

# Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode *Janbu Simplified* Pada Lereng di Permukaan Lubang masuk Thc-04 Tambang Batubara Bawah Tanah CV Tahiti Coal, Sangkar Puyuh, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat

Muhammad Fajar Hidayat<sup>1\*</sup>, Tri Gamela Saldy<sup>2\*\*</sup>

Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

\*[bgjail1997@gmail.com](mailto:bgjail1997@gmail.com)

\*\*[trigamelasaldy@ft.unp.ac.id](mailto:trigamelasaldy@ft.unp.ac.id)

**Abstrak** CV. Tahiti Coal bergerak dalam bidang pertambangan batubara di Desa Sijantang, kecamatan Talawi - Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatra Barat dengan luas IUP 53,80 Ha. Latar belakang penelitian iniditemukannya lubang pada lereng permukaan lubang Thc-04 dengan ketinggian sekitar  $\pm 29,5$ m dengan kemiringan  $77^\circ$ . Kemiringan tersebut dikhawatirkan berpotensi longsor serta berdampak pada keselamatan pekerja, dan berimplimentasi pada proses produksi. Berdasarkan pengujian di laboratorium melalui pengujian sifat fisik dan mekanik . pada batuan *Siltstone* diperoleh  $W_n$  sebesar  $20,83 \text{ KN/m}^3$ , sementara itu nilai  $W_w$  sebesar  $23,07 \text{ KN/m}^3$ , selanjutnya nilai  $W_o$  sebesar  $18,19 \text{ KN/m}^3$ , Kohesi( $c$ ) =  $40,1 \text{ Kpa}$  dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) =  $40,47^\circ$ . Penganalisisan terhadap Nilai Faktor Keamana (FK) dari lereng aktual kondisi jenuh didapat nilai FK sebesar 0,910. rekomendasi dari geometri lereng kondisi jenuh dengan menggukan metode jambu simplified dengan tinggi keseluruhan lereng 29,5m dan kemiringan  $66^\circ$  dimana lereng tunggal 1 didapat nilai Fk Sebesar 1,407 dengan ketinggian 15m dan sudut  $80^\circ$ , pada lereng tunggal 2 didapat nilai FK sebesar 1,390 dengan ketinggian 14,5m dan sudut  $77^\circ$ , sehingga di peroleh FK lereng keseluruhan dalam kondisi jenuh sebesar 1,301

Kata kunci : Geometri lereng, jambu simplified, faktor keamanan, sifat fisik, sifat mekanik batuan

## 1. Pendahuluan

Bagian dari permukaan bumi yang berbentuk miring, dikenal dengan lereng. Kestabilan sebuah lereng merupakan kondisi dimana keadaan yang mantap atau stabil terhadap sebuah bentuk, dan dimensi lereng (Duncan, et al, 2004; dalam Aini 2018).

CV Tahiti Coal salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan yang berlokasi di Desa Sijantang, Kecamatan Talawi, Sawahlunto, Sumatera Barat fokus kegiatan pada industri batu bara. Perusahaan ini mulai bergerak semenjak tahun 2010 dengan Izin Usaha Pertambangan (IUP) SK Walikota Sawahlunto Nomor 05.77 Perindakkop Tahun 2010. Pada tahun 2018, perusahaan ini telah melakukan pepanjangan IUP dengan Luas area 53,80 ha yang berlaku 10 tahun ke depan melalui SK 05.09 Perindakkop tahun 2018 tanggal 21 oktober 2018.

Pada wilayah izin usaha penambangan CV Tahiti Coal penulis menemukan adanya lereng pada lubang Thc-04 dengan ketinggian sekitar  $\pm 29,5$ m dengan kemiringan  $77^\circ$  yang dapat (dapat dilihat pada gambar 1) yang berkemungkinan akan terjadinyalongsor.



**Gambar 1.** Lereng pada permukaan lubang lubang Thc-04 CV.Tahiti Coal

Kondisi di lapangan terdapat adanya kekar dan adanya material pelapukan sehingga akan berpotensi menjadi longsor seperti gambar 2:

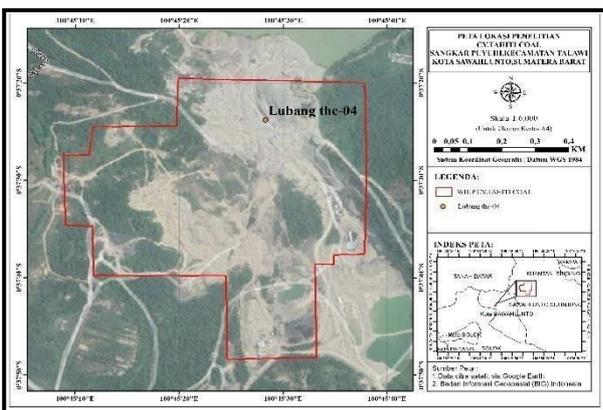


Gambar 2. Kekar pada permukaan lereng lubang Thc-04 CV.Tahiti Coal

Pada wilayah IUP CV. Tahiti Coal belum adanya kajian geoteknik mengenai kestabilan lereng sehingga belum diketahui berapa nilai FK lereng permukaan lubang Thc-04 tersebut. Jika analisis kestabilan lereng tidak dilakukan dan penanganan secara maksimal diabaikan, maka akan berdampak terhadap keselamatan lereng tersebut seperti terganggunya kegiatan penambangan hingga potensi kerugian korban jiwa.

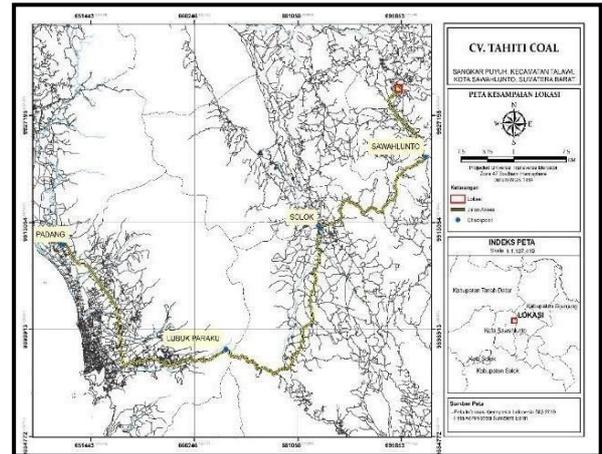
## 2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil lokasi pada wilayah IUP CV. Tahiti Coal yang berada pada Desa sijantang, Kecamatan Talawi, Kota sawahlunto Provinsi Sumatra Barat. Secara geografis lokasi penelitian ini terletak pada kordinat 100° 45'06" – 100° 45'32" Bujur Timur (BT) dan 00° 37'20" - 00° 37'51" Lintang Selatan (LS). Pada gambar 3 terlihat peta CV. Tahiti Coal.



Gambar 3. Peta IUP CV. Tahiti Coal

Jarak antara lokasi penambangan dengan kota Padang ±100, dapat diakses dengan waktu tempuh ± 2 jam menggunakan kendaraan roda dua, dan 2,5 – 3,5 jam menggunakan roda empat. Jalan akses menuju lokasi dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Peta kesampaian daerah CV. Tahiti Coal

## 3. Teori Dasar

### 3.1 Lereng

Bagian dari permukaan bumi yang berbentuk miring, dikenal dengan lereng. Proses pembentukan lereng dapat terjadi secara alamiah seperti pada daerah dataran tinggi, sementara itu terdapat lereng yang dibuat oleh manusia seperti pada dinding tambang, galian, dan timbunan tanah.

### 3.2 Konsep kestabilan Lereng

Dari sekian banyak jenis lereng, baik yang terbentuk secara alami, maupun buatan dan bahkan lereng timbunan, kestabilan lereng dipengaruhi oleh faktor-faktor dari gaya penahan dan gaya penggerak yang bertanggung jawab pada kestabilan lereng.

$$Fk = \frac{F^*}{F}$$

dimana:

Fk = Faktor stabilitas lereng

F\* = Gaya penahan

F = gaya penggerak

Pada Keadaan:

Fk > 1 = kondisi stabil

Fk = 1 = kondisi Seimbang

Fk < 1 = tidak Stabil.

### 3.3 Jenis-jenis Longsoran

#### a. Longsoran Bidang

terjadi pada batuan yang memiliki bidang lurus bebas yang mengarah ke lereng dan bidang luncurnya terdapat pada bidang -bidang tidak menerus seperti besar dan kekar.

b. Longsororan baji

Longsororan kerap kali terjadi pada perpotongan dari dua bidang lemah atau lebih yang memiliki kemiringan pada permukaan lereng.

c. Longsororan Busur

hanya dapat terjadi pada material seperti tanah. Sedangkan pada batuan, dapat terjadi pada batuan yang mengalami pelapukan sangat tinggi dan memiliki bidang lemah sangat rapat.

d. Longsororan Guling

Terjadi pada lereng curam pada batuan dengan bidang lemahnya hampir tegak lurus. dapat membentuk blok batuan bertingkat dan terjadi pada lereng kemiringannya berlawanan arah dengan arah bidang lemah.

### 3.4 Analisis stabilitas lereng

Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mendapatkan kestabilan lereng dengan biaya yang kecil dalam kegiatan penanganannya. Secara umum, tujuan dari analisis stabilitas lereng adalah:

- Menentukan kestabilan dari lereng
- Membuat perhitungan dari bentuk keruntuhan dan longsororan yang akan terjadi.
- Memperkirakan kerawanan dari lereng terhadap resiko longsor.
- Mendesain lereng yang memenuhi dari kriteria keamanan dan kelayakan yang ekonomis.

Analisis laboratorium merupakan poin penting yang harus dilakukan terlebih dahulu untuk mendapatkan data penelitian. Investigasi harus dilakukan dan pemantauan atau pengecekasecara berkala berguna dalam mengevaluasi dari bahaya yang akan terjadi pada lereng.

## 4. Metode Penelitian

### 4.1 Tempat dan Waktu penelitian

a. Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilakukan pada IUP Penambangan CV Tahiti Coal. Fokus penelitian yaitu lereng permukaan lereng lubang Thc-04 CV Tahiti Coal.

b. Waktu penelitian

Kegiatan observasi di lapangan dilakukan pada Tanggal 20 s.d 21 Desember 2021, selanjutnya pengambilan data mulai 3 s.d 29 Januari 2022 .

## 4.2 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini merupakan penelitian kuantitatif. Sumber data dalam penelitian merupakan angka yang diolah, selanjutnya dianalisis secara matematik dan kinematik. Berdasarkan jenisnya penelitian ini merupakan penelitian terapan yang bertujuan untuk memberi solusi terhadap permasalahan lereng permukaan lereng lubang Thc-04.

Dalam melaksanakan kegiatan penelitian, penulis memadukan teori dengan data lapangan untuk memperoleh pendekatan dalam penyelesaian masalah. Berikut ini rangkaian pekerjaan penelitian yang dilakukan:

a. Studi literatur

Peneliti melakukan Studi literatur dengan cara mengkaji teori yang memiliki korelasi dengan permasalahan yang dibahas dengan memanfaatkan sumber informasi dan literatur yang diperoleh dari:

- 1) institusi terkait
- 2) Perpustakaan
- 3) Penelitian terdahulu

b. Pengambilan Data

Penelitian dilakukan dengan deengan beberapa cara pengumpulan data. Hal tersebut memiliki tujuan untuk memperoleh gambaran dan pemahaman mengenai objek dari fokus penelitian.

1) Data Primer

Data primer yang dibutuhkan berupa data sifat fisik dan mekanik batuan, data geomteri lereng aktual, dan data dari bidang lemah di lokasi penelitian.

2) Data sekunder

Merupakan data yang didapat dari perusahaan atau sumber lain.

## 5. Hasil dan Pembahasan

### 5.1 Parameter Pengujian Laboratorium Geoteknik

a. Pengujian Sifat Fisik

Berdasarkan dari hasil yang didapat dari pengujian sifat fisik batuan di laboratorium tambang dapat dilihat pada tabel 8 berikut:

**Tabel 8.** Hasil Pengolahan Uji Sifat Fisik Batuan

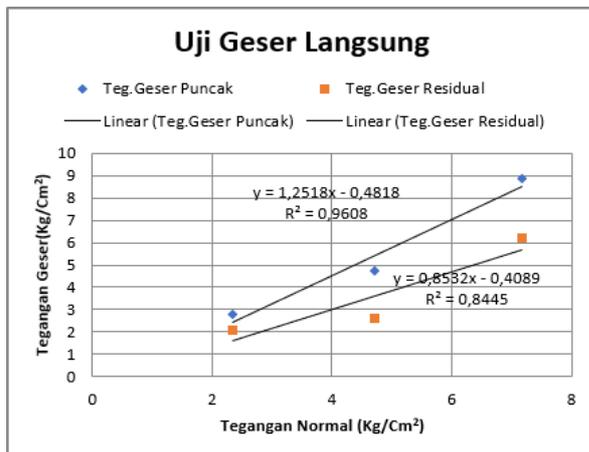
NO	Uji sifat fisik (gr/cm <sup>3</sup> )	Kode Sampel			Rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )
		1	2	3	
1	Bobot Isi Asli	1,95	2.26	2.125	2,125
2	Bobot Isi Kering	1,79	1,87	1,90	1,856
3	Bobot Isi Jenuh	2,21	2.36	2,49	2,354

- b. Pengujian Point Load Index  
 Pengujian point load index bertujuan untuk mendapatkan hasil kuat tekan ( $\sigma_c$ ) dari material.

**Tabel 9.** Hasil Uji Point Load Index

No	Parameter					
	D (cm)	F	P (Kg)	Is (kg/cm <sup>2</sup> )	Is(Mpa)	$\sigma_c$ (MPa)
1	5,4	1,04	249,7	8,865	0,869	19,981
2	5,4	1,04	276,7	9,823	0,963	22,142
3	5,4	1,04	157	5,574	0,546	12,563
RATA-RATA					0,793	18,229

- c. Analisis uji geser langsung  
 Pengujian kuat geser langsung bertujuan memperoleh hasil nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam( $\phi$ ) berupa nilai puncak dan residual. Hasil dari pengujian kuat geser langsung dapat dilihat pada gambar15 dan Tabel 11.



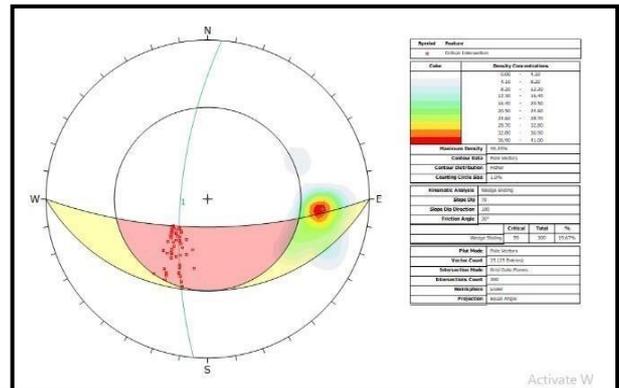
**Gambar 15.** Grafik hasil uji kuat geser

**Tabel 11.** Hasil Uji Kuat Geser

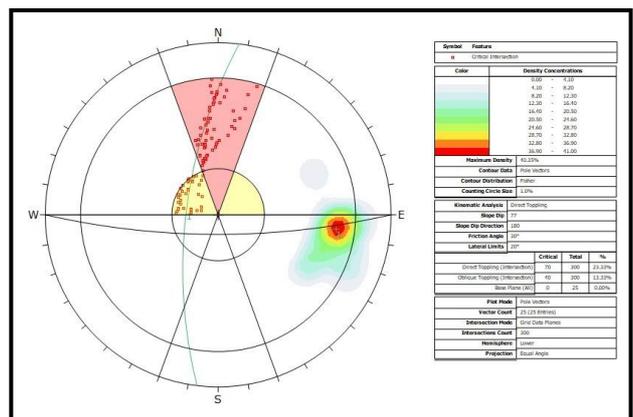
Tegangan Geser	Kohesi (Mpa)	Sudut Geser Dalam(°)
Puncak	47,2	51,3804
Residu	40,1	40,4708

**5.2 Analisis Potensi Longsoran pada Daerah Penelitian**

Dari pengamatan dan pengukuran bidang lemah terhadap *scanline* diketahui bahwa posisi lereng pengamatan yaitu N275°E/71°. Data arah *strike*, *dip* serta *dip direction* dari kekar padadidaerah penelitan dapat dilihat pada Lampiran C. Setelah semua data kekar diambil, maka untuk mengetahui jenis longsoran didapatkan hasilnya dari software *Dips*. Berikut hasil yang diperoleh dapat di lihat pada gambar 16 dan 17:



**Gambar 16.** Hasil plot Hasil Plot DiskontinuitasScanline



**Gambar 17.** Hasil plot Hasil Plot DiskontinuitasScanline

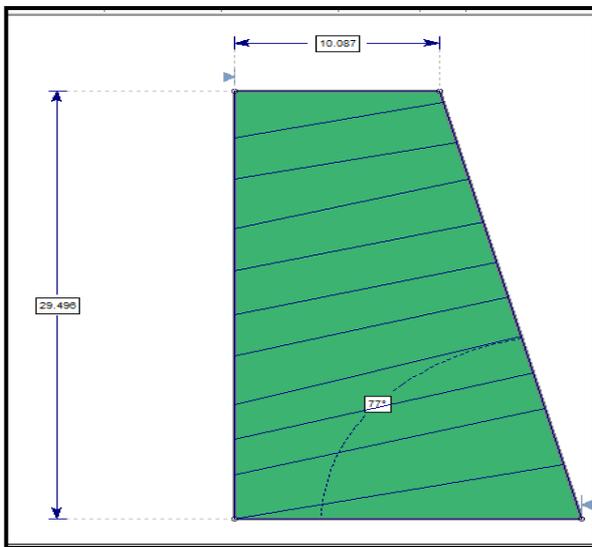
Hasil dari plot bidang lemah berdasarkan *Software dips*, didapatkan lonsoran yang mungkin akan terjadi pada daerah penelitian adalah lonsoran baji dengan persentase 26,67% dan lonsoran guling dengan persentase 23,33 %

### 5.3 Analisis Kestabilan Lereng

#### a. Analisis Kestabilan Lereng aktual

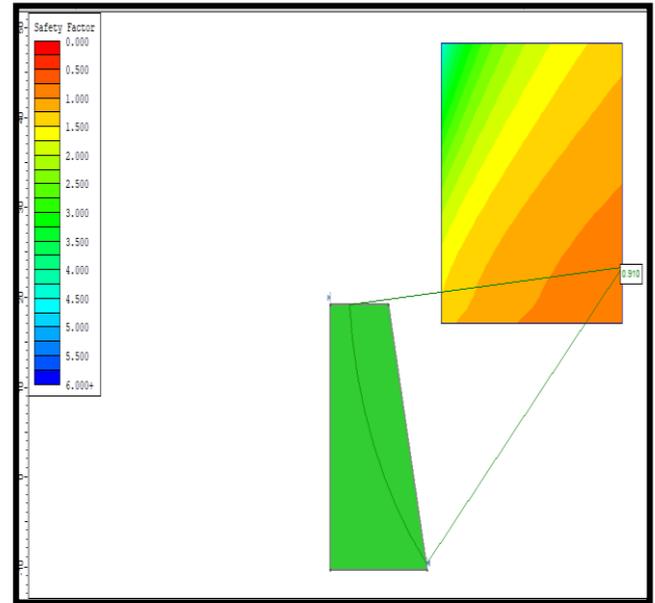
Analisis kestabilan Lereng dilakukan dengan menggunakan metode *Janbu Simplified* yang disederhanakan dimana uraiannya disajikan dalam bentuk tabel atau grafik. Serta penyelesaiannya dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (*Rocscience slide 6.0*). Parameter yang akan dimasukkan ke dalam *software* adalah nilai bobot isi, kohesi dan sudutgeser dalam. Nilai faktor keamana statis berdasarkan pada kepmen ESDM No.1827 tahun 2018 untuk menilai stabilitas dari model lereng tunggal yang dapat diterima adalah  $FK \geq 1,1$ . Untuk mendapatkan model lereng optimum, lereng di analisis denga target FK 1,1 dengan pemilihan tinggi lereng utamanya di pengaruhi dari kemampuan alat yang akan di pergunakan.

Berikut merupakan desain dari lereng di permukaan lubang masuk Thc-04 yang dibuat dengan *software Rock science slide 6.0*. model tersebut dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 18. Geometri Lereng permukaan lubang Thc-04

Geometri dari lereng aktual dengan tinggi lereng ±29,5 meter dan sudut kemiringan 77° Maka dari itu faktor keamanan pada lereng aktual ini belum aman.



Gambar 19. Lereng Aktual jenuh

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software rocscience slide 6.0* diperoleh nilai faktor keamanan lereng tunggal dalam kondisi jenuh yaitu 0,910.

Berikut adalah hasil faktor kemaan lereng aktual menggunakan *software Rosience slide 6.0* pada tabel

Tabel 12. Hasil faktor keamanan lereng aktual

Kondisi	Bobot Isi	Kohesi (C)	Sudut Geser Dalam (θ)	Tinggi (M)	Sudut	Fk
	Kn/M <sup>3</sup>					
Natural	20,83	40,1	40.47	29,5	77 <sup>0</sup>	0,957
Kering	18,19	40,1	40.47	29,5	77 <sup>0</sup>	1,025
Jenuh	23,07	40,1	40.47	29,5	77 <sup>0</sup>	0,910

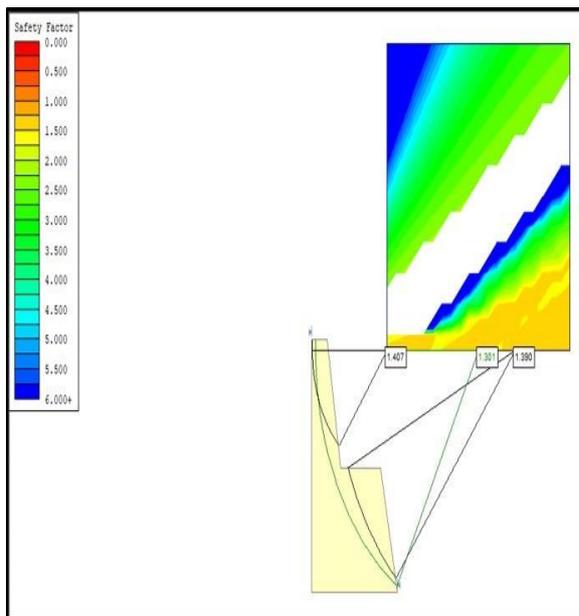
Oleh sebab itu, penulis akan melakukan modifikasi lereng dengan membuat rekomendasi *double bench* pada geometri lereng aktual.

Sudut lereng yang aman untuk tinggi lereng dipengaruhi oleh uji sifat fisik dan mekanik material penyusun lereng. Penulis membuat simulasi pemodelan lereng dengan cara *trial and error*, dimana disini penulis simulasi pemodelan lereng dan hingga mendapatkan nilai yang aman serta bernilai ekonomis nantinya apabila diterapkan oleh perusahaan nantinya. Berikut adalah tabel simulasi pemodelan lereng keseluruhan *double bench* yang telah dicoba.

**Tabel 13. Nilai Simulasi Faktor Keamanan dari Tinggi Lereng**

ketinggian (Meter)	Sudut Lereng (°)	Nilai Faktor Keaman (FK)		
		Natural	Jenuh	Kering
29,5	77	0,957	0,910	1,025
27	77	1,003	0,950	1,074
24,5	77	1,068	1,015	1,068
22	77	1,122	1,064	1,122
19,5	77	1,19	1,127	1,190
17	77	1,318	1,267	1,399
14,5	77	1,395	1,390	1,480

Dilihat dari tabel di atas, apabila dengan rekomendasi ketinggian 14,5 m dengan sudut lereng 77° maka nilai dari faktor keamanan (FK) untuk setiap kondisi ≥ 1,3. Ini menandakan ketinggian lereng yang aman dan stabil pada ketinggian 14,5m pada lereng tunggal 2, berikut simulasi pemodelan lereng dapat dilihat pada gambar di bawah ini



**Gambar 21. Simulasi akhir pemodelan Lereng Doble bench kondisi jenuh**

**Tabel 14. Faktor Keamanan (FK) Geometri Lereng Overall Double Bench**

Kondisi Lereng	Analisis Slope	Tinggi lereng (Meter)	Sudut Lereng (°)	Lebar Bench (Meter)	Faktor Keamanan
Jenuh	lereng Tunggal 1	15	80°	3	1,407
	lereng Tunggal 2	14,5	77°	7	1,390
	Overall Double Bench	29,5	66°	10	1,301

## 6. Kesimpulan dan Saran

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengamatan pada lereng di permukaan lubang masuk Thc-04 pada CV. Tahiti Coal, dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya yaitu:

1. Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik batuan
  - a. Pengujian sifat fisik batuan
    - 1) Nilai dari rata-rata bobot isi asli 20,83 Kn/m<sup>3</sup>
    - 2) Nilai rata-rata bobot isi kering 18,19 Kn/m<sup>3</sup>
    - 3) Nilai rata-rata bobot isi jenuh 23,07 Kn/m<sup>3</sup>
  - b. Pengujian sifat mekanik batuan
    - 1) Nilai indeks strength yaitu 0,793 MPa.
    - 2) Nilai kohesi (c) yaitu 40,1KPa
    - 3) Nilai sudut geser dalam yaitu 40,47
2. Potensi longsoran yang berkemungkinan akan terjadi lereng di permukaan lubang masuk Thc-04 berdasarkan arah stike, dip dan dip direction dari bidang lemah, longsoran yang akan terjadi yaitu longsoran baji dengan persentase 26,67% dan longsoran guling dengan persentase 23,33%.
3. Hasil dari analisis kestabilan lereng aktual dengan tinggi lereng yakni 29,5m dengan kemiringan 77° didapat nilai faktor keamanan (FK) jenuh yakni 0.910
4. Hasil rekomendasi lereng keseluruhan double bench dengan tinggi lereng masing-masing yaitu 15 meter dan 14,5 meter, lebar bench 3 meter dan 7 meter, dengan kemiringan masing-masing 80° dan 77°, maka diperoleh nilai faktor keamanan (FK) lereng keseluruhan dalam kondisi jenuh yaitu 1,301, untuk lereng tunggal yang pertama yaitu 1,407 dan untuk lereng tunggal kedua yaitu sebesar 1,390.

### 6.2 Saran

Saran yang penulis berikan pada pengerjaan tugas akhir ini sebagai berikut :

- a) Perlunya ketelitian yang lebih detail saat melakukan pengolahan data.
- b) Penelitian lanjutan pada permukaan lereng

lubang Thc-04 sangat di anjurkan untuk melengkapi data yang sudah ada.

- c) Diperlukan pengawasan terhadap kestabilan lereng pada lereng permukaan lubang Thc-04 CV. Tahiti Coal secara berkala.dengan melakukan pemantauan kekar yang ada pada lereng

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arif, Irwandy.2016. “Geoteknik Tambang Mewujudkan Produksi Tambang yang Berkelanjutan dengan menjaga kestabilan Lereng”. Bandung. Gramedia Pustaka Utama
- [2] Arif, Irwandy. 2015. *Geoteknik Tambang*. Bandung: ITB.
- [3] Bieniawski, Z.T., 1973. *Engineering Classification of Jointed Rock Mass*.
- [4] Bieniawski, Z.T., 1989. *Engineering Rock Mass Classification*. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-60172-1.
- [5] Dasri Husein . (2018). “Analisis Kestabilan Lereng Pit AI-Blok B di PT. Anugerah Alam Danalas Desa Muara Ketalo, Kelurahan Sungai Bengkal, Kecamatan Tebo Iilir,Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi”.
- [6] Dikky Putra Rupawan. (2019). “Analisis kestabilan Lereng dengan Metode Janbu di Daerah Lulut, Kecamatan Klapa Nunggal, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat”.
- [7] Fikri, M. A., Heriyadi, B., & Prabowo, H. (2018). “Analisis Stabilitas Lereng pada PIT Tambang Air Laya Barat Section C-C’PT Bukit Asam (PERSERO) TBK., Sumatera Selatan”. *Bina Tambang*, 3(2), 835-849.
- [8] Haryati, O. S., Kopa, R., & Prabowo, H. (2018). Pemetaan Kestabilan Lereng Pada Lokasi Penambangan Emas Pit Durian Pt J Resources Bolaang Mongondow Site Bakan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow Sulawesi Utara. *Bina Tambang*, 3(1), 481-482.
- [9] Hoek & Bray, 1980 (dalam Astawa Rai, 2013)
- [10] Jeremyes A.P . (2021). “Analisis Kestabilan Lereng Puncak Jaya di CV. Tekad Jaya Nagari Tanjung Gadang, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten 50 Kota”. *Jurnal Bina Tambang*. Vol. 6 No .1. Hlm 198-210.
- [11] Marini, A. E., Anaperta, Y. M., & Saldy, T. G. (2019). Analisis Kestabilan Lereng Area Highwall Section B Tambang Batubara PT. Manggala Usaha Manunggal Jobsite Pt. Banjarsari Pribumi, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 4(4), 80-89
- [12] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia 20018. Kepmen ESDM RI Nomor 1827k/30/MEM/2018: Pedoman Pelaksanaan.
- [13] M.S. Kirra, M. Shahien, M. Elshemy, B. A. Zeidan.(2015). ”*Seepage and Slope Stability Analysis of Mandali Earth Dam, Iraq: A Case Study*”.
- [14] Metriani, R., Anaperta, Y. M., & Saldy, T. G. (2019). Analisis Balik Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Metode Bishop yang disederhanakan Pada Front II Existing Tambang Quarry PT. Semen Padang, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 4(4), 49-58.
- [15] Oldric Hungr, F.M Saalgado dan P.M Byrne.(1989).”*Evaluation of a Three- dimensional method of slope stability analysis*”. Vol 26
- [16] Putri, N., & Saldy, T. G. (2022). Analisis Kestabilan Lereng Disposal Dengan Menggunakan Metode Bishop Di Site Puncak Jaya CV. Tekad Jaya Lareh Sago Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota. *Bina Tambang*, 6(3), 195-207
- [17] Rinaldo, R., Heriyadi, B., & Prabowo, H. (2018). Analisis Pengaruh Parameter Geomekanika Batuan Terhadap Kegiatan Peledakan Pada Front Penambangan Blok A2 di CV. Triarga Nusatama, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 3(3), 1163-1173.
- [18] Riski Pane Adelina. (2019).”Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng Untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. *Skripsi tidak diterbitkan*.Padang: UNP.
- [19] Septian, R., Heriyadi, B., & Prabowo, H. (2018). Analisis kestabilan lereng jalan tambang di PT. Sumbang Calcium Pratama Jorong Atas Halaban, Nagari Halaban, Kecamatan Lareh Sago Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, Provinsi Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 3(2), 893-903.
- [20] Suan Ho. (2014).”*Parametric. Studies of Slope Stability Analyses Using Three-dimensional Finite Element Technique*”. Vol. 9 No. 1 pp 33-43.
- [21] Tarig Mohamed, Anuar Kasa, Muhammad Mukhlisin.(2012). “*Prediction of Slope Stability Using Statistical Method and Fuzzy Logic*”.volume 2,issue4
- [22] Thyac Korah ,Turangan A. E., dan Alva N.(2014). “Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Janbu (Studi Kasus : Kawasan Citraldan)”
- [23] Zakri, R. S., Prengki, I., & Saldy, T. G. *Relationship between Uniaxial Compressive Strength and Indirect Tensile Strength on Sedimentary Rocks with Low Compressive Strength*.
- [24] Zuyu Chen, Hongliang Mi, Faming Zhang, dan Xiaogang Wang A. (2003).”*simplified method for 3D slope stability analysis*”. Vol. 40.