



Analysis of Limestone Mass Strength Using The Hoek-Brown Failure Criterion in Samarinda City, East Kalimantan Province

Mohammad Geraldo Fahm¹, Tommy Trides², Shalaho Dina Devy³, Revia Oktaviani⁴, Harjuni Hasan⁵

^{1,2} Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Mulawarman Samarinda

^{3,4} Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta

⁵ Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Veteran Republik Indonesia Makassar

✉ geraldofahni@gmail.com

Received 21-09-2022; revision 03-10-2022, accepted 10-10-2022

Abstract

The research area is a limestone mining area located in the White Water area, Samarinda Ulu, East Kalimantan. The safety factor in mining activities is largely determined by the quality of the rock mass. This study aims to analyze the mass of rocks using hoek-brown collapse criteria. This research uses quantitative methods. To obtain the results of the analysis of the mass strength of limestone rocks, several main parameters are needed, namely the uniaxial compressive strength of intact rocks, geological strength index (GSI), lithology, disturbance factor, and weight of rock contents. Based on the results of the study, it is known that the strength of the rock mass value is obtained from the results of the uniaxial compressive strength test with its loading following the 1981 ISRM standard so that from the results of the test it produces a value of 23 Mpa. For the results of data processing with hoek-brown collapse criteria, a GSI value of 78 was obtained with a very good level of rock surface condition quality. For the quality of the mass of these rocks have a structure of intact rock specimens with little space of discontinuity. Based on observations of the situation in mining activities in the study area using mechanical excavation methods, a disturbance factor value of 0.7 was determined with a rock content weight of 0.59 gr / cm³. Based on the hoek-brown collapse criteria. the final results of the study will be used as recommendations for the design of safe limestone mining.

Keywords: Rock Mass Strength, Limestone, GSI, Hoek-Brown Failure Criterion

Analisis Kekuatan Massa Batugamping Menggunakan Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown di Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur

Abstrak

Daerah penelitian merupakan kawasan tambang batugamping yang terletak di daerah Air putih, Samarinda Ulu, Kalimantan Timur. Faktor keamanan pada aktifitas penambangan sangat ditentukan dengan kualitas massa batuan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis massa batuan dengan menggunakan kriteria keruntuhan Hoek-Brown. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Untuk mendapatkan hasil analisis kekuatan massa batuan batugamping diperlukan beberapa parameter utama yaitu kuat tekan uniaksial batuan utuh, indeks kekuatan geologi (GSI), litologi, faktor gangguan, bobot isi batuan. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa kekuatan nilai massa batuan didapatkan dari hasil uji kuat tekan uniaxial dengan pembebanannya mengikuti standar ISRM 1981 sehingga dari hasil pengujian tersebut menghasilkan nilai 23 Mpa. Untuk hasil pengolahan data dengan kriteria

keruntuhan Hoek-Brown didapatkan nilai GSI 78 dengan tingkat kualitas kondisi permukaan batuan sangat bagus. Untuk kualitas massa batuan ini memiliki struktur spesimen batuan utuh dengan sedikit ruang diskontinuitas. Berdasarkan pengamatan keadaan pada aktifitas penambangan pada daerah penelitian menggunakan metode penggalian secara mekanis maka ditentukan nilai faktor gangguan 0,7 dengan bobot isi batuan 0,59 gr/cm³. Berdasarkan kriteria keruntuhan Hoek-Brown. hasil akhir penelitian akan digunakan sebagai rekomendasi untuk desain penambangan batugamping dengan aman.

Kata Kunci: Kekuatan Massa Batuan, Limestone, GSI, Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown

1. Pendahuluan

Secara administratif Penelitian ini dilakukan di daerah Air Putih, Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur (Koordinat 0513026 m E dan 9947413 m S) yang merupakan daerah penambangan batu gamping dengan jarak yang ditempuh 6,8 kilometer (waktu tempuh sekitar 17 menit) dari Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. Batugamping merupakan adalah salah satu jenis batuan bahan galian industri yang dapat dimanfaatkan secara ekonomis dalam jumlah besar di Indonesia, salah satunya daerah bukit putih. Daerah bukit putih memiliki morfologi perbukitan dan blok sesar serta lithologi batu gamping dengan sisipan batu gamping pasiran dan sisipan batu gamping serpih.

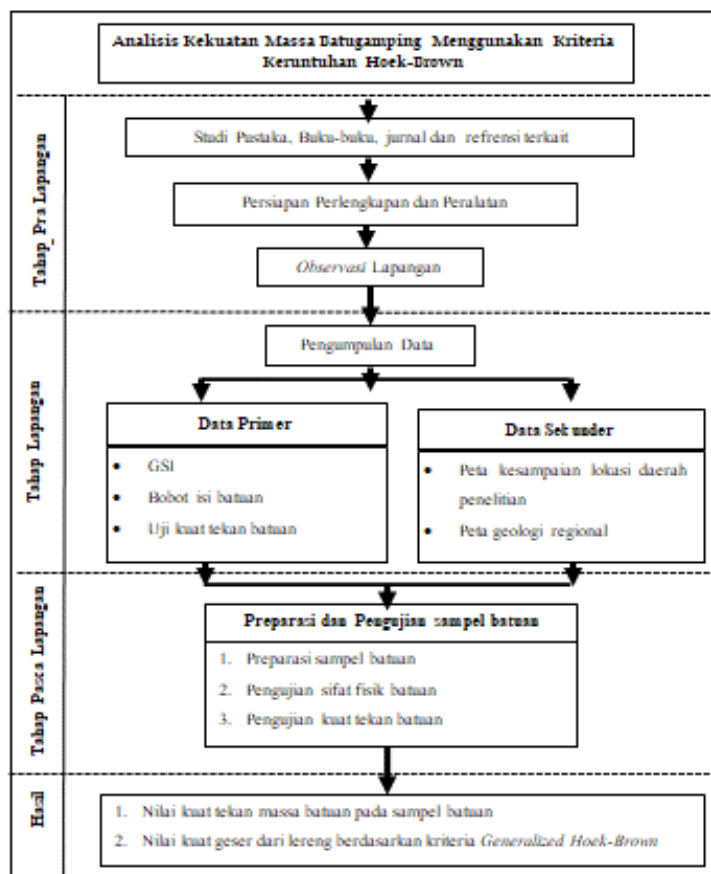
Dengan adanya aktifitas penambangan terbuka sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi teknik dan stabilitas lereng dimana akan mengakibatkan terjadinya longsoran lereng tambang. Maka diperlukan analisis kekuatan massa batuan pada batu gamping daerah bukit putih dengan menggunakan metode kriteria generalized Hoek-Brown. Longsoran lereng tambang umumnya disebabkan dari berbagai faktor sifat fisik dan mekanik batuan, geometri lereng, adanya bidang diskontinuitas, air tanah dan getaran (Wijaya, 2015).

Tujuan penelitian ini untuk dapat memberikan gambaran mengenai kualitas massa batuan dengan beberapa parameter yaitu pertama dilakukan pengujian sifat fisik batuan untuk dapat mengetahui bobot masing batuan kedua dilakukan pengujian kuat tekan uniaksial dengan menggunakan alat *compression machine* dengan standar *International Society Rock Of Mechanics* (ISRM, 1981) terakhir parameter *Geological Strength Index* (GSI) parameter GSI adalah parameter yang dilakukan pengamatan secara langsung dilapangan dengan melihat bidang diskontinuitas pada batuan untuk dapat menentukan nilai GSI dan nilai kohesi dan sudut geser dalam batuan. (Heriyadi, 2018)

2. Metode

Dalam penelitian ini dilakukan menjadi beberapa tahapan yaitu pertama tahap pra lapangan, tahap lapangan dan tahap pasca lapangan. Adapun rincian dari tahap- tahap penelitian yang dilakukan.

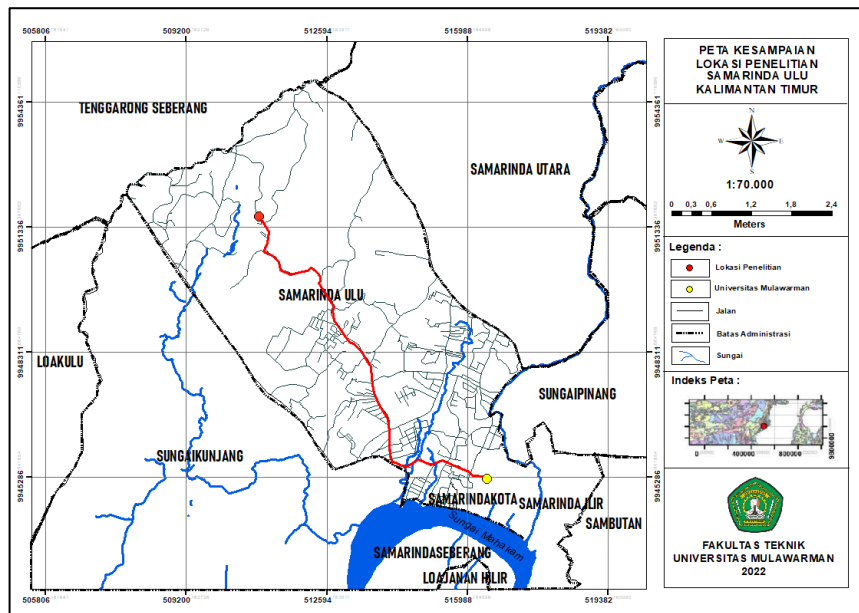
- Tahap pra lapangan kegiatan yang dilakukan studi pustaka, observasi lapangan, peralatan, penelitian lapangan dan bahan uji laboratoriu
- Tahap lapangan pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang nantinya dipergunakan untuk analisis kekuatan massa batuan. Penelitian dilapangan meliputi pengambilan data karakteristik lithologi batuan, pengamatan lithologi berupa struktur dan komposisi mineral penyusun batuan, pengamatan massa batuan meliputi kekuatan batuan (kuat tekan batuan). Pengambilan data dilapangan meliputi pengambilan koordinat lapangan dan pencatatan data.
- Tahapan pasca lapangan, kegiatan yang dilakukan yaitu pengolahan data dan analisa data, pembuatan peta.
- Hasil, pada tahapan ini berisi tentang kesimpulan yang didapatkan setelah dilakukanya pengolahan data.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian daerah bukit putih memiliki struktur geologi yang berkembang didaerah penenlitian dapat dianalisis dengan menggunakan metode pengamatan tidak langsung dan pengamatan langsung. Data yang digunakan dalam pengamatan tidak langsung yaitu peta geologi regional. Sedangkan data yang digunakan dalam pengamatan langsung dengan melihat kedudukan lapisan batuan dan kekar yang dibidang rekahan. Struktur yang berkembang didaerah penelitian berupa struktur lipatan dan sesar. Lokasi penelitian merupakan daerah pemukiman yang dekat dengan aktifitas penambangan Batugamping dengan adanya kegiatan penambangan membuat perubahan pada struktur dan kualitas massa batuan. Bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Kesampaian Lokasi Penelitian



Gambar 3. Proses pengamatan struktur dan bidang kekar secara langsung dilapangan

Pada proses pengamatan secara langsung dilapangan dilakukan dengan melihat bidang diskontinuitas batuan serta struktur batuan untuk dimasukkan kedalam parameter GSI untuk mendapatkan hasil dari kualitas massa batuan. Pada penelitian ini menggunakan 7 sampel dengan jarak 5 meter per sampel batuan sehingga bisa mendapatkan hasil kekuatan massa batuan yang bervariasi.

3.1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Batuan

Dalam Analisis Geoteknik yang akan dilakukan perlunya data dari sifat-sifat fisik batuan untuk parameter menentukan kestabilan lereng. Pengujian sifat fisik yang dilakukan menggunakan standar ISRM (*International Society Rock Mechanics*) sebanyak 7 sampel batuan. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Teknologi Mineral dan Batubara Fakultas teknik Universitas Mulawarman. Bisa lihat pada Gambar 3. proses pengujian sifat fisik batuan dan hasil pengujian bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Batuan

No	Kode Sampel	Wn (gr)	Ww (gr)	Ws (gr)	Wo (gr)
1	T1	76,0	85,7	36,3	83,3
2	T2	76,0	88,6	42,3	86,7
3	T3	76,0	86,6	42,0	84,8
4	T4	76,0	86,8	41,2	84,6
5	T5	76,0	88,7	43,5	87,0
6	T6	76,0	88,4	44,0	87,1
7	T7	76,0	86,2	42,0	84,5
Rata - Rata		76,0	87,3	41,6	85,4

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium maka dapat dianalisa dari hasil uji dari 7 sampel batuan didapatkan hasil uji sifat fisik memperoleh data berupa bobot isi dengan nilai rata rata setiap sampel batuan berat asli (Wn) 76,0 gr, berat kering (Ww) 87,3 gr, berat jenuh (Ws) 41,6 gr dan berat tergantung dalam air (Wo) 85,4 gr

3.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Batuan

Dari hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 7 sampel batuan, maka didapatkan hasil masing-masing sampel yaitu berkisar antara 12 hingga 37 Mpa dan nilai ini akan digunakan sebagai parameter untuk menentukan nilai kekuatan massa batuan. Berikut tabel hasil pengujian kuat tekan uniaksial:

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Kode sampel	Kuat Tekan Uniaksial	
	Kg/cm ²	UCS (Mpa)
T1	245,17	25
T2	186,33	19
T3	225,55	23
T4	176,52	18
T5	362,85	37
T6	235,36	24
T7	117,68	12
Rata -Rata	221,35	23

3.3 Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown

Kriteria keruntuhan Hoek-Brown untuk penentuan kualitas massa batuan menurut (Hoek dan Brown, 1980) digunakan untuk dapat memperkirakan dari kekuatan massa batuan berdasarkan hubungan antara blok batuan dan kondisi permukaan diantara blok batuan tersebut. Hoek dan Brown mengusulkan metode untuk bisa mendapatkan kekuatan massa batuan terkekarkan yang dikenal sebagai dari Original Hoek-Brown Criterion, ditentukan oleh persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_c \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_c} + s \right)^a \dots\dots\dots(3.1)$$

Dalam kriteria ini dimulai dari kekuatan batuan utuh dengan melihat faktor-faktor untuk mengurangi kekuatan tersebut berdasarkan karakteristik pada bidang diskontinuitas dalam massa batuan. Dimana m_b penurunan nilai dari materi konstan m_i dengan persamaan:

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right) \dots\dots\dots(3.3)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \dots\dots\dots(3.4)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3}) \dots\dots\dots(3.5)$$

Berdasarkan analisis kekuatan massa batuan pada lapisan batugamping di daerah batu putih diperoleh nilai beberapa parameter massa batuan seperti pada Tabel 3. meliputi kuat tekan uniaxial batuan, kuat geser batuan, hasil analisis kekuatan massa batuan pada lapisan batugamping didaerah batu putih secara umum mempunyai kekuatan massa batuan yang sedang sehingga tidak berpotensi terjadinya kelongsoran pada dinding lereng penambangan batu gamping.

Tabel 3. Hasil Analisis kekuatan massa batuan pada batu gamping

N o	Kode Sampe l	uCS (Mpa)	m_i	Fakto r D	GS I	Mb	s	a	Φ°	c (Mpa)
1	T 1	25	12	0,7	80	3,9988	0,0133	0,750	24,9	1,451
2	T 2	19	12	0,7	75	3,0382	0,0076	0,775	8,5	0,378
3	T 3	23	12	0,7	80	3,9988	0,0133	0,750	24,9	1,384
4	T 4	18	12	0,7	75	3,0382	0,0076	0,775	8,5	0,358
5	T 5	37	12	0,7	80	3,9988	0,0133	0,750	24,9	1,849
6	T 6	24	12	0,7	75	3,0382	0,0076	0,775	8,5	0,475
7	T 7	12	12	0,7	80	3,9988	0,0133	0,750	24,9	1,019
Rata - Rata		23	12	0,7	78	3,5872	0,0108	0,761	17,88	0,988

Hasil nilai Geological Strength Index yang digunakan dalam penelitian merupakan modifikasi chart dari Geological Strength Index (Hoek, 2000) yang dapat mengestimasi

volumetric joint count secara lebih detail pada struktur rating (SR) untuk jenis batuan batugamping daerah bukit putih diketahui nilai estimasi GSI adalah sekitar 75 – 80, hasil uji laboratorium mekanika batuan diketahui nilai kuat tekan 0,358 – 1,849 Mpa dan bobot isi batuan diketahui nilai 41,6 – 87,3 gr. Untuk faktor gangguan diketahui nilai 0,7 berdasarkan hasil pengamatan dilapangan kegiatan penambangan berupa penggalan batuan dengan menggunakan peralatan mekanis.

Dalam penentuan kualitas massa batuan menurut (Hoek & Marinos, 2000) tentang *Geological Strength Index* (GSI) dimana dengan melihat litologi batuan, kondisi diskontinuitas, struktur diskontinuitas dan bentuk massa batuan yang memberi gambaran proses geologi yang terjadi sehingga diketahui nilai kualitas massa setiap sampel batuan. Tabel Kriteria kekuatan massa batuan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria batuan

Kriteria kekuatan massa batuan			Kekuatan massa
Kelas massa batuan	Rating pembobotan	Kualitas Massa Batuan	
I	100 - 81	Sangat Baik	
II	80 - 61	Baik	
III	60 - 41	Sedang	
IV	40 - 21	Jelek	
V	>21	Sangat Jelek	

Hasil analisis kekuatan massa batuan pada lapisan batugamping didaerah bukit putih secara umum mempunyai kekuatan massa batuan dengan nilai 60 yang memiliki kualitas massa batuan sedang, sehingga tidak berpotensi terjadinya kelongsoran pada dinding lereng penambangan batugamping.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan diketahui hasil nilai kuat tekan batuan pada lapisan batugamping diketahui nilai rata rata UCS 0,988 Mpa dengan estimasi GSI adalah sekitar 75 – 80, dan hasil uji bobot isi batuan diketahui nilai 41,6 – 87,3 gr. Adapun hasil pengujian *Geological Strength Index* (GSI) kekuatan massa batuan pada lapisan batugamping di daerah Air Putih secara umum mempunyai kekuatan massa batuan yang sedang, sehingga tidak berpotensi terjadinya kelongsoran pada dinding lereng penambangan batugamping.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada kedua orang tua, dan keluarga yang selalu memberi bimbingan pada penelitian ini dan teman-teman S1 Teknik Pertambangan Unmul angkatan 2018.

Daftar Pustaka

- Hoek, E and Marinos, P. (2000). GSI: *Geologically Friendly Tool for Rock Mass Strength Estimation. Proceeding of the International Conference Geotechnical and Geological Engineering*: Melbourne. ISSN: 2502-2024. Vol.1 No.1. Pages 01-09
- Heriyadi, N. W. A.A. T., & Tania, D. (2018). Analisis Kekuatan Massa Batuan Andesit Menggunakan Kaidah Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown Untuk Mengetahui Nilai Faktor Keamanan Lereng Pada Daerah Seloharjo, Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, DIY. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. ISSN: 1979-8415 Vol.11 No.1. Pages 11-20
- Hoek, E and Brown, E.T. (1980). *Empirical Strength Criterion for Rock Masses. Journal of the Geotechnical Engineering Division: Proceedings of American Society of Civil Engineers*. ISSN: 1098-1889. Vol. 106. No. 9. Pages 1013-1035
- International Society For Rock Mechanics Sugessted Method. (1981). *Rock Characterization, Testing, and Monitoring*. ED. E.T Brown . Pengamon. Oxford
- Wijaya, R. A. E., & Isnawan, D. (2015). Analisis Kekuatan Massa Batugamping Dengan Menggunakan Kaidah Hoek-Brown Failure Criterion-Roclab di Daerah Gunung Sudo Kabupaten Gunung Kidul Yogyakarta. *Promine*, 3(1).



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License
