

ANALISIS KESTABILAN LERENG MENGGUNAKAN METODE JANBU SIMPLIFIED PADA AREA BUKIT TAMBUN 03 PT. NUSA ALAM LESTARI DI DESA SALAK, KECAMATAN TALAWI, KOTA SAWAHLUNTO, PROVINSI SUMATERA BARAT

Hagit Kristiansyah^[1], Yoszi Mingsi Anaperta^[2]

Teknik Pertambangan

Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

kristiansyahh@gmail.com

yoszimingsianaperta@yahoo.com

ABSTRAK

Berdasarkan observasi yang penulis lakukan pada lereng BT 03 terdapat serpihan batu yang berjatuhan dan banyak rekahan di permukaan lereng lubang tersebut mempunyai geometri yang terjal dan berpotensi untuk terjadi longsor yang mengganggu jalannya aktivitas penambangan karena belum adanya rancangan geoteknik yang baik pada lereng tersebut. Berdasarkan hasil observasi didapatkan geometri lereng BT 03 dengan tinggi lereng (H) 24 m dan kemiringan lereng 70° dengan material penyusun lereng *siltstone* (batu lanau). Berdasarkan hasil dari pengolahan orientasi bidang diskontinu menggunakan analisis stereografis arah dan tipe longsor adalah N 183° E/ 74° dan longsoran bajih. Nilai rata-rata bobot isi asli dari material *siltstone* yaitu, $20,42 \text{ KN/m}^3$, bobot isi kering yaitu, $18,82 \text{ KN/m}^3$. bobot isi jenuh yaitu, $24,67 \text{ KN/m}^3$. Nilai rata-rata hasil pengujian *point load index* adalah $3,9 \text{ MPa}$ Nilai rata-rata hasil pengujian kuat geser batuan yaitu kohesi (c) $29,1 \text{ MPa}$ dan sudut geser dalam (ϕ) $47,81^\circ$. Kondisi kering dengan ketinggian 24 m dan *single Slope angle* 64° dengan FK 1,390. Tinggi lereng keseluruhan 24 m dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 53° diperoleh FK 1,597. Kondisi jenuh dengan ketinggian 24 m dan *single Slope angle* 64° dengan FK 1,259. Tinggi lereng keseluruhan 24 m dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 53° diperoleh FK 1,466. Kondisi asli dengan ketinggian 24 m dan *single Slope angle* 64° dengan FK 1,46. Tinggi lereng keseluruhan 24 m dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 53° di peroleh FK 1,555.

Kata Kunci: Lereng, Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan, Kohesi, Sudut Geser Dalam, Faktor Keamanan (FK), Janbu *Simplified*

1. Pendahuluan

Sistem penambangan di PT. Nusa Alam Lestari adalah tambang terbuka dengan metode penambangan open pit. Metode open pit ini berakhir pada tahun 2011 dikarenakan SR yang semakin tinggi dan tidak lagi memberikan keuntungan bagi perusahaan, lalu penambangan dilanjutkan dengan metode penambangan batubara bawah tanah dengan metode *room and pillar* yang terus berlangsung pada saat ini. Awal tahun 2019, PT. Nusa Alam Lestari membuat tiga *tunnel* baru untuk menambang batubara. berdasarkan observasi yang penulis lakukan pada lereng BT 03 terdapat serpihan batu yang berjatuhan dan banyak rekahan di permukaan lereng lubang tersebut mempunyai geometri yang terjal dan berpotensi untuk terjadi longsor yang mengganggu jalannya aktivitas penambangan

karena belum adanya rancangan geoteknik yang baik pada lereng tersebut.

Berdasarkan hasil observasi didapatkan geometri lereng BT 03 dengan tinggi lereng (H) 24 m dan kemiringan lereng 70° dengan material lereng penyusun *siltstone* (batu lanau), *claystone* (batu lempung), *sandstone* (batu pasir). yang menjadi material utama penyusun lapisan tersebut adalah batu lanau (*siltstone*). Lereng tersebut berada pada titik kordinat pada $0^\circ 36' 59'' - 0^\circ 37' 00''$ LS dan $100^\circ 46' 33'' - 100^\circ 46' 34''$.

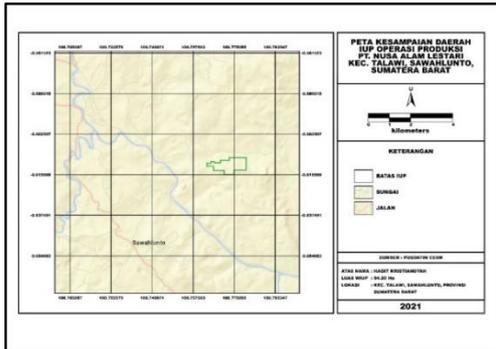


Gambar 1. Lereng BT 03

2. Kajian Teori

2.1 Lokasi Penelitian

Secara geografis wilayah penambangan PT. Nusa Alam Lestari terletak pada koordinat 101°45'48" BT - 101°46'48" BT dan 00°36'45" LS - 00°37'12" LS. Sementara itu, secara administratif konsesi penambangan PT. NAL termasuk dalam wilayah Parambahan, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto Propinsi Sumatera Barat. Lihat pada Gambar 2



Gambar 2. Peta Wilayah IUP OP Batubara PT. Nusa Alam Lestari

BHID	ELEVASI		SIMBOL	LITHOLOGI	Jarak (m)
	From	To			
Blok Bukit Tambun	311	298.4	[Symbol]	Siltstone	12.6
	298.4	298.26	[Symbol]	Claystone	0.14
	298.26	292.7	[Symbol]	Sandstone	5.56
	292.7	292.58	[Symbol]	Claystone	0.12
	292.58	287	[Symbol]	Siltstone	5.58

Gambar 5. Litologi PT. Nusa Alam Lestari

2.2 Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng, baik lereng alami maupun lereng buatan (buatan manusia) serta lereng timbunan, dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Pada kondisi gaya penahan (terhadap longsor) lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang stabil (aman). Namun apabila gaya penahan menjadi lebih kecil dari gaya penggerak, lereng tersebut akan menjadi tidak stabil dan akan terjadi longsor. Sebenarnya, longsor merupakan suatu proses alami yang terjadi untuk mendapatkan kondisi kestabilan lereng yang baru (keseimbangan baru), di mana gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak.

FK ≥ 1,07 : longsor dalam keadaan kritis
 1,07 < FK < 1,25 : lereng dalam keadaan stabil
 FK ≥ 1,25 : lereng dalam keadaan relatif stabil.

2.3 Rock Mass Rating (RMR)

Sistem klasifikasi massa batuan dengan RMR dari Bieniawski (1973) menggunakan enam parameter dasar untuk pengklasifikasian dan evaluasi hasil uji. Keenam parameter tersebut membantu perkiraan lebih lanjut hasil analisis stabilitas sampai permasalahan khusus geomekanika batuan. Keenam parameter yang digunakan untuk menentukan nilai RMR meliputi kuat tekan uniaksial (uniaxial compressive stress, UCS), rock quality designation (RQD), spasi diskontinuitas, keadaan diskontinuitas, keadaan air tanah dan orientasi diskontinuitas (Bieniawski, 1989).

Tabel 1. Pembobotan Nilai RMR System

Parameter	Range of values	Rating
Strength of intact rock	>10 MPa	10
Point-load strength index	4 - 10 MPa	9
Uniaxial comp. strength	2.4 - 4 MPa	8
Uniaxial comp. strength	100 - 250 MPa	7
Uniaxial comp. strength	50 - 100 MPa	6
Uniaxial comp. strength	25 - 50 MPa	5
Uniaxial comp. strength	5 - 25 MPa	4
Uniaxial comp. strength	1 - 5 MPa	3
Uniaxial comp. strength	< 1 MPa	2
Drill core Quality RQD	60% - 100%	10
Drill core Quality RQD	75% - 90%	9
Drill core Quality RQD	50% - 75%	8
Drill core Quality RQD	25% - 50%	7
Drill core Quality RQD	< 25%	6
Spacing of discontinuities	> 2 m	10
Spacing of discontinuities	0.8 - 2 m	9
Spacing of discontinuities	200 - 800 mm	8
Spacing of discontinuities	60 - 200 mm	7
Spacing of discontinuities	< 60 mm	6
Condition of discontinuities	Very rough surfaces	10
Condition of discontinuities	Rough surfaces	9
Condition of discontinuities	Slightly rough surfaces	8
Condition of discontinuities	Smooth surfaces	7
Condition of discontinuities	Slackened surfaces	6
Condition of discontinuities	Severely weathered	5
Condition of discontinuities	Highly weathered	4
Condition of discontinuities	Continuously	3
Condition of discontinuities	Continuously	2
Condition of discontinuities	Continuously	1
Condition of discontinuities	Continuously	0
Ground water	None	10
Ground water	< 10	9
Ground water	10 - 25	8
Ground water	25 - 125	7
Ground water	> 125	6
Ground water	0	5
Ground water	< 0.1	4
Ground water	0.1 - 0.2	3
Ground water	0.2 - 0.5	2
Ground water	> 0.5	1
Ground water	Completely dry	10
Ground water	Damp	9
Ground water	Wet	8
Ground water	Dripping	7
Ground water	Flowing	6
Ground water	Flowing	5
Ground water	Flowing	4
Ground water	Flowing	3
Ground water	Flowing	2
Ground water	Flowing	1
Ground water	Flowing	0

* Some conditions are mutually exclusive. For example, if seepage is present, the roughness of the surface will be overshadowed by the influence of the seepage. In such cases use A.4 directly.
 ** Modified after Wickham et al (1972).

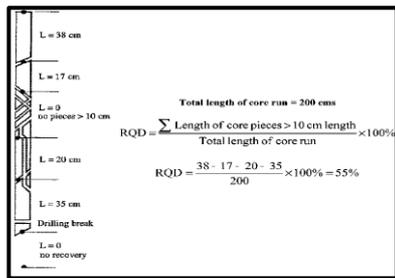
2.3.1 Kuat tekan point load index (PLI)

Untuk penentuan peringkat kuat tekan dari material batuan padu dapat menggunakan klasifikasi dari bieniawski (1989) seperti yang terdapat pada tabel 2.

Tabel 2. Indeks Kekuatan Material Batuan Utuh (Bieniaswki, 1989)

Deskripsi Kualitatif	Kuat Beban Titik (MPa)	Bobot
Kuat sekali	8	15
Sangat kuat	4-8	12
Kuat	2-4	7
Menengah	1-2	4
Lemah	Lebih baik menggunakan kuat tekan uniaxial	2
Sangat lemah	Lebih baik menggunakan kuat tekan uniaxial	1
Lemah sekali	Lebih baik menggunakan kuat tekan uniaxial	0

Rock Qualities Designation (RQD)



Gambar 3. Pembagian Inti Bor Untuk Perhitungan Rock Qualities

Selain cara diatas, Bieniawski (1989) memperkenalkan cara perhitungan nilai RQD berdasarkan data spasi diskontinuitas, sebagai berikut :

$$RQD = 100 (0,1\lambda + 1) e^{-0,1 \lambda}$$

λ adalah rasio antara jumlah kekar dengan panjang scan-line (kekar/meter). Makin besar nilai RQD, maka frekuensi retakannya kecil. Frekuensi retakannya makin banyak, nilai RQD makin kecil.

2.4 Metode Analisis Kestabilan Lereng

2.4.1 Metode Bishop yang Disederhanakan

Metode Bishop yang disederhanakan merupakan salah satu metode pada longsor busur yang menggunakan prinsip irisan dalam menentukan faktor keamanan dari suatu massa material yang berpotensi longsor. Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya pada arah vertikal dan kesetimbangan momen pada titik pusat lingkaran runtuh. Gaya geser antar irisan diabaikan.

2.4.2 Metode Janbu yang Disederhanakan

Metode Janbu adalah salah satu dari metode yang banyak digunakan untuk menganalisis kemantapan lereng yang memiliki permukaan bidang gelincir tidak berupa busur lingkaran (non-sirkular). Metode ini menggunakan suatu faktor koreksi (f_0) untuk mengkoreksi bentuk bidang gelincir yang tidak berupa busur lingkaran.

3. Metode Penelitian

3.1 Desain Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Kegiatan observasi lapangan dilaksanakan pada tanggal 11 desember sampai 12 desember 2020 dan kemudian akan dilanjutkan kegiatan pengambilan data yang dilakukan mulai tanggal 27 febuari 2021 sampai 19 maret 2021.

3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian

3.2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberi solusi atas permasalahan pada area BT 03 sehingga termasuk dalam penelitian terapan (*Applied Research*). Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggabungkan antara teori dengan data-data di lapangan, sehingga dari keduanya diperoleh pendekatan penyelesaian masalah.

Penelitian ini menguji manfaat dari

teori-teori ilmiah serta mengetahui hubungan empiris dan analisis bidang-bidang tertentu. Penelitian terapan dapat pula diartikan sebagai studi sistematis dengan tujuan menghasilkan tindakan aplikatif yang dapat dipraktikkan bagi pemecahan masalah tertentu. Dalam Milia Putri tahun 2018, Nazri:1985 menyatakan hasil penelitian tidak perlu sebagai suatu penemuan baru tetapi merupakan aplikasi baru dari penelitian yang sudah ada.

3.2.2 Sumber Data Penelitian

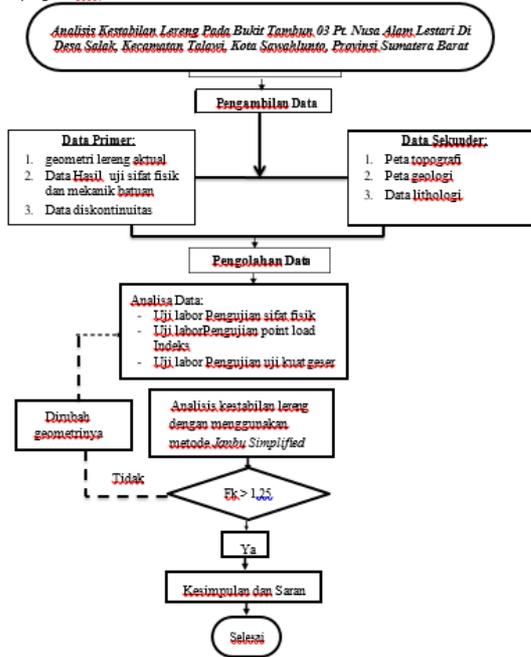
Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dikelompokkan atas dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer pada penelitian ini merupakan data hasil observasi dan pengujian laboratorium, yaitu geometri lereng aktual, data hasil uji sifat fisik dan mekanik batuan, serta pengukuran kondisi diskontinuitas lereng di lapangan. Sedangkan data sekunder bersumber dari laporan penelitian terdahulu dari perusahaan, data instansi yang terkait dan juga dari literatur-literatur, seperti data litologi, peta topografi, peta geologi.

3.2.3 Teknik Analisis Data

Metode dalam analisa data yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain:

1. Menentukan tipe longsor pada daerah penelitian yang diolah dengan bantuan perangkat lunak (software) Stereonet dan Dips.
2. Uji sifat fisik batuan
3. Uji sifat mekanik batuan
4. Uji kuat geser langsung
5. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan dua metode yaitu metode kesetimbangan batas menggunakan metode Janbu Simplified dan penyelesaian perhitungannya dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (software).
6. Nilai faktor keamanan (FK) = 1.25 digunakan sebagai kriteria untuk menilai stabilitas model lereng yang dapat diterima. Jika $FK < 1,25$ maka model lereng dianggap belum cukup stabil.

3.3 Diagram Alir



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Klasifikasi Massa Batuan

4.1.1 Kuat tekan (point load indeks)

Hasil dari perhitungan *point load indeks* merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam tabel Bieniawski. Hasil rata-rata uji *point load indeks* dari 3 sampel batuan *siltstone* yaitu bernilai 3,9 MPa. Hal ini sejalan dengan teoritis yang menyatakan bahwa nilai *point load indeks* untuk jenis batu sedimen *siltstone* berkisar antara 1-8 Mpa.

4.1.2 RQD

RQD merupakan suatu penandaan atau penilaian kualitas batuan berdasarkan kerapatan kekar. Perhitungan RQD bisa didapat dari perhitungan langsung dari singkapan yang mengalami rekahan-rekahan

$$RQD = 100 (0,1 \lambda + 1) e^{-0,1 \lambda}$$

λ = jumlah kekar/panjang scanline

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai RQD

No	Rata Rata Spasi/m	Λ	RQD %
0-1m	0,230	4,348	92,8928
1m-2m	0,253	3,960	93,9545
2m-3m	0,228	4,396	92,7579
3m-4m	0,207	4,839	91,4693
4m-5m	0,392	2,551	97,2526
5m-6m	0,318	3,150	95,9713
6m-7m	0,360	2,778	96,7900
7m-8m	0,235	4,255	93,1515
8m-9m	0,400	2,500	97,3526
9m-10m	0,353	2,830	96,6790
Rata-Rata RQD			94,827

Dari hasil pengukuran kekar di lapangan dan pengolahan data RQD yang dilakukan jika di input kedalam tabel 1 pembobotan *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989), maka diperoleh hasil pembobotan RQD sebesar 17.

4.1.3 Spasi diskontinuitas

Tabel 4. Spasi Bidang Diskontinuitas

Jarak		Joint Frekuensi	Rata Rata Spasi/m
Dari (m)	Ke (m)		
0	1	5	0,230
1	2	4	0,254
2	3	4	0,222
3	4	3	0,224
4	5	5	0,240
5	6	4	0,256
6	7	3	0,188
7	8	2	0,216
8	9	3	0,230
9	10	3	0,254
Rata-Rata Spasi			0,231

Dari hasil pengukuran kekar di lapangan dan pengolahan data *spasi diskontinuitas* yang telah dilakukan maka diperoleh rata-rata antar kekar pada lereng sebesar 0,231 m atau 2,31 cm. Jika di input ke tabel 1 pembobotan *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989), maka diperoleh bobot sebesar 10 yang berarti sedang.

4.1.4 Kondisi diskontinuitas

4.1.4.1 Kekerasan

Dari hasil pengukuran kekar yang telah dilakukan diperoleh informasi bahwa tingkat kekerasan bidang diskontinuitas berada pada kelas halus sampai agak kasar, jika di input kedalam tabel 1 *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989) diberi bobot 3.

Tabel 5. Data Kondisi Bidang Diskontinu Kekerasan

Jarak		Kekerasan
Dari (m)	Ke (m)	
0	1	sedikit kasar
1	2	sedikit kasar
2	3	sedikit kasar
3	4	sedikit kasar
4	5	sedikit kasar
5	6	sedikit kasar
6	7	sedikit kasar
7	8	sedikit kasar
8	9	sedikit kasar
9	10	sedikit kasar
Bobot		3

4.1.4.2 Kemenerusan

Jika di input kedalam tabel 1 pembobotan *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989) diberi bobot 6.

Tabel 6. Data Kondisi Bidang Diskontinu Kemenerusan

Jarak		Panjang Diskontinuitas
Dari (m)	Ke (m)	
0	1	0,16
1	2	0,23
2	3	0,20
3	4	0,22
4	5	0,33
5	6	0,45
6	7	0,35
7	8	0,50
8	9	0,29
9	10	0,29
Rata-Rata		0,30

4.1.4.3 Lebar Rongga

Dari hasil pengukuran kekar yang telah dilakukan diperoleh informasi bahwa pada lokasi penelitian memiliki lebar bukaan sedang dengan rata-rata 0,30 mm yang berkisar antara 1-5 mm, jika di input kedalam tabel 1 *Rock Mass Rating System* (Bieniawski, 1989) diberi bobot 1.

Tabel 7. Data Kondisi Bidang Diskontinu Lebar Rongga

Jarak		Lebar Rongga
Dari (m)	Ke (m)	
0	4,8	0,16
1	6,3	0,23
2	9,0	0,20
3	7,8	0,22
4	8,3	0,33
5	8,0	0,45
6	10,0	0,35
7	8,3	0,50
8	7,0	0,29
9	7,4	0,29
Rata-Rata		7,4

Berdasarkan hasil pengelompokan *strike* dan *dips* pada *software dips 6.00* di dapat hasil arah persebarannya N183°E dengan nilai *dips* rata-rata 74°. Berdasarkan tabel 1 jurus dengan kemiringan 45°-90° diberi bobot 0. Berdasarkan hasil dari pembobotan *rock mass rating system* yang telah dilakukan maka didapat hasil dari pembobotan klasifikasi massa batuan seperti pada tabel 9 berikut:

Tabel 8. Klasifikasi Kelas Massa Batuan berdasarkan RMR-Sistem

Parameter Klasifikasi RMR Sistem			
No	Parameter	Rating	
1	<i>Point Load Indeks</i>	7	
2	RQD	20	
3	<i>Spasi Diskontinuitas</i>	10	
4	Kondisi Bidang Diskontinuitas	Kekerasan	3
		Kemenerusan	6
		Lebar Rongga	0
		Tingkat Pelapukan	3
5	Muka Air Tanah	Material Pengisi	6
6	<i>strike dan Dip Of Joint Set</i>	0	
Total Rating		65	
Nomor Kelas Massa Batuan		II	

Berdasarkan hasil perhitungan klasifikasi massa batuan diatas maka diketahui nilai *rock mass rating* (RMR) di area kajian yakni sebesar 60. Berikut adalah arti dari nilai *rock mass rating* (RMR) tersebut:

Tabel 9. Nilai Kelas Batuan

KELAS PEMBOBOTAN MASSA BATUAN					
Rating	100-80	80-61	60-41	40-21	<21
No Kelas	I	II	III	IV	V
Keterangan	Sangat Bagus	Bagus	Sedang	Buruk	Sangat Buruk

4.2 Analisis Data

4.2.1 Parameter Pengujian Laboratorium

4.2.1.1 Analisis Data Sifat Fisik Batuan

$$1 \text{ gr/cm}^3 = 9,8 \text{ kN/m}^3$$

4.2.1.1.1 Bobot isi asli (*natural density*)

$$\gamma = \frac{Wn}{Ww - Ws} = \frac{10,55}{12,30 - 7,40} = 2,150 \text{ gr/cm}^3$$

4.2.1.1.2 Bobot isi kering (*dry density*)

$$\gamma \text{ dry} = \frac{Wo}{Ww - Ws} = \frac{9,35}{12,30 - 7,40} = 1,900 \text{ gr/cm}^3$$

4.2.1.1.3 Bobot isi jenuh (*saturated density*)

$$\gamma \text{ sat} = \frac{Ww}{Ww - Ws} = \frac{12,30}{12,30 - 7,40} = 2,510 \text{ gr/cm}^3$$

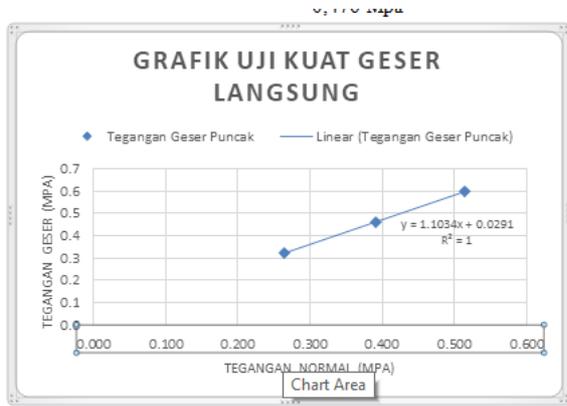
Tabel 10. Hasil Uji Sifat Fisik

NO	Uji Sifat Fisik	Kode Sampel			Rata-Rata gr/cm ³	Kn/m ³
		1	2	3		
1	Bobot Isi Asli (gr/cm ³)	2,150	2,090	2,010	2,083	20,42
2	Bobot Isi Kering (gr/cm ³)	1,900	1,990	1,870	1,920	18,82
3	Bobot Isi Jenuh (gr/cm ³)	2,510	2,514	2,527	2,517	24,67

Tabel 11. Hasil Perhitungan Uji Point Load

No	Parameter						
	D (cm)	F	P (Kg)	Is (kg/cm ²)	Is (Mpa)	σc (kg/cm ²)	σc (Mpa)
1	2,7	0,76	258,2	26,841	2,630	617,353	60,501
2	3,1	0,81	472,5	39,651	3,886	911,974	89,373
3	3,1	0,81	641	53,791	5,272	1237,197	121,245

4.2.1.3 Analisis Uji Kuat Geser Langsung (Direct Shear Strenght Test)



Gambar 3. Grafik Uji Kuat Geser Langsung

Berdasarkan persamaan dari grafik hasil uji kuat geser $y = 1.1034x + 0.0291$

- Kohesi
 $c = 0,291 \text{ MPa}$
 $c = 2,91 \text{ kPa}$
- Sudut geser dalam
 $\tan \phi = 1,103$
 $\phi = \text{Arctan} (1,103)$
 $\phi = 47,81^\circ$

4.3 Pengolahan Data Kekar untuk Metode Stereografis Analisa Kinematik

Setelah data bidang diskontinuitas yang telah diambil dari hasil pengamatan dilapangan berupa *strike*, *dip*, *dip direction* serta kondisi bidang diskontinu menggunakan metode *scanline* maka selanjutnya adalah melakukan pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak *Stereonets Dips* untuk melihat orientasi penyebaran bidang diskontinuitas pada stereonets. Tujuan utama dari pengeplotan data diskontinuitas ini adalah untuk melihat arah umum dan orientasi mayor dan minornya. Dari pengamatan dan pengukuran bidang diskontinu terhadap scanline dengan point station dapat diketahui bahwa kedudukan lereng pengamatan adalah $N 1s83^\circ E/74^\circ$. Setelah seluruh data kekar diambil maka dilakukan proses pengelompokan data kekar dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Stereonets* dan *Dips*. Untuk mendapatkan set diskontinuitas pada kekar.

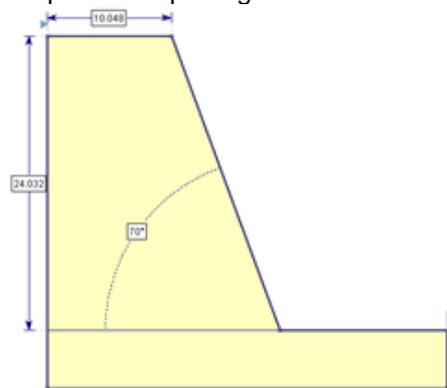
Tabel 16. Tipe Longsoran pada Daerah Penelitian

Jenis Longsoran	Persentase (%)
Wedge Sliding	33,65
Planar Sliding	0
Flexural Sliding	0
Direct Toppling	9,52

4.4 Analisis Kestabilan Lereng

4.4.1 Analisis Kestabilan Lereng Aktual

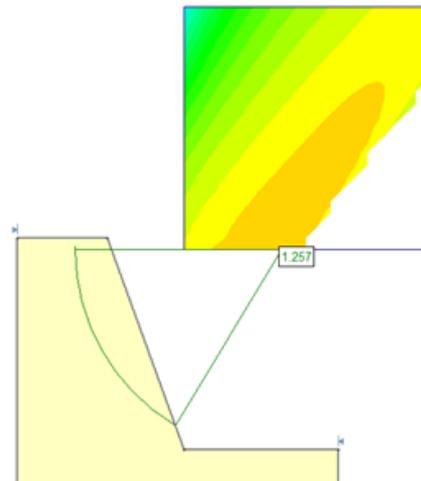
Berdasarkan proses pengambilan data lapangan diperoleh hasil dari geometri lereng aktual yaitu dengan ketinggian lereng 24 m dan kemiringan lereng 70° . Keadaan lereng secara 2 dimensi dapat dilihat pada gambar 7 berikut:



Gambar 7. Lereng Penelitian dalam 2 dimensi

4.4.1.1 Lereng keadaan natural

Keadaan faktor keamanan lereng aktual dapat dilihat pada gambar 8 berikut:

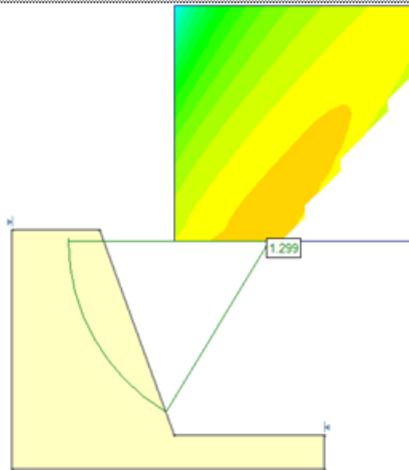


Gambar 8. Nilai FK Lereng Dalam Kondisi Natural

faktor keamanan (FK) lereng secara aktual tersebut menunjukkan lereng dalam keadaan aman. Berdasarkan hasil analisis menggunakan Software slide 6.0 diperoleh nilai faktor keamanan lereng tunggal dalam kondisi aktual yaitu 1,257.

4.4.1.2 Lereng Keadaan Kering

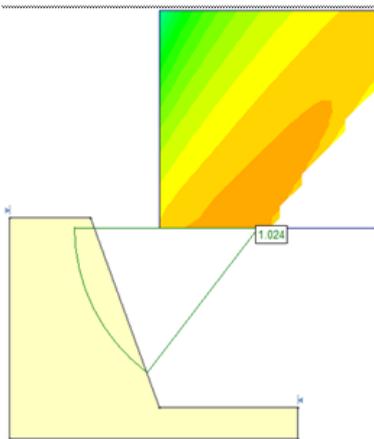
Faktor keamanan lereng pada saat keadaan kering bisa dilihat pada gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Nilai FK Lereng Dalam Kondisi Kering

4.4.1.3 Lereng Keadaan Jenuh

Faktor keamanan lereng pada saat keadaan jenuh bisa dilihat pada gambar 10 berikut.



Gambar 10. Nilai FK Lereng Dalam Kondisi Jenuh

Melihat dari ketiga keadaan lereng ini, diperlukan adanya perbaikan pada geometri lereng agar faktor keamanan dari lereng bisa berada pada keadaan yang aman. Maka ketiga hasil Faktor Keamanan (FK) dari masing-masing kondisi lereng dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

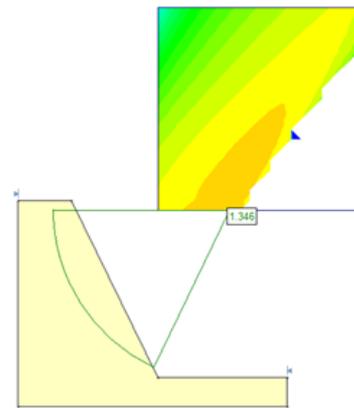
Tabel 17. FK Lereng Aktual

Lereng Aktual (70°)	
Keadaan	Nilai FK
Asli	1.257
Kering	1.299
Jenuh	1.024

4.4.2 Rekomendasi Lereng

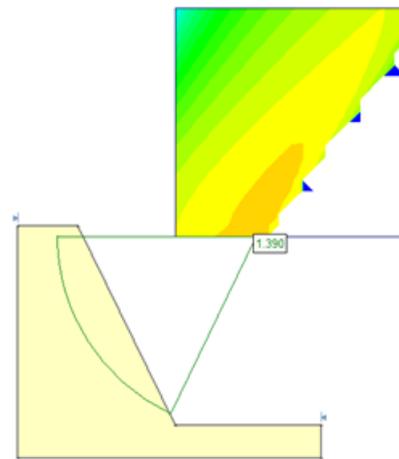
4.4.2.1.1 Lereng kondisi *natural*

Rekomendasi untuk lereng tunggal pada saat dalam kondisi asli untuk mendapatkan nilai FK aman dengan tinggi lereng tunggal 24 meter dan sudut sebesar 64° dapat dilihat pada gambar 11 berikut.



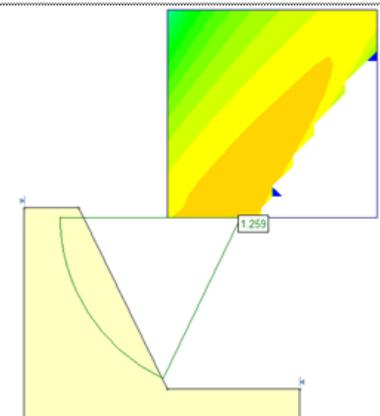
Gambar 11. Lereng Rekomendasi dalam Kondisi Natural

4.4.2.1.2 Lereng dalam kondisi kering



Gambar 12. Lereng Rekomendasi Dalam Kondisi Kering

4.4.2.1.3 Lereng dalam kondisi jenuh



Gambar 13. Lereng Rekomendasi Dalam Kondisi Jenuh

4.4.2.2 Rekomendasi lereng menggunakan *overall slope (2 single slope)*

Sudut lereng yang aman untuk tinggi lereng tertentu dipengaruhi oleh karakteristik material penyusun lereng. Dengan mengambil data percobaan kemiringan rekomendasi lereng dapat dilihat pada tabel 19.

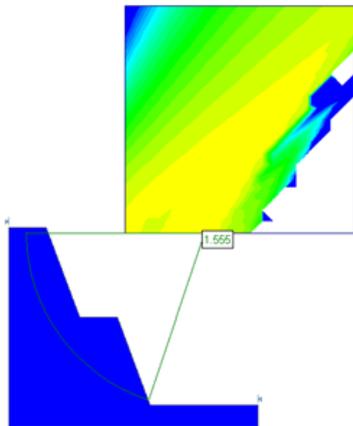
Tabel 19. Data Percobaan Kemiringan Rekomendasi Lereng

Lereng Modifikasi Kondisi Jenuh			
Kemiringan (°)	Ketinggian (m)	Lebar (m)	FK
68	24	10	1.196
67	24	10	1.213
66	24	10	1.234
65	24	10	1.246
64	24	10	1.259

4.4.2.2.1 Lereng dalam kondisi *natural*

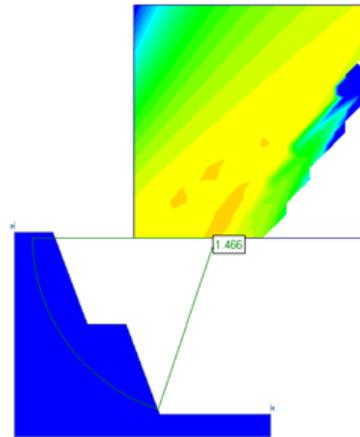
Rekomendasi untuk lereng keseluruhan dibagi menjadi 2 lereng tunggal dalam kondisi *natural*, untuk mendapatkan nilai FK aman dengan tinggi lereng tunggal 24 meter dan sudut sebesar 64° dapat dilihat pada gambar 14.

Rekomendasi geometri *overall slope* dibagi menjadi 2 lereng tunggal yang mana tinggi masing-masing lereng adalah 24 meter dan sudutnya sebesar 70° dengan lebar jenjang minimum sebesar 10 meter. Apabila lereng belum stabil maka dilakukan perubahan sudut *overall* dengan memperbesar lebar jenjang. Untuk hasil rekomendasi lereng dalam kondisi *natural* hasil analisis desain geometri rekomendasi terdapat pada gambar 15.

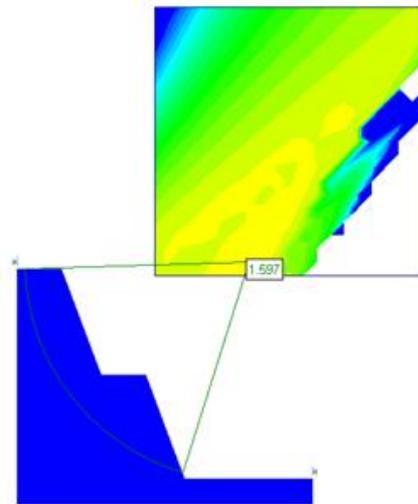


Gambar 15. Rekomendasi Geometri Lereng dalam Kondisi Natural

4.4.2.2.2 Lereng dalam Kondisi Jenuh



Gambar 17. Modifikasi FK Lereng Keseluruhan dalam Kondisi Jenuh



Gambar 19. Modifikasi FK Lereng Keseluruhan dalam Kondisi Kering

Tabel 21. Rangkuman Rekomendasi Lereng

Kondisi Lereng	Analisis Slope	Tinggi Lereng (m)	Sudut Lereng (°)	Lebar Jenjang (m)	Faktor Keamanan
Asli	Single	24	64	10	1,346
	Overall	12 x 2	70o (70o x 2)	5 x 2	1,555
Jenuh	Single	24	64	10	1,259
	Overall	12 x 2	70o (70o x 2)	5 x 2	1,466
Kering	Singel	24	64	10	1,390
	Overall	12 x 2	70o (70o x 2)	5 x 2	1,597

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan hasil analisa yang dilakukan pada lokasi penelitian lereng Bukit Tambun 03 PT. Nusa Alam Lestari, dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya yaitu:

1. Arah dan tipe longsoran

Berdasarkan hasil dari pengolahan orientasi bidang diskontinu menggunakan analisis stereografis arah dan tipe longsoran adalah N 183°E/74° dan longsoran bajih.
 2. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik batuan.
 - a. Pengujian Sifat Fisik
 - 1) Nilai rata-rata bobot isi asli dari material *siltstone* yaitu, 20,42 KN/m³.
 - 2) Nilai rata-rata bobot isi kering dari material *siltstone* yaitu, 18,82 KN/m³.
 - 3) Nilai rata-rata bobot isi jenuh dari material *siltstone* yaitu, 24,67 KN/m³.
 - b. Pengujian Sifat Mekanik
 - 1) Pengujian *point load index*
Nilai rata-rata hasil pengujian *point load index* adalah 3,9 Mpa.
 - 2) Hasil nilai pengujian kuat geser batuan
Nilai rata-rata hasil pengujian kuat geser batuan yaitu kohesi (c) 29,1 Mpa dan sudut geser dalam (ϕ) 47,81°.
 3. Rekomendasi geometri lereng.

Rekomendasi geometri lereng Bukit Tambun adalah sebagai berikut:

 - a. Kondisi kering dengan ketinggian 24 meter dan *single slope angle* 64° dengan FK 1,390. Tinggi lereng keseluruhan 24 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 70° diperoleh FK = 1,597.
 - b. Kondisi jenuh dengan ketinggian 24 meter dan *single slope angle* 64° dengan FK 1,259. Tinggi lereng keseluruhan 24 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 70° diperoleh FK = 1,466.
 - c. Kondisi asli dengan ketinggian 24 meter dan
- [7] Noor, Djauhari., Solihin. 2017. *Kajian Geoteknik Kestabilan Lereng di Daerah Quarry Hambalang Kecamatan Citeureup Kabupaten Bogor Jawa Barat*. Jurnal Teknologi Vol. 1, Edisi 29. Hlm. 34-42.
- [8] Pane, Riski Adelina & Anaperta, Yoszi M. 2019. *Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng Untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal Jaya) Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat*. Jurnal Bina Tambang, Vol. 4, No. 3

single slope angle 64° dengan FK 1,46. Tinggi lereng keseluruhan 24 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 70° di peroleh FK = 1,555.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arif, Irwandi. 2013. *Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Kontinu dengan Menjaga Kestabilan Lereng*. Bandung: ITB
- [2] Arrozi, Muh. Fachrudin., dkk. 2015. *Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Pengaruh Hujan Bulanan Maksimum di DAS Tirtomoyo Wonogiri Menggunakan Metode Bishop Disederhanakan*. E-Journal MATRIKS Teknik Sipil **546**.
- [3] Audah., dkk. *Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Slope Mass Rating Dan Metode Stereografis Pada Pit Berenai Pt. Dwinad Nusa Sejahtera (Sumatera Copper And Gold) Kabupaten Musi Rawas Utara Provinsi Sumatera Selatan*. E Journal Unsri, JP Vol.1 No.5.
- [4] Bria, Kornelis & Isjudarto, Ag. 2017. *Analisis Kestabilan Lereng pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan Pt. Artha Niaga Cakrabuana Job Site Cv. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*. Journal itny.
- [5] Haryanto, Lucky., Susanto Basuki. 2006. *Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Overburden Studi Kasus Desa Kampung Baru Kecamatan Cempaka Banjarbaru*. Jurnal INFOTEKNIK Vol. 7 No. 1.
- [6] Metriani, Riri., dkk. 2019. *Analisis Balik Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop yang disederhanakan Pada Front II Existing Tambang Quarry PT. Semen Padang, Sumatera Barat*. Jurnal Bina Tambang Vol. 4, No. 4
- [9] Rajagukguk, Octovian Cherianto Parluhutan., dkk. 2014. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop*. Jurnal Sipil Statik Vol. 2 No. 3. Hlm. 139- 147.
- [10] Syafar, Zainul., dkk. 2016. *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Bishop Pada Penambangan Nikel*. Jurnal Geomine, Vol 4, No. 3
- [11] Yulikasari, Andriyan., dkk. 2017. *Analisis Stabilitas Lereng Tanah di Daerah Olak Alen Blitar*. Jurnal Teknik ITS Vol. 6 No. 2