

## Kajian Teknis Kestabilan Lereng Pasca Tambang Berdasarkan Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

### (Study of Post-Mining Slope Stability Based on Physical and Mechanical Properties of Soil)

Muhammad Rizhan<sup>1</sup>, Rahma Norfaeda<sup>1\*</sup>, Kartini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Pertambangan, Politeknik Negeri Banjarmasin

\* Korespondensi E-mail: [rahmanorfaeda@poliban.ac.id](mailto:rahmanorfaeda@poliban.ac.id)

#### Abstrak

Lereng pasca tambang memiliki potensi kelongsoran yang ditimbulkan oleh faktor-faktor seperti geometri lereng, struktur batuan, sifat fisik dan mekanik batuan serta kandungan air tanah. Pemantauan lereng pasca tambang harus dilakukan agar tidak menimbulkan permasalahan lingkungan yang lebih luas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kestabilan lereng bekas tambang. Sampel yang digunakan berupa tanah di daerah Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar. Metode analisis berupa kajian teknis sifat fisik dan sifat mekanik tanah dilengkapi dengan simulasi rancangan lereng tambang menggunakan *Software Slide 6.0* untuk mengetahui faktor keamanan lereng bekas tambang dari beberapa variasi sudut lereng. Analisis faktor keamanan diambil dari data nilai kohesi dan bobot isi yang paling kecil untuk mewakili kekuatan material lereng. Berdasarkan analisa nilai sifat fisik dan mekanik sampel terhadap analisis kestabilan lereng, didapatkan bahwa lereng pasca tambang akan stabil dan aman dengan batasan tidak ada penambahan faktor – faktor lain yang dapat menurunkan kestabilan lereng tersebut. Lereng tambang masih memiliki nilai faktor keamanan  $> 2$  yang berarti stabil meskipun sudut kemiringan sudah mencapai  $70^\circ$ .

**Kata kunci:** kestabilan lereng tambang, faktor keamanan

#### Abstract

*Post-mining slopes have the potential for landslides caused by factors such as slope geometry, rock structure, physical and mechanical properties of rock and groundwater content. Post-mining slope monitoring must be carried out to avoid more environmental problems. This study aims to determine the stability of ex-mining slopes. The soil sample was used to form the Mataraman District, Banjar Regency. The analytical method of a technical study is based on the physical and mechanical properties of the soil with a mine slope design simulation using Slide 6.0 software to determine the safety factor of ex-mining slopes from several variations of slope angles. The safety factor analysis was taken from the data of the smallest cohesion value and bulk weight to represent the strength of the slope material. Based on the analysis of the value of the physical and mechanical properties of the sample against the analysis of slope stability, it was found that the post-mining slope will be stable and safe if there are no additional factors that can reduce the stability of the slope. The mine slope still has a safety factor value of  $> 2$  which means it is stable even though the slope angle has reached  $70^\circ$ .*

**Keywords:** slope stability, safety factor

#### 1. Pendahuluan

Pasca tambang adalah kegiatan terencana, sistematis, dan berlanjut setelah akhir sebagian atau seluruh kegiatan usaha pertambangan untuk memulihkan fungsi lingkungan alam dan fungsi sosial menurut kondisi lokal di seluruh wilayah pertambangan (Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018). Sektor pertambangan dan penggalian dan sektor jasa menjadi ciri khas pembangunan di Kabupaten Banjar yang merupakan penyumbang ketiga dan keempat terbesar yaitu 19,74% ditahun 2012 dan diupayakan untuk terus meningkat (Pemerintah Daerah Kabupaten Banjar, 2013). Dengan terus meningkatnya sektor pertambangan di Kabupaten Banjar maka pengelolaan pasca tambang juga harus ditingkatkan agar lereng

pasca tambang terus stabil dan tidak menimbulkan permasalahan lingkungan yang lebih luas.

Pedoman pelaksanaan reklamasi dan pascatambang serta pascaoperasi pada kegiatan usaha pertambangan mineral dan batubara menyatakan bahwa dalam hal pelaksanaan kegiatan penambangan secara teknis meninggalkan lubang bekas tambang, maka wajib dibuat rencana pengelolaan dalam rangka pemanfaatan lubang bekas tambang meliputi: a) stabilisasi lereng; b) pengamanan lubang bekas tambang (*void*); c) pemulihan dan pemantauan kualitas air serta pengelolaan air dalam lubang bekas tambang (*void*) sesuai dengan peruntukannya; dan d) pemeliharaan lubang bekas tambang (*void*). Stabilisasi lereng

merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan dalam pelaksanaan program pasca tambang (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018).

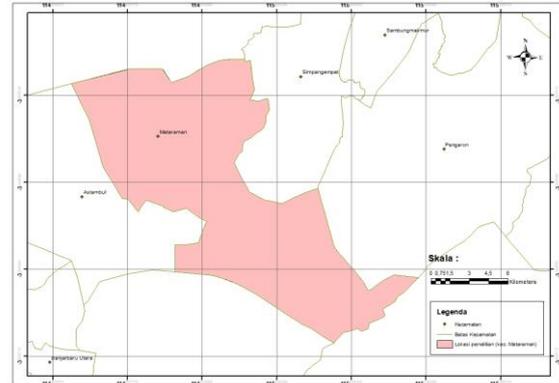
Kestabilan lereng pasca tambang memiliki potensi kelongsoran sebagai akibat faktor alam maupun faktor manusia seperti geometri lereng, struktur batuan, dan kandungan air tanah. Kandungan air tanah pada lereng yang bersangkutan akan memberikan tambahan beban yang besar pada lereng menyebabkan gaya penggerak bertambah dan lebih besar dari pada gaya penahan. Gaya penggerak lebih besar dari gaya penahan menyebabkan lereng tambang menjadi tidak stabil. Lereng yang tidak stabil sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis kestabilan lereng dapat diketahui dengan menghitung nilai faktor keamanan yang dapat dijadikan tolak ukur untuk kestabilan lereng pasca tambang bagi perusahaan pemegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) di Kabupaten Banjar.

## 2. Metode

Pengambilan sampel dilakukan di daerah Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan. Sampel yang didapat dari lapangan diuji di laboratorium untuk mendapatkan nilai dari parameter sifat fisik dan sifat mekanik. Sampel merupakan perwakilan batuan di Kabupaten Banjar dari kedalaman 3,22 m sampai dengan 16,50 m di bawah permukaan tanah. Penelitian ini secara umum dikelompokkan menjadi tiga tahapan utama, yaitu:

- 1) Survey daerah untuk pengambilan sampel penelitian
- 2) Pengujian sampel tanah di laboratorium untuk mengetahui sifat – sifat fisik dan mekanik tanah yang diperlukan untuk analisa karakteristik tanah seperti bobot isi, kadar air, berat jenis, batas plastis, batas cair, distribusi ukuran butir, kuat tekan, kohesi, dan sudut geser dalam.
- 3) Analisis dan pengolahan data terhadap hasil penelitian :
  - a. Sifat fisik : berat isi, berat jenis, klasifikasi jenis tanah dan indeks plastisitas
  - b. Sifat mekanik : kuat tekan, kohesi dan sudut geser dalam
  - c. Faktor keamanan diambil pada data kedua dengan nilai kohesi dan bobot isi yang paling kecil untuk mewakili kekuatan material lereng. Analisa karakter fisik dan mekanik sampel tanah dan perhitungan faktor keamanan (FK) pada desain lereng tambang dengan geometri yaitu tinggi lereng 10 m dan

lebar 30 meter, kemudian divariasikan beberapa sudut lereng dari 35 derajat sampai 70 derajat. Dari desain lereng dan nilai FK tersebut dapat direkomendasikan geometri lereng yang stabil.



Gambar 1. Lokasi penelitian



Gambar 2. Kondisi Lapangan

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Analisis Karakteristik Sifat Fisik Tanah

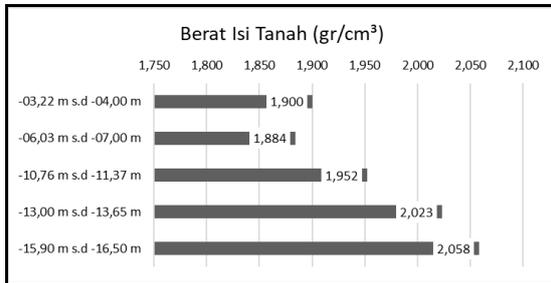
#### a. Berat isi

Berat isi adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volume butir tanah. Nilai berat isi sangat terpengaruh dari pengolahan tanah. Jika pengolahan tanah dilakukan secara benar maka nilai berat isi akan naik, dan begitu pula sebaliknya (Rosyidah & Wirosedarmo, 2013). Sampel merupakan tanah yang tidak terganggu atau undisturb sehingga tidak terjadi pengolahan tanah yang diakibatkan oleh manusia. Dari hasil pengolahan data pengujian (Gambar 3) didapatkan bahwa di kedalaman 10 – 16 m dari permukaan tanah cenderung naik nilai berat isinya.

#### b. Berat jenis

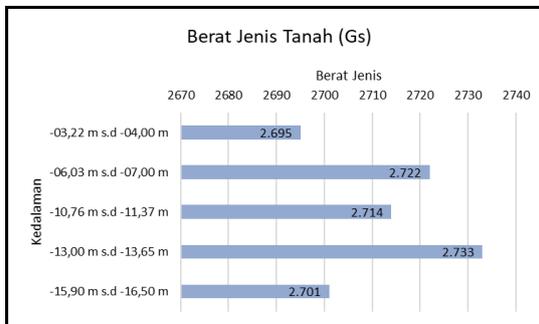
Berat jenis adalah angka perbandingan antara berat isi butir tanah dan berat isi air suling pada temperatur dan volume yang sama. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa dari permukaan tanah

hingga kedalaman 16,5 m nilai berat jenis tidak jauh berbeda yaitu berkisar dari 2,695 sampai 2,733 (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik Berat isi Tanah

Dari data ini menunjukkan bahwa batuan induk pembentuk tanah tidak jauh berbeda bahkan hampir sama.

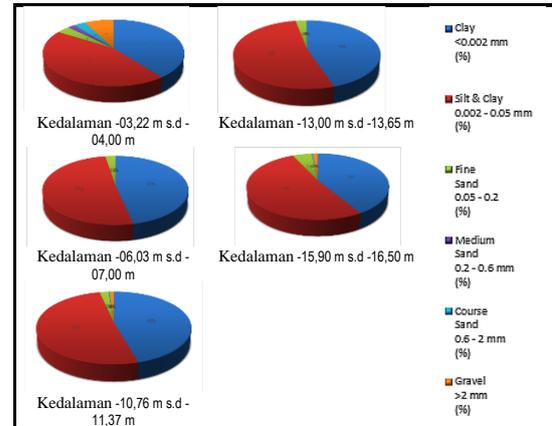


Gambar 4. Grafik Berat Jenis Tanah

- c. *Grain distribution* (Distribusi ukuran butiran)  
 Distribusi ukuran butiran adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Jenis pengujian dilakukan untuk mendapatkan distribusi ini adalah Analisa Saringan/Ayakan dan Uji Hydrometer. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 16,5 m ukuran butir yang mendominasi lokasi penelitian adalah jenis *silt* dan *clay* dengan ukuran 0,002 – 0.05 mm yaitu dari 44 – 51 %. (**Error! Reference source not found.**5). Berdasarkan nilai fraksi tanah tersebut maka klasifikasi tanah masuk dalam jenis tanah OH & MH dan CL.
- d. Indeks plastisitas (IP)

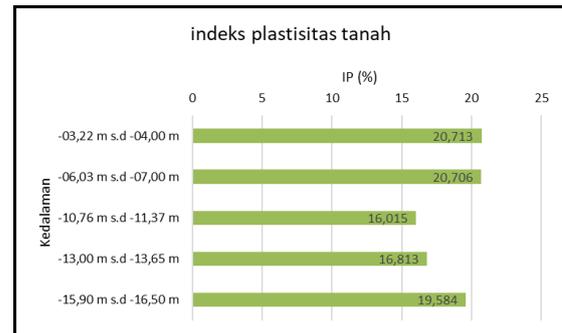
Indeks plastisitas adalah suatu kondisi dimana tanah berada antara batas cair dan batas plastis. Semakin tinggi nilai IP semakin mudah terpengaruh oleh kadar air. Indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah, jika nilai PI tinggi maka tanah mengandung banyak lempung, dan jika nilai PI rendah maka tanah mengandung banyak lanau (Panguriseng, 2018). Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 16,5

bahwa nilai IP sampel cukup rendah yaitu berkisar dari 19 - 20 % (Gambar 6).



Gambar 5. Grafik Distribusi Ukuran Butir Tanah

Hal ini menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian tanah masih tidak mudah terpengaruh oleh kadar air dan menguntungkan jika terdapat konstruksi di atasnya.

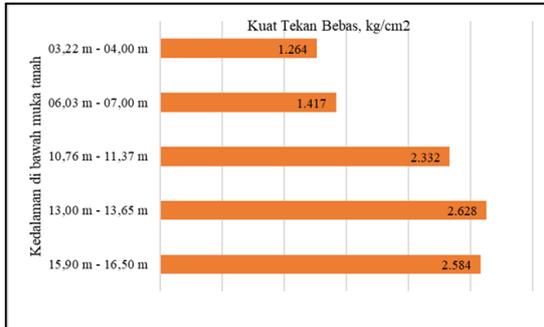


Gambar 6. Grafik Nilai Indeks Plastisitas Tanah

### Analisis Karakteristik Sifat Mekanik tanah

- a. Kuat Tekan Bebas  
 Kuat tekan bebas adalah besarnya beban aksial per satuan luas yang paling maksimum pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%. Selain untuk mengetahui nilai kuat tekan bebas material tanah, pada uji ini juga dapat diketahui salah satu parameter kuat geser yaitu kohesi, di mana kohesi tanah adalah 50% dari kuat tekan bebas maksimum tanah. Pengujian ini cocok untuk jenis tanah lempung jenuh karena pembebanan yang cepat sehingga air tidak sempat mengalir keluar dari benda uji. Beban aksial yang diterapkan pada benda uji terus menerus ditambah hingga benda uji mengalami keruntuhan. Nilai kuat tekan bebas pada tanah di lokasi penelitian berkisar antara 1,264 kg/cm<sup>2</sup> sampai 2,584 kg/cm<sup>2</sup> (Gambar 7). Nilai tersebut cenderung meningkat seiring

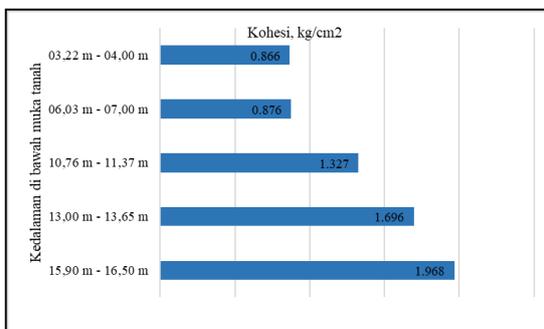
dengan penambahan kedalaman tanah. Pada kedalaman < 7 meter tanah memiliki kuat tekan bebas < 2 kg/cm<sup>2</sup> sedangkan pada kedalaman > 10 meter kuat tekan bebas > 2 kg/cm<sup>2</sup>.



Gambar 7. Grafik Nilai Kuat Tekan Bebas terhadap Kedalaman

b. Kohesi

Kohesi merupakan salah satu parameter kuat geser, dalam penelitian ini nilai kohesi diperoleh dari hasil uji geser langsung sampel *undisturbed* di laboratorium. Kohesi merupakan gaya Tarik menarik antara partikel dalam tanah, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi tanah akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar. Salah satu aspek yang memengaruhi nilai kohesi adalah kerapatan dan jarak antar molekul dalam suatu benda. Kohesi berbanding lurus dengan kerapatan suatu benda, sehingga bila kerapatan besar maka kohesi yang akan didapatkan semakin besar (Haris, dkk, 2018). Nilai kohesi pada daerah penelitian berkisar antara 0,866 – 1,968 kg/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan gambar 7 bahwa nilai kohesi semakin meningkat pada tanah dengan kedalaman besar. Nilai kohesi ini berbanding lurus dengan berat isi tanah pada **Error! Reference source not found.** semakin jauh dari permukaan tanah nilai berat isi juga semakin besar.

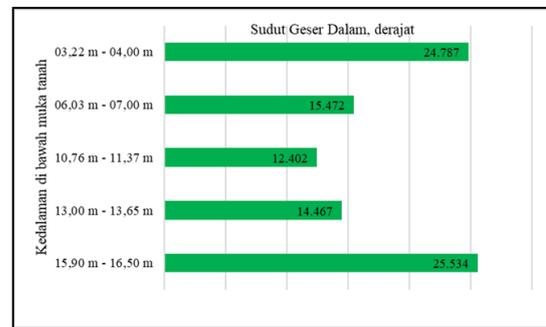


Gambar 8. Nilai Kohesi terhadap Kedalaman

c. Sudut Geser Dalam

Sudut geser dalam adalah sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan

normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Sudut geser dalam merupakan sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya. Dalam penelitian ini, variasi nilai sudut geser dalam tanah adalah antara 12,40° sampai 25,53°. Nilai sudut geser dalam daerah penelitian yang terdapat dalam gambar 9, tidak menunjukkan *trend* menurun ataupun menaik terhadap kedalaman, misalnya pada kedalaman 4 meter nilai sudut geser dalam sekitar 24°, kemudian pada kedalaman 11 meter sekitar 12°, selanjutnya pada kedalaman 16 meter 25°.



Gambar 9. Sudut Geser Dalam terhadap Kedalaman

**Analisis Faktor Keamanan Desain Lereng dengan Variasi Sudut Lereng**

Faktor keamanan lereng diperoleh dari perhitungan metode Bishop yang menggunakan prinsip kesetimbangan batas. Desain lereng menggunakan geometri lereng tinggi 10 meter dan lebar 30 m. Variasi sudut lereng terdiri dari 35°, 40°, 45°, 50°, 60°, 70°. Perhitungan FK dibantu oleh perangkat lunak *Slide 6.0* dari *Rocscience*. Adapun parameter yang menjadi masukan ke dalam program *Slide* adalah nilai bobot isi material, kohesi, dan sudut geser dalam. Data karakteristik material yang menjadi input parameter tersebut menggunakan data dengan nilai terkecil untuk nilai bobot isi (unit *weight*) dan kohesi yang terdapat pada data sifat fisik dan mekanik tanah. Data input parameter diambil pada nilai terkecil diharapkan agar desain lereng yang dianalisis dapat memenuhi kekuatan minimal yang dimiliki oleh material penyusun lereng. Nilai input parameter bobot isi 1,884 gr/cm<sup>3</sup>, kohesi 0,876 kg/cm<sup>2</sup>, dan sudut geser dalam 15,472°. Desain lereng berbagai variasi sudut lereng dengan hasil Faktor keamanan dapat dilihat pada Gambar 10 sampai 16 dan Tabel 1.

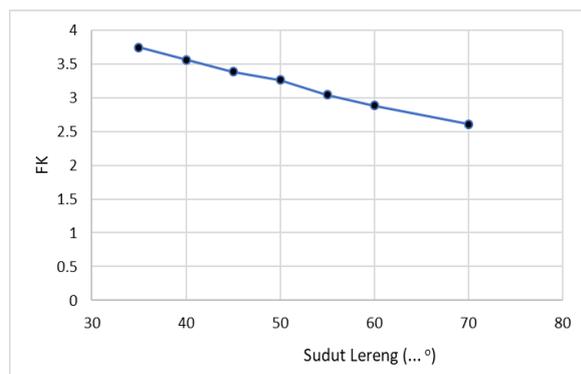
Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan dengan variasi sudut lereng

No.	Sudut Lereng (...°)	Faktor Keamanan (FK)
1	35	3,741
2	40	3,559
3	45	3,379
4	50	3,260
5	55	3,038
6	60	2,883
7	70	2,604

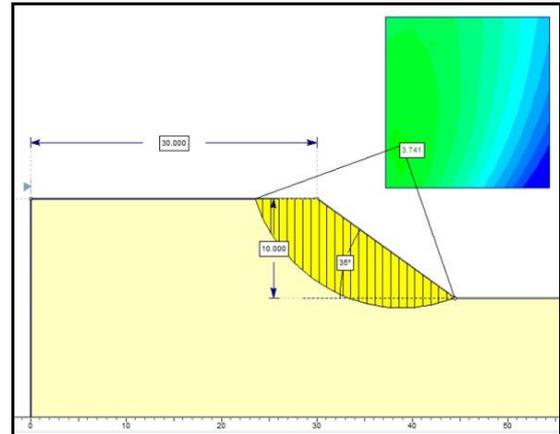
Keterangan : Nilai FK >1 stabil, FK < 1 tidak stabil

Tabel 4 menunjukkan bahwa dengan variasi sudut lereng yang diberikan yaitu 35 – 70 derajat menghasilkan nilai FK > 1 dengan minimal FK 2,604 pada sudut lereng 70 derajat. Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM RI Nomor 1827K/30/MEM/2018 disebutkan bahwa untuk lereng tambang, nilai FK yang disarankan pada lereng tunggal adalah 1,1 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018). Dan menurut Bowles (1989, dalam Ali, R, K, dkk, 2017) dikatakan bahwa nilai FK >1,25 jarang terjadi longsor atau lereng relatif stabil. Dalam (Arif, 2016) juga disebutkan bahwa apabila nilai FK untuk suatu lereng >1,0 (gaya penahan > gaya penggerak), lereng tersebut berada dalam kondisi stabil. Begitu pula sebaliknya jika harga FK < 1,0 maka lereng tersebut berada dalam kondisi tidak stabil dan mungkin akan terjadi longoran.

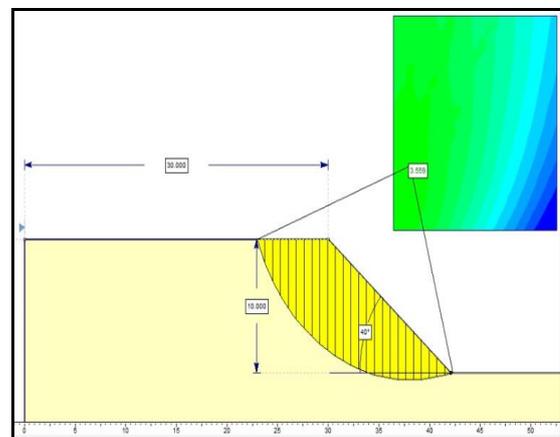
Hasil desain lereng dengan tinggi lereng 10 meter dan sudut kemiringan 70 derajat memberikan FK > 1,25, hal ini menunjukkan lereng tersebut sudah aman dari kejadian longsor. Tabel 4 juga menunjukkan bahwa nilai FK semakin kecil seiring dengan kenaikan sudut lereng. Hal ini membuktikan dengan input nilai parameter kuat geser dan bobot isi material yang sama tetapi berbeda sudut lereng maka nilai FK yang dihasilkan akan berbeda, di mana sudut lereng semakin besar memberikan nilai FK yang semakin kecil (Gambar 10).



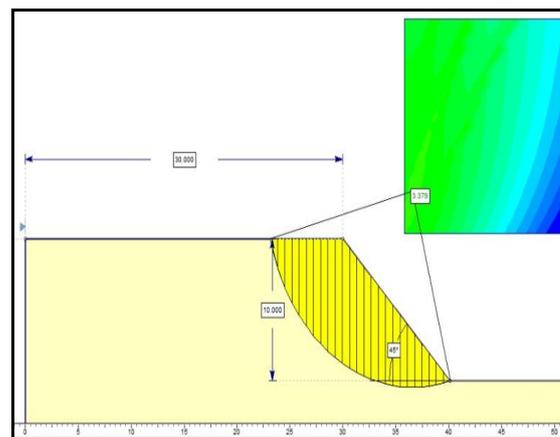
Gambar 10. Variasi nilai FK terhadap sudut kemiringan lereng



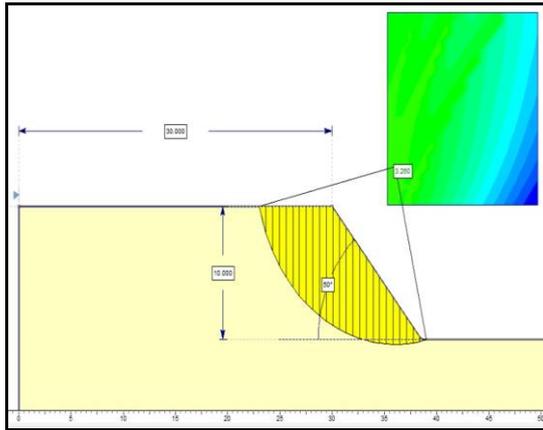
Gambar 11. Desain lereng untuk sudut lereng 35°



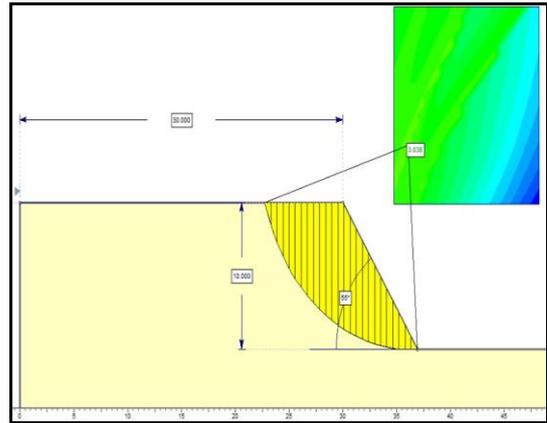
Gambar 12. Desain lereng untuk sudut lereng 40°



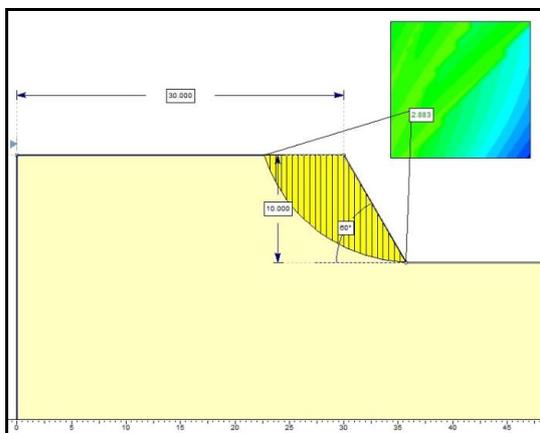
Gambar 13. Desain lereng untuk sudut lereng 45°



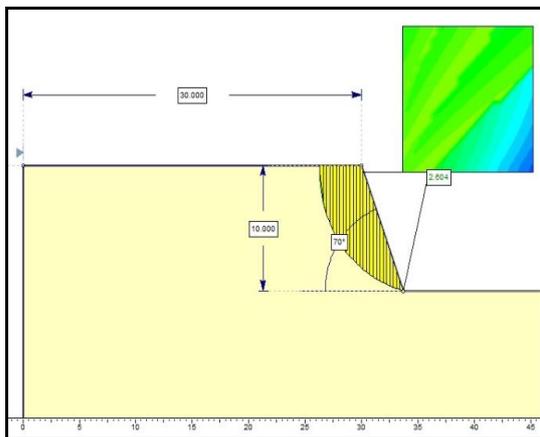
Gambar 14. Desain lereng untuk sudut lereng 50°



Gambar 17. Desain lereng untuk sudut lereng 55°



Gambar 15. Desain Lereng untuk sudut lereng 60°



Gambar 16. Desain Lereng untuk sudut lereng 70°

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan nilai sifat fisik dan mekanik sampel tanah di Kecamatan Mataraman Kabupaten Banjar dalam analisis kestabilan lereng, maka lereng pasca tambang akan stabil dan aman dengan batasan tidak ada penambahan faktor – faktor lain yang dapat menurunkan kestabilan lereng tersebut. Desain rancangan lereng tambang masih memiliki nilai faktor keamanan > 2 yang berarti stabil meskipun sudut kemiringan sudah mencapai 70°.

#### Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada P3M poliban yang membantu dalam penyediaan dana penelitian serta pihak-pihak yang membantu dalam pengambilan sampel, pengujian dan analisa.

#### Daftar Pustaka

- Ali, R. K., Najib., Nasrudin, A., 2017. Analisis Peningkatan Faktor Keamanan Lereng Pada Areal Bekas Tambang Pasir Dan Batu di Desa Ngablak, Kecamatan Cluwak, Kabupaten Pati. *Promine Journal*, June 2017, Vol. 5 (1), 10 – 19.
- Arif, I., 2016. *Geoteknik Tambang*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 405 pp.
- Das, Braja M., Endah, Noor., Mochtar, Indrasurya B, 1995. *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta, Erlangga, 291 pp.
- Djadmiko, S. dan Purnomo, S.J. E., 1993. *Mekanika Tanah*. Kanisius, Malang, 330 pp.
- Haris, T. V., Lubis, F. dan Winayati, 2018. "Nilai Kohesi dan Sudut Geser Tanah pada Akses Gerbang Selatan Universitas Lancang Kuning," *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 4, No. 2, Oktober 2018. 123 – 130.



- Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, 2018. Keputusan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/Mem/2018 Tahun 2018 Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik. Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, Jakarta, 370 pp.
- Panguriseng, D., 2018. Dasar-Dasar Mekanika Tanah. Pena Indis, Yogyakarta, 367 pp.
- Pemerintah Daerah Kabupaten Banjar, 2013. Penyusunan Rencana Terpadu Dan Program Investasi Infrastruktur Jangka Menengah Kabupaten Banjar Tahun 2015-2019. Pemerintah Kabupaten Banjar, Kabupaten Banjar, 371 pp.
- Rosyidah, E., dan Wirosodarmo, R., 2013. Pengaruh Sifat Fisik Tanah Pada Konduktivitas Hidrolik Jenuh Di 5 Penggunaan Lahan (Studi Kasus Di Kelurahan Sumbersari Malang). Agritech, Vol. 33, No. 3, (Agustus 2013), 340-345.
- Rocscience Inc. 1989 – 2002. SLIDE 2D limit equilibrium slope stability for soil and rock slopes: User's Guide. [https://www.rocscience.com/downloads/slide/Slide\\_TutorialManual.pdf](https://www.rocscience.com/downloads/slide/Slide_TutorialManual.pdf). Diunduh pada tanggal 19 Agustus 2021.