

# **GEOLOGI DAN ANALISIS KEKUATAN MASSA BATUGAMPING MENGGUNAKAN KAIDAH KRITERIA KERUNTUHAN HOEK-BROWN DI DAERAH BATU PUTIH, KECAMATAN SAMARINDA ULU, KOTA SAMARINDA, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

## ***GEOLOGY AND LIMESTONE MASS STRENGTH USING HOEK-BROWN FAILURE AT BATU PUTIH AREA, SAMARINDA ULU DISTRICT, CITY OF SAMARINDA, EAST KALIMANTAN PROVINCE***

**Muhammad Amin Syam, Koeshadi Sasmito, Mifta Sardilla, Muhammad Muchlis Sidiq**

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

Jl. Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda

\*Email: [muhammadamin.syam24@gmail.com](mailto:muhammadamin.syam24@gmail.com)

### **Abstrak**

Secara administratif daerah penelitian terletak di Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Penelitian berupa pemetaan geologi guna mengetahui kondisi geologi, struktur geologi dan geomorfologi serta penyelidikan geoteknik berupa penentuan nilai faktor keamanan (FK) pada bukit Batu Putih dimana kawasan ini merupakan kawasan perbukitan batugamping. Pada Bukit Batu Putih telah dilakukan kegiatan penambangan terbuka dengan membuat lereng-lereng. Adapun metode perhitungan faktor keamanan pada Bukit Batu Putih menggunakan metode Fellenius dengan kriteria keruntuhan Hoek-Brown. Parameter yang diperlukan dalam penyelidikan geoteknik yaitu jenis batuan, bobot isi batuan, kondisi rekahan, keadaan permukaan lereng serta geometri lereng dan dilakukan percobaan sebanyak 7 kali dengan 7 sampel yang berbeda. Dari hasil kegiatan pemetaan geologi, daerah penelitian dibagi menjadi 4 satuan batuan yaitu endapan alluvium, satuan batupasir RingRoad, satuan batupasir Air Putih dan satuan batugamping Batu Putih, untuk geomorfologi dibagi menjadi 2 bentukan asal yaitu bentukan asal struktural dan bentukan asal fluvial, struktur geologi yang ada berupa kekar, antiklin dan sesar naik. Dari hasil penyelidikan geoteknik berupa perhitungan kestabilan lereng pada bukit Batu Putih dilakukan dengan pengamatan di lapangan dan pengujian laboratorium diperoleh nilai faktor keamanan (FK) sebesar 54,993 termasuk dalam nilai yang cukup tinggi sehingga lereng yang dianalisa dikategorikan dalam keadaan aman.

**Kata Kunci:** Kestabilan Lereng, Faktor Keamanan, Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown, Metode Fellenius

### **Abstract**

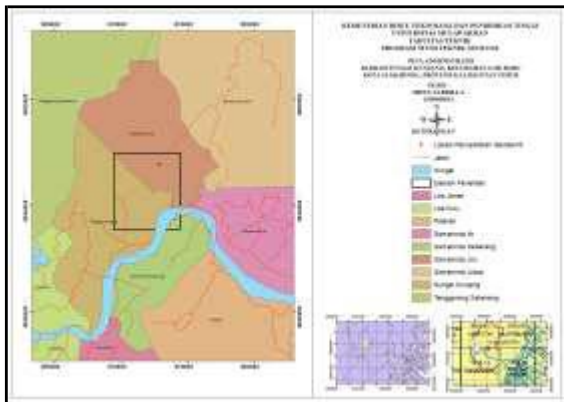
*Administratively, the research area is located in Samarinda Ulu District, Samarinda City, East Kalimantan Province. Research in the form of geological mapping to determine geological conditions, geological structures and geomorphology as well as geotechnical investigations in the form of determining the value of the factor safety (FS) on the Batu Putih hill where this area is a limestone hill area. At Bukit Batu Putih, open mining activities have been carried out by making slopes. The method of calculating the safety factor at Batu Putih Hill uses the Fellenius method with the Hoek-Brown collapse criteria. Parameters needed in geotechnical investigations are rock type, rock content weight, fracture conditions, slope surface conditions and slope geomotheria. Experiments are carried out 7 times with 7 different samples. From the results of geological mapping, the research area is divided into 4 rock units, namely alluvium deposits, RingRoad sandstone units, Air Putih sandstone units and White Rock limestone units, for geomorphology it is divided into 2 original formations, namely structural origin and fluvial origin. there are stocky, anticline and ascending faults. From the results of geotechnical investigations in the form of slope stability calculations on the Batu Putih hill carried out by field observations and laboratory testing, factor of safety (FS) value is 54.993, which is a high enough value so that the slope analyzed is categorized as safe.*

**Keywords:** Slope stability, factor safety, Heok-Brown failure criteria, Fellenius method

## PENDAHULUAN

Formasi Bebuluh merupakan suatu formasi yang didominasi oleh Batugamping Terumbu dengan Sisipan Batugamping Pasiran dan Serpih. Batugamping memiliki warna kelabu, padat, mengandung foraminifera besar dan berbutir sedang. Setempat batugamping menghablur, terkekar tak beraturan. Serpih, kelabu kecoklatan berselingan dengan batupasir halus kelabu tua kehitaman. Batu Putih merupakan kawasan perbukitan batugamping dan termasuk ke dalam formasi Bebuluh yang berada di daerah Air Putih, kecamatan Samarinda Ulu, kota Samarinda, provinsi Kalimantan Timur. Kawasan ini dianggap penting dikarenakan kawasan ini yang lokasinya tertinggi dari muka laut untuk wilayah Samarinda, sehingga pada puncak tertingginya beberapa waktu lampau telah dipasang titik acuan koordinat yang kemudian banyak dimanfaatkan sebagai titik acuan pengukuran permukaan bumi.

Hingga saat ini, batugamping yang terdapat di Kawasan Batu Putih telah banyak dilakukan kegiatan penambangan terbuka yang sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi Teknik dan stabilitas lereng, dimana kegiatan ini dapat berpotensi terjadinya longsor lereng tambang. Maka diperlukan analisis kekuatan massa pada batugamping Kawasan Batu Putih untuk menentukan faktor keamanan pada analisis kestabilan lereng menggunakan metode kriteria keruntuhan Hoek & Brown.



Gambar 1. Peta Kesampauan Daerah

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang meliputi tahap pra lapangan, tahap lapangan dan, tahap pasca lapangan. Adapun rincian dari tahap-tahap penelitian yang dilakukan akan dijelaskan sebagai berikut:

- a. **Tahap pra lapangan**, kegiatan yang dilakukan yaitu studi literature dan perumusan masalah
- b. **Tahap lapangan**, Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang nantinya dipergunakan untuk analisis penentuan faktor keamanan. Dalam tahapan ini, data yang diperoleh dibagi menjadi 2, yaitu data primer terdiri dari deskripsi litologi serta keadaan geomorfologi daerah penelitian, pengambilan sampel untuk pengujian Laboratorium, preparasi sampel, pengujian sifat fisik batuan, pengujian *Point Load Test* dan dokumentasi sedangkan untuk data sekunder diperoleh dari hasil studi yang pernah dilakukan sebelumnya terdiri dari peta topografi dan peta geologi regional.
- c. **Tahap pasca lapangan**, kegiatan yang dilakukan yaitu pengolahan dan analisa data, pembuatan peta, membuat kurva Hoek-Brown dan penentuan nilai faktor keamanan.
- d. **Hasil**, Pada bagian ini berisi tentang kesimpulan yang didapatkan setelah menyelesaikan tahap pengolahan data. Kesimpulan diperoleh setelah dilakukan penentuan kurva keruntuhan Hoek-Brown dan nilai faktor keamanan yang merupakan hasil akhir dari semua masalah yang di bahas.

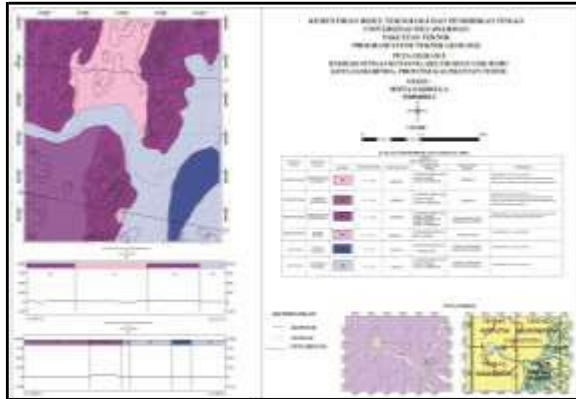
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Geomorfologi daerah penelitian

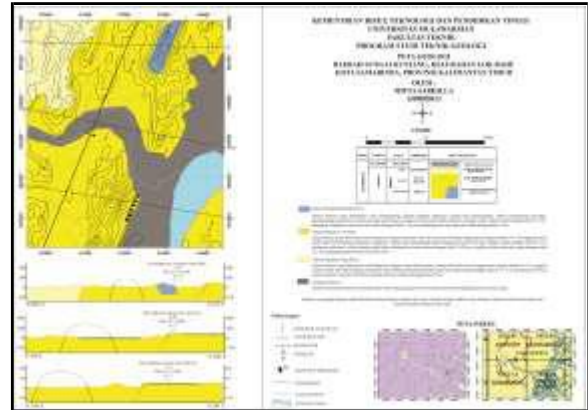
Pembagian satuan geomorfologi dilakukan dengan menentukan bentuk lahan dan menentukan asal yang ada pada daerah penelitian berdasarkan klasifikasi Van Zuidam 1983. Berdasarkan aspek-aspek geomorfologi, maka pada daerah penelitian dibagi menjadi 2 bentuk asal dan 6 bentuk lahan. Bentuk asal yaitu bentuk asal struktural terdiri dari bentuk lahan perbukitan antiklin, lembah antiklin, perbukitan monoklin dan blok sesar, bentuk asal fluvial terdiri dari bentuk lahan tubuh sungai dan dataran banjir.

Tabel 1. Satuan geomorfik

KATEGORI	BENTUK LAHAN	SATUAN GEOMORFIK (VAN ZUIDAM, 1983)			REMARKS
		LEMBANG	BAHUPAMETRI	KECENDERUNGAN	
STRUKTURAL	PERBUKITAN ANTIKLIN	10	0-10%	BERBENTUK	PERBUKITAN ANTIKLIN
STRUKTURAL	LEMBAH ANTIKLIN	11	0-10%	BERBENTUK	LEMBAH ANTIKLIN
STRUKTURAL	PERBUKITAN MONOKLIN	12	0-10%	BERBENTUK	PERBUKITAN MONOKLIN
STRUKTURAL	BLOK SESAR	13	0-10%	BERBENTUK	BLOK SESAR
FLUVIAL	TUBUH SUNGAI	14	0-10%	BERBENTUK	TUBUH SUNGAI
FLUVIAL	DATARAN BANJIR	15	0-10%	BERBENTUK	DATARAN BANJIR



Gambar 2. Peta Geomorfologi



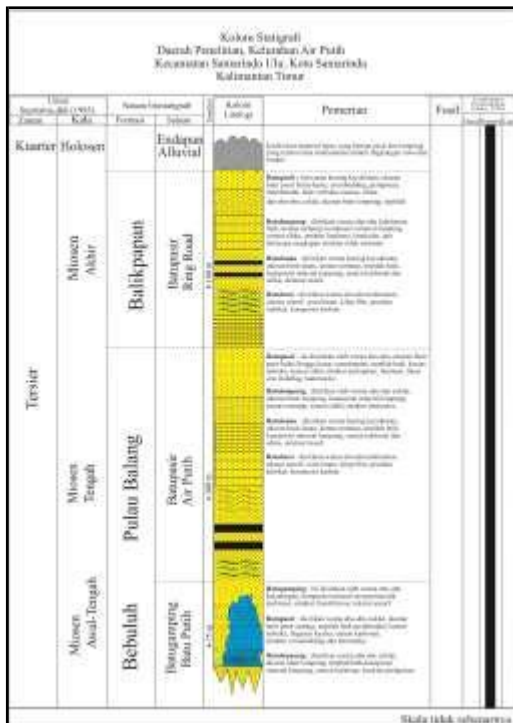
Gambar 3. Peta geologi

### Stratigrafi daerah penelitian

Penamaan satuan batuan menggunakan sistem penamaan litostratigrafi tidak resmi menurut Sandi Stratigrafi Indonesia (SSI, 1996). Secara umum stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi 4 satuan batuan dengan urutan muda ke tua adalah sebagai berikut:

1. Endapan Alluvial
2. Satuan Batupasir Ring Road
3. Satuan Batupasir Air Putih
4. Satuan Batugamping Batu Putih

Tabel 2. Stratigrafi daerah penelitian

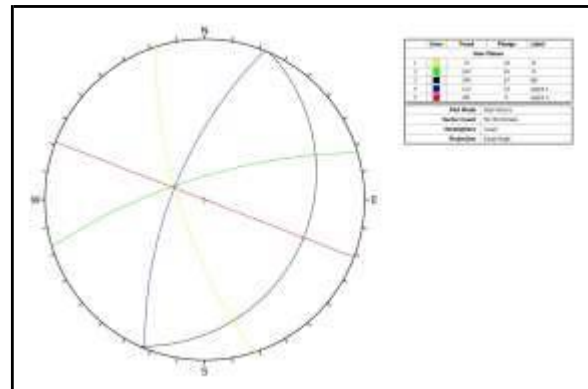


### Struktur geologi daerah penelitian

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian dapat dianalisis dengan menggunakan metode pengamatan tidak langsung dan pengamatan langsung. Data yang digunakan dalam pengamatan tidak langsung yaitu peta topografi dengan mengamati pola kontur, pola kelurusan punggung, dan pola aliran sungai di dalam daerah penelitian. Sedangkan data yang digunakan dalam pengamatan langsung berupa kedudukan lapisan dan kekar gerus yang diukur di lapangan. Struktur yang berkembang di daerah penelitian adalah struktur lipatan dan sesar.

#### a. Kekar

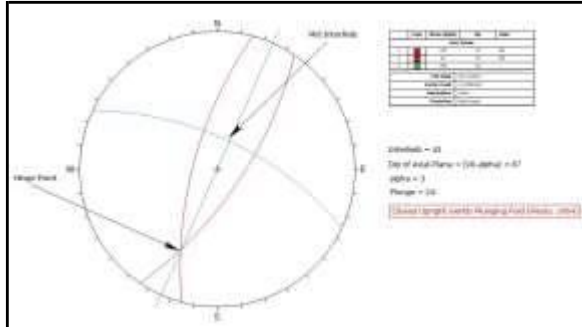
Dari hasil analisis kekar pada lokasi pengamatan 35 di dapatkan data kekar berupa jenis kekar gerus (*shear joint*). dari jenis kekar ini, dapat diinterpretasikan bahwa lokasi penelitian dipengaruhi oleh tekanan yang kuat.



Gambar 4. Hasil analisa stereografis data kekar

### b. Antiklin

Berdasarkan hasil analisis stereografis (Gambar 4.24) dari data kedua sayap lipatan yang di ambil pada lokasi pengamatan 12(sayap lipatan bagian Barat) dan lokasi pengamatan 28 (sayap lipatan bagian Timur) didapatkan nilai *interlimb angle* sebesar  $45^\circ$ , nilai *dip of axial plane* sebesar  $87^\circ$  dan nilai *plunge* sebesar  $24^\circ$  maka jenis lipatan yang berada pada lokasi penelitian adalah *close upright Gently plunging fold* (Fleuty,1964).



Gambar 5. Hasil analisa stereografis data antiklin

### C. Sesar naik Pergudangan

Sesar naik pada daerah penelitian memiliki arah kelurusan NE-SW yang merupakan sesar naik. Indikasi sesar ini dapat dari ditemukannya gores-garis pada lokasi pengamatan 21. Dari hasil pengukuran gores garis di lapangan maka diperoleh data sebagai berikut :

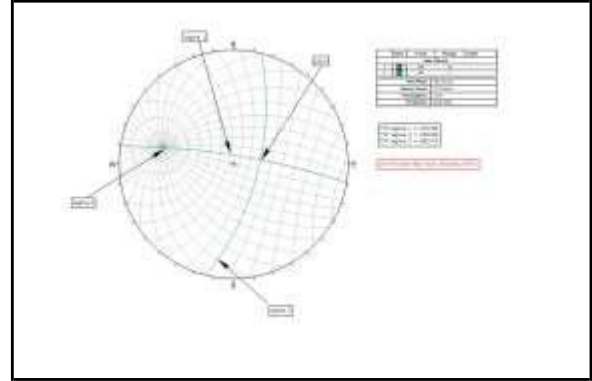
Strike dan dip =  $N 14^\circ E/65$

Bearing/trend =  $N 113^\circ E$

Plunge =  $60^\circ$

Rake/pitch =  $80^\circ$

Data yang diperoleh diatas kemudian diolah menggunakan aplikasi dips untuk mengetahui nilai sigma 1,2 dan 3 dan untuk penamaan sesar berdasarkan klasifikasi dari Rickard, 1972 dengan nama *Left Reverse Slip Fault*.



Gambar 6. Hasil analisa stereografis data sesar

### Sejarah Geologi daerah penelitian

Sejarah geologi pada daerah penelitian dimulai sejak kala Miosen Awal hingga Miosen Tengah dimana pada kala ini dicirikan dengan adanya genang laut, dengan satuan batuan terendapkan secara bersamaan yaitu satuan batugamping Batu Putih yang terdiri berupa dari litologi batugamping, batupasir dan batulempung dengan lingkungan pengendapan *back barrier* dan satuan batupasir Air Putih yang terdiri dari litologi berupa batupasir, batulempung, batulanau, batugamping dan batubara dengan lingkungan pengendapan *lower delta plain*. Sumber sedimentasinya berasal dari pelapukan Tinggian Kuching yang tertransportasi mengarah ke tenggara. Berlanjut hingga ke Miosen Akhir terendapkan satuan batupasir Ring Road yang terendapkan selaras secara vertikal diatas satuan batupasir Air Putih, satuan ini terdiri dari litologi berupa batupasir, batulempung dan batubara dengan lingkungan pengendapan *upper delta plain-fluvial*. dan kemudian terendapkan satuan alluvial pada kala Holosen.

Pada tahap selanjutnya, setelah Miosen Akhir akibat dari pengangkatan Tinggian Kuching menyebabkan terbentuknya gaya compression dengan arah Tenggara-Baratlaut sehingga membentuk struktur geologi berupa perlipatan antiklin dan kekar. Semakin lama gaya yang bekerja semakin kuat sehingga yang ada pada daerah penelitian melewati batas elastisitasnya dan terjadilah patahan atau sesar naik.

### Hasil pengujian sifat fisik batuan

Dalam analisa geoteknik yang akan dilakukan, diperlukan data dari sifat-sifat fisik batuan untuk parameter dalam menentukan kestabilan lereng. Pengujian sifat fisik yang dilakukan menggunakan standar ISRM (*International Society Rock*



Mechanics) sebanyak 7 sampel. Berikut peta lokasi pengambilan sampel :



No.	Kode Sampel	No. Cawan	Wn (gr)	Ww (gr)	Ws (gr)	Wo (gr)
1.	Sampel 1	C5	53,3	55,6	34,2	46,7
2.	Sampel 2	S4	56,1	58,3	31,7	56,4
3.	Sampel 3	H2	61,5	64,2	42,9	60,7
4.	Sampel 4	B1	52,7	55,2	38,3	52,9
5.	Sampel 5	E1	52,9	55,9	28	51,6
6.	Sampel 6	J2	68,2	70,9	32,2	68,6
7.	Sampel 7	F2	60,5	62,7	28	61,5

**Gambar 7.** Peta lokasi pengambilan sampel

**Tabel 3.** Hasil pengujian sifat fisik batuan

Sumber : Hasil olah data peneliti

Berdasarkan dari nilai pengujian sifat fisik diatas, maka selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk mengetahui nilai dari *Natural Density* sebanyak 7 sampel diperoleh nilai natural density berkisar antara 17,092 hingga 30,577 kN/m<sup>3</sup>, nilai ini yang akan digunakan sebagai parameter dalam menentukan faktor keamanan lereng. Berikut tabel nilai *Natural Density*:

**Tabel 4.** Nilai dari *natural density*

No.	Kode Sampel	<i>Natural Density</i> (gr/cm <sup>3</sup> )	<i>Natural Density</i> (kN/m <sup>3</sup> )
1.	Sampel 1	2,490	24,418
2.	Sampel 2	1,914	18,769
3.	Sampel 3	2,887	28,311
4.	Sampel 4	3,118	30,577
5.	Sampel 5	1,896	18,593
6.	Sampel 6	1,762	17,279
7.	Sampel 7	1,743	17,092
Rata-rata		2,258	22,148

### Hasil pengujian *point load test*

Dari hasil pengujian Point Load Test sebanyak 7 sampel, maka didapatkan hasil masing-masing sampel yaitu nilai beban maksimum hingga contoh batuan pecah (P) berkisar antara 0,19 hingga 1,2 kN, jarak antar konus penekan (D) berkisar antara 1 hingga 1,2 cm, dari nilai yang didapatkan ini, maka nilai Point Load Index (Is) berkisar antara 1,57 hingga 12 MPa, kemudian nilai dari Is dikonversi ke uCS berkisar antara 36 hingga 276 MPa, dan nilai ini akan digunakan sebagai parameter untuk menentukan nilai dari faktor keamanan. Berikut tabel hasil pengujian *point load test*:

**Tabel 5.** Hasil pengujian *point load test*

No.	Kode Sampel	P (kN)	D (cm)	Is (MPa)	uCS (MPa)	uCS (KPa)
1.	Sampel 1	0,19	1,1	1,57	36	36000
2.	Sampel 2	1,2	1	12	276	276000
3.	Sampel 3	0,9	1	9	207	207000
4.	Sampel 4	0,7	1,1	5,78	133	133000
5.	Sampel 5	1,1	1,2	7,63	175	175000
6.	Sampel 6	0,3	1,2	2,08	47	47000
7.	Sampel 7	1	1,1	8,26	190	190000
Rata-rata					152	152000

Sumber : Hasil olah data peneliti

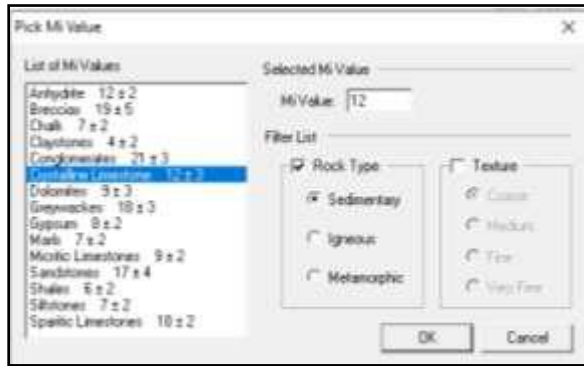
### Kurva kriteria keruntuhan Hoek-Brown

Kriteria keruntuhan Hoek-Brown merupakan metode untuk menentukan kekuatan massa batuan. Dari kurva kriteria keruntuhan Hoek-Brown dapat ditentukan nilai sudut geser dalam dan juga nilai kohesi yang akan digunakan dalam penentuan factor

keamanan. Dalam membuat kurva keruntuhan Hoek-Brown diperlukan nilai beberapa parameter yang didapatkan dari pengamatan langsung di lapangan, diantaranya :

**a. Nilai mi**

Nilai mi merupakan nilai yang menggambarkan jenis sampel pengujian yang digunakan. Penelitian kali ini menggunakan sebanyak 7 (tujuh) sampel dengan jenis sampel batuan yang sama yaitu batugamping, jadi untuk nilai mi sebanyak 7 sampel pengujian memiliki nilai yang sama. Untuk jenis batugamping sendiri memiliki nilai mi yaitu 12



**Gambar 8.** Penentuan nilai mi

**b. Geological strength index (GSI)**

Nilai Geological Strength Index (GSI) merupakan nilai yang menggambarkan kondisi rekahan batuan pada lereng penambangan dan juga kondisi permukaan lereng. Berdasarkan dari hasil pengamatan di lapangan, pada titik pengambilan sampel 1 dan 7 dijumpai beberapa rekahan dalam keadaan berjarak dan keadaan permukaan yang lapuk maka diinterpretasikan nilai GSI yaitu 65 dan pada titik pengambilan sampel 2,3,4,5 dan 6 dijumpai kondisi permukaan yang lapuk dan kondisi rekahan sangat sedikit hingga tidak ada maka diinterpretasikan nilai GSI yaitu 70 .

**Tabel 6.** Nilai GSI sampel batuan

No.	Kode Sampel	Nilai GSI
1.	Sampel 1	65
2.	Sampel 2	70
3.	Sampel 3	70
4.	Sampel 4	70
5.	Sampel 5	70
6.	Sampel 6	70

7.	Sampel 7	65
Rata-rata		68

Sumber : Hasil olah data peneliti

**c. Faktor D**

Berdasarkan dari keadaan lereng tambang daerah penyelidikan dimana diterapkan model penambangan terbuka dengan membuat lereng-lereng dan dengan metode penggalian secara mekanis maka ditentukan nilai dari faktor D lokasi penyelidikan adalah 0,7.

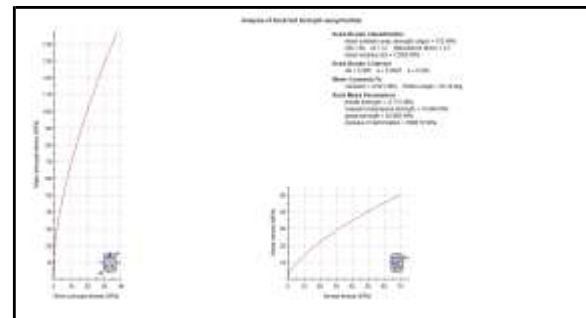
Dalam penentuan kurva kriteria keruntuhan Hoek-Brown parameter yang diperlukan yaitu nilai uCS dari hasil pengujian PLI, nilai mi, GSI dan nilai faktor D dari hasil pengamatan di lapangan adalah sebagai berikut:

**Tabel 7.** Nilai parameter penentuan kurva Hoek-Brown

No.	Kode Sampel	uCS (MPa)	mi	Faktor D	GSI
1.	Sampel 1	36	12	0,7	65
2.	Sampel 2	276	12	0,7	70
3.	Sampel 3	207	12	0,7	70
4.	Sampel 4	133	12	0,7	70
5.	Sampel 5	175	12	0,7	70
6.	Sampel 6	47	12	0,7	70
7.	Sampel 7	190	12	0,7	65
Rata-rata		152	12	0,7	68

Sumber : Hasil olah data peneliti

Nilai yang digunakan dalam pembuatan kurva kriteria keruntuhan Hoek-Brown adalah nilai rata-rata dari uCS yaitu 152 MPa, nilai mi yaitu 12, nilai Faktor D yaitu 0,7 dan nilai GSI yaitu 68. Berikut kurva kriteria keruntuhan Hoek-Brown:



**Gambar 9.** Kurva kriteria keruntuhan Hoek-Brown

Berdasarkan dari Kurva kriteria keruntuhan Hoek-Brown dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

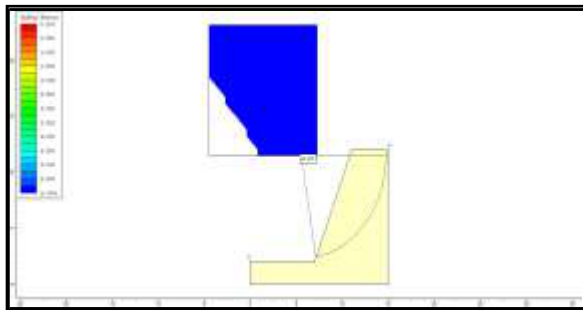
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left( m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Nilai dari masing-masing parameter dalam persamaan Hoek-Brown yaitu  $\sigma_{ci}$  senilai 152, mb senilai 2.068, nilai s yaitu 0.0097 dan nilai a yaitu 0.502.

### Analisis faktor keamanan lereng

Analisa Lereng Menggunakan Perangkat Lunak

Perhitungan kestabilan lereng dilakukan menggunakan perangkat lunak dengan menentukan nilai faktor keamanan menggunakan metode *Fellenius*. kondisi awal geometri lereng mempunyai tinggi 10,4 meter dengan sudut kemiringan lereng 70°. Berikut permodelan lereng dengan faktor keamanan :



Gambar 10. Nilai faktor keamanan lereng

Berdasarkan analisis faktor keamanan lereng didapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) yaitu 48,860 dan termasuk dalam kelas stabil.

Nilai rata-rata  $uCS$  dari seluruh sampel diujikan memiliki nilai yang tergolong tinggi yaitu 152 MPa dimana nilai ini menggambarkan seberapa kuat suatu batuan dapat menahan tekanan yang diberikan dan nilai ini menggambarkan bahwa sampel batuan pengujian dari lereng yang dianalisa memiliki ketahanan yang tinggi terhadap tekanan yang diberikan. Nilai *unit weight* yaitu nilai yang mempengaruhi kekuatan batuan terhadap tekanan yang ada, apabila nilai *unit weight* semakin tinggi maka nilai dari faktor keamanan akan semakin rendah. Dari hasil pengujian laboratorium sebanyak 7 sampel dan diperoleh nilai rata-rata *unit weight* atau bobot isi batuan sebesar 22,148 kN/m<sup>3</sup> dan tergolong nilai yang rendah.

Dari aspek geologi, untuk jenis batuan pada lereng yang dianalisa yaitu batugamping dimana batuan ini tergolong batuan yang cukup keras sehingga memiliki daya tahan terhadap tekanan yang diberikan cukup kuat, dari jenis batuan ini tentunya akan berbanding lurus dengan nilai faktor keamanan (FK), semakin keras sampel batuan maka nilai faktor keamanan akan semakin tinggi pula, jenis batuan pada lereng digambarkan dengan nilai  $m_i$  yaitu 12 untuk jenis sampel batugamping. Struktur geologi yang ada pada lereng yang dianalisa berupa ditemukannya rekahan-rekahan pada batuan, tetapi rekahan tidak menyeluruh memenuhi lereng tetapi hanya berada pada titik-titik tertentu, adanya rekahan akan mempengaruhi nilai dari faktor keamanan, semakin banyak rekahan yang ada maka nilai faktor keamanan akan semakin rendah pula, kondisi rekahan pada lereng yang dianalisa digambarkan dengan nilai GSI, dengan nilai rata-rata GSI yang diperoleh yaitu 68. Secara keseluruhan dengan diperolehnya nilai faktor keamanan dari lereng yang dianalisa sebesar 48,860 merupakan nilai yang tergolong sangat tinggi, hal ini dikarenakan nilai dari  $uCS$  yang tinggi dan juga jenis sampel batuan berupa batugamping tergolong batuan yang keras dan nilai *unit weight* yang rendah walaupun dilihat dari sudut kemiringan lereng yang cukup curam mencapai 70° dengan ketinggian hingga 10,4 meter masih tidak cukup untuk membuat lereng dalam kondisi tidak stabil hingga menimbulkan longsor.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka daerah penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kondisi geologi daerah penelitian adalah sebagai berikut:
  - a. Geomorfologi daerah penelitian terdiri dari 2 (dua) bentuk asal geomorfologi yaitu bentuk asal Struktural yang terdiri dari perbukitan antiklin, lembah antiklin, perbukitan monoklin, blok sesar dan bentuk asal Fluvial yang terdiri dari tubuh sungai dan dataran banjir dengan pola aliran sungai subdendritik serta termasuk stadia dewasa.
  - b. Stratigrafi daerah penelitian terbagi menjadi 4 (tiga) satuan batuan yaitu satuan Batugamping Batu Putih, satuan Batupasir Air Putih, dan Satuan Batupasir Ringroad dan endapan alluvial.
  - c. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian terdiri dari struktur

- perlipatan, struktur kekar dan struktur sesar naik.
2. Dari perhitungan uji sifat fisik dan uji sifat mekanik pada tujuh sampel batuan diperoleh nilai rata-rata bobot isi natural (*Natural Density*) yaitu  $22,148 \text{ kN/m}^3$ , nilai tergolong rendah menggambarkan bahwa bobot isi batuan terisi oleh air tetapi dalam jumlah yang sedikit, untuk nilai  $\sigma_{CS}$  diperoleh nilai rata-rata yaitu 152 MPa, nilai tergolong tinggi menggambarkan bahwa batuan memiliki daya tahan yang kuat terhadap tekanan yang diberikan, untuk geometri lereng memiliki sudut kemiringan  $70^\circ$  dengan ketinggian hingga 10,4 meter.
  3. Dari perhitungan nilai faktor keamanan diperoleh nilai sebesar 48,860 termasuk dalam nilai yang cukup tinggi sehingga lereng yang dianalisa dikategorikan dalam keadaan aman.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ali RK, Najib, Nasrudin.A. 2017. Analisis Peningkatan Faktor Keamanan Lereng Pada Areal Bekas Tambang Pasir dan Batu di Desa Ngablak, Kecamatan Cluwak, Kabupaten Pati. *Promine Journal*, Vol.5 (1): 10-19.
- Andana AE, Jusfarida. 2016. Geologi dan Studi Kestabilan Lereng pada Kuari Batugamping Blok Z-19 PT. Semen Indonesia (Persero) unit Tuban-Jawa Timur. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan IV*.
- Arif Irwandy. 2016. *Geoteknik Tambang*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka utama.
- Eberhardt Erik. 2012. The Hoek-Brown Failure Criterion. *Rock Mech Roch Eng*, (45) : 981-988.
- Fahmi, AD. 2007. Analisis Kestabilan Lereng Batugamping Dengan Menggunakan Metode Kinematik dan Klasifikasi Massa Batuan di Desa Nongkosepet, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Yogyakarta [skripsi]. Institut Teknologi Bandung.
- Hoek E, Brown E.T. 2018. The Hoek-Brown Failure Criterion and GSI-2018 Edition. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Vol.11 : 445-463.
- Hoek.E, Carranza-Torres.C, Corkum.B. 2002. Hoek-Brown Failure Criterion-2002 Edition. *Proc. NARMS-TAC Conference (1)* : 267-273.
- Julian, AK. 2018. Identifikasi Petroleum System Cekungan Kutai Kalimantan Timur, Menggunakan Parameter Coherency "Rho Variance Processing" pada Data Magnetotelluric dan Data Gaya Berat [skripsi]. universitas Lampung.
- Lamis, NM. 2015. Analisis Lingkungan Pengendapan dan Estimasi Cadangan Hidrokarbon Reservoir pada Interval SB 2 - FS 3, Lapangan Alfa, Cekungan Kutai, Kalimantan Timur [skripsi]. Institut Teknologi Bandung.
- Manoppo FJ, Manaroinsong Lanny D.K. 2018. Analisis Kestabilan Lereng Batu kapur (Studi Kasus: Bangunan Hotel Tasangkapura di Kota Jayapura). *Jurnal Sipil Statik*, Vol.6 No. 8: 611-618.
- Melati S. 2019. Studi Karakteristik Relasi Parameter Sifat Fisik dan Kuat Tekan uniaksial Pada Contoh Batulempung, Andesit dan Beton. *Jurnal GEOSAPTA*, Vol.5 (2) : 133-139.
- Pangemanan V.M.G, Turangan.A.E. 2014. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (studi kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik Vol.2 (1)* : 37-46.
- Rai M.A, Kramadibrata Suseno, Wattimena R.K. 2014. *Mekanika Batuan*. Bandung : Penerbit ITB.
- Zulfikar R, Nurhakim, Hakim N.R. 2019. Penerapan Metode Klasifikasi Massa Batuan (RMR) dan Kriteria keruntuhan Hoek & Brown Dalam Menentukan Faktor Keamanan Pada Analisa Kestabilan Lereng. *Jurnal GEOSAPTA*, Vol.5 (1) : 25-30.