

# GEOLOGI DAN ANALISIS KESTABILAN LERENG DENGAN MENGGUNAKAN METODE BISHOP SIMPLIFIED DAERAH TANAH MERAH KOTA SAMARINDA PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

**Heriyanto, Resty Intan Putri, Laurensius Pian Pasiakan, Agus Salim**

*Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman*

*Jl. Sambaliung No.9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda*

*\*Email : [heryanto95@gmail.com](mailto:heryanto95@gmail.com)*

## **Abstrak**

Secara administratif daerah penelitian terletak di Kecamatan Samarinda Utara, 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 daerah penelitian.

Adapun metode perhitungan faktor keamanan menggunakan metode *bishop simplified* dengan kriteria keruntuhan Hoek-Brown. Parameter yang diperlukan dalam penyelidikan geoteknik yaitu jenis batuan, *unit weight*, GSI, *mi*, faktor gangguan, uji kuat tekan serta geomteri lereng. Sampel yang digunakan berjumlah 8 sampel dengan litologi batupasir, batubara dan batulempung

Dari hasil pemetaan geologi, terdapat 3 satuan batuan yaitu Batupasir Tanah Merah, Batulempung Tanah Merah, dan Endapan Alluvial. Satuan bentuk lahan daerah penelitian memiliki 2 bentuk lahan yaitu, bentuk lahan perbukitan terkikis (D1) , dan bentuk lahan dataran alluvial (F1). Daerah Penelitian dikontrol oleh struktur geologi berupa lipatan dan kekar. Daerah penelitian terletak pada sayapan lipatan. Arah gaya yang bekerja pada daerah penelitian berada pada arah tenggara-barat laut.

Dari hasil penyelidikan geoteknik berupa perhitungan kestabilan lereng pada daerah penelitian diperoleh nilai faktor keamanan (FK) 2,526. Dengan demikian, berdasarkan nilai faktor keamanan (FK) maka disimpulkan lereng termasuk ke dalam kategori stabil.

Kata Kunci: Endapan Alluvial, Faktor Keamanan, Metode *Bishop Smplicated*, Faktor Keamanan, Perbukitan Terkikis, *Unit Weight*

## **Abstract**

*Administratively, the research area is located in North Samarinda 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 safety factor (FS) in the research area.*

*The method of calculating the safety factor uses the bishop simplified method with the Hoek-Brown collapse criteria. Parameters needed in geotechnical investigations are rock type, unit weight, GS/, mi, disturbance factor, compressive strength test and slope geometry. The samples used are 8 samples with lithology of sandstones, coal and claystone.*

*From the results of geological mapping, there are 3 rock units, namely Tanah Merah Sandstone Unit, Tanah Merah Claystone Unit, and Alluvial Deposits Unit. The land form unit of the study area has 2 land forms, namely hills eroded (D1), and alluvial plains (F1). The research area is controlled by a geological structure in the form of folds and joints. The research area is located in the fold incision. The direction of force that acts on the research area is in the southeast-northwest direction.*

*From the results of geotechnical investigations in the form of slope stability calculations in the study area, the safety factor (FS) value was 2.526. Thus, based on the value of the safety factor (FS), it is concluded that the slopes are included in the stable category.*

*Keywords: Alluvial Deposits, Safety Factor, Bishop Smplicated Method, Safety Factor, Hills Eroded, Unit Weight*

## PENDAHULUAN

Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang memiliki sudut kemiringan tertentu dengan bidang datar (horizontal). Lereng dapat terjadi secara alami maupun karena perbuatan manusia dengan tujuan tertentu. Karena memiliki dataran yang tinggi, banyak orang yang memanfaatkan lereng sebagai lahan untuk bercocok tanam maupun untuk membangun rumah sebagai tempat tinggal.

Kestabilan suatu lereng memiliki sifat dan perilaku yang berbeda dari batuan satu dengan batuan lainnya. Kestabilan lereng itu sendiri lebih ditentukan oleh adanya bidang-bidang lemah atau bisanya disebut dengan bidang diskontinuitas. Lereng yang dibuat dengan kemiringan dan ketinggian yang berbeda akan menimbulkan distribusi tegangan yang baru karena akan mengganggu distribusi tegangan yang sudah ada sebelumnya. Salah satu akibat distribusi tegangan baru berupa keruntuhan massa batuan sebagai salah satu sifat alamiah lereng untuk mencari kestabilan baru dengan cara mengurangi beban yang ditanggungnya.

Kestabilan lereng juga merupakan masalah yang penting karena berhubungan dengan kegiatan penambangan. Jika terjadi longsor pada lereng yang berdekatan dengan jalan angkut utama pasti akan mengganggu proses penambangan, bisa juga merusak alat-alat penambangan ataupun memakan korban jiwa. Oleh karena itu dengan menganalisis kestabilan lereng dapat mengetahui nilai faktor keamanan (fk) agar dapat memberikan informasi potensi longsor serta tingkat kerentanan yang terjadi pada lereng tersebut. nilai dari batupasir itu sendiri.

## METODOLOGI

### Studi Literatur

Kegiatan studi literatur ini dimaksudkan untuk mencari literatur yang berhubungan dengan penelitian sehingga dapat membantu dalam pelaksanaan penelitian ini. Literatur dapat berupa buku-buku, jurnal, skripsi yang berkaitan dengan penelitian ini serta menggunakan peta geologi regional dan peta kesampaian daerah sebagai bahan literatur lanjutan guna mengetahui lebih mendalam kondisi geologi di daerah penelitian

### Pengambilan Data

Pengambilan data menggunakan data primer dan sekunder. Data primer merupakan data yang diambil dilapangan seperti pengamatan bentuk lahan dan pengamatan singkapan. Data sekunder merupakan data topografi, citra satelit, dan peneliti sebelumnya.

### Analisis Data

Tahap analisis geomorfologi terdiri atas pembagian bentuk lahan, dimana pembagian satuan bentuk lahan dibagi berdasarkan bentuk asal. Tahap analisis geologi terdiri atas pembagian litofasies, yaitu karakteristik pada batuan baik fisika, kimia, dan biologi. Tahap analisis struktur geologi menggunakan metode streografis. Tahap analisis stratigrafi bertujuan mengetahui umur dari batuan dan lingkungan pengendapan dari setiap satuan batuan. Tahap analisis petrografi bertujuan untuk mengetahui mineral yang terkandung pada batuan. Tahap analisis kestabilan lereng menggunakan metode *bishop simplified* bertujuan untuk mengetahui nilai faktor keamanan dari suatu lereng.

Pengujian sifat fisik dan mekanika batuan dilakukan di Laboratorium Teknologi Mineral dan Batubara Fakultas Teknik Universitas Mulawarman Kalimantan Timur.

### Hasil



Hasil akhir dari analisis data adalah peta geomorfologi, peta geologi, peta sumberdaya batupasir, dan mengetahui nilai faktor keamanan dan tingkat kerentanan longsor

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Geomorfologi daerah penelitian

Pada daerah penelitian dibagi menjadi 2 bentuk lahan yaitu bentuk lahan perbukitan terkikis (D1) dan dataran alluvial (F1)

**Tabel 1.** Satuan Geomorfik daerah penelitian

Bentukan Asal	Bentuk Lahan	Simbol	Aspek Geomorfologi				Pemerian
			Morfologi		Morfogenesis		
			Morfometri	Morfografi	Morfostruktur Pasif	Morfostruktur Aktif	
Struktural	Perbukitan Terkikis		8-55%	Miring-Sangat Curam	Litologi Batupasir, Bantempung, dan Batubara	-	Menempati 95% dalam peta. Bentuk lahan terbentuk karena adanya pelapukan pada daerah perbukitan
Fluvial	Dataran Alluvial		0-2%	Datar	Material Lepas	-	Menempati 6% dalam peta. Bentuk lahan terbentuk karena adanya pengendapan material lepas yang dibawah oleh aliran sungai

### 1. Bentuk lahan perbukitan terkikis

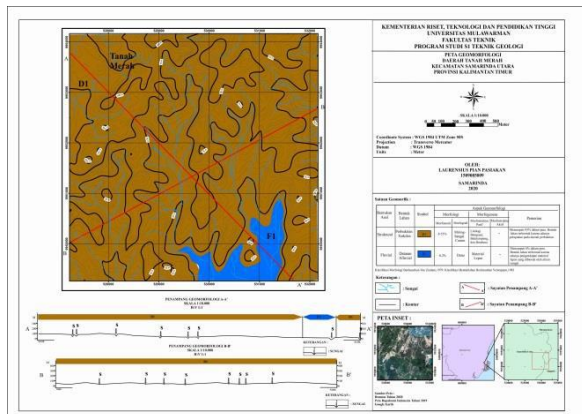
Bentuklahan ini terbentuk akibat adanya proses pelapukan secara terus menerus. Bentuk lahan dikontrol oleh pelapukan yang menyebabkan bentuk lahan ini berasal dari bentuk asal denudasional

Bentuklahan perbukitan terkikis (D1) menempati 94% dalam peta. Morfografi yang agak curam dengan morfometri kisaran 15-30%. Material penyusunnya yaitu batupasir, batulempung dan batubara.

## 2. Bentuk lahan dataran alluvial

Bentuk lahan dataran alluvial (F1) adalah bentuklahan yang sebagian besar datar yang dibuat oleh pengendapan sedimen selama periode waktu yang panjang oleh satu atau lebih sungai yang berasal dari tempat pembentukan dataran alluvial. Disisi lain morfologi dataran alluvial dikendalikan oleh cepat atau lambatnya sedimentasi daerah sekitar. Bentuk lahan dataran alluvial (F1) merupakan bentuk asal dari Fluvial.

Bentuk lahan dataran alluvial (F1) menempati 6% dalam peta. Morfografi yang datar dengan morfometri 0-2%. Material penyusunnya yaitu berupa material lepas yang berasal dari sedimentasi disekitarnya yang dibawah oleh sungai.



Gambar 1. Peta geomorfologi daerah penelitian

## Stratigrafi daerah penelitian

Pada pembahasan stratigrafi daerah penelitian, digunakan istilah satuan batuan berdasarkan ciri fisik batuan yang diamati di lapangan, meliputi jenis batuan, keseragaman litologi serta posisi stratigrafi antar satuan batuan tersebut. Pembagian satuan batuan ini dilakukan untuk setiap jenis batuan yang seragam, sedangkan penamaan batuan didasarkan pada jenis batuan yang dominan. Penemuan satuan tersebut berdasarkan pada ciri-ciri (karakter) litologi meliputi

tekstur, struktur sedimen, dan lingkungan pengendapan. Hubungan stratigrafi antar satuan batuan ditentukan berdasarkan pada posisi dan gejala-gejala stratigrafi yang dijumpai selama di lapangan. Kandungan fosil digunakan untuk menentukan umur relatif dari tiap-tiap litologi. Sedangkan dalam penentuan lingkungan pengendapan berdasarkan pada ciri fisik (struktur dan tekstur), kimiawi (komposisi litologi), dan biologi (kandungan fosil).

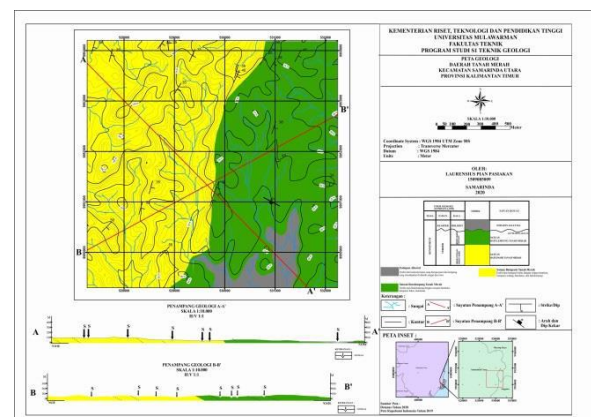
Dalam daerah penelitian berada pada peta geologi lembar Samarinda (Supriyatna, 1995), secara umum stratigrafi daerah penelitian dibagi menjadi 3 satuan batuan yaitu satuan endapan alluvial, satuan batulempung tanah merah, dan satuan batupasir tanah merah.

### 1. Satuan batupasir tanah merah.

Satuan ini meliputi 54% dalam peta geologi dan ditandai dengan warna kuning pada peta geologi yang berada di daerah barat. Satuan batupasir Tanah Merah terdiri atas dominan batupasir halus disertai dengan anggota satuan batuan yaitu batupasir sedang, batubara, dan batulempung.

### 2. Satuan batulempung tanah merah.

Satuan ini meliputi 30% dalam peta geologi dan ditandai dengan warna kuning pada peta geologi yang berada di daerah timur. Satuan batulempung tanah merah terdiri atas dominasi batulempung disertai dengan anggota satuan batuan yaitu batupasir kuarsa, batupasir halus, batulanau dan batubara.



Gambar 2. Peta geologi daerah penelitian

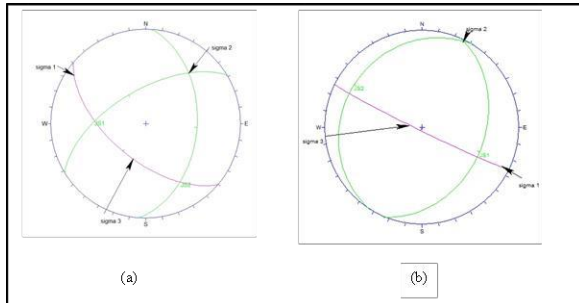
## Struktur geologi daerah penelitian

Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian sangat dikontrol oleh aktivitas tektonik. Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran pada

lokasi penelitian maka diinterpretasikan bahwa daerah penelitian dijumpai :

**1. Struktur Kekar**

Kekar pada daerah penelitian ditemukan kekar gerus dan kekar tarik, untuk menganalisis arah gaya menggunakan metode stereografis dengan menggunakan data kekar gerus. Berdasarkan analisis stereografis, arah gaya mengarah tenggara-barat laut.



**Gambar 3.** Analisis kekar dengan stereografis

**Geometri Lereng**

Lokasi untuk pengujian analisis kestabilan lereng menggunakan lereng pada lokasi penelitian. Panjang lereng 9,4 m, tinggi lereng 8,6 m dengan slope 67° merupakan geometri lereng pada lokasi tersebut.



**Gambar 3.** Kondisi Geometri Lereng

**Sifat Fisik Batuan**

Sampel batuan yang diambil sebanyak 8 sampel batuan yang akan diuji di Laboratorium Tekmira Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.

Tabel 2. Uji sifat fisik batuan

NO	Kode Sampel	Unit Weight (KN/m <sup>3</sup> )	Porositas (%)	Specific Gravity (KN/m <sup>3</sup> )
1	BP1	18,93	41,50	32,37
2	BP2	18,33	40,22	30,84

3	BB1	16,76	30,50	24,62
4	BB2	17,1	29,23	24,25
5	BB3	16,66	31,43	24,43
6	BL1	18,33	22,90	23,86
7	BL2	17,84	26,41	24,32
8	BL3	17,15	18,72	21,17

**Sifat Mekanika Batuan**

Pengujian sifat mekanika batuan menggunakan pengujian PLI (Point Load Indeks). Uji PLI merupakan pengujian indeks yang telah secara luas digunakan untuk memprediksi nilai UCS (Uniaxial Compressive Strength) suatu batuan. Uji PLI yang dilakukan pada pengujian ini mengacu pada ISRM Suggested Method for Determining Point Load Strength. Acuan dimensi sampel yang digunakan yaitu diameter = 50 mm. Sampel yang digunakan untuk pengujian ini berupa 8 sampel batuan.

Tabel 3. Uji sifat mekanika batuan

No	Kode Sampel	PLI (MPa)	UCS (MPa)
1	BP1	0,37	8,51
2	BP2	1,11	25,55
3	BB1	1,6	36,8
4	BB2	1,6	36,8
5	BB3	1,2	27,6
6	BL1	0,07	1,79
7	BL2	0,50	11,67
8	BL3	0,9	20,7

**Penentuan Nilai GSI**

GSI (Geological Strength Indeks) merupakan suatu indeks yang berhubungan dengan kekuatan massa batuan yang terkekarkan. Pengklasifikasian kualitas massa batuan berdasarkan metode Geological Strength Index (GSI) Hoek (1994), mengkombinasikan 2 (dua) parameter utama, yaitu struktur dari sifat blok atau Structure Rating (SR), dan kondisi permukaan atau Surface Condition Rating (SCR) yang memiliki sub parameter berupa tingkat kekasaran, derajat pelapukan atau alterasi, dan pengisi diskontinuitas. Pada penelitian ini, mencari nilai GSI secara langsung dilapangan dengan cara melihat kondisi struktur dan permukaannya. Daerah lokasi pengamatan 23 memiliki kondisi yang dimana Structure Rating (SR) berada di intact atau massive dengan kondisi permukaan mengalami pelapukan, khususnya pada batulempung. Sehingga

Surface Condition Rating (SCR) berada di daerah good-fair.

Tabel 4. Nilai GSI

NO	Kode Sampel	GSI
1	BP1	75
2	BP2	80
3	BB1	90
4	BB2	90
5	BB3	90
6	BL1	65
7	BL2	70
8	BL3	65

**Penentuan Nilai Mi**

Pada lokasi penelitian terdapat litologi batuan seperti batupasir, batulempung, dan batubara. Dalam menentukan nilai mi, harus mengetahui jenis batuan beserta tekstur (ukuran butir). Berdasarkan Hoek & Brown (1980), untuk batupasir nilai mi adalah 19, batulempung memiliki nilai mi adalah 4 dan sedangkan nilai mi pada batubara yaitu 8.

Tabel 5 Nilai Mi

No	Kode Sampel	Litologi	M <sub>i</sub>
1	BP1	BatuPasir	19
2	BP2	BatuPasir	19
3	BB1	BatuBara	8
4	BB2	BatuBara	8
5	BB3	BatuBara	8
6	BL1	BatuLempung	4
7	BL2	BatuLempung	4
8	BL3	BatuLempung	4

**Penentuan Nilai Disturbance Factor (D)**

*Disturbance Factor* merupakan faktor gangguan luar terhadap batuan *insitu*. Aktivitas penambangan dan peledakan merupakan faktor yang mempengaruhi kondisi batuan *insitu*. Pada lokasi penelitian, lereng tersebut merupakan hasil dari bukaan tambang yang masih dalam tahap pra tambang dengan menggunakan peralatan mekanis. Oleh karena itu, nilai *disturbance factor* (D) yaitu 0,7.

Tabel 6. Nilai D

NO	Kode Sampel	D
1	BP1	0,7
2	BP2	0,7
3	BB1	0,7
4	BB2	0,7
5	BB3	0,7
6	BL1	0,7
7	BL2	0,7
8	BL3	0,7

**Penentuan Kohesi dan Sudut Geser Dalam**

Sudut geser dalam dan kohesi didapatkan melalui parameter nilai GSI, mi, disturbance factor, dan kuat tekan yang dimasukkan kedalam grafik kriteria keruntuhan hoek brown.

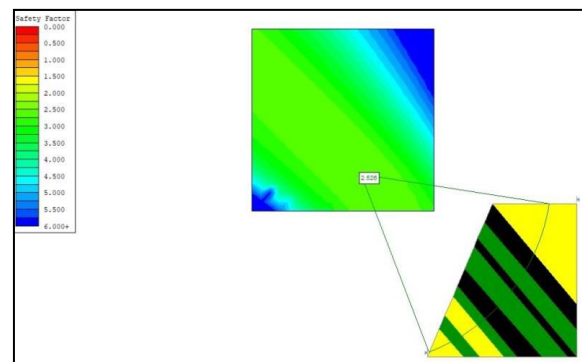
Tabel 7. Nilai kohesi dan sudut geser dalam

No	Kode Sampel	Sudut Geser Dalam	Kohesi
1	BP1	38,42	0,61
2	BP2	40,66	2,10
3	BB1	39,2	5,69
4	BB2	39,2	5,69
5	BB3	39,2	4,26
6	BL1	21,97	0,07
7	BL2	23,85	0,54
8	BL3	21,97	0,81

**Analisis Kestabilan Lereng**

Setelah pengujian sampel di laboratorium dan pengolahan data sifat fisik dan mekanika batuan, langkah selanjutnya yaitu menganalisis kestabilan lereng menggunakan aplikasi lunak yang bertujuan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan (FK). Metode yang digunakan dalam analisis lereng berupa metode Bishop Simplified dan kriteria keruntuhan hoek-brown

Data yang dimasukkan dalam aplikasi lunak berupa data geometri lereng (2D), GSI (Geological Strength Indeks), UCS (Unaxial Compressive Strength), Mi, Disturbance Factor (D) dan unit weight.



Gambar 4. Analisis lereng menggunakan aplikasi lunak

Dari analisis faktor keamanan lereng didapatkan nilai FK sebesar 2,526 dan termasuk dalam kelas aman dan longsor jarang terjadi.

Tabel 8. Hasil analisa lereng

No	Kode Sampel	FK	Kelas
1	BP1	2,526	Aman (Longsor Jarang Terjadi)
2	BP2		
3	BB1		
4	BB2		
5	BB3		
6	BL1		
7	BL2		
8	BL3		

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan :

- Keadaan morfologi daerah penelitian terdapat perbukitan dan dataran. Perbukitan meliputi 90% di dalam peta sedangkan dataran meliputi 10% di dalam peta. Hampir semua daerah penelitian merupakan perbukitan. Bagian utara sampai barat pola konturnya rapat sedangkan dibagian timur sampai selatan pola konturnya hampir renggang hingga renggang. Pada daerah penelitian, terdapat 3 bentuklahan yaitu bentuklahan perbukitan homoklin (S1), Dataran Alluvial (F1), dan tambang terbuka (A1). Secara umum satuan batuan daerah penelitian dibagi menjadi 3 satuan batuan adalah Endapan Alluvial, Satuan Batulempung Tanah Merah, Satuan Batupasir Tanah Merah. Berdasarkan analisis stereografis, arah gaya kekar mengarah tenggara-barat laut.
- Lokasi untuk pengujian analisis kestabilan lereng menggunakan lereng pada lokasi pengamatan 23. Panjang lereng 9,4 m, tinggi lereng 8,6 m dengan slope 670 merupakan geometri lereng pada lokasi tersebut.
- Pengujian sifat fisik batuan, nilai unit weight dari sampel uji coba yaitu, 18,93 KN/m<sup>3</sup> (BP1) , 18,33 KN/m<sup>3</sup> (BP2) , 16,76 KN/m<sup>3</sup> (BB1) , 17,1 KN/m<sup>3</sup> (BB2) , 16,66 KN/m<sup>3</sup> (BB3) , 18,33 KN/m<sup>3</sup> (BL1) , 17,84 KN/m<sup>3</sup> (BL2) , 17,15 KN/m<sup>3</sup> (BL3). Sedangkan untuk nilai specific gravitynya yaitu 32,37 KN/m<sup>3</sup> (BP1) , 30,84 KN/m<sup>3</sup> (BP2) , 24,62 KN/m<sup>3</sup> (BB1) , 24,25 KN/m<sup>3</sup> (BB2) , 24,43 KN/m<sup>3</sup> (BB3) , 23,86 KN/m<sup>3</sup> (BL1) , 24,32 KN/m<sup>3</sup> (BL2) , 21,17 KN/m<sup>3</sup> (BL3). Untuk pengujian sifat mekanika batuan dilakukan pengujian point load test. Nilai tersebut akan dikonversikan kedalam UCS (Uniaxial Compressive Strength). Nilai PLI yang sudah dikonversikan kedalam UCS yaitu 8,51

MPa (BP1) , 25,55 MPa (BP2) , 36,8 MPa (BB1) , 36,8 MPa (BB2) , 27,6 MPa (BB3) , 1,79 MPa (BL1) , 11,67 MPa (BL2) , 20,7 Mpa (BL3).

- Metode yang digunakan dalam analisis lereng berupa metode Bishop Simplified dan kriteria keruntuhan hoek-brown. Data yang dimasukkan dalam aplikasi lunak berupa data geometri lereng (2D), GSI (Geological Strength Indeks), UCS (Uniaxial Compressive Strength), Mi, Disturbance Factor (D) dan unit weight. Dari analisis faktor keamanan lereng didapatkan nilai FK sebesar 2,526 dan termasuk dalam kelas stabil dan aman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arief Saifudin. 2007. Analisis Kestabilan Lereng. Inco Soroako.
- Balfas MD. 2015. Geologi Untuk Pertambangan Umum. Yogyakarta (ID): Graha Ilmu.
- Cloke IR., Moss SJ., Craig J. 1998. Structural Controls On The Evolution Of Kutai Basin, East Kalimantan. Journal of Asian Earth Sciences Vol 17 Page 137-156.
- Eveny, ON. 2011. Perbandingan Metode Bishop, Janbu dan Spencer Dalam Perhitungan Stabilitas Lereng Pada Batuan Tuff [skripsi]. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
- Goodman Richard E. 1989. Rock Mechanic Second Edition. Canada: Departement John Willy & Sons.
- Hoek, E., 2000, Practical Rock Engineering, Rockscience, London.
- Hoek, E., and Bray, J.W., 1981, Rock Slope Engineering, 3th Edition, Civil And Mining 4th Edition, London.
- Hoek, E., and Brown, E.T., 2002, A Brief History of The Development of The Hoek-Brown failure criterion, Accessed Trought The Program Roclab.
- Hoek, E., Carranza, and Corkum, B. 2002, Hoek Brown Failure Criterion., Accessed Trought The Program Roclab.
- Julian, AK. 2018. Identifikasi Petroleum System Cekungan Kutai Kalimantan Timur, Menggunakan Parameter Coherency "Rho Variance Processing" pada Data Magnetotelluric dan Gaya Berat [skripsi]. Universitas Lampung.
- Moss SJ., Chambers. 1999. Tertiary Facies Architecture In The Kutai Basin, East

- Kalimantan. *Journal of Asian Earth Sciences*  
Vol17 Page 157-181
- Pettijohn, F. J., 1975. *Sedimentary rock*, Halper and R Brother, New York
- Pradana, SA. 2018. *Analisis Lingkungan Pengendapan Dengan Metode Analisis Granulometri Daerah Tanah Merah Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur* [skripsi]. Universitas Mulawarman.
- Rahman Arief., Muhyiddin FN. 2018. *Uji Laboratorium Mekanika Batuan Menggunakan Metode Unconfined Compressive Strength (UCS) pada batuan Inti (Core) Batupasir*. *Jurnal Migasian Vol 2(2)* Hal 35-41.
- Saputra RA., Heriyadi Bambang. *Analisis Klasifikasi Massa Batuan Dan Potensi Longsor Pada Area Pit Timur Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya, Kota Sawalontu, Sumatera Barat*. *Jurnal Bina Tambang Vol 4(3)*.
- Sasmito Koeshadi. 2014. *Geologi dan Pola Sebaran Batubara Daerah Separi Provinsi Kalimantan Timur*. *Jurnal Ilmiah MTG Vol7(1)*.
- Satyana S., Sukardi R., Rustandi E. 1995. *Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan Timur*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Nurdian S. 2015. *Korelasi Parameter Kekuatan Geser Tanah Dengan Menggunakan Uji Triaksial dan Uji Geser Langsung Pada Tanah Lempung Substitusi Pasir* [skripsi]. Universitas Lampung.
- Supriatna S., Sukardi R., Rustandi E., 1995. *Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung*.
- Van Zuidam, R.A., 1983. *Guide to Geomorphologic aerial photographic interpretation and mapping*, ITC, Netherland.
- Vestappen, H, 1983, *Applied geomorfology : Geomorphological surveys for enviromental development*, Amsterdam.
- Wardana IGN. 2011. *Pengaruh Perubahan Muka Air Tanah dan Terasering Terhadap Perubahan Kestabilan Lereng*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol 15(1)*.
- Yatini dan Sidharta Raienrius Rodriguez. 2018. *Identifikasi Keberadaan Organic Shale Berdasarkan Analisis Data Magnetotellurik pada Cekungan Kutai*. *Jurnal Wahana Fisika Vol 3(1) Hal 19-30* 2594-1989.