualitas massa batuan *Rock Mass Rating*, nilai kualitas massa batuan pada lereng ini adalah 35 yang termasuk kedalam kelas IV dengan deskripsi batuan yaitu kelas batuan buruk/*poor rock* (40 – 21). Menurut Bieniawski (1993) massa batuan kelas IV ini memiliki nilai sudut geser dalam sebesar 15° – 25° dan kohesi masa batuan sebesar 100 – 200 kPa dengan waktu *stand up time* rata-rata adalah 10 jam untuk 2,5 meter *span*.



Gambar 6 Lereng *Lowwall* 3

4. Lereng 4, terdapat pada koordinat $3^{\circ}45'42.6''$ S, $103^{\circ}49'17.3''$ E dengan panjang lereng 24 meter dan tinggi lereng 19 meter litologi pada lereng ini berupa batupasir halus dengan warna abu-abu kecoklatan dengan kekerasan agak keras. Berdasarkan pembobotan kualitas massa batuan *Rock Mass Rating*, nilai kualitas massa batuan pada lereng ini adalah 58 yang termasuk kedalam kelas III dengan deskripsi batuan yaitu kelas batuan sedang/*fair rock* (60 -41). Menurut

**NILAI KUALITAS MASSA BATUAN DENGAN METODE *ROCK MASS RATING* PADA AREA
LOWWALL PIT X, PT. BUKIT ASAM TBK. SUMATERA SELATAN**

Bieniawski (1993) massa batuan pada kelas ini memiliki nilai sudut geser dalam yaitu sebesar $25^{\circ} - 35^{\circ}$ dan kohesi massa batuan sebesar 200 – 300 kPa dengan waktu *stand up time* rata-rata adalah 1 minggu untuk 5 meter *span*.



Gambar 7 Lereng *Lowwall* 3

Setelah dilakukan penelitian pada keempat lereng *lowwall* didapatkan 3 (tiga) kelas massa batuan yaitu kelas massa batuan II (*good rock*), kelas III (*fair rock*), dan kelas IV (*poor rock*). Perbedaan kelas massa batuan setiap lereng disebabkan oleh parameter – parameter setiap lereng yang berbeda, faktor utama yang membedakan setiap pembobotan kelas massa batuan adalah pada parameter kekarnya. Semakin rendah nilai kualitas massa batuan suatu lereng maka semakin rendah pula sifat mekanik batumannya yang berupa nilai kohesi dan sudut geser dalam yang dapat dilihat dari kisaran nilai kohesi dan sudut geser dalam pada setiap kelas massa batuan, hal ini akan mempengaruhi kestabilan suatu lereng sehingga Klasifikasi massa batuan penting untuk diketahui dan dapat digunakan dalam menggambarkan komposisi dan karakteristik massa batuan untuk perkiraan awal perancangan dan memberikan perkiraan kekuatan dan sifat deformasi massa batuan suatu lereng.

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan dan perhitungan pada bab- bab sebelumnya maka kesimpulan pada penelitian ini adalah berdasarkan pengamatan dan analisis keempat lereng *lowwall* pada daerah penelitian, kualitas massa batuan berdasarkan klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR) pada area *lowwall* Pit X PT Bukit Asam Tbk., Sumatera Selatan terdiri dari 3 (tiga) kelas massa batuan yaitu terdiri dari massa batuan kelas II (batuan baik/*good rock*) yang terdapat pada Lereng 2, massa batuan kelas III (batuan sedang/*fair rock*) yang terdapat pada Lereng 1 dan 4, dan massa batuan kelas IV (batuan buruk/*poor rock*) yang terdapat pada lereng 3. Perbedaan nilai kelas massa batuan pada setiap lereng didominasi oleh kondisi kekar yang ada pada setiap lereng, sehingga kekar atau kondisi diskontinuitas sangat berpengaruh terhadap nilai kualitas massa batuan dan setiap kelas massa batuan memiliki kisaran nilai kohesi dan sudut geser dalam, dimana nilai-nilai ini adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan suatu lereng sehingga klasifikasi massa batuan perlu untuk diketahui dan dapat dijadikan acuan awal dalam perancangan rekayasa geoteknik karena dapat menggambarkan karakteristik massa batuan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung seluruh proses penyusunan, pengerjaan, dan publikasi penelitian ini khususnya kepada pihak PT Bukit Asam Tbk. Sumatera Selatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmaja, D.A. (2014). Kajian Klasifikasi Massa Batuan dan Analisis Stereografis Terhadap Stabilitas Lereng pada Operasi Penambangan Tambang Batubara Air Laya Desa Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim. *Geological Engineering E- Journal*
- Bieniawski (1989). *Engineering Rock Mass Classification*. In John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1016/C2010-0-64994-7>
- Priest, S., & Hudson, J. (1976). Discontinuity Spacings in Rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 13(1), 135–148.
- Rai, M.A., Kramadibrata, S., & Wattimena, R. K. (2014). *Mekanika Batuan*. Penerbit ITB.
- Gafoer, S., Cobrie, T., & Purnomo, J. (1986). *Peta Geologi Lembar Lahat, Sumatra Selatan, Skala 1:250.000*. Pusat Survey Geologi.
- Nurdijat, E. S. N. S. E. A. (2018). Geology Karakteristik Batubara Regresi Dan Transgresi Formasi Muaraenim Cekungan Sumatra Selatan. *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY*, 16, 221–228. <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>.
- Singh, B. & Goel, R. K. (2011). *Engineering Rock Mass Classification : Tunneling, Foundations, and Landslides*. In Elsevier Inc.
- Nainggolan, A., & Sophian, I. (2020). Pengaruh *Rock Mass Rating* Terhadap Tingkat Kestabilan Lereng Pada PT Holcim Indonesia Unit Narogong. *Geoscience Journal*, 4(1), 35–42.
- Purnama, A.B., Salinita, S., Sudirman., Sendjaja, Y.A., & Muljana, B. (2018). Penentuan Lingkungan Pengendapan Lapisan Batubara D, Formasi Muara Enim, Blok Suban Burung, Cekungan Sumatera Selatan. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. Vol. 14, No.1, Hal:1- 18
- Ulusay, R. (2015). *The ISRM Suggested Method for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 2007-2014*. In Springer International Publishing Switzerland. Springer International.