



DOI: <https://doi.org/10.38035/jim.v5i1>  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Perbandingan Penggunaan Kriteria Mohr-Coulomb dan Hoek-Brown terhadap Analisis Kestabilan Lereng Batu Gamping

I Dewa Putu Gede Wahyu Adiana Putra<sup>1</sup>, Rochsyid Anggara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UPN “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia, [d3wawahyu@gmail.com](mailto:d3wawahyu@gmail.com)

<sup>2</sup>UPN “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia, [rochsyid.anggara@upnyk.ac.id](mailto:rochsyid.anggara@upnyk.ac.id)

Corresponding Author: [d3wawahyu@gmail.com](mailto:d3wawahyu@gmail.com)<sup>1</sup>

**Abstract:** Slope stability in mining activities is highly influenced by the characteristics of the rock mass and also the presence of discontinuity planes on the slope. The formation of slopes in mining activities needs to go through various studies and analyses to find the optimal slope geometry from both safety and economic aspects. This research will compare two criteria commonly used in slope stability analysis, namely the Mohr-Coulomb criterion and the Hoek-Brown criterion, to analyze limestone slopes so as to determine the criterion that provides the most optimal analysis results with a factor of safety value that is not excessive (overestimated). The analysis was conducted using GeoStudio 2023.1 software with the Morgenstern-Price method on three slope designs with single slopes of 90°, 80°, and 70°. The data used in this analysis include the results of physical property tests, uniaxial compressive strength (UCS) tests, and the reading of Geological Strength Index (GSI) values. Based on the analysis results, the range of factor of safety (FS) values obtained with the Hoek-Brown model is 1.37–1.59 for the overall slope and 1.26–1.53 for the single slope, while the Mohr-Coulomb model produces a range of FS values of 1.80–2.09 for the overall slope and 1.66–2.01 for the single slope. The results obtained indicate that the Hoek-Brown model produces smaller FS values compared to the Mohr-Coulomb model because it considers the Geological Strength Index (GSI) and the disturbance factor that occurs in the field.

**Keywords:** Slope stability, Hoek-Brown, Mohr-Coulomb, Morgenstern-Price, GeoStudio

**Abstrak:** Kestabilan lereng dalam kegiatan penambangan sangat dipengaruhi oleh karakteristik massa batuan dan juga keterdapatannya bidang diskontinu pada lereng tersebut. Pembentukan lereng dalam kegiatan penambangan perlu melalui berbagai kajian serta analisis untuk menemukan geometri lereng optimal baik dari aspek keamanan maupun keekonomian. Penelitian ini akan membandingkan dua kriteria yang biasa digunakan dalam analisis kestabilan lereng, yakni kriteria Mohr-Coulomb dan kriteria Hoek-Brown, untuk menganalisis lereng batu gamping sehingga dapat mengetahui kriteria yang memberikan hasil analisis paling optimal dengan nilai faktor keamanan yang tidak berlebih (overestimate). Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GeoStudio 2023.1 dengan metode Morgenstern-Price pada tiga desain lereng dengan single slope 90°, 80°, dan 70°. Data yang

digunakan dalam analisis ini meliputi hasil uji sifat fisik, uji kuat tekan uniaksial (UCS), dan pembacaan nilai Geological Strength Index (GSI). Berdasarkan hasil analisis diperoleh rentang nilai faktor keamanan (FK) dengan model Hoek-Brown sebesar 1,37–1,59 untuk lereng keseluruhan dan 1,26–1,53 untuk lereng tunggal, sedangkan model Mohr-Coulomb menghasilkan rentang nilai FK sebesar 1,80–2,09 untuk lereng keseluruhan dan 1,66–2,01 untuk lereng tunggal. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model Hoek-Brown menghasilkan nilai FK lebih kecil dibandingkan model Mohr-Coulomb karena mempertimbangkan Geological Strength Index (GSI) dan faktor gangguan yang terjadi di lapangan.

**Kata Kunci:** Kestabilan lereng, Hoek-Brown, Mohr-Coulomb, Morgenstern-Price, GeoStudio

---

## PENDAHULUAN

Kestabilan lereng merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan dalam operasi penambangan terbuka. Pada proses penambangan melibatkan kegiatan penggalian yang terjadi dalam suatu lereng tambang sehingga memungkinkan terjadinya perubahan besar gaya yang mengakibatkan terganggunya kestabilan lereng dan berpotensi menyebabkan terjadinya kelongsoran. Selain itu, pemilihan geometri lereng yang kurang tepat juga menjadi salah satu penyebab kelongsoran pada lereng. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut, perlu dilakukan analisis yang akan menentukan geometri lereng yang paling optimal baik dari aspek keamanan maupun keekonomian. Menurut Vallejo & Ferrer (2011), terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kestabilan lereng, di antaranya adalah faktor geometri lereng, faktor geologi, faktor hidrologi, serta faktor geomekanika (kekuatan, deformabilitas dan permeabilitas batuan) (Mersi et al., 2018). Secara material utuh batu gamping memiliki kuat tekan yang relatif tinggi, akan tetapi keterdapatannya bidang diskontinu yang tercipta secara alami akan mereduksi secara signifikan kekuatan massa batu gamping. Dengan mempertimbangkan faktor tersebut akan dilakukan analisis untuk memperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang memenuhi dengan geometri yang optimal. Di Indonesia, nilai FK yang ditetapkan sebagai syarat mengacu pada Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 adalah  $\geq 1,1$  untuk lereng tunggal dan  $\geq 1,3$  untuk lereng keseluruhan.

Analisis kestabilan lereng akan dilakukan dengan menggunakan *limit Equilibrium Method* (LEM) atau biasa disebut dengan metode kesetimbangan batas yang merupakan salah satu dari analisis kestabilan lereng pada tahapan perencanaan tambang terbuka. Dalam metode LEM, terdapat beberapa metode analisis yang dapat digunakan, salah satunya adalah *Morgenstern-Price*. Metode ini merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis semua bentuk bidang keruntuhan dan telah memenuhi semua kondisi kesetimbangan. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan juga analisis dengan menggunakan metode *Morgenstern-Price*. Raihan (2022) menggunakan metode ini untuk melakukan analisis kestabilan lereng tambang batubara, penelitian tersebut dilakukan menggunakan metode *Morgenstern-Price* karena metode ini menggunakan kesetimbangan momen dan kesetimbangan gaya dalam melakukan analisisnya.

Dengan menggunakan metode tersebut, analisis akan dilakukan dengan menggunakan dua pemodelan, yaitu kriteria *Mohr-Coulomb* (MC) dan *Hoek-Brown* (HB). Kriteria *Mohr-Coulomb* merupakan kriteria yang sederhana karena memanfaatkan data berupa kohesi ( $c$ ) dan sudut gesek dalam ( $\phi$ ) yang diperoleh dari hasil uji geser langsung sehingga kriteria ini merupakan kriteria yang sering digunakan dalam melakukan analisis. Sedangkan kriteria *Hoek-Brown* menggunakan pendekatan terhadap massa batuan yang seringkali bersifat non-linier. Pada tahap awal eksplorasi, data uji triaksial yang diperoleh sangat terbatas sehingga estimasi parameter Hoek-Brown seringkali diturunkan berdasarkan nilai *Uniaxial*

*Compressive Strength* (UCS). Hasil nilai FK yang diperoleh dari kedua kriteria ini nantinya akan dibandingkan dan dianalisis. Penelitian sebelumnya oleh Desti et al. (2022) melakukan analisis stabilitas lereng batuan dengan menggunakan kedua kriteria ini. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa selisih nilai faktor keamanan yang diperoleh dari model HB dan MC tidak signifikan, perbedaan yang dihasilkan maksimal berada di angka 10% dan menghasilkan bidang gelincir yang cukup mirip sehingga disimpulkan persamaan HB dapat digunakan sebagai korelasi parameter MC. Selain itu, penelitian serupa juga dilakukan oleh Siswanda et al. (2024) dengan melakukan analisis kestabilan lereng pada tambang batubara. Penelitian yang dilakukan menggunakan pemodelan HB dan MC dengan nilai FK yang dihasilkan ada di rentang 1,024-1,438 untuk model HB dan 1,463-1.830 untuk model MC. Nilai FK yang diperoleh dari kedua metode menunjukkan bahwa model HB menghasilkan nilai FK lebih kecil jika dibandingkan dengan model MC. Hal ini dipengaruhi oleh variabel pada litologi seperti struktur, kondisi bidang diskontinuitas dan nilai *disturbance factor* (D) atau faktor gangguan sebagai dampak kegiatan penggalian dan peledakan yang turut dipertimbangkan dalam pemodelan HB sedangkan kriteria MC tidak mempertimbangkan variabel tersebut.

Lokasi penelitian terletak di daerah Gunungkidul, Yogyakarta dimana formasi batu gamping yang terdapat di lokasi adalah formasi Wonosari-Punung (Suroño et al. 1992). Formasi wonosari tersusun oleh batu gamping berbukit serta menunjukkan perlapisan dengan kemiringan landai, sedangkan formasi punung didominasi oleh batu gamping terumbu dan membentuk perbukitan mengerucut dengan puncak yang relatif tumpul. Kondisi batu gamping di lokasi penelitian yang menunjukkan struktur perlapisan menjadi salah satu pengontrol dalam analisis kestabilan lereng karena struktur perlapisan dapat bertindak sebagai bidang lemah.

Pada penelitian ini akan dilakukan pemodelan lereng batu gamping dengan menggunakan *software* GeoStudio 2023.1 metode *Morgenstern-Price* dengan dua kriteria yaitu kriteria HB dan MC. Hasil analisis yang akan diperoleh yaitu perbandingan nilai FK dan Geometri lereng paling optimal berdasarkan hasil nilai FK. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kriteria manakah yang memberikan hasil optimal dan tidak *overestimate* serta mengetahui perbandingan hasil analisis dengan kriteria HB dan MC pada lereng batu gamping.

## METODE

Penelitian ini dilaksanakan dengan pengambilan data di lapangan baik secara langsung maupun tidak langsung, kemudian dilakukan pengujian di laboratorium, pengolahan data serta dilakukan analisis dari hasil pengolahan yang sudah dilakukan.

### Studi Literatur

Studi literatur dilakukan terlebih dahulu dengan menemukan sumber-sumber pustaka sesuai dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Sumber-sumber yang digunakan dapat bersumber dari jurnal ilmiah, prosiding, buku teks, serta laporan penelitian yang dapat diakses melalui perpustakaan maupun basis data akademik. Semakin banyak sumber-sumber yang diperoleh akan menjadi pedoman dalam pelaksanaan pengambilan data di lapangan maupun analisis data.

### Preparasi Sampel dan Pengujian

Sampel batu gamping yang telah diperoleh di lapangan kemudian dipersiapkan sebelum dilakukan pengujian. Sampel batu gamping akan dibuat menjadi bentuk silinder dengan ukuran diameter 54 mm, dan tinggi 108 mm. Ukuran sampel ini disesuaikan dengan *American Society and Materials* (ASTM) D4543. Sampel dibuat silinder dengan melakukan pemboran inti (*coring*) kemudian hasil *coring* akan dipotong sesuai dengan ketinggian sampel yang sudah ditentukan. Setelah selesai, dilakukan pengujian sifat fisik batuan untuk mendapatkan nilai bobot isi ( $\gamma$ ), sedangkan pengujian sifat mekanik dengan uji geser langsung, dan uji kuat tekan uniaksial dengan hasil pengujian berupa nilai UCS, kohesi (c)

sudut geser dalam ( $\emptyset$ ). Preparasi sampel dan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Batuan, Jurusan Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta.

### Pengolahan dan Analisis Data

Seluruh data hasil pengujian kemudian akan dilakukan analisis menggunakan *software* GeoStudio 2023.1, untuk mempersiapkan data yang diperlukan terlebih dahulu dilakukan pengolahan data dengan *software* Excel 2021 untuk memperoleh nilai bobot isi batuan ( $\gamma$ ), kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\emptyset$ ). analisis data juga akan dilakukan dengan menggunakan persamaan *Generalized Hoek-Brown* sebagai berikut:

$$m_b = m_i \times \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right) \quad (1)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \quad (2)$$

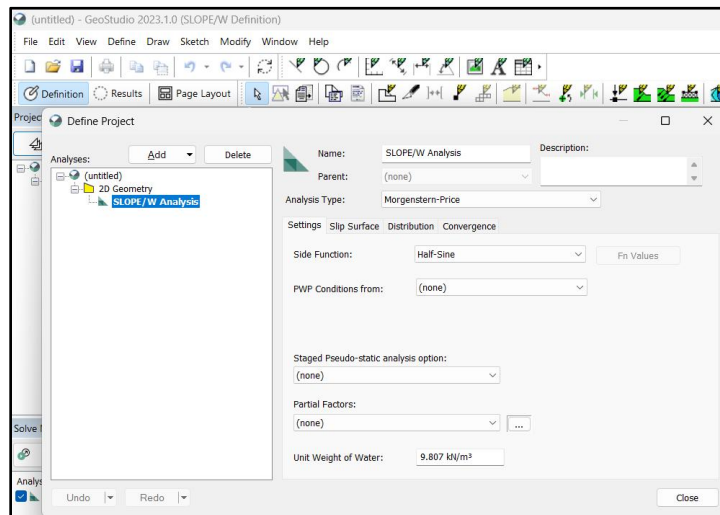
$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right) \quad (3)$$

Keterangan:

- $m_b$  = modifikasi konstanta batuan utuh
- $m_i$  = konstanta batuan utuh
- $s$  = tingkat keutuhan massa batuan
- $GSI$  = *Geological Strength Index*
- $D$  = *Disturbance factor*

Modifikasi konstanta batuan utuh ( $m_b$ ) merupakan kekuatan material massa batuan yang sudah memperhitungkan kondisi rekahan di lapangan yang merupakan hasil reduksi dari kekuatan batuan utuh ( $m_i$ ) yang diperoleh melalui uji triaksial. Nilai  $S$  dan  $a$  merupakan tingkat karakteristik massa batuan dan nilai  $D$  (*Disturbance factor*) merupakan besarnya kerusakan batuan yang terjadi sebagai akibat dari proses penggalian.  $GSI$  (*Geological Strength Index*) merupakan nilai index yang diberikan berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan dimana nilainya diperoleh dengan melakukan pembacaan pada grafik.

Analisis data pada *software* GeoStudio 2023.1 dilakukan dengan metode SLOPE/W yang tersedia pada *software* dengan tipe analisis yang digunakan adalah *Morgenstern-Price*. Model yang digunakan adalah membandingkan antara model Hoek-Brown dan model Mohr-Coulomb. Analisis inilah nanti akan diperoleh nilai geometri lereng paling optimal dengan nilai FK yang memenuhi syarat.



Gambar 1. Metode dan tipe analisis pada software GeoStudio 2023.1

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian di Laboratorium

Uji laboratorium yang dilakukan mencakup sifat fisik dan mekanik pada batu gamping. Hasil pengujian sifat fisik dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data uji sifat fisik batuan

Parameter	Sampel batu gamping		
	1	2	3
Berat Conto Asli (g)	180,30	179,60	179,40
Berat Conto Jenuh (g)	185,60	184,10	182,70
Berat Conto Tergantung (g)	92,80	84,10	86,90
Berat Conto Kering (g)	175,10	174,40	177,50
Bobot Isi Jenuh (g/cm <sup>3</sup> )	2,00	1,84	1,91
Bobot Isi Kering (g/cm <sup>3</sup> )	1,89	1,74	1,85
Bobot Isi Natural (g/cm <sup>3</sup> )	1,94	1,80	1,87
Bobot Isi Natural (kN/m <sup>3</sup> )	19,06	17,62	18,37

Dari hasil pengujian pada Tabel 1 di atas, nilai bobot isi dari 3 sampel uji jika dirata-ratakan sebesar 1,87 g/cm<sup>3</sup> atau jika dikonversi menjadi 18,35 kN/m<sup>3</sup>. Nilai bobot isi yang digunakan adalah bobot isi natural karena bobot isi ini mewakili kondisi asli batuan di lapangan sehingga inilah yang akan dijadikan sebagai parameter input di software GeoStudio.

Pengujian sifat mekanis juga dilaksanakan, salah satunya adalah pengujian *Uniaxial Compressive Strength* (UCS). Berdasarkan pengujian ini akan diperoleh nilai UCS dari batu gamping yang diuji, di mana semakin besar nilai UCS, semakin kuat suatu batuan. Sampel yang digunakan sebanyak 5 buah sampel dengan hasil pengujian tertera pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Data hasil pengujian UCS

No Sampel	D (mm)	T (mm)	UCS (MPa)
1	54	100	5.43
2	54	100	7.24
3	54	100	4.22
4	54	100	8.44
5	54	100	5.43

Berdasarkan pada tabel 2 diatas, hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai UCS pada batu gamping yang di uji berada pada rentang 4,22 – 8,44 MPa dan jika dirata-ratakan menjadi sebesar 6,15 Mpa. Berdasarkan hasil tersebut, kekuatan batu gamping pada lokasi

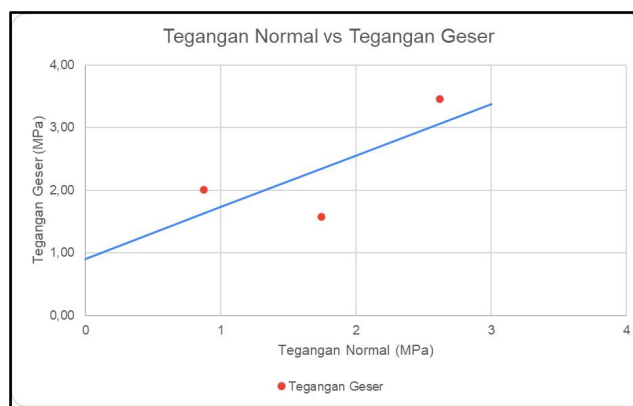
penelitian termasuk kedalam jenis batuan lemah sampai dengan sangat lemah berdasarkan dari *International Society for Rock Mechanics (ISRM)* 1979 kemudian dari nilai rata-rata inilah yang akan digunakan sebagai parameter analisis *software*.

**Uji Geser Langsung**

Melalui uji geser langsung ini akan diperoleh nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) batuan. Pada pengujian ini digunakan sebanyak 15 sampel batu gamping yang diberikan tegangan normal ( $\sigma_n$ ) berbeda-beda sehingga hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3. Hasil uji geser langsung**

No Sampel	Tegangan Normal (MPa)	Tegangan Geser (MPa)
1	0,87	2,01
2	1,75	1,57
3	2,62	3,45

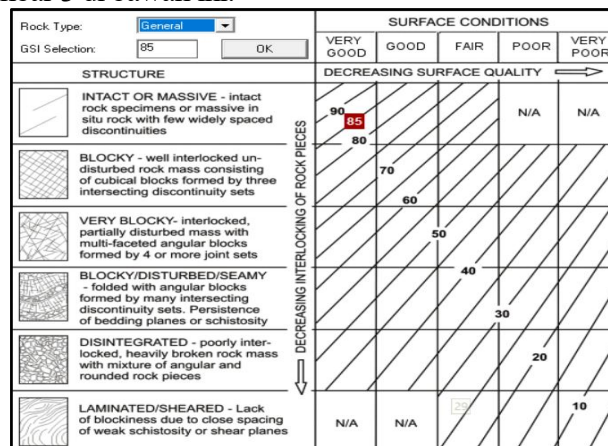


**Gambar 2. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser**

Berdasarkan pada hasil pengujian dan pembacaan grafik pada gambar di atas, titik merah merupakan tegangan geser yang dihasilkan selama pengujian dengan nilai pada setiap titik merah tertera pada tabel 3 diatas. dari pengujian ini dapat diperoleh nilai kohesi ( $c$ ) sebesar 0,90 MPa, dan nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) sebesar  $39,52^\circ$  dengan bentuk grafik seperti pada gambar 2 di atas.

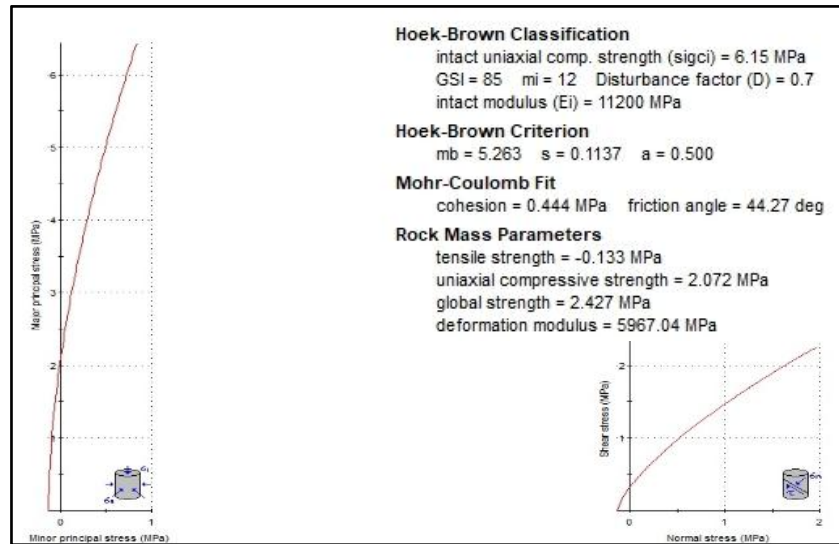
**Geological Strength Index (GSI)**

Salah satu klasifikasi massa batuan yang digunakan adalah *Geological Strength Index (GSI)* dimana klasifikasi ini akan mengestimasi kekuatan dari massa batuan berdasarkan pada kondisi geologi yang dideskripsikan melalui batuan inti. Nilai ini diperoleh melalui *plot* titik pada *software* RocLab seperti pada gambar 3 di bawah ini.



**Gambar 3. Grafik penentuan nilai GSI**

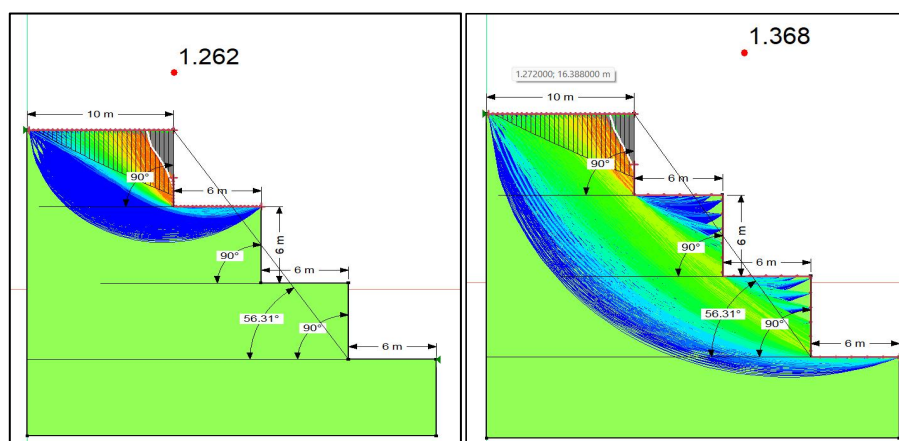
Setelah disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan dan di *plot* pada grafik diatas, batu gamping pada lokasi penelitian tergolong dalam kategori *intact rock massive* dengan nilai GSI sebesar 85. Setelah nilai GSI diperoleh, dilanjutkan dengan mencari kriteria Hoek-Brown ( $m_b$ ,  $s$ , dan  $a$ ) yang akan digunakan dalam analisis kestabilan lereng dengan *software* GeoStudio. Pada *software* RocLab menunjukkan nilai  $m_b$  sebesar 5,263;  $s$  sebesar 0,1137; dan nilai  $a$  sebesar 0,500 seperti terlihat pada Gambar 4 di bawah ini.



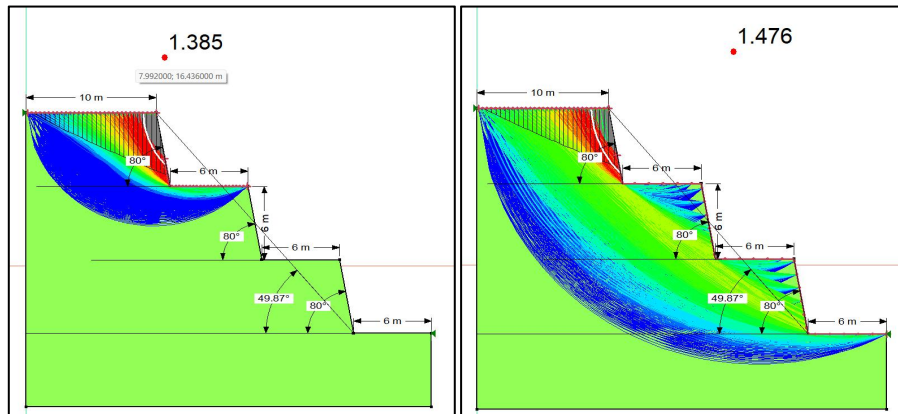
Gambar 4. Hasil analisis *software* RocLab

### Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan GeoStudio 2023.1

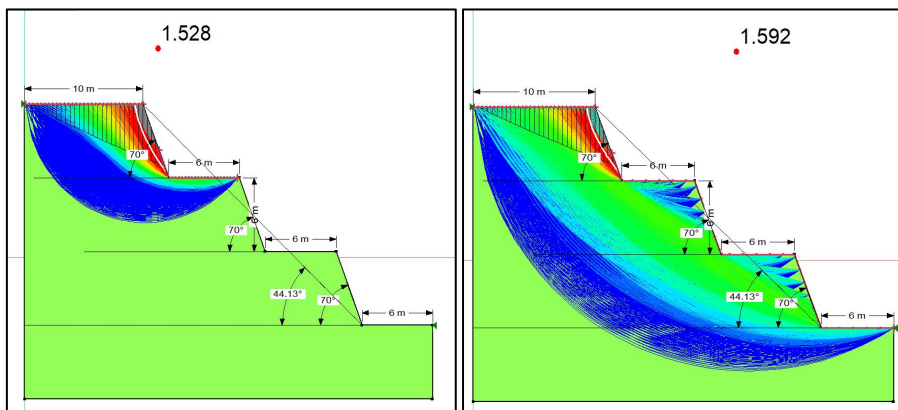
Seluruh data yang telah diperoleh akan di analisis dengan menggunakan *software* GeoStudio 2023.1. Metode analisis yang akan digunakan adalah *Morgenstern-Price* karena metode ini memperhitungkan dan juga menyelesaikan gaya dan momen dari setiap irisan dengan mempertimbangkan semua gaya yang bekerja. Analisis akan dilaksanakan dengan dua model yaitu model Hoek-Brown dan Mohr-Coulomb. Hasil analisis lereng tunggal dan lereng keseluruhan dilakukan dengan 3 sudut yang berbeda menggunakan kriteria HB dan MC dapat di lihat pada gambar di bawah ini



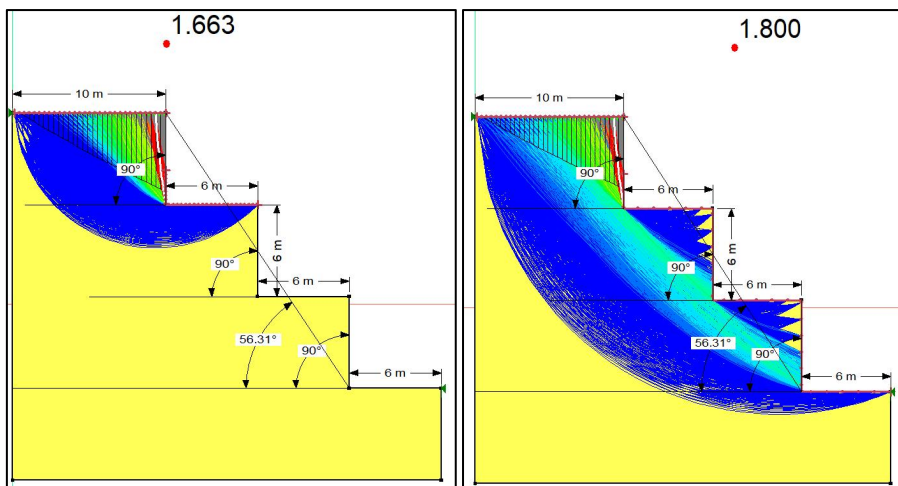
Gambar 5. Hasil analisis kriteria Hoek-Brown slope 90°



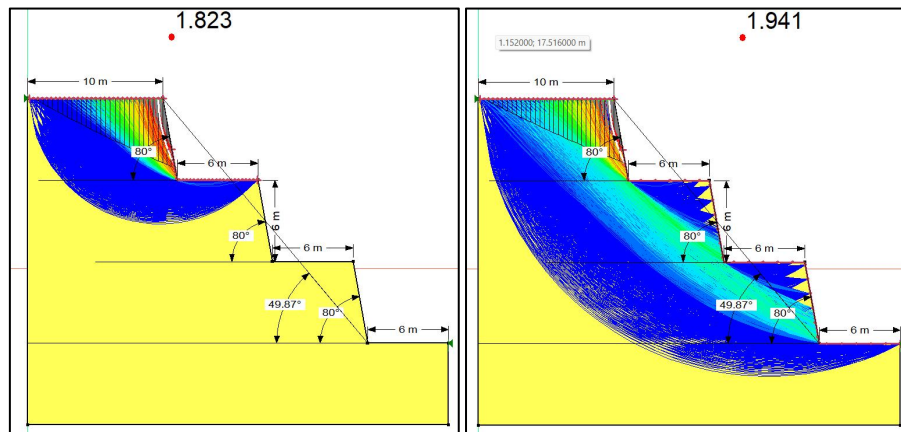
Gambar 6. Hasil analisis kriteria Hoek-Brown slope 80°



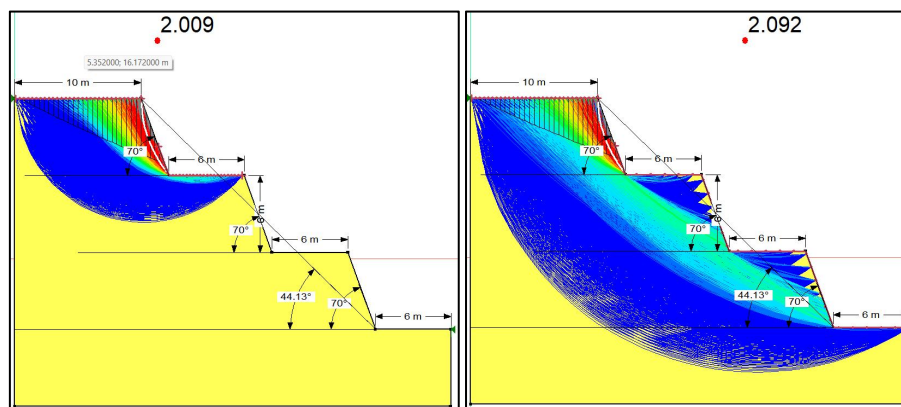
Gambar 7. Hasil analisis kriteria Hoek-Brown slope 70°



Gambar 8. Hasil analisis kriteria Mohr-Coulomb slope 90°



Gambar 9. Hasil analisis kriteria Mohr-Coulomb slope 80°



Gambar 10. Hasil analisis kriteria Mohr-Coulomb slope 70°

Hasil dari analisis menunjukkan kedua kriteria baik Hoek-Brown maupun Mohr-Coulomb memberikan nilai faktor keamanan yang memenuhi seperti tercantum dalam Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K/30/MEM/2018 yaitu  $\geq 1,1$  untuk lereng tunggal dan  $\geq 1,3$  untuk lereng keseluruhan. Hasil dari analisis kedua model dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Hasil analisis kestabilan lereng

Model	Tinggi Jenjang (m)	Lebar Jenjang (m)	Single Slope (°)	Overall Slope (°)	FK Lereng Tunggal	FK Keseluruhan
Hoek-Brown	6	6	90	56,31	1,26	1,37
			80	49,87	1,39	1,48
			70	44,13	1,53	1,59
Mohr-Coulomb	6	6	90	56,31	1,66	1,80
			80	49,87	1,82	1,94
			70	44,13	2,01	2,09

Dari tabel tersebut diperoleh selisih rata-rata nilai FK pada lereng tunggal sebesar 0,44 sedangkan nilai FK lereng keseluruhan memiliki selisih rata-rata sebesar 0,46 dan jika dipersentasekan perbedaan nilai FK antara model HB dan MC adalah sebesar 31,35% dan 31,31% untuk lereng keseluruhan. Hasil yang diperoleh juga menunjukkan bahwa nilai FK yang diperoleh dari hasil kriteria HB lebih kecil jika dibandingkan dengan kriteria MC, hal ini disebabkan oleh perbedaan variabel yang digunakan dalam analisis. Analisis dengan kriteria HB mempertimbangkan variabel yang diperoleh berdasarkan pengamatan di lapangan seperti nilai GSI, *disturbance factor* atau faktor gangguan, dan parameter *intact rock* ( $m_i$ ). Kondisi batu gamping yang tersusun berupa per lapisan dan ada yang berbentuk terumbu turut dipertimbangkan sebagai bidang lemah yang mengurangi nilai kekuatan batuan sehingga

hasil yang diperoleh menjadi lebih kecil karena tidak hanya mempertimbangkan hasil pengujian sampel di laboratorium seperti analisis pemodelan MC.

Hasil yang diperoleh sesuai dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, baik oleh Desti et al. (2022) maupun Siswanda et al. (2024), dengan kondisi material yang berbeda. Hanya saja, perbedaan antara FK kriteria HB dan MC cukup tinggi, di atas 30%, berbeda dengan hasil pengujian oleh Desti et al. (2022), dengan perbedaan terbesar 10%. Hal ini disebabkan oleh perbedaan material yang di analisis terutama faktor kondisi bidang diskontinu di lapangan yang merupakan variable yang membedakan kedua model ini. Hasil pengujian kali ini juga menunjukkan bahwa dengan kondisi lereng yang curam ( $90^\circ$ ), nilai faktor keamanan yang dihasilkan masih memenuhi syarat. Semakin curam suatu lereng yang digunakan akan meningkatkan dari aspek ekonomi karena *recovery* yang dihasilkan akan semakin tinggi sehingga dalam melakukan analisis perlu dilakukan pemilihan kriteria yang sesuai agar hasil yang diperoleh lebih representatif dan tidak *overestimate* yang dapat beresiko bagi keberlangsungan kegiatan pertambangan tetapi tetap optimal secara ekonomi

## KESIMPULAN

Pemilihan metode dalam melakukan analisis kestabilan lereng sangat penting karena merupakan hal yang menyangkut keselamatan dalam kegiatan pertambangan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemilihan metode yang tepat dan juga melakukan komparasi antara satu metode dengan metode analisis lainnya. Diantara kriteria Hoek-Brown dan Kriteria Mohr-Coulomb menghasilkan nilai faktor keamanan yang berbeda dimana kriteria Mohr-Coulomb memberikan hasil perhitungan FK yang cenderung lebih besar dari kriteria Hoek-Brown sebagai akibat dari perbedaan variabel dalam analisis. Kedua metode dapat digunakan secara bersamaan sebagai perbandingan hasil nilai FK yang diperoleh, tetapi untuk kondisi material di lapangan dengan banyak memiliki bidang diskontinu serta banyak terdapat faktor pengganggu lainnya yang mempengaruhi lereng maka kriteria Hoek-Brown dapat menjadi pilihan yang sesuai.

## REFERENSI

- Amalia, Y. (2014). PENERAPAN METODE KRITERIA RUNTUH HOEK & BROWN DALAM MENENTUKAN FAKTOR KEAMANAN PADA ANALISIS KESTABILAN LERENG DI LOOP 2 PT. KALTIM BATU MANUNGGAL KALIMANTAN TIMUR. *PROMINE*, 2(2).
- Amin Syam, M., Sasmito, K., Sardilla, M., & Muchlis Sidiq, M. (n.d.). *Geology and Limestone Mass Strength Using Hoek-Brown Failure at Batu Putih Area, Samarinda Ulu District, City of Samarinda, East Kalimantan Province*. In *Ilmu Pengetahuan dan Teknologi* (Vol. 3, Number 1).
- Ardiansyah, M. R. (2023). *Analisa Stabilitas Lereng Dengan Menggunakan Software Geostudio 2023 Pada Lereng Aliran Sungai Brantas Di Wilayah Permukiman Wringinanom Gresik* (Vol. 1, Number 1).
- Daffa Rizky, M., & Santi Pratiwi, D. (2024). *Perbandingan Stabilitas Lereng Batuan Dengan Material Model Hoek-Brown Dan Mohr-Coulomb yang Dipengaruhi Beban Gempa*. FTSP Series : Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2024.
- Dave Ariyanto, K., Rabin, S., Belavista Saleky, D., Titirloloby, A., Dwi Galih Cahyono, Y., (2020). *Analisis Pengaruh Porositas Terhadap Uji Kuat Tekan Unikasioal Pada Batu Gamping*.
- Fahmi, M. G., Trides, T., Devy, S. D., Oktaviani, R., Hasan, H. (2022). *Analysis of Limestone Mass Strength Using The Hoek-Brown Failure Criterion in Samarinda City, East Kalimantan Province*. *Nusantara Civil Engineering Journal* (vol. 1, No. 2).
- Faiza M., Herry R. (2024). *Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Mohr-Coulomb dan Generalized Hoek-Brown pada Tambang Terbuka Batubara, Desa Tegalrejo dan*

- sekitarnya, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatra Selatan. *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea* (Vol. 11 No. 1)
- Harry, M., Sinaga, R., Bahagiarti, S., & Setiawan, J. (n.d.). *Geologi & Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batugamping, Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah*.
- Kusuma Wardana, N. (2019). *Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Kekuatan Geser Massa Batuan Terhadap Perubahan Kandungan Air Pada Tambang Batubara Di Area Blok Menyango (Slope Stability Analysis Based on Rock Mass Shear Strength on Changes in Water Content in Coal Mining in the Menyango Block Area)* (Vol. 7, Number 2).
- Mersi, A., Arifudin, I., I Gde, B. I. (2018). *Kajian Geoteknik Untuk Desain Pit Tambang Batugamping di Daerah Karang Dawa, Kecamatan Margasari, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah*. *Promine Journal* (Vol. 6 (2), page 5 – 15)
- Pontus, A., Oktaviani, R., & Trides, T. (2023). *Correlation Of Uniaxial Compressive Strength and Elastic Modulus Based On Parameter Physical Properties and Point Load Of Limestones In Gunung Kidul District: Korelasi Nilai Kuat Tekan Uniaksial dan Modulus Elastic Berdasarkan Parameter Sifat Fisik Dan Point Load Batu Gamping Di Kabupaten Gunung Kidul*. *Intan Jurnal Penelitian Tambang*, 6(1), 38-47.
- Pratiwi, D., Yakin, Y. A., & Mahaputra, A. (2022). *Analisis Stabilitas Lereng Batuan dengan Pendekatan Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown dan Mohr Coulomb Menggunakan Metode Numerik Plaxis 2D*. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 74–81.
- Prima, Y., Rumbyarso, A., & Pribadi, G. (2023). *Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Bishop pada Proyek Geotechnical Investigation Jalur Transportasi Pelabuhan Batubara Marangkayu Kabupaten Kutai Kartanegara*. (Vol. 05, Number 2).
- Read, J., Stacey, P., & Read Peter Stacey, J. (n.d.). *Open Pit Slope Design*.
- Salsabila, Z. N., Putranto, T. T., & Najib, N. (2023). *Slope Stability Analysis for Slope Geometry Evaluation Using RMR, SMR, and Morgenstern-Price Methods in Pits C2 and C4 of PT Menara Cipta Mulia Mayang Block Open Pit Tin Mine, East Belitung Regency, Bangka Belitung Islands*. *TEKNIK*, 44(2), 176–187. <https://doi.org/10.14710/teknik.v44i2.57004>
- Simanjuntak, D. W., Fahraini, F., & Indriawati, A. (2018). *Analisis Kestabilan Lereng Tunggal Menggunakan Metode Fellenius dan Slide v. 6.0 serta Lereng Keseluruhan dengan GeoStudio 2012 pada Pit I Banko Barat PT Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim–Sumatera Selatan: Single Slope Stability Analysis using Fellenius Method and Slide v. 6.0 and Overall Slope Stability with GeoStudio 2012 at Pit I Banko Barat PT Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim–South Sumatera*. *MINERAL*, 3(1), 50-57.
- Sinaga, M. H. R., Kusumayudha, S. B., & Setiawan, J. (2022). *Geologi & Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batugamping, Desa Tegaldowo, Kecamatan Gunem, Kabupaten Rembang, Jawa Tengah*. *Jurnal Ilmiah Geologi Pangea*, 9(1), 100-109.
- Siswanda, F. M., & Riswandi, H. (2024). *Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Mohr-Coulomb dan Generalized Hoek-Brown pada Tambang Terbuka Batubara, Desa Tegalrejo dan sekitarnya, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatra Selatan*. *Jurnal Ilmiah Geologi PANGEA*, 11(1), 79-93.
- Surono, B., Toha, B., & Sudarno, I. (1992). *Peta Geologi Lembar Surakarta – Giritontro, Jawa, skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Timur, K. (2022). *Analysis of Limestone Mass Strength Using the Hoek-Brown Failure Criterion in Samarinda City, East Kalimantan Province*. In *Nusantara Civil Engineering Journal* (Vol. 1, Number 02).
- Tri Putra, I. (2017). *Aplikasi Software Geostudio 2007 Slope/Wuntuk Analisis Kestabilan Lereng Di Tambang Muara Tiga Besar Utara Pt Bukit Asam (Persero) Tbk Sumatera*

*Selatan (The Application of Software Geostudio 2007 Slope/w to analysis slope instability in Mine Muara Tiga Besar Utara at PT Bukit Asam (Persero) Tbk South Sumatera) (Vol. 2, Number 2).*