

PENGARUH *GEOLOGICAL STRENGTH INDEKS* (GSI) TERHADAP KESTABILAN LERENG TAMBANG BATU GAMPING PT CICATIH PUTRA SUKABUMI

THE EFFECT OF GEOLOGICAL STRENGTH INDEX (GSI) ON SLOPE STABILITY IN LIME STONE MINING PT CICATIH PUTRA SUKABUMI

Alfian Adhi Nugroho¹, Dewi Ayu Kusumaningsih¹

1. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia

Email: alfianadhin12@gmail.com

ABSTRAK

Dalam proses penambangan kestabilan lereng merupakan suatu hal yang penting. Jika lereng penambangan tidak stabil, akan mengakibatkan kondisi yang berbahaya bagi alat dan pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai GSI terhadap kestabilan lereng pada *pit* penambangan batu gamping PT Cicatih Putra Sukabumi. Penelitian dilakukan di *pit* penambangan Barat-Selatan. Analisis kestabilan lereng dilakukan menggunakan metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*), sedangkan nilai GSI berdasarkan Hoek (1994). Nilai faktor keamanan yang digunakan yaitu $FK \geq 1,25$ (Bowles, 1984). Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan nilai GSI sebesar 47 dan 55. Nilai GSI tersebut berdasarkan klasifikasi massa batuan (Bieniawski, 1973), memiliki kualitas massa batuan di kelas 3 (36-55) dimana masuk kedalam kelas sedang. Geometri lereng tunggal yang direkomendasikan yaitu dengan tinggi 6 m, *berm width* 3 m dan *single slope* 35° dengan FK 2,604. Sementara untuk lereng keseluruhan *overall slope* 28° dengan 10 jenjang serta nilai Faktor Keamanan 1,256. Hubungan nilai GSI dengan faktor keamanan menunjukkan bahwasanya semakin besar nilai GSI maka akan diikuti dengan naiknya nilai Faktor Keamanan. Semakin tinggi nilai GSI maka batuan semakin mendekati keadaan awalnya (*intact*).

Kata kunci: Faktor keamanan, geoteknik, *Geological Strength Index (GSI)*, kualitas massa batuan, *limit equilibrium method*

DOI: 10.15408/jipl.v3i1.32737

ABSTRACT

In the mining process slope stability is an important thing. If the mining slope is unstable, it will result in hazardous conditions for tools and workers. The purpose of this study was to determine the effect of the GSI value on slope stability in the limestone mining pit of PT Cicatih Putra Sukabumi. The research was conducted in the West-South mining pit. Slope stability analysis was carried out using the limit equilibrium method, while the GSI value was based on Hoek (1994). The reference value for the factor of safety used is $FK \geq 1.25$ (Bowles, 1984). Based on the research results, the GSI values were 47 and 55. The GSI values were based on the rock mass classification (Bieniawski, 1973), having rock mass quality in class 3 (35-55) which is included in the medium class. The recommended slope geometry is 6 m high, 3 m wide and single slope 35° with FK 2.604. Meanwhile for the overall slope the overall slope is 28° with 10 levels and a Safety Factor value of 1.256. The relationship between the GSI value, the higher the safety factor will be. A high GSI value indicates that the rock is getting closer to its initial state (*intact*).

Keywords: Safety factor, geotechnical, *Geological Strength Index (GSI)*, rock mass quality, *limit equilibrium method*

PENDAHULUAN

Batu gamping merupakan bahan galian industri yang tersedia cukup banyak dengan cadangan diperkirakan lebih dari 28 milyar ton, tersebar hampir merata di seluruh kepulauan Indonesia (Salain dkk, 2009:109). Batu gamping dapat dimanfaatkan diantaranya penetral keasaman, bahan bangunan, bahan baku semen *portland*, bahan pemutih, tambahan dalam proses peleburan dan pemurnian baja, kapur tohor dan bahan penstabilan jalan raya (Sukandarrumidi, 2018)

PT Cicatih Putra Sukabumi merupakan perusahaan yang bergerak di sektor pertambangan dengan komoditas batu gamping. Kegiatan penambangan pada lokasi tambang PT Cicatih Putra Sukabumi (CPS), meliputi pembersihan lahan (*land clearing*), pengupasan tanah pucuk (*top soil*), pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*), penambangan batu gamping yang meliputi *drilling* dan *blasting*, pemuatan batu gamping (*loading*), pengangkutan (*hauling*) menuju *crushing plant*, pengolahan mereduksi ukuran menggunakan *crusher*, serta penimbunan dan penumpukan hasil *crushing* batu gamping.

Dalam proses penambangan ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, salah satunya yaitu kestabilan lereng. Lereng yang tidak stabil akan mengakibatkan terhambatnya proses produksi. Oleh karena itu, analisis kestabilan lereng penting dan harus dilakukan untuk mencegah terjadinya gangguan-gangguan terhadap kelancaran produksi serta bencana fatal yang akan berakibat pada keselamatan peralatan dan pekerja. Penelitian dilakukan dikarenakan pihak perusahaan belum mengetahui nilai faktor keamanan lereng dan belum pernah dilakukan pengamatan terhadap kualitas massa batuan menggunakan GSI pada lokasi penelitian tersebut.

Dalam membuat desain lereng tambang yang baik dan aman harus memperhatikan beberapa parameter, seperti geometri lereng serta sifat fisik dan mekanik batuan. Untuk mendapatkan parameter-parameter tersebut maka penulis melakukan penyelidikan langsung ke lapangan, dan melakukan dokumentasi. Penelitian ini menggunakan kriteria keruntuhan *Generalized Hoek and Brown*. Hasil akhir dari penelitian ini yaitu mengetahui karakteristik batuan dengan metode *Geological Strength Index*, memberikan rekomendasi geometri lereng penambangan yang aman untuk PT Cicatih Putra Sukabumi yang mengacu kepada usulan dari (Bowless, 1984) yang dimana $FK > 1,25$ berarti lereng dalam kondisi aman, serta mengetahui pengaruh dari nilai GSI dan faktor keamanan lereng yang didapatkan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positifisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang ditetapkan (Sugiyono, 2010).

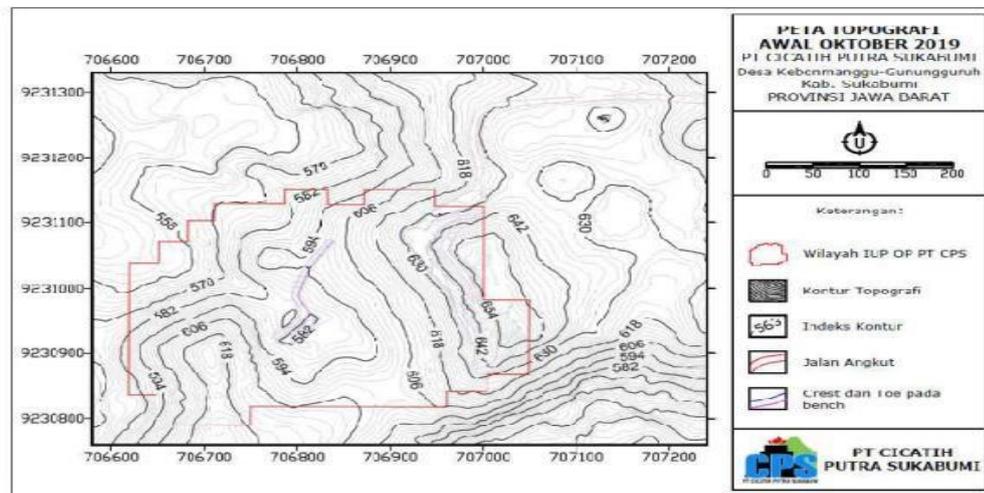
Metode kuantitatif dilakukan dengan cara mengumpulkan data primer yang didapat dari pengamatan dan pengukuran secara langsung di lapangan sedangkan data sekunder didapatkan dari PT Cicatih Putra Sukabumi serta referensi dari jurnal, e-book, laporan dan internet. Data-data yang telah didapatkan kemudian diolah dan dianalisis untuk melengkapi parameter yang digunakan sehingga tujuan penelitian dapat tercapai.

Lokasi Penelitian

Daerah penelitian merupakan daerah yang belum termanfaatkan secara optimal, selama ini daerah tersebut merupakan tegalan ladang. Sedangkan daerah sekitarnya merupakan daerah perkebunan/kebun, semak belukar dan pemukiman. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sukabumi pada tahun 2016, daerah penelitian didominasi pola ruang berupa kawasan peruntukan pertanian lahan kering dan sebagian kecil berupa kawasan permukiman perkotaan yang diperbolehkan untuk dilakukan kegiatan pertambangan. (Dokumen Studi Kelayakan PT Cicatih Putra Sukabumi, 2018)

Lokasi Ijin Usaha Pertambangan (IUP) PT Cicatih Putra Sukabumi diapit oleh dua bukit dan terletak di lembah. Terdapat beberapa daerah aliran sungai (DAS) pada lokasi IUP, sehingga aktivitas penggalian akan berpengaruh kepada air permukaan yang ada di sekitar DAS. Adanya kondisi tersebut, penataan aliran permukaan ke arah DAS diperlukan sesuai dengan kemajuan pekerjaan lapangan. (Dokumen Studi Kelayakan PT Cicatih Putra Sukabumi, 2018).

Daerah penelitian merupakan Pegunungan Lipatan yang termasuk bagian tengah Kabupaten Sukabumi. Secara topografi daerah penelitian merupakan daerah bukit bergelombang yang memiliki ketinggian antara 525 – 660 mdpl (Gambar 1).



Gambar 1 Peta Topografi (Dokumen Studi Kelayakan PT Cicitih Putra Sukabumi, 2018)

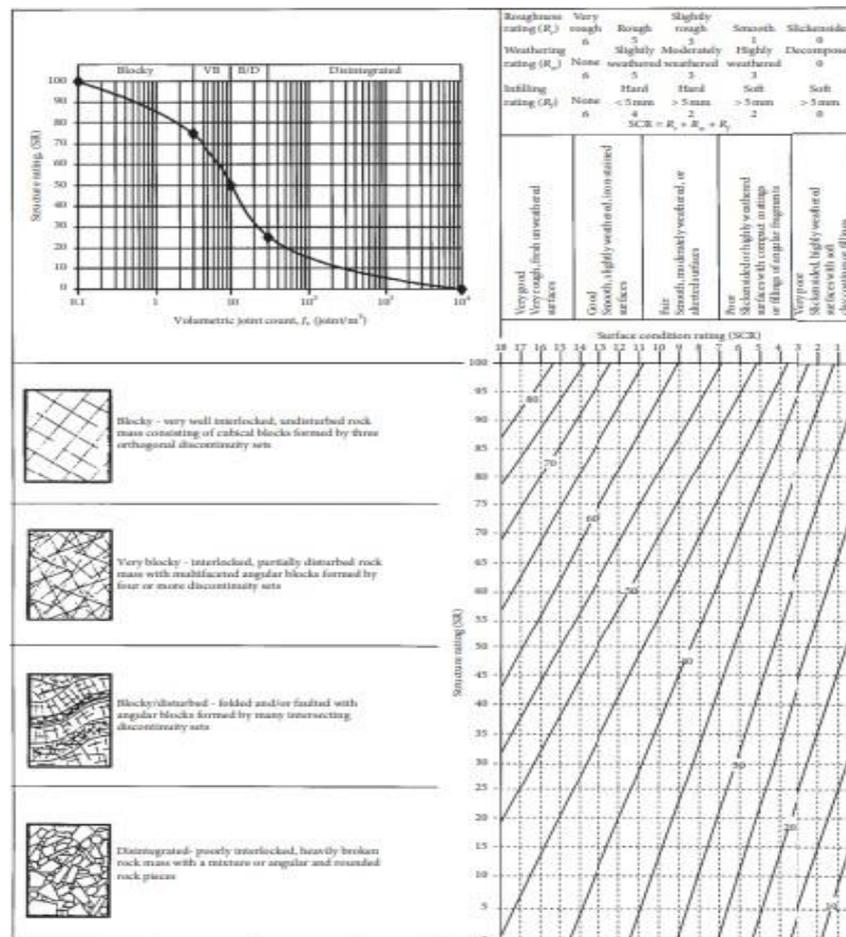
Geological Strength Index (GSI)

Original Hoek-Brown Criterion merupakan metode untuk mendapatkan estimasi kekuatan massa batuan terkekarkan (*joint rock mass*). Kriteria ini terdiri dari kekuatan batuan utuh dan kemudian diperkenalkan faktor-faktor untuk mengurangi kekuatan batuan tersebut berdasarkan pada karakteristik pada bidang diskontinu (*joints*) didalam massa batuan. Kriteria ini terus dikembangkan oleh Hoek, dkk (1994) dimasukkan konsep *Geological Strength Index* (GSI) yang memberikan estimasi pengurangan kekuatan massa batuan karena perbedaan kondisi geologi. Kekuatan massa batuan bergantung pada kondisi struktur massa batuan tersebut, tidak hanya bergantung pada kekuatan batuan utuh saja. Massa batuan dengan material menyudut dan permukaan struktur kasar memiliki kekuatan lebih kuat dibandingkan dengan material berbentuk bulat dan permukaan struktur halus.

Pada metode GSI Hoek (1994), klasifikasi massa batuan dikombinasikan menjadi 2 (dua) parameter utama, yaitu *Struktur Rating* (SR) atau struktur dari sifat blok dan bentuk, ukuran blok dan bentuk menunjukkan geometri massa batuan keseluruhan dan proporsi volume batuan yang ditempati oleh diskontinuitas dan *Surface Condition Rating* (SCR) atau kondisi permukaan berdasarkan pengamatan struktur (ukuran blok dan bentuk) dan kondisi permukaan diskontinuitas (pelapukan, derajat kekasaran, dan alterasi). *Chart* standar batuan terkekarkan yang dibuat oleh H. Sonmez and R. Ulusay (1999) digunakan dalam mengestimasi kualitas massa batuan secara kuantitatif, untuk mendapatkan nilai GSI dari setiap *scanline* pengamatan lapangan (*Chart* dapat dilihat pada Gambar 2). GSI dipakai untuk memperkirakan nilai konstanta *m*, *s*, dan *a*. Konstanta *m*, *s*, dan *a* digunakan dalam menentukan kekuatan massa batuan berdasarkan kriteria runtuh (*failure*) Hoek dan Brown (1980). Nilai GSI berkisar dari 0 hingga 100, dimana nilai GSI 100 adalah setara dengan massa batuan utuh (Hoek & Marinos, 2005).

Kestabilan Lereng

Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan (*Safety Factor*). Faktor Keamanan merupakan perbandingan antara gaya penahan terhadap gaya penggerak lereng. Bila faktor keamanan lebih tinggi dari satu umumnya lereng tersebut dianggap stabil dan apabila lereng tersebut memiliki nilai faktor keamanan dibawah satu maka lereng tersebut dikatakan tidak stabil. Faktor keamanan sangat diperlukan karena sangat berguna untuk menentukan kemantapan dari suatu lereng guna mencegah potensi longsor di masa yang akan datang (Arif, 2016), suatu lereng dikatakan mempunyai potensi longsor apabila gaya penggerak lebih besar dibandingkan dengan gaya penahan lereng tersebut.



Gambar 2 Chart Penentuan Nilai GSI H. Sonmez and R. Ulusay (1999)

Kestabilan lereng tergantung pada gaya penggerak dan gaya penahan yang bekerja pada bidang gelincir tersebut. Gaya penahan (*resisting force*) merupakan suatu gaya yang menahan agar tidak terjadi longsor, sementara gaya penggerak (*driving force*) merupakan gaya yang menyebabkan terjadinya longsor. Perbandingan antara gaya penahan terhadap gaya yang menggerakkan tanah inilah yang nantinya akan mempengaruhi kestabilan lereng. Nilai Faktor Keamanan (FK) didapatkan dengan menginput nilai *material properties* yang terdiri dari nilai berat jenis litologi batuan ketika melakukan pengujian sampel dari lapangan menurut klasifikasi (*Hoek and Brown* dalam *Rocscience Guide* (2002)). Perhitungan faktor keamanan menggunakan empat parameter, yakni *Unconfined Compressive Strength* batuan (*sigci*), parameter batuan utuh (*mi*), nilai *Geological Strength Index* (GSI), dan nilai faktor pengganggu akibat peledakan (*D*) dapat dilihat pada Hoek (1998), Hoek & Karzulovic (2000) dan Hoek, Carranza-Torres & Corkum (2002). Perhitungan Faktor Keamanan Lereng dengan melibatkan data sifat fisik batuan, mekanika batuan (geoteknis batuan) dan bentuk geometri lereng (Pangalar, 1985). Adapun persamaan untuk mendapatkan nilai dari faktor keamanan yaitu:

$$\text{Faktor Kemanan (FK)} = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}} \quad (1)$$

Dengan demikian, diperlukan suatu nilai FK minimum yang relatif lebih realistis yaitu $FK \geq$ (sama dengan atau lebih besar) dari 1,25, sesuai dengan usulan dari J.E. Bowles dengan ketentuan (Bowless, 1984). Acuan nilai faktor keamanan menurut J.E. Bowles, 1984 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Acuan Nilai Faktor Keamanan Menurut J.E Bowles, 1984

No	Kejadian/ Intensitas Longsor
FK < 1,07	Longsoran terjadi biasa/ sering (kelas labil)
FK antara 1,07 – 1,25	Longsoran pernah terjadi (kelas kritis)
FK > 1,25	Longsoran jarang terjadi (kelas stabil)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Material Pembentuk Lereng

Penelitian dilakukan pada lereng Barat-Selatan di PT Cicatih Putra Sukabumi. Berdasarkan hasil pengeboran eksplorasi dan hasil survey geolistrik, endapan batugamping di daerah penelitian terbagi menjadi:

- a. Batugamping lapuk atau *boulder*
Batugamping lapuk atau *boulder* berupa batugamping yang keras dan berwarna abu-abu terang. Batuan ini terdapat di lembah, tersingkap di bagian tengah dan memanjang arah barat dan timur. Batuan *boulder* merupakan batuan hasil jatuhnya batuan di atasnya.
- b. *Soil* dan atau *terarossa*
Letak *soil* atau *terarossa* berada di atas batugamping *fracturing*, dengan sebaran yang cukup luas. Batuan ini memiliki warna coklat kemerahan, *loose*, lengket apabila dalam keadaan basah dan *friable*. Batuan tersingkap di bagian tengah dan sebagian besar menempati sepanjang lembah arah utara-selatan.
- c. Batugamping *fracturing*
Batugamping *fracturing* berada di atas batugamping masif dan banyak mengandung retakan (kekar) yang terisi *soil*, sehingga menurunkan kualitas CaO.
- d. Batugamping masif
Batugamping masif memiliki warna bau *crystalline*, sangat keras dan pejal. Batuan ini terletak di puncak bukit arah barat dan timur konsesi dan tersingkap di lereng dan puncak bukit. Batugamping masif dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Material pembentuk lereng batugamping masif

Geological Strength Index

Pemetaan massa batuan dilakukan menggunakan metode *scanline* untuk mengetahui informasi terkait bidang diskontinuitas pada lereng penelitian. Metode *scanline* adalah sebuah garis pada permukaan batuan yang digunakan untuk mengukur semua rekahan yang berpotongan dengan garis tersebut (Brady & Brown, 2004). Menurut Priest (1993), bidang diskontinu adalah setiap bidang lemah yang terjadi pada bagian yang memiliki kuat tarik paling lemah dalam batuan. Pengukuran lokasi *scanline* dilakukan pada 2 (dua) lokasi.

Scanline 1

Pada *scanline* 1 ini terdapat 54 kekar yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan panjang *scanline* sepanjang 25 meter, selanjutnya dihitung dengan persamaan *joint volumetric*. *Joint volumetric* (J_v) merupakan jumlah dari dikontinuitas dalam unit satuan volume massa batuan (Palmstrom, 1982). Persamaan J_v seperti berikut:

$$J_v = \frac{(N)^3}{L} \quad (2)$$

Keterangan:

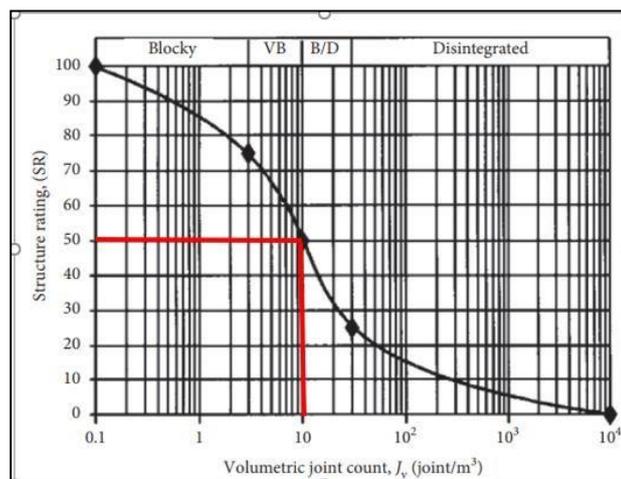
N = banyaknya kekar

L = panjang *scanline*

$$J_v = \frac{(54)^3}{25}$$

$$J_v = 10,07 \text{ joint/m}^3$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai J_v sebesar $10,07 \text{ joint/m}^3$. Nilai J_v ini kemudian dapat ditentukan nilai SR (*Struktur Rating*) menggunakan grafik (dapat dilihat pada Gambar 4). Berdasarkan grafik, dapat diketahui nilai SR 50.



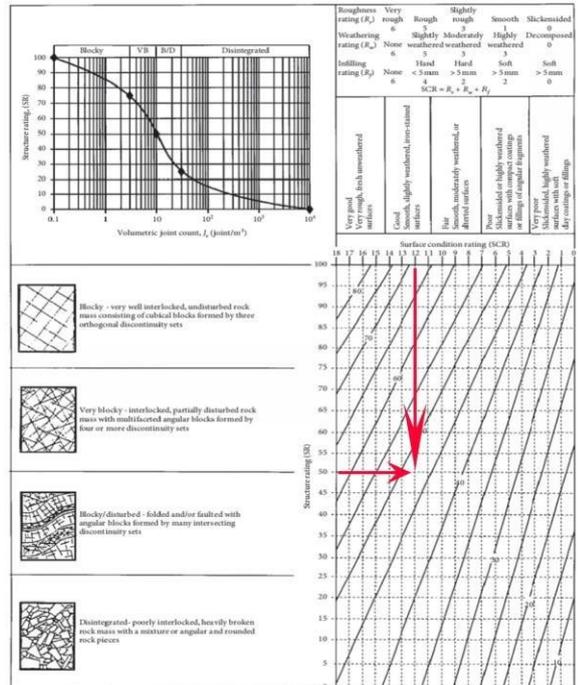
Gambar 4 Chart Penentuan nilai J_v pada *Scanline* 1

Sementara nilai *Surface Condition Rating* (SCR) didapatkan dari pembobotan massa batuan yang didapat dari pemetaan massa batuan berupa kekasaran (*roughness rating*), pelapukan (*weathering rating*), dan lebar isian (*Infilling rating*). Hasil pembobotan nilai SCR pada *scanline* 1, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pembobotan nilai SCR pada *Scanline* 1

Parameter	Hasil	Bobot
Kekasaran (<i>Roughness Rating</i>)	<i>Rough</i>	5
Pelapukan (<i>Weathering Rating</i>)	<i>Slightly Weathered</i>	5
Lebar isian (<i>Infilling Rating</i>)	<i>Hard > 5 mm</i>	2
Nilai SCR		12

Nilai GSI didapatkan dengan memasukkan nilai SR dan SCR yang didapat pada grafik GSI (Gambar 5), nilai GSI yang didapatkan pada *scanline* 1 adalah 47.



Gambar 5 Grafik nilai GSI pada scanline 1

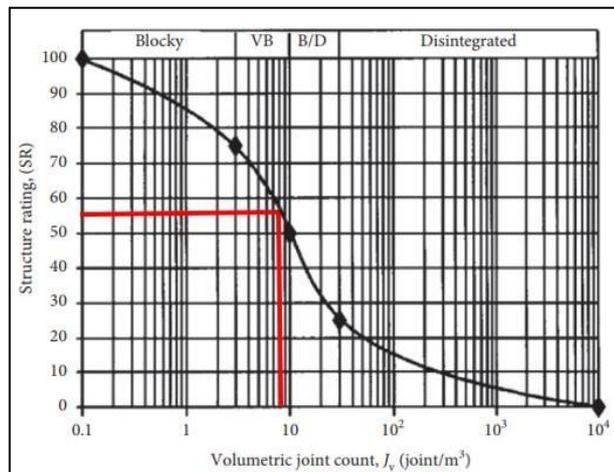
Scanline 2

Pada scanline 2 ini terdapat 60 kekar yang didapatkan dari hasil perhitungan dengan panjang scanline sepanjang 30 meter. Selanjutnya dihitung *Joint volemetric* menggunakan persamaan 2, sebagai berikut:

$$Jv = \frac{(60)^3}{30}$$

$$Jv = 8 \text{ joint/m}^3$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai Jv sebesar 8 joint/m^3 . Nilai Jv ini kemudian dapat ditentukan nilai SR (*Struktur Rating*) menggunakan grafik (dapat dilihat pada Gambar 6). Berdasarkan grafik, dapat diketahui nilai SR 56.



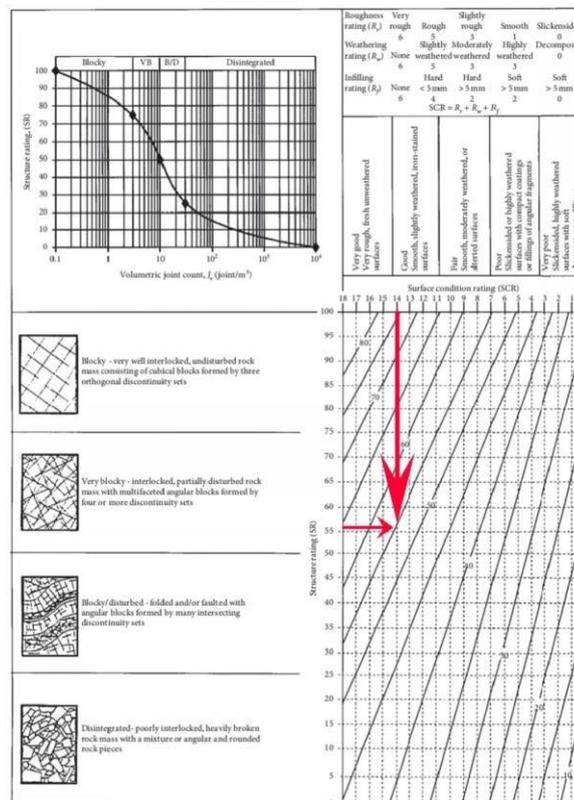
Gambar 6 Chart Penentuan nilai Jv pada Scanline 2

Untuk Scanline 2 hasil pembobotan nilai SCR pada dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Pembobotan nilai SCR pada *Scanline 2*

Parameter	Hasil	Bobot
Kekasaran (<i>Roughness Rating</i>)	<i>Very Rough</i>	6
Pelapukan (<i>Weathering Rating</i>)	<i>None</i>	6
Lebar isian (<i>Infilling Rating</i>)	<i>Hard > 5 mm</i>	2
Nilai SCR		14

Nilai GSI didapatkan dengan memasukkan nilai SR dan SCR yang didapat pada grafik GSI (Gambar 7), nilai GSI yang didapatkan pada *scanline 2* adalah 55.



Gambar 7 Grafik nilai GSI pada *Scanline 2*

Tabel 4 menunjukkan rekapitulasi perhitungan nilai GSI pada *scanline 1* dan *2*. Pada *scanline 1* nilai GSI lebih kecil dibandingkan dengan *scanline 2* karena pada *scanline 1* materialnya cenderung berbentuk bulat dan permukaan strukturnya lebih halus dibandingkan *scanline 2*.

Tabel 4 Perhitungan GSI pada *Scanline 1* dan *2*

Parameter	<i>Scanline 1</i>	<i>Scanline 2</i>
<i>Structure Rating</i> (SR)	50	56
<i>Surface Condition Rating</i> (SCR)	12	14
GSI	47	55

Berdasarkan klasifikasi kualitas massa batuan (Bieniawski, 1989), maka nilai GSI yang sudah didapatkan menunjukkan bahwa massa batuan batu gamping pada *scanline 1* dan *2* lereng

tambang di blok Barat – Selatan mempunyai nilai kekuatan massa batuan dalam kategori sedang, dengan didominasi nilai yang cukup baik.

Tabel 5 Nilai Kualitas Massa Batuan Menurut Bieniawski, 1989

Nilai GSI	100 - 76	75 – 56	55 – 36	35 - 21	<21
Kualitas Massa Batuan	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk

Material Properties

Nilai UCS, GSI, mi, dan *disturbed factor* digunakan parameter lereng beragam dan menghasilkan, sehingga ditentukan satu nilai akhir yang mewakili tiap litologi yang mendekati kriteria khusus dari tiap massa batuan.

Tabel 6 Material Properties Batuan

Litologi	Uniaxial Compressive Strength (KPa)	Bobot Isi Kering (kN/m ³)	Bobot Isi Jenuh (kN/m ³)	Disturbance Factor (D)	GSI	Mi
Batu Gamping	43560	23,14	25,20	1	47	10

Nilai Faktor Keamanan

Pada penelitian ini dilakukan permodelan lereng dengan material penyusun batu gamping, dan juga beberapa parameter untuk permodelan lereng dapat dilihat pada Tabel 7. Dalam analisis kestabilan lereng yang dilakukan untuk menghitung nilai faktor keamanan dengan menggunakan metode *uncircular* karena material yang ada pada lokasi penelitian merupakan material *semi hardrock*.

Tabel 7 Parameter Permodelan Lereng

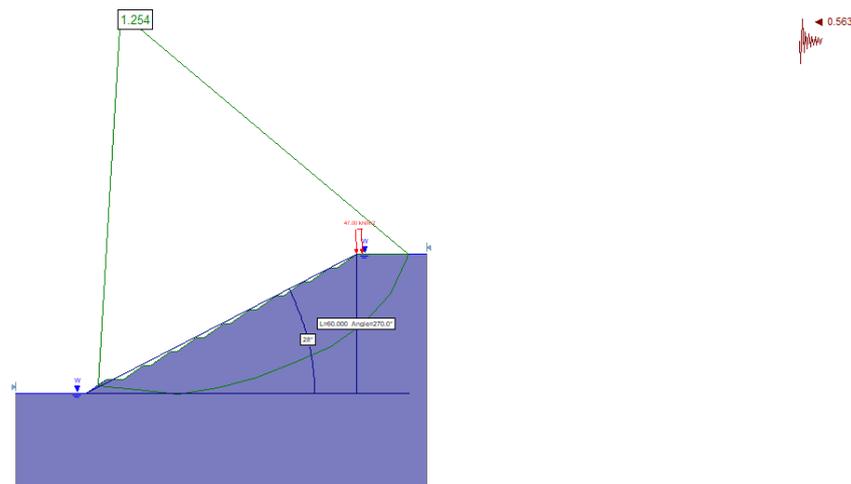
Tinggi lereng tiap bench (meter)	Bench width (meter)	Seismic load	Spesifikasi Alat (Kobelco SK200) Lebar alat (meter)	Magnitude load (KPa)
6,8 dan 10	3	0,563	2,8	47

Dengan parameter – parameter yang sudah dibuat diatas dilakukan perhitungan nilai faktor keamanan dengan tipe keruntuhan *Generalized Hoek and Brown* dan juga parameter – parameter lainnya seperti *ground preassure* yang ditimbulkan oleh alat KOBELCO SK200 senilai 47 KPa dengan lebar alat 2,8 meter. Kemudian permodelan lereng ini juga memperhitungkan *magnitude load* yang sudah disesuaikan dengan wilayah kegiatan penelitian (Desa Cibolang, Sukabumi, Jawa Barat) sebesar 0,563.

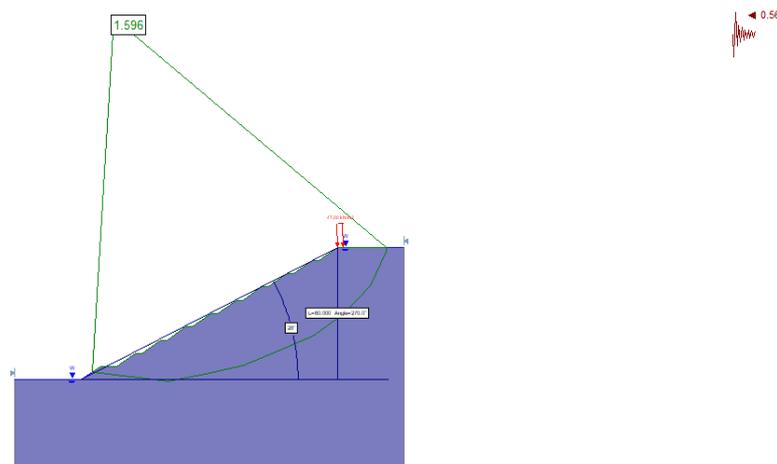
Dari parameter – parameter yang sudah dikumpulkan dan digunakan selanjutnya dilakukan komputasi dan analisis terhadap lereng penambangan PT Cicitih Putra Sukabumi ini, dimana didapatkan nilai faktor kemanan dalam kondisi aman pada geometri yang dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Geometri Lereng untuk Lereng Penambangan PT Cicitih Putra Sukabumi

Tinggi	Tinggi Keseluruhan	Single Slope	Overall Slope	Faktor Keamanan	Kondisi
6	60	35°	28°	1,254	Aman



Gambar 8 Hasil Interpretasi nilai Faktor Keamanan Lereng PT Cicatih Putra Sukabumi



Gambar 9 Hasil Interpretasi Nilai Faktor Keamanan dengan GSI 55

Hubungan Nilai FK dengan GSI

Simulasi kestabilan lereng menggunakan nilai material properties untuk mendapatkan nilai faktor keamanan (FK), sehingga nilai Faktor Keamanan (FK) yang diperoleh juga berhubungan dengan nilai GSI. Kedua variabel dihubungkan agar kecenderungan nilai Faktor Keamanan (FK) diketahui untuk setiap desain lereng.

Tabel 9 Perbandingan Nilai FK dengan Nilai GSI yang Berbeda

Tinggi (m)	Tinggi Keseluruhan (m)	Single Slope (°)	Overall Slope (°)	GSI	Faktor Keamanan
6	60	35°	28°	47	1,254
6	60	35°	28°	55	1,596

Dari hal ini menandakan bahwasanya semakin besar nilai *Geological Strenght Index* maka akan diikuti dengan naiknya nilai faktor kermanan dari suatu lereng. Lereng dengan nilai GSI tinggi,

memiliki permukaan yang baik dan diskontinuitas yang terekam dengan jelas. Nilai GSI yang besar menunjukkan bahwa batuan semakin mendekati keadaan awalnya (*intact*).

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian pada pit Barat-Selatan PT Cicatih Putra Sukabumi maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu: 1) nilai karakteristik massa batuan menggunakan *Geological Strength Index* (GSI) dilakukan dengan mengkombinasikan 2 (dua) parameter utama, yaitu *Structure Rating* (SR) dan *Surface Condition Rating* (SCR) sehingga nilai GSI yang didapat dari *scanline* 1 sebesar 47 dan untuk *scanline* 2 sebesar 55; 2) Rekomendasi dari beberapa permodelan untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) pada lereng yang sesuai dengan kaidah Bowles dengan material properties disertai pengaruh Muka Air Tanah (MAT) dan pengaruh getaran horizontal 0,563 menggunakan metode Morgenstern Price didapatkan geometri lereng dengan tinggi jenjang 6 meter, *berm width* 3 meter, *overall slope* sebesar 28°, sehingga faktor keamanan yang didapat adalah 1,256 (kategori aman); 3) Terdapat pengaruh GSI terhadap faktor keamanan yaitu semakin besar nilai GSI maka akan diikuti dengan naiknya nilai faktor keamanan dari suatu lereng, nilai GSI yang besar menunjukkan bahwa batuan semakin mendekati keadaan awalnya (*intact*).

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada PT Cicatih Putra Sukabumi atas segala kesempatan dan bantuannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, I. I. 2016. *Geoteknik Tambang*. Gramedia Jakarta: Pustaka Utama.
- Bieniawski, Z. T. 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. A Wiley-Interscience Publication: Canada.
- Bowles, J. E. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soils*. McGraw-Hill Book Company.
- Brady, B. H. G., dan Brown, E. T. 2004. *Rock Mechanics for Underground Mining Third Edition*. Kluwer Academic Publisher: Boston, USA.
- Effendi, A. C., Kusnama, Hermanto, B. 1998. *Geologi Lembar Bogor, Jawa Barat*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Hoek, E. 1994. Strength of Rock and Rock Masses. *ISRM News Journal*: 2: 4-16.
- Hoek, E. 1998. Realibility of Hoek Brown Estimate of Rock Mass Properties and Their Impact on Design. *Int. J. Rock Mech. Min Sci.*
- Hoek, E. Karzulovic, A. 2000. *Rock Mass Properties for Surface Mines. Society for Mining, Metallurgical and Exploration (SME)*. Littleton: Colorado.
- Hoek, E., Brown. 2022. *RocLab: Rock Mass Strength Analysis Using The Hoek Brown Failure Criterion*. Rocscience Inc: Canada.
- Hoek, E., Carranza-Torres, C. And Corkum, B. 2002. Hoek Brown Failure Criterion-2002 Edition. Proc. North Am. Rock Mech. Soc. Meeting, Toronto, Canada.
- Hoek, E. Brown, E.T. 1980. *Underground Excavation In Rock*. Instn Min. Metall: London.
- Marinos. P., Hoek, E. 2005. *The Geological Strength Index: Applications and limitations*.

- Palmstrom, A. 1982. The Volumetric Joint Count – A Useful and Simple Measure of The Degree of Rock Mass Jointing. *Proc. of the 4th Congr. Int. Assoc. of Engng. Geology*, 2(3), 221-228.
- Pangular, D. 1985. *Petunjuk Penyelidikan dan Penanggulangan Gerakan Tanah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum.
- Priest, S. D. 1993. *Discontinuity Analysis for Rock Engineering*. Chapman & Hall.
- PT Cicitih Putra Sukabumi. 2018. *Dokumen Studi Kelayakan PT Cicitih Putra Sukabumi*. Sukabumi; Jawa Barat.
- Rai, M.A., Wattimena, R.K., Kramadibrata, S. 2014. *Mekanika Batuan*. Institut Teknologi Bandung.
- Salain, I.M.A.K., 2009. Pengaruh Jenis Semen dan Jenis Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknologi dan Kejuruan*, 32 (1).
- Setyowati, I. 2008. Analisis Kualitas Batugamping Sebagai Bahan Baku Utama Semen Portland pada PT Semen Tonasa Provinsi Sulawesi Utara.
- Sonmez, H., Ulusay, R. 1999. *Modification of The Geological Strength Index (GSI) and Their Applicability to Stability of Slopes*.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukandarrumidi. 2018. *Bahan Galian Industri*. Yogyakarta: UGM Press.