

Analisis Diskontinuitas Stabilitas Terowongan Bekas Bijih Mangan Kalilingseng Kulon Progo Berdasarkan Klasifikasi Massa Batuan

Ardya Pramesti Putri Arindry, Singgih Saptono, Barlian Dwi Nagara, S. Koesnaryo, D. Haryanto*

Prodi Magister Teknik Pertambangan, UPN "Veteran", Yogyakarta

**Email: apramesti88@gmail.com*

SARI

Terowongan Kalilingseng merupakan bekas tambang bijih mangan yang terletak di Kabupaten Kulon Progo, Provinsi Yogyakarta. Saat ini terowongan tersebut telah direncanakan untuk dijadikan sebagai geowisata dimana kestabilan terowongan sangat penting untuk diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis diskontinuitas yang terdapat pada terowongan. Dari hasil pembobotan klasifikasi massa batuan, nilai RMR yang diperoleh yaitu 65 dan masuk kedalam kelas II (Good Rock). Kemudian berdasarkan pemodelan, nilai strength factor pada lokasi penelitian menunjukkan nilai $sf > 1,5$ dimana kondisi terowongan yang terdapat bidang diskontinuitas masih aman dan stabil sehingga bisa dijadikan sebagai salah satu obyek geowisata.

Kata kunci: Stabilitas terowongan; diskontinuitas; massa batuan; geowisata

ABSTRACT

The Kalilingseng Tunnel is an ex-manganese ore mine located in Kulon Progo Regency, Yogyakarta Province. Currently, the tunnel has been planned to be used for geotourism where the stability of the tunnel is very important to study. Therefore, this research was conducted to analyze the discontinuity in the tunnel. From the results of the rock mass classification, the RMR value obtained is 65 and is included in class II (Good Rock). Then based on the modeling, the strength factor value at the study site shows an SF value > 1.5 where the tunnel conditions with discontinuity areas are still safe and stable so that they can be used as a geotourism object.

Keywords: *Tunnels stability; discontinuity; rock mass; geotourism*

How to Cite: Arindry, A.P.P., Saptono, S., Nagara, B.D., Koesnaryo, S., Haryanto, D. 2023. Analisis Diskontinuitas Stabilitas Terowongan Bekas Bijih Mangan Kalilingseng Kulon Progo Berdasarkan Klasifikasi Massa Batuan. Jurnal Geomine, 11 (1): 01-08.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submit 2 Agustus 2022

Received in from 20 Agustus 2022

Accepted 2 April 2023

Licensed By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



PENDAHULUAN

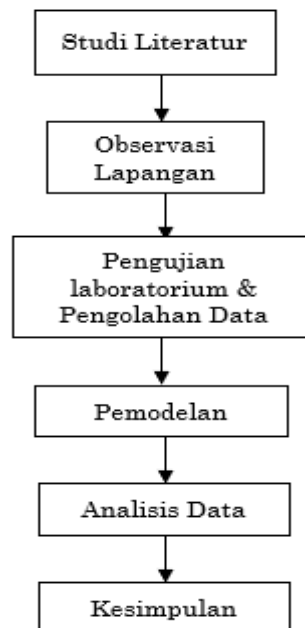
Terowongan Kalilingseng merupakan suatu lubang bukaan bekas penambangan bijih mangan yang terletak di Kabupaten Kulon Progo. Penambangan bijih mangan dilakukan sekitar 100 tahun yang lalu dengan metode penambangan menggunakan sistem penambangan bawah tanah dengan panjang terowongan sekitar 200 m. Terowongan Kalilingseng saat ini dikembangkan untuk dijadikan salah satu obyek geowisata oleh Pemerintah Kabupaten Kulon Progo. Kulon Progo dicirikan dengan puncak datar (Jonggrangan Plateu) dan sayap-sayap curam yang disebut sebagai Oblong Dome (Bemmelen, 1949). Mangan di daerah Kulon Progo terdapat menyebar di dalam lapisan batugamping yang terdapat dalam tuf vulkanik dan breksi andesit (Harjanto, 2021). Daerah penelitian tersusun oleh batugamping. Runtunan stratigrafi bagian bawah Formasi Sentolo dilintasi Pengasih berupa batugamping bioklastika packstone yang beberapa masih bersifat pasir, terpilah buruk, tebal lapisan 60 cm, berselingan dengan grainstone, yang kadang juga masih pasir, terpilah buruk, ukuran kasar, tebal 5-40 cm (Maryanto, 2015). Konstruksi dari Terowongan di karst batugamping sering menimbulkan potensi pecahnya formasi batuan dan menyebabkan kelongsoran (Zaki, dkk, 2017).

Diskontinuitas memiliki dampak penting pada mekanika dan karakteristik hidrologi eksposur massa batuan (Bieniawski, 1973; Goodman, 1989), karena diskontinuitas mengontrol kompleksitas, heterogenitas, dan anisotropi massa batuan, terutama di lingkungan bawah tanah (Fabuel-Perez et al., 2009). Diskontinuitas juga merupakan salah satu bidang lemah yang dapat mempengaruhi stabilitas (Donal, 2020). Oleh sebab itu, perlu dilakukan analisis mengenai bidang diskontinuitas dengan pembuatan model terowongan yang berkaitan dengan massa batuan terhadap keamanan terowongan. Kekasaran permukaan bidang diskontinu akan mempengaruhi kekuatan geser batuan pada tingkat tegangan normal hingga 20 % kuat tekan batuan (Saptono, 2014). Kekasaran permukaan sangat mempengaruhi perilaku geser dan nilai sudut gesek puncak bidang diskontinuitas (Bestian, 2022).

Tujuan dalam penelitian ini yaitu menganalisis diskontinuitas terhadap stabilitas terowongan yang berpengaruh terhadap keruntuhan lubang bukaan yang akan dijadikan sebagai salah satu obyek wisata untuk memberikan rasa aman kepada para wisatawan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu menggunakan metode observasi lapangan yang dilakukan untuk mengetahui kondisi terowongan dan klasifikasi massa batuan di lokasi penelitian. Pendekatan empiris Rock Mass Rating System merupakan klasifikasi massa batuan (Bieniawski, 1989). Untuk analisis pemodelan terowongan menggunakan metode finite element method (FEM) menggunakan software RS2. Adapun bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN

1. Pengukuran Dimensi Terowongan

Pengukuran dimensi terowongan dilakukan untuk mendapatkan dimensi yang sebenarnya dilapangan sebagai dasar pemodelan. Pengukuran dilakukan pada 5 titik lokasi yang berbeda seperti pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Dimensi dari terowongan

Lokasi	Lebar (m)	Tinggi (m)
1	1,5	2,5
2	2,6	2,6
3	1,45	3,6
4	1,6	1,9

2. Pengujian Sampel Batuan

Pengujian yang dilakukan yaitu uji sifat fisik dan mekanik batuan. Menurut Griffith (1921) bahwa arah retakan dari sebuah material akan sesuai dengan tegangan utama maksimumnya. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil nilai UCS sebesar 24,41 MPa, modulus elastisitas sebesar 8708,01 MPa, poisson ration sebesar 0,16. Adapun hasil pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 2.

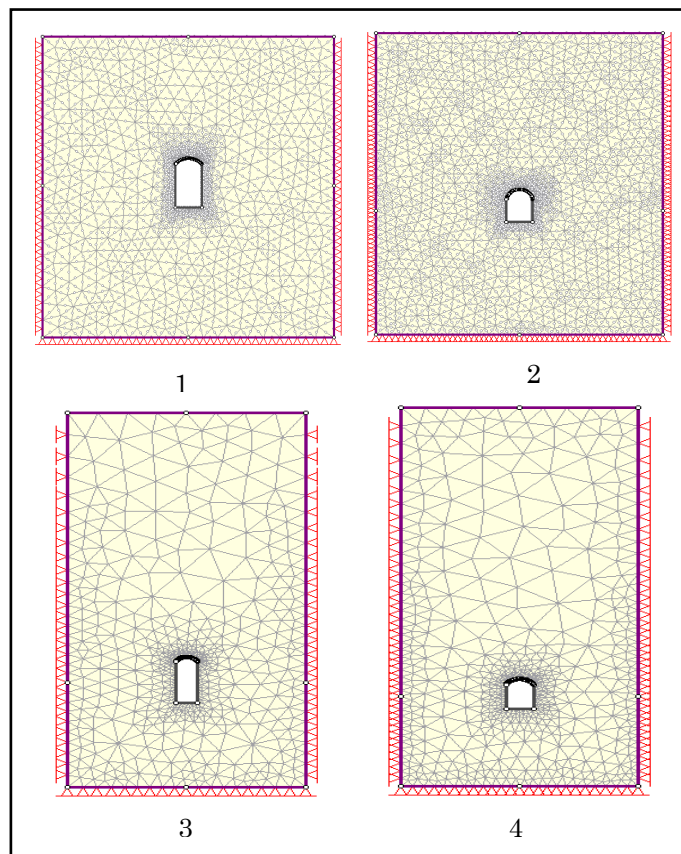
Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Geser

Parameter	Sampel			
	1	2	3	4
Kohesi (MPa)	0,09	0,10	0,13	0,12
Sudut Gesek Dalam (°)	23,96	31,64	25,54	37,61

Analisis massa batuan menggunakan sistem *Rock Mass Rating* (RMR). Sistem RMR digunakan untuk mengklasifikasi massa batuan berdasarkan 5 parameter yaitu kuat tekan batuan utuh (UCS), RQD, pengukuran air tanah, pengukuran spasi bidang diskontinu dan kondisi diskontinuitas (Bryan, dkk, 2021). Berdasarkan hasil analisis didapatkan klasifikasi RMR dengan nilai 67 dimana termasuk kedalam kelas II (*good rock*).

3. Pemodelan

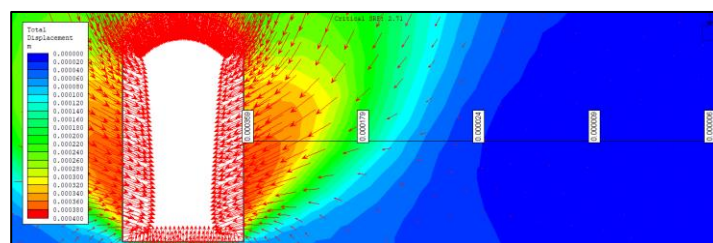
Pemodelan pada penelitian ini menggunakan program RS2 sebagai pemodelan numerik untuk menganalisis kekuatan masa batuan disekitar terowongan. Pembuatan model disesuaikan dengan kondisi asli terowongan.



Gambar 2. Model Terowongan

4. Deformasi Terowongan

Pengaruh ketidakpastian sifat mekanik batuan terhadap kestabilan terowongan dikaitkan dengan deformasi batuan. Kriteria keruntuhan sederhana yang mudah dipahami dalam model analitik yaitu menggunakan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb (Brady, 1985). Deformasi dianalisa melalui besaran perpindahan dengan jarak pengamatan 1 meter sebanyak 5 titik lokasi.



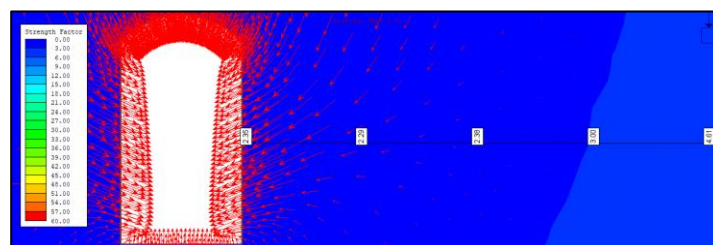
Gambar 3. Total Perpindahan

Tabel 3. Total Perpindahan

Lokasi	Total Perpindahan (m)
1	0,000359
2	0,002342
3	0,003509
4	0,006509

5. *Strength Factor* (SF)

SF merupakan rasio dari kekuatan batuan (*rock strength*) berdasarkan kriteria keruntuhan dengan tegangan terinduksi.



Gambar 4. *Strength Factor*

Tabel 4. *Strength Factor*

Lokasi	<i>Strength Factor</i>
1	2,35
2	1,73
3	2,17
4	2,34

Berikut merupakan nilai faktor keamanan untuk memperhitungkan kestabilan suatu lereng (Bowles, 1984):

$SF < 1,07$: Keruntuhan labil

$1,07 < SF < 1,25$: Keruntuhan kritis

$SF \geq 1,25$: Keruntuhan normal

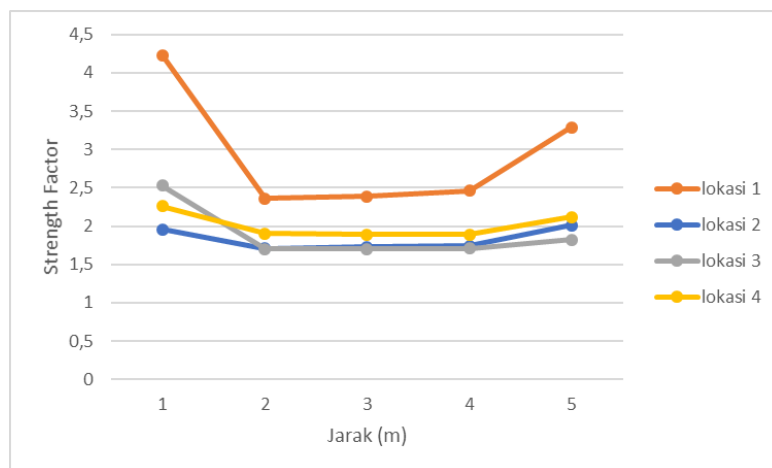
Dari data diatas didapatkan bahwa pemodelan sebelum adanya diskontinuitas nilai $SF > 1,25$ sehingga dikatakan terowongan aman dan stabil.

6. Analisis Kestabilan Terowongan

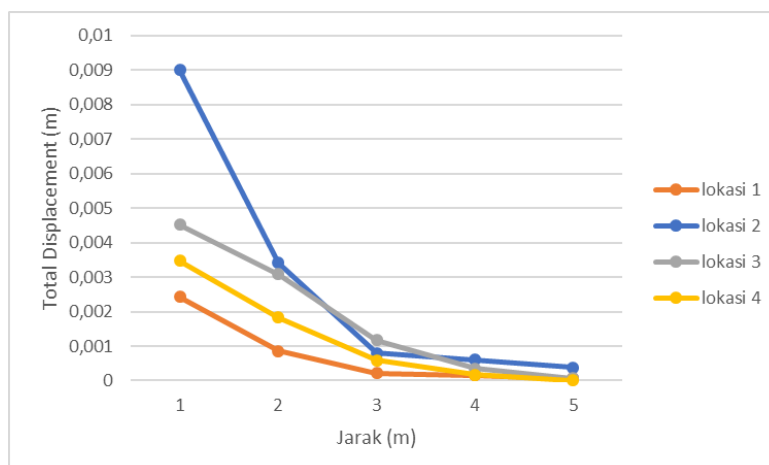
Analisis ini digunakan untuk mengetahui pengaruh diskontinuitas yang ada terowongan untuk mengetahui stabilitas terowongan terhadap *strength factor* dan total *displacement* pada terowongan. Pada pemodelan, dimasukkan bidang diskontinuitas dengan *bedding joint inclination* yaitu 0° , *cross joint inclination* 85° , *joint spacing* 0,35 m serta *joint spacing* 0,5 m, sehingga didapatkan nilai *strength factor* yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. *Strength Factor* diskontinuitas

Lokasi	<i>Strength Factor</i>
1	4,23
2	1,96
3	2,53
4	2,26



Gambar 6. Grafik hubungan *strength factor* dengan jarak



Gambar 7. Grafik hubungan *Total Displacement* dengan jarak

KESIMPULAN

Karakteristik Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, massa batuan tergolong batuan baik (kelas II) dengan nilai RMR yaitu 67. Dengan kondisi terdapatnya bidang diskontinuitas dimana merupakan salah satu bidang lemah yang dapat menyebabkan terjadinya kelongsoran (failure), pada analisis menggunakan metode FEM didapatkan nilai strength factor $>1,25$ yang mana kondisi terowongan masih dikategorikan aman dan stabil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan paper ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak khususnya kepada Dosen Pembimbing yang telah memberikan masukan.

PUSTAKA

- Bemmelen, R.W. V. 1949. The Geology of Indonesia, volume 1A General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. Netherlands : Hague.
- Bestian P Simarmata, Singgih Saptono, Barlian Dwinagara. Karakteristik kekasaran kekar pada lereng kuari andesit di kecamatan kokap, kulon progo. Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi (SINARINT). 13 Juli 2022. Sinarint.itp.ac.id.
- Bieniawski, Z., 1973. Engineering classification of jointed rock masses. Civil Eng. S. Afr.15.
- Bieniawski, Z.T., 1989, Engineering Rock Mass Classifications. New York: Wiley.
- Brady, B.H.G. and Brown, E.T. 1985. Rock mechanics for underground mining. London: Allen and Unwin.
- Bryan, dkk. Analisis Kualitas Massa Batuan Dengan Metode Rock Mass Rating (Rmr) Pada Batugamping. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IX 2021. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. ISSN 2685-6875.

- Bowles, Joseph E. 1984. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.
- Donal R. N. 2020. Pengaruh Persistensi Bidang Diskontinu Terhadap Kestabilan Lereng Batuan Andesit Terkekarkan Studi Kasus Kuari Andesit Batujajar. Tesis. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
- Fabuel-Perez, I., Hodgetts, D., Redfern, J., 2009. A new approach for outcrop characterization and geostatistical analysis of a low-sinuosity fluvial-dominated succession using digital outcrop models: Upper Triassic Oukaimeden Sandstone Formation, central High Atlas, Morocco. AAPG Bull. 93, 795–827.
- Goodman, R.E., 1989. Introduction to Rock Mechanics. Wiley New York.
- Griffith, A.A. (1921) The Phenomena of Rupture and Flow in Solids. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character, 221, 163-198. <https://doi.org/10.1098/rsta.1921.0006>.
- Harjanto, Agus. Karakteristik Mangan (Mn) di Daerah Kliripan dan Sekitarnya, Desa Hargorejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Jurnal Geosains dan Teknologi Vol. 4 No. 1 Maret 2021.
- Maryanto, Sigit. Perkembangan Sedimentologi Batugamping Berdasarkan Data Petrografi pada Formasi Sentolo di Sepanjang Lintasan Pengasih, Kulonprogo. J.G.S.M. Vol.16 No.3 Agustus 2015 hal 129-139.
- Saptono S, Sudarsono, Hartono, Fiorettha K. Studi kekuatan geser terhadap pengaruh kekasaran permukaan diaklas batu gamping. Prosiding Seminar Nasional Kebumihan ke-7. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, 30-31 Oktober 2014.
- Zaki N F M, Ismail M A M. Geological Prediction Ahead of Tunnel Face in the Limestone Formation Tunnel using Multi-Modal Geophysical Surveys. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 995 (2018) 012114. ISMAP 2017. doi :10.1088/1742-6596/995/1/012114.