

EVALUASI KESTABILAN LERENG PADA LUBANG BUKAAN SAPAN DALAM 02 PT. NUSA ALAM LESTARI DI DESA SALAK, KECAMATAN TALAWI, KOTA SAWAHLUNTO, PROVINSI SUMATERA BARAT

Pradera Junira^{1*}, dan Raimon Kopa^{1**}

¹Jurusan Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang, Indonesia

*Praderajunira06@gmail.com

**raimon_unp@yahoo.co.id

Abstract. PT. Nusa Alam Lestari merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan dan telah berinvestasi di Kota Sawahlunto. Bahan galian yang telah ditambang adalah batubara. Secara administrasi lokasi penelitian eksploitasi tersebut berada di Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat dengan luas 94,20 Ha. Jenis material pembentuk lereng adalah *claystone* dengan geometri lereng yang memiliki tinggi 45,5 meter dan memiliki kemiringan adalah 74°. Maka dari itu adanya rancangan geoteknik pada lereng sapan dalam 02 PT. Nusa Alam Lestari. Data hasil pengujian sifat fisik dan mekanik batuan *claystone* mendapatkan nilai bobot isi asli 20,45 KN/m³, nilai bobot isi jenuh 24,62 KN/m³, dan nilai bobot isi kering 16,93 KN/m³, kohesi (c) = 55,7 MPa dan sudut geser dalam (ϕ) = 47,82°. Analisis nilai factor keamanan (FK) dan rekomendasi geometri lereng menggunakan metode Janbu Simplified. Hasil dari penelitian yaitu, yang terjadi pada area PT. Nusa Alam Lestari Sapan Dalam 02 yaitu berupa longsoran baji (*wedge sliding*) dengan tingkat kelongsoran 73,03% dengan arah longsoran N81°/E64°. Maka dari itu dilakukan rekomendasi lereng tunggal dari lereng keseluruhan dengan ketinggian 22,75m dan kemiringan 74° dan faktor keamanan (FK) dalam keadaan natural adalah sebesar 1,558 dan faktor keamanan (FK) dalam kondisi jenuh adalah sebesar 1,415 dan faktor keamanan (FK) dalam kondisi kering adalah sebesar 1,725 dan lereng keseluruhan *double bench* dengan ketinggian 45,5m dan kemiringan lereng 63° dan faktor keamanan (FK) dalam keadaan natural adalah sebesar 1,404 dan faktor keamanan (FK) dalam kondisi jenuh adalah sebesar 1,315 dan faktor keamanan (FK) dalam kondisi kering adalah sebesar 1,512. Maka di dapatkan geometri lereng tunggal pada lereng *overall double bench* dengan tinggi 22,75m, lebar *bench* 10m dan dengan sudut 74° mendapatkan nilai FK > 1,3. Dan geometri lereng pada *overall double bench* dengan tinggi 45,5m, lebar *bench* 10m dan dengan sudut 63° mendapatkan nilai FK > 1,3 (kondisi aman). Dan di dapatkan FK lereng pada keadaan jenuh FK 1.315, pada keadaan kering FK 1.512, pada keadaan natural 1.404, oleh karena itu penulis merekomendasikan lereng keseluruhan *double bench* karena nilai FK yang aman.

Keywords: Sifat Fisik dan Mekanik Batuan, Geometri Lereng, Janbu Simplified, Faktor Keamanan.

1. Pendahuluan

PT. Nusa Alam Lestari merupakan perusahaan pertambangan dalam negeri yang bergerak dibidang penambangan batubara. Tahun 2004 PT. Nusa Alam Lestari mulai menjajaki areal Sapan Dalam dengan eksplorasi lanjutan dari PT. Bukit Asam Persero dan mendapatkan legalitas untuk eksploitasi pada tahun 2006 melalui Keputusan Walikota Sawahlunto Nomor: 05.03. PERINDAGKOP. TAHUN 2006, tanggal 27 Maret 2006 Tentang Pemberian Kuasa Pertambangan Eksploitasi (KW 1373 NAL 3602) dengan luas kurang lebih 100 Hektar.

Sistem penambangan di PT. Nusa Alam Lestari adalah tambang terbuka dengan metode

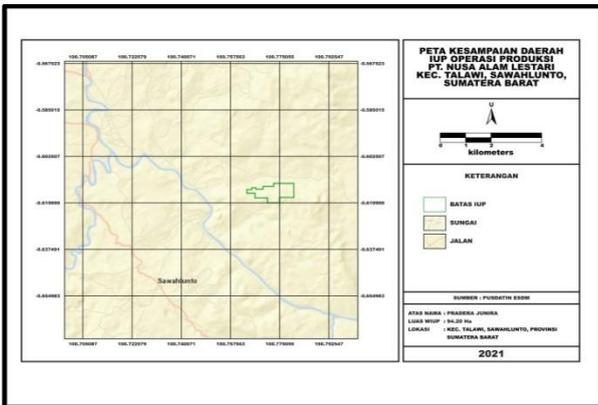
penambangan open pit. Metode open pit ini berakhir pada tahun 2011 dikarenakan SR yang semakin tinggi dan tidak lagi memberikan keuntungan bagi perusahaan, lalu penambangan dilanjutkan dengan metode penambangan batubara bawah tanah dengan metode *room and pillar* yang terus berlangsung pada saat ini.

Awal tahun 2019, PT. Nusa Alam Lestari membuat lubang baru pada daerah sapan dalam untuk menambang batubara. berdasarkan observasi yang penulis lakukan pada lereng sapan dalam 02 terdapat banyak rekahan di permukaan lereng, karena daerah sapan dalam 02 mempunyai lereng yang terjal dan berpotensi terjadinya longsor yang mengakibatkan

terganggunya aktivitas penambangan, karena belum adanya rancangan geoteknik yang baik pada lereng sapan dalam O2, Jika tidak dilakukan analisis kestabilan lereng serta penanganan yang maksimal terhadap longsoran tersebut, dapat menyebabkan kerugian nantinya seperti kegiatan penambangan yang terganggu, biaya yang akan dikeluarkan untuk membersihkan longsoran, bahkan bisa menyebabkan kerugian jiwa. Berdasarkan hasil observasi didapatkan lereng tunggal geometri lereng sapan dalam O2 dengan tinggi lereng 45,5 m dan kemiringan lereng 74° dengan material penyusun lereng claystone (Batu Lempung)

2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di PT. Nusa Alam Lestari yang memiliki izin usaha penambangan seluas 94,20 Ha. 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. secara administratif konsesi penambangan PT. NAL termasuk dalam wilayah Parambahan, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat. **gambar 1.**



Gambar 1. Peta IUP PT. NAL

a. Geologi

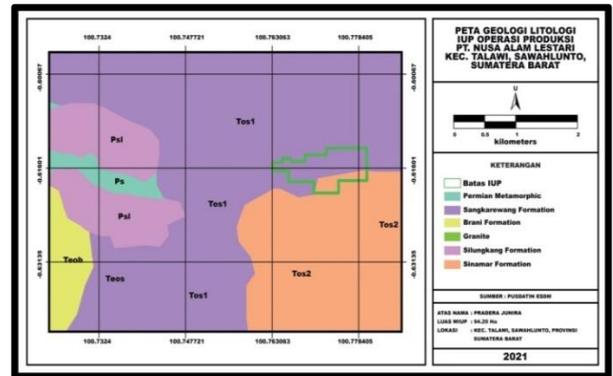
Secara regional geologi daerah Sawahlunto berhubungan dengan zona penunjaman lempeng di daerah busur kepulauan. Penunjaman lempeng terjadi di sebelah barat Pulau Sumatera yaitu Lempeng Samudera Hindia yang masuk ke bawah Lempeng Eurasia. Akibat dari kegiatan tektonik ini menyebabkan terjadinya perlipatan (fold), patahan (fault), intrusi dan terbentuknya Cekungan Ombilin yang merupakan cekungan antar pegunungan (Inter Mountain Basin).

b. Stratigrafi

Secara umum stratigrafi daerah Sawahlunto dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu kompleks batuan Pra-Tersier dan kompleks batuan Tersier sebagai berikut

1) Kelompok Batuan Pra Tersier

2) Kelompok Batuan Tersier



Gambar 2. Peta Geologi PT.NAL

3. Kajian Teori

3.1 Konsep kestabilan lereng

Kestabilan lereng baik lereng alami maupun 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 longsoran) 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 longsoran.^[6]

Suatu cara yang umum untuk menyatakan kestabilan suatu lereng batuan atau tanah adalah dengan faktor keamanan. Faktor ini merupakan perbandingan antara gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya penggerak yang menyebabkan terjadinya longsor. Secara matematis faktor kestabilan lereng dinyatakan sebagai berikut:

$$F = R/F_p$$

Keteran

gan:

F = faktor kestabilan lereng

R = gaya penahan, berupa resultan gaya-gaya yang membuat lereng tetap stabil

F_p = gaya penggerak, berupa resultan gaya-gaya yang menyebabkan lereng longsor

Pada keadaan:

F < 1,2 - < 1,3 = lereng tidak stabil (lereng kritis)

F = 1,3 = lereng dalam keadaan seimbang (labil)

F > 1,3 - > 1,5 = lereng dalam keadaan stabil.

3.2 Metode Janbu *Simplified*

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.

Untuk menghitung nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$FK = \frac{f_0 \cdot \sum X / (1 + \frac{Y}{FS})}{\sum Z + Q}$$

3.3 Klasifikasi Longsoran

Berdasarkan kedudukan bidang lemah pada batuan, longsoran yang sering terjadi adalah longsoran busur (circular failure) yaitu longsoran yang berbentuk busur biasanya terbentuk pada material yang umumnya homogen sedangkan pada material dengan heterogenitas kompleks sering terjadi longsoran bidang (plane failure), longsoran baji (wedge failure) dan juga longsoran topling

Berdasarkan proses longsornya, longsoran batuan dapat dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

a. Longsoran Bidang (plane failure)

Longsoran bidang merupakan suatu longsoran yang terjadi sepanjang bidang lurus yang dianggap rata. Bidang lurus tersebut dapat berupa sesar, rekahan (joint), maupun bidang perlapisan batuan longsoran bidang relative jarang terjadi. Namun, jika ada kondisi yang menunjang terjadinya longsoran bidang, longsoran yang terjadi mungkin akan lebih besar (secara volume) dari pada longsoran lain Longsoran bidang akan terjadi apabila seluruh kondisi dibawah ini terpenuhi :

- 1) Bidang gelincir mempunyai arah jurus (*strike*) sejajar atau hampir sejajar dengan arah jurus muka lereng dengan perbedaan maksimal 20°.
- 2) Kemiringan bidang gelincir harus lebih kecil dari pada kemiringan muka lereng ($\psi_p < \psi_f$).
- 3) Kemiringan bidang gelincir harus lebih besar dai pada sudut geser dalam ($\psi_p < \psi_f$).
- 4) Harus dapat bidang bebas (*release*) yang menjadi pembatas dikiri dan kanan blok yang menggelincir.

b. Longsoran Baji (Wedge Failure)

Longsoran baji dapat terjadi pada suatu

batuan jika terdapat lebih dari satu bidang lemah yang bebas dan saling berpotongan. Sudut perpotongan antara bidang lemah tersebut harus lebih besar dari sudut geser dalam batuanya. Bidang lemah ini dapat berupa bidang sesar (fault), kekar (joint) maupun bidang perlapisan. Persyaratan lainnya yang harus dipenuhi untuk terjadinya longsoran baji adalah bila sudut lereng lebih besar dari pada sudut garis potong kedua bidang lemah tersebut ($\psi_f > \psi_i$), dan sudut garis potong kedua bidang lemah lebih besar daripada sudut geser dalamnya.

c. Longsoran Guling (topling)

Longsoran guling terjadi apabila bidang-bidang lemah yang hadir di lereng mempunyai kemiringan yang berlawanan dengan kemiringan lereng dimana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom. Keadaan tersebut dapat digambarkan dengan balok-balok yang diletakkan diatas sebuah bidang miring.

3.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kemantapan Lereng

- a. Geometri Lereng
- b. Penyebaran Batuan
- c. Relief Permukaan Bumi
- d. Struktur Geologi Regional dan Lokal
- e. Iklim dan Curah Hujan
- f. Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Batuan

3.5 Analisis Stabilitas Lereng

Pada dasarnya seluruh metoda analisis kemantapan lereng memiliki tujuan yang sama yaitu untuk memperoleh kestabilan dengan cost yang sedikit dalam kegiatan penambangan maupun kontruksi teknik sipil.

Secara umum tujuannya sebagai berikut:

- a. Menentukan kondisi kestabilan lereng
- b. Memperkirakan bentuk keruntuhan atau longsoran yang mungkin terjadi.
- c. Memprediksi tingkat kerawanan lereng terhadap resiko longsor.
- d. Merancang suatu lereng yang optimal dan memenuhi kriteria keamanan dan kelayakan yang ekonomis.

Maka penyelidikan lapangan dan laboratorium seperti yang telah di paparkan diatas harus dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan data- data yang diperlukan. Dalam penyelidikan tersebut juga harus dilakukan investigasi dan pemantauan lapangan secara rutin untuk mengevaluasi potensi-potensi bahaya pada lereng

3.6 Dasar Hukum Geoteknik Tambang

Dasar hukum dalam kestabilan lereng

berpedoman terhadap Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 sebagai berikut:

- a. Poin studi kelayakan tambang, tentang geoteknik tambang paling kurang terdiri atas:
 - 1) Penyelidikan geoteknik yang meliputi jumlah, kedalaman, dan lokasi pengeboran inti, deskripsi litologi, preparasi conto geoteknik, pengukuran dan analisis struktur geologi, kegempaan, pengaruh peledakan, serta hasil penyelidikan hidrologi dan hidrogeologi.
 - 2) Pengujian conto geoteknik yang meliputi laboratorium pengujian dan hasil dari uji sifat fisik dan sifat mekanik conto.
 - 3) Pengolahan data hasil penyelidikan geoteknik dan pengujian conto geoteknik yang menggambarkan model dengan parameter yang ditetapkan dari hasil butir
- b. Poin tentang lereng penambangan yang berbunyi:
 - 1) Dalam hal ditemukan kondisi geologi yang belum teridentifikasi dalam kajian geoteknik sebelumnya
 - 2) Setiap kejadian longsor pada lereng penambangan dilakukan pemeriksaan dan melakukan analisis ulang (back analysis) geoteknik
 - 3) Pada setiap lereng penambangan memiliki sistem penyaliran yang mampu mengalirkan debit air aliran tinggi.

3.7 Klasifikasi Massa Batuan

a. Rock Mass Rating System (RMR)

Rock Mass Rating System (RMR), atau sering juga dikenal sebagai Geomechanics Classification telah dimodifikasi berulang kali begitu informasi baru dari studi-studi kasus diperoleh dan menjadikannya sesuai dengan International Standard and Procedure. RMR terdiri dari 5 parameter utama dan 1 parameter pengontrol sebagai berikut:

- 1) Kuat tekan batuan utuh (UCS).
- 2) Rock Quality Designation (RQD).
- 3) Jarak discontinue/kekar.
- 4) Kondisi discontinue/kekar.
- 5) Kondisi air tanah.
- 6) Koreksi dapat dilakukan apabila diperlukan untuk orientasi diskontinuitas/ kekar.

b. Rock Quality Designation(RQD) Kehadiran bidang diskontinuitas

didalam massa batuan sering memberi pengaruh buruk pada sifat mekaniknya sehingga parameter kuantitatif bidang diskontinuitas perlu diketahui. Parameter yang dapat menunjukkan kualitas massa batuan sebelum penggalian dilakukan adalah RQD yang dikembangkan oleh Deere (1964) yang mana datanya diperoleh dari pengeboran eksplorasi dalam bentuk inti bor.

RQD dihitung dari persentase bor inti yang diperoleh dengan panjang minimum 10 cm terhadap panjang total inti bor tersebut. International Society for Rock Mechanics (ISRM) merekomendasikan ukuran inti pemboran sekurangnya memiliki diameter 54,7 mm dengan tabung ganda pipa inti, dengan panjang core bor maksimum 1,5 m. pada proses pengeboran batuan harus dilakukan secara hati-hati supaya core bor tidak menjadi patah (Bieniawski, 1989) singkapan batuan. Priest & Hudson (1976) mengajukan sebuah persamaan untuk menentukan RQD dari data garis bentangan.^[4]

Tabel 1. Indeks Rock Designation Quality (RQD)

Sifat Kualitatif	RQD	Bobot
Sangat baik	90-100	20
Baik	75-90	17
Sedang	50-75	13
Buruk	25-50	8
Sangat buruk	<25	3

4. Metode Penelitian

4.1 Desain Penelitian

a. Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilaksanakan di wilayah penambangan PT. Nusa Alam Lestari. Penelitian kemudian dibatasi dan difokuskan pada lereng sapan dalam 02 PT. Nusa Alam Lestari Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat.

b. Waktu Penelitian

Kegiatan observasi lapangan dilaksanakan pada tanggal 11-12 Desember 2020 dan kemudian akan dilanjutkan kegiatan pengambilan data yang dilakukan mulai tanggal 27 Februari sampai 19 Maret 2021.

4.2 Jenis Penelitian

Menurut Silaen (2018, hlm. 18) penelitian kuantitatif adalah prosedur penelitian yang menghasilkan data berupa angka-angka dan umumnya dianalisis dengan menggunakan statistik deskriptif atau inferensial^[11]. Artinya, angka yang didapatkan diolah dan dicari tahu pengaruhnya terhadap rumusan masalah penelitian yang telah ditentukan. Selain itu juga, penelitian ini termasuk penelitian terapan karena ditujukan untuk memberikan solusi atas permasalahan di lereng Sapan Dalam 02..

4.3 Teknik Pengumpulan Data

a. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas di lapangan melalui bahan-bahan pustaka yang dapat menunjang diperoleh dari:

- a. Instansi terkait
- b. Perpustakaan
- c. Penelitian terdahulu/penelitian relevan

b. Pengambilan Data

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan beberapa cara pengumpulan ini menggunakan informasi atau data yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran dan pemahaman mengenai objek yang menjadi fokus penelitian. Untuk memperoleh informasi, penulis menggunakan dua metode pengambilan data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data langsung yang berasal dari lapangan. Sedangkan data sekunder yaitu data yang berasal dari literatur dan pihak perusahaan. Kedua metode tersebut digunakan untuk proses pemecahan masalah yang dilakukan oleh penulis.

1) Data primer

Data primer terdiri dari berbagai data yang diambil langsung dari lapangan maupun laboratorium. Jenis data primer yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Data geometri lereng
Data geometri lereng batuan meliputi tinggi lereng (m), sudut kemiringan lereng (°). Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, didapatkan nilai tinggi lereng 16 m dan sudut kemiringan lereng 74°.
- 2) Data diskontinuitas
Data diskontinuitas meliputi *strike*, *dip*, *dip direction*, tipe diskontinuitas, spasi bidang diskontinuitas, *persistence*, tingkat

kekasaran, material pengisi, jumlah set kekar, bentuk dan ukuran, serta tingkat pelapukan bidang diskontinuitas.

- 3) Data uji sifat fisik batuan
Data uji sifat fisik batuan meliputi berat asli (W_n), berat jenuh air (W_w), berat batuan digantung dalam air (W_s), dan berat kering (W_o)

2) Data Sekunder

Adapun Data sekunder merupakan data-data yang disiapkan dan diperoleh dari perusahaan atau sumber lain. Data sekunder bersumber dari beberapa literatur

- 1) Penelitian terdahulu
- 2) Data instansi
- 3) Peta geologi
- 4) Peta lokasi.

3) Pengolahan data

Pengolahan data secara langsung di lapangan dengan analisis secara teoritis empiris yang disajikan dalam bentuk tabel dan perhitungan penyelesaian

4) Hasil dan kesimpulan

Data yang didapatkan di lapangan yang telah diolah didapatkan hasil kesimpulan sebagai jawaban dari rumusan masalah dan tujuan dari penelitian

4.4 Objek Penelitian

Objek penelitian ini memfokuskan kondisi lereng Sapan Dalam PT. Nusa Alam Lestari lalu dilakukan analisis agar penulis dapat mengetahui nilai parameter Geoteknik dan juga memberikan rekomendasi bentuk lereng yang aman agar tidak terjadinya longsor

4.5 Analisis Hasil Pengolahan Data

Analisis pada area pada area jalan utama menuju penambangan menggunakan konsep pendekatan analisis kemantapan lereng bukaan tambang. Pemodelan dan analisis untuk mendapatkan faktor stabilitas lereng (SF 1.30)

Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan metode Janbu Simplified dan penyelesaian perhitungannya dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (software). Nilai faktor keamanan (FK) = 1.3 digunakan sebagai kriteria untuk menilai stabilitas model lereng yang dapat diterima. Jika $FK < 1.3$ maka model lereng dianggap belum cukup stabil.^[1]

Untuk analisa data sifat mekanik tanah dan batuan menggunakan kriteria kekuatan Mohr-

Coulomb, dimana data yang diperlukan berupa berat jenis (unit weight), kohesi (cohesion) dan sudut geser dalam (internal friction angle).

4.6 Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengamatan di lapangan, pengolahan data dan analisis permasalahan yang diteliti untuk memberikan alternatif pada lereng yang kritis dan tidak stabil dengan faktor keamanan yang sesuai diharapkan dalam kegiatan penambangan selanjutnya.

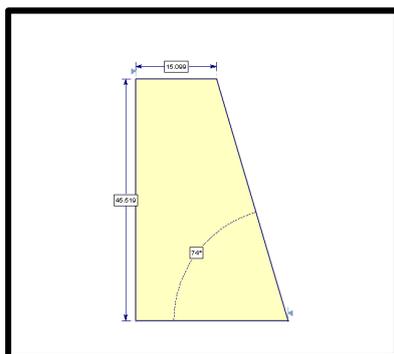
5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Geometri Lereng

Hasil pengambilan data geometri lereng pada PT. Nusa Alam Lestari didapatkan tinggi lereng 45,5 m dengan sudut lereng 74°. Kondisi Lereng tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 3. Kondisi Lereng PT. Nusa Alam Lestari



Gambar 4. Geometri Lereng PT. Nusa Alam Lestari

5.2 Pengujian Sifat Fisik Batuan

Bobot isi merupakan salah satu parameter dari hasil uji sifat fisik yang penting dalam analisis kestabilan lereng. Nilai bobot isi dapat dibagi atas nilai bobot isi asli, bobot isi kering (dry density) dan bobot isi jenuh (saturated density).

Tabel 2. Hasil Uji Sifat Fisik

No. Sampel	Wn (gram)	Ww (gram)	Ws (gram)	Wo (gram)
1	10,50	12,85	7,70	8,70
2	11,90	13,21	7,98	9,30
3	11,30	14,62	8,81	9,96

Tabel 3. Hasil Pengolahan Uji Sifat Fisik Batuan

NO	Uji Sifat Fisik	Kode Sampel			Rata – Rata (gr/cm ³)	KN/m ³
		1	2	3		
1	Bobot Isi Asli (gr/cm ³)	2,039	2,275	1,945	2,086	20,45
2	Bobot Isi Kering (gr/cm ³)	1,689	1,778	1,714	1,727	16,93
3	Bobot Isi Jenuh (gr/cm ³)	2,495	2,526	2,516	2,512	24,62

Dari tabel diatas range bobot isi dalam gr/cm³ yaitu berada dikisaran 1,7 – 2,5 gr/cm³, sehingga batuan terlapukkan penulis claystone tersebut terbukti. Berdasarkan densities of sedimentary rock pada website Geophysics for Practicing Geoscientists (<https://bit.ly/3uhi5M7>) batuan yang berada pada range 1,60 – 2,60 gr/cm³ merupakan tipe batuan claystone.

5.3 Uji Sifat Mekanik Batuan

a. uji Point Load Test

Dari Hasil Pengujian point load index batuan yang telah dilakukan dilaboratorium maka didapat data berupa diameter sampel batuan (D), nilai konis bawah yang dibaca oleh alat (P). Untuk mendapatkan nilai parameter yang lain, maka dilakukan perhitungan pada sampel batuan berikut hasil data uji point load index

Tabel 4. Hasil Uji Point Load Index

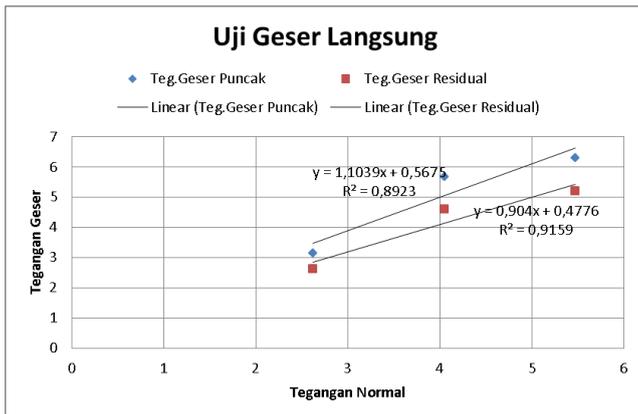
No	Parameter					
	D (cm)	F	P (Kg)	Is (kg/cm ²)	Is (Mpa)	σc (Mpa)
1	2,9	0,78	357,2	33,24	3,26	74,92
2	3,0	0,79	389,3	34,37	3,37	77,48
3	3,1	0,81	472,5	39,65	3,89	89,37
Rata-Rata				35,75	3,504	80,59

b. Pengujian Kuat Geser Batuan

Pengujian kuat geser langsung ditujukan untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ) dalam bentuk nilai puncak (peak) dan residual.

Tabel 5. Hasil Analisis Uji kuat Geser Langsung

No. Sampel	Tegangan Normal (kg/cm ²) Σ_n	Tegangan Geser Puncak (kg/cm ²) Σ_p	Tegangan Geser Residual (kg/cm ²) Σ_r
1	2,623	3,147	2,623
2	4,046	5,665	4,586
3	5,473	6,294	5,200



Gambar 5. Grafik Hasil Uji Kuat Geser

Tabel 6. Hasil Analisis Uji kuat Geser Langsung

	kohesi (C)	sudut geser dalam ϕ
Puncak	Kpa 55,7	47,8272
Residu	Kpa 46,8	42,1136

5.4 Klasifikasi Massa Batuan

Klasifikasi massa batuan yang digunakan pada penelitian ini adalah klasifikasi *Rock Mass Rating* (RMR). Dalam penerapannya klasifikasi ini membutuhkan beberapa parameter yang telah diketahui berapa jumlah bobot yang dijumlahkan sehingga total bobot tersebut dapat menentukan kelas massa batuan berdasarkan teori Bieniawski. Parameter *rock mass rating* yang digunakan sebagai parameter berdasarkan tabel Bieniawski (1989)^[5].

Orientasi discontinuitas merupakan strike atau dips discontinuitas (dips/dips direction). Orientasi bidang discontinuitas di lapangan didapat dengan mengukur strike dan dips kekar dengan menggunakan kompas geologi. Untuk menentukan arah orientasi strike dan dips secara umum pada joint set penulis menggunakan software dips

Berdasarkan hasil dari pembobotan rock mass rating system yang telah di lakukan maka didapat hasil dari pembobotan klasifikasi massa batuan seperti pada tabel 7 berikut

Tabel 7. 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 <i>Diskontinuitas</i>	Kekerasan	3
		Kemenerusan	6
		Lebar Rongga	1
		Tingkat Pelapukan	3
		Material Pengisi	6
5	Muka Air Tanah	10	
6	<i>strike dan Dip Of Joint Set</i>	0	
Total Rating		66	
Nomor Kelas Massa Batuan		II	

Berdasarkan hasil perhitungan klasifikasi massa batuan diatas maka diketahui nilai *rock mass rating* (RMR) di area kajian yakni sebesar 66 Berikut adalah arti dari nilai *rock mass rating* (RMR) tersebut:

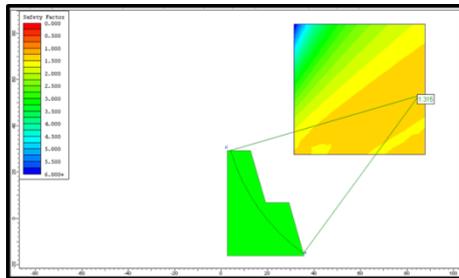
Tabel 8. Nilai Kelas Batuan

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

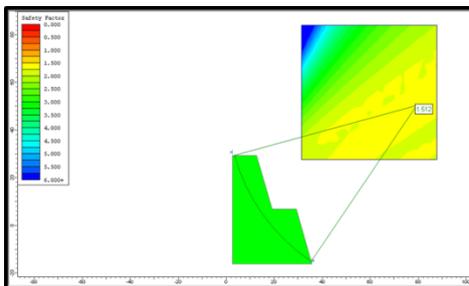
5.5 Analisis Potensi Longsoran pada Daerah Penelitian

Setelah data bidang diskontinuitas yang telah di ambil berupa pengamatan lapangan berupa *strike, dip, dip direction* serta kondisi bidang diskontinuitas menggunakan metode *scanline* maka selanjutnya mengolah data dengan menggunakan perangkat lunak *Stereonet Dips* untuk melihat orientasi penyebaran bidang diskontinuitas pada *stereonet*.

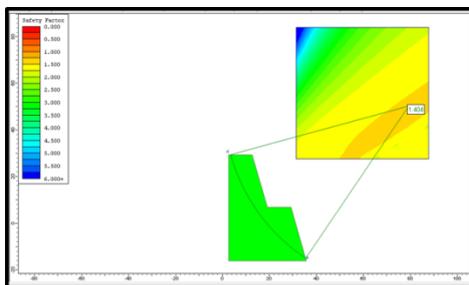
Berdasarkan hasil analisis diatas dengan modifikasi geometri lereng untuk mendapatkan geometri lereng dengan kondisi lereng aman dapat dilihat pada tabel 9, dibawah ini



Gambar 8. Modifikasi Lereng Overall Keadaan Jenuh



Gambar 9. Modifikasi Lereng Overall Keadaan Kering



Gambar 9. Modifikasi Lereng Overall Keadaan Natural

Tabel 9. Fk Rekomendasi Geometri Lereng

Kondisi Lereng	Analisis Slope	Tinggi Lereng (m)	Sudut Lereng (°)	Lebar Bench (m)	Faktor Keamanan
Jenuh	Lereng Tunggal pada Overall	22,75	74°	10	1,415
	Overall Double Bench	45,5	63°	10	1,315
Natural	Lereng Tunggal pada Overall	22,75	74°	10	1,558
	Overall Double Bench	45,5	63°	10	1,404

Kering	Lereng Tunggal pada Overall	22,75	74°	10	1,725
	Overall Double Bench	45,5	63°	10	1,512

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

a. Arah dan tipe longsoran Berdasarkan hasil dari pengolahan orientasi bidang diskontinu menggunakan analisis stereografis arah dan tipe longsoran adalah N 81°/E 64° dan longsoran Baji.

b. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik batuan.

1) Pengujian Sifat Fisik

a) Nilai rata-rata bobot isi asli dari material siltstone yaitu, 20,45 KN/m³.

b) Nilai rata-rata bobot isi kering dari material siltstone yaitu, 16,93 KN/m³.

c) Nilai rata-rata bobot isi jenuh dari material siltstone yaitu, 24,62 KN/m³.

2) Pengujian Sifat Mekanik

a) Pengujian point load index

Nilai rata-rata hasil pengujian point load index (Is) adalah 3,504 Mpa.

b) Hasil nilai pengujian kuat geser batuan

Nilai rata-rata hasil pengujian kuat geser batuan yaitu kohesi (c) 55,7 Kpa dan sudut geser dalam (Ø) 47,82°.

Rekomendasi geometri lereng.

Rekomendasi geometri lereng PT. NAL sapan dalam 02 adalah sebagai berikut:

1) Kondisi jenuh dengan ketinggian 22,75 meter dan lereng tunggal sudut 74° dengan FK 1,415. Tinggi lereng keseluruhan 45,5 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 63° di peroleh FK = 1,315.

2) Kondisi natural dengan ketinggian 22,75 meter dan lereng

tunggal sudut 74° dengan FK 1,558. Tinggi lereng keseluruhan 45,5 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 63° di peroleh FK = 1,404

3) Kondisi kering dengan ketinggian 22,75 meter dan lereng tunggal sudut 74° dengan FK 1,725. Tinggi lereng keseluruhan 45,5 meter dan sudut kemiringan lereng keseluruhan 63° di peroleh FK = 1,512

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan penulis pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan geometri lereng hal ini dilakukan dengan memperbaiki geometri lereng yang ada dengan mengikuti rekomendasi desain yang telah dibuat untuk menjaga kestabilan lereng dengan nilai $FK > 1.3$.
- b. Perlunya ketelitian pada saat melakukan pengujian sampel di laboratorium agar hasil yang didapatkan lebih akurat.
- c. Langkah pemeliharaan, pemantauan, dan penanganan pada lereng tambang sangat diperlukan untuk menjaga agar lereng tetap dalam kondisi aman.

Daftar Pustaka

- [1] Andriani, Tati., Zulfiadi Zakaria., dkk. 2018. "Analisis Stabilitas Lereng Area Timbunan Menggunakan Metode Keseimbangan Batas Pada Tambang Terbuka Batubara Daerah Purwajaya Kecamatan Kutai Kartanegara".
- [2] Arif, Irwandy. 2015. *Geoteknik Tambang*. Bandung: ITB.
- [3] Arrozi, Muh. Fachrudin., dkk. 2015. "Analisis Stabilitas Lereng Berdasarkan Pengaruh Hujan Bulanan Maksimum si DAS Tirtomoyo Wonogiri Menggunakan Metode *Bishop* Disederhanakan". E-Journal MATRIKS Teknik Sipil 546.
- [4] Bieniawski, Z.T., 1973. *Engineering Classification of Jointed Rock Mass*.
- [5] Bieniawski, Z.T., 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-60172-1.
- [6] Dwiatmoko, Marselinus Untung., dkk. 2020. " Analisis Kestabilan Lereng Bekas Tambang Tanah Urug di Gunung Kupang Kota Banjarbaru Kalimantan Selatan". Jurnal GEOSAPTA
- [7] Haryanto, Lucky., Susanto Basuki. 2006. " Analisis Kestabilan Lereng Timbunan *Overburden* Studi Kasus Desa Kampung Baru Kecamatan Cempaka Banjarbaru". Jurnal INFOTEKNIK
- [8] Noorchayo, A., dkk. 2019. "Stabilitas Lereng *Disposal* Salero Selatan di PT. Bumi Merapi Energi". Jurnal Pertambangan
- [9] 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.
- [10] Pane, Riski Adelina. 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". *Skripsi tidak diterbitkan*. Padang: UNP.
- [11] Silaen, Sofar., 2018., Metodologi Penelitian Sosial Untuk Penulisan Skripsi dan Tesis, In Media, Bandung
- [12] Tarig Mohamed, Anuar Kasa, Muhammad Mukhlisin.(2012). "*Prediction of Slope Stability Using Statistical Method and Fuzzy Logic*". volume 2, issue 4
- [13] Hsuan Ho. (2014). "*Parametric. Studies of Slope Stability Analyses Using Three-dimensional Finite Element Technique*". Vol. 9 No. 1 pp 33-43.
- [14] Jurnal dari M.S. Kirra, M. Shahien, M. Elshemy, B. A. Zeidan.(2015). "*Seepage and Slope Stability Analysis of Mandali Earth Dam, Iraq: A Case Study*".