

Kajian Teknis Kestabilan Lereng pada Rencana *Sequence Area Disposal STA-500* di Tambang Batubara PT Bara Anugerah Sejahtera, Muara Enim, Sumatera Selatan

Trisman Dwipa*, Bambang Heriyadi, Tri Gamela Saldy, Dedi Yulhendra

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* tdwipa001@gmail.com

Abstrak. Dengan permintaan produksi yang setiap harinya terus meningkat, jumlah material *overburden* dan *waste* yang dibuang akan bertambah. Oleh karena itu, setiap perusahaan perlu memastikan bahwa mereka memiliki lokasi *disposal* yang aman serta didesain dengan geometri yang memenuhi standar keselamatan dan kesehatan kerja. PT Bara Anugerah Sejahtera berencana untuk mengoptimalkan *Disposal STA-500* yang sebelumnya telah dianggap *limit*. Oleh karena itu, perlu adanya kajian kestabilan lereng terhadap rencana optimalisasi pada area tersebut. Tujuannya untuk mendapatkan desain dan *sequence* serta menentukan kapasitas *overburden* yang dapat ditampung sehingga kegiatan produksi penambangan dapat berjalan dengan baik. Analisis kestabilan lereng untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) yang dilakukan pada area *existing Disposal STA-500* menggunakan metode *Morgenstern-Price* dengan bantuan *software Rocscience Slide 6.0* menjadi acuan dalam mengoptimalkan dan menentukan kapasitas area tersebut. Hasil analisis didapatkan nilai Faktor Keamanan (FK) sebesar 1.722 dan (PF) sebesar 1.47%. Sehingga *Disposal STA-500* dapat dilakukan optimalisasi. Untuk mengoptimalkan area *disposal* direkomendasikan pembuatan desain *disposal* dengan geometri lereng dengan *bench width* 25 meter, *bench height* 10 meter, *overall height* 60 meter, *single slope* 14°, dan *overall slope* 13°. Desain *sequence* dibagi menjadi 4 tahap, tahap 1 menampung volume *overburden* sebesar 600,317.22 BCM dengan FK sebesar 1.811, tahap 2 menampung 474,245.05 BCM dengan FK 1.682, tahap 3 menampung 484,246.42 BCM dengan FK 1.520, tahap 4 menampung volume *overburden* sebesar 419,601.90 BCM dengan FK 1.408. Dengan total kapasitas *overburden* yang dapat di tampung sebesar 1,978,410.59 BCM.

Kata kunci: *disposal, overburden, sequence, faktor keamanan, morgenstern-price*

Abstract. With the increasing demand for production every day, the amount of *overburden* and *waste material* disposed of will increase. Therefore, every company needs to ensure that they have a safe disposal location and are designed with geometry that meets occupational safety and health standards. PT Bara Anugerah Sejahtera plans to optimize the *Disposal STA-500* which was previously considered limited. Therefore, a slope stability study is needed for the optimization plan in the area. The goal is to get the design and *sequence* and determine the *overburden* capacity that can be accommodated so that mining production activities can run smoothly. Slope stability analysis to obtain the Safety Factor (SF) value carried out in the existing *Disposal STA-500* area using the *Morgenstern-Price* method with the help of *Rocscience Slide 6.0* software as a reference in optimizing and determining the capacity of the area. The results of the analysis obtained an SF value of 1,722 and a PF of 1.47%. So that the *Disposal STA-500* can be optimized. To optimize the disposal area, it is recommended to create a disposal design with a slope geometry with a bench width of 25 meters, a bench height of 10 meters, an overall height of 60 meters, a single slope of 14° and an overall slope of 13°. The sequence design is divided into 4 stages, stage 1 accommodates an *overburden* volume of 600,317.22 BCM with a SF of 1,811, stage 2 accommodates 474,245.05 BCM with a SF of 1,682, stage 3 accommodates 484,246.42 BCM with a SF of 1,520, stage 4 accommodates an *overburden* volume of 419,601.90 BCM with a SF of 1,408. With a total *overburden* capacity that can be accommodated of 1,978,410.59 BCM.

Keywords: *disposal, overburden, sequence, safety factor, morgenstern-price*

Tanggal Diterima: 26/11/2024; Tanggal Direvisi: 31/12/2024; Tanggal Disetujui: 31/12/2024; Tanggal Dipublikasi: 31/12/2024

1. Pendahuluan

Tambang terbuka pada prinsipnya menggunakan sistem *cut and fill*. Sistem ini dimaksud dengan membuat galian atau lubang permukaan dengan memotong (*cut*) lapisan tanah dan batuan untuk mengambil batubara kemudian tanah penutup galian tersebut ditimbun (*fill*) ke suatu area *disposal*. Bentuk hasil galian untuk mendapatkan bahan galian atau material berharga disebut dengan *pit*, sedangkan daerah tempat pembuangan material *overburden* disebut dengan *disposal*.^[1]

Perencanaan desain *disposal* yang aman untuk jangka pendek dan jangka panjang dibutuhkan

analisis geoteknik yang tepat dari lereng tersebut. Berdasarkan posisi negara Indonesia yang berada di daerah sekitar khatulistiwa, dengan iklim yang memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan, dengan curah hujan yang intensitasnya cenderung tinggi. Analisis geoteknik menjadi hal yang diperlukan dalam pembuatan rencana desain lereng *disposal* tambang. Pada saat musim hujan, gaya penahan dari lereng, akan cenderung menurun (dikarenakan gaya tarik-menarik antar partikel material yang semakin lemah) dan gaya penggerak dari lereng akan cenderung meningkat (karena tekanan air pori dari material

lereng yang semakin besar), sehingga kemungkinan longsor pun akan semakin tinggi.^[2]

PT Bara Anugerah Sejahtera (PT BAS) mempunyai 2 (dua) area *disposal* aktif dan 1 (satu) area *disposal* yang telah dianggap *limit* (mencapai batas kapasitas material yang dapat ditampung) dalam proses pembentukannya. Dua area *disposal* aktif ini yaitu *Disposal West* dan *Disposal Ambalat* sedangkan *Disposal STA-500* merupakan area *disposal* yang telah dianggap *limit* (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Situasi *Disposal* PT BAS

Disposal West merupakan *disposal* yang paling besar yang terletak diantara *Disposal Ambalat* dan *Disposal STA-500*. Dalam proses pembentukannya, *Disposal West* mengalami retakan, maka dari hal itu *hauler* yang selama ini membuang material di lokasi *Disposal West* di alihkan sementara ke *Disposal Ambalat*. Sehingga mengakibatkan situasi *crowded* dan terganggunya proses kegiatan penimbunan material yang ada pada *Disposal Ambalat*. Dari kondisi diatas, PT BAS berencana untuk mengoptimalkan *Disposal STA-500* yang sebelumnya telah dianggap *limit*. Yang mana *disposal* ini diharapkan dapat mengatasi masalah *crowded* pada *Disposal Ambalat* serta dapat menekan *cost* dari proses pengangkutan material menuju area *disposal* dikarenakan jarak pengangkutan yang lebih dekat dari *pit*.

Tantangan yang diperlukan adalah lapisan tanah pada area *Disposal STA-500* yang terdiri dari batuan lempung, lempung pasir dan pasir, dan juga *disposal* ini tidak memiliki sistem drainase sehingga ketika hujan lereng menjadi mudah jenuh dan banyak tempat atau lubang yang menjadi tampungan air, sehingga hal ini dapat meningkatkan potensi terjadinya longsor pada area tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian mengenai kestabilan lereng untuk optimalisasi area *Disposal STA-500*.

2. Kajian Pustaka

2.1 Lereng

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara

alami maupun buatan manusia. Lereng yang terbentuk secara alami misalnya, lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain: galian dan timbunan, tanggul dan dinding tambang terbuka.^[3]

Menganalisis stabilitas lereng buatan biasanya relatif lebih mudah dari lereng alami. Sebab material yang digunakan untuk lereng buatan dapat dipilih dan dikontrol secara efektif. Untuk material timbunan yang terbuat dari bahan non-kohefif seperti kerikil, pasir, atau lanau, parameter yang mempengaruhi kestabilan tiang adalah: sudut gesek dalam, massa jenis atau berat batuan, tanah dan/atau bahan tambang dan tekanan air serta geometri termasuk sudut kemiringan lereng. Longsoran yang terjadi pada jenis akumulasi ini biasanya berupa longsor translasi atau rotasi. Tekanan air pori akibat rembesan air tanah akan menurunkan kestabilan lereng, sering kali dalam analisis diasumsikan muka air tanah berada pada permukaan lereng. Kondisi ini sering terjadi saat hujan deras yang berlangsung dalam jangka waktu relatif lama. Lereng *Disposal STA-500* PT BAS merupakan lereng buatan dengan tipe lereng *embankment* (timbunan).

2.2 Jenis-jenis Longsoran

Lereng pertambangan yang tidak stabil akan mengalami longsor hingga menemukan keseimbangan baru dan menjadi stabil.^[4] Berbagai jenis tanah longsor yang sering terjadi pada lereng tambang adalah tanah longsor busur, tanah longsor planar, tanah longsor blok, tanah longsor *slump*, dan tanah longsor kompleks. Namun jenis longsor yang umum terjadi pada *disposal* adalah longsor rotasi (busur) dan longsor translasi (bidang).

Longsoran bidang (*Plane Failure*) terjadi pada batuan yang mempunyai bidang lurus bebas (*day light*) yang mengarah ke lereng dan bidang lurcunya pada bidang diskontinu seperti: sesar, kekar, liniasi atau bidang pelapisan. Fenomena lainnya yang memicu longsor jenis ini yaitu bila sudut lereng lebih besar dari sudut bidang lurus serta sudut geser dalam lebih kecil dari sudut bidang lurcunya. Longsoran baji terjadi bila terdapat dua bidang lemah atau lebih berpotongan sedemikian rupa sehingga membentuk baji terhadap lereng. Longsoran guling umumnya terjadi pada lereng yang terjal dan pada batuan yang keras di mana struktur bidang lemahnya berbentuk kolom. Longsoran jenis ini terjadi apabila bidang-bidang lemah yang ada berlawanan dengan kemiringan lereng. Longsoran busur umumnya terjadi pada material yang bersifat lepas (*loose material*) seperti material tanah. Sesuai dengan namanya, bidang longsorannya berbentuk busur. Batuan hancur yang terdapat pada suatu daerah penimbunan dengan dimensi besar akan cenderung longsor dalam bentuk busur lingkaran.^[5]

2.3 Kestabilan Lereng

Faktor penentu kestabilan lereng dipengaruhi oleh berbagai macam hal, seperti kondisi batuan, kondisi tanah, sudut geser dalam, kohesi, berat isi basah, berat isi kering, kemiringan lereng, lebar *bench*, lebar *berm*, jarak dari *crest* lereng ke *limit* awal dari lereng tersebut, dan ketinggian lereng. Adapun kriteria dalam menentukan kondisi kestabilan lereng berdasarkan Kepmen ESDM RI No. 1827 Tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.^[6]

Tabel 1. Faktor Keamanan dan Probabilitas Longsor Lereng Tambang

| Kriteria dapat Diterima | | | | |
|-------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|--|
| Jenis Lereng | Keparahan Longsor (Consequences of Failure) | Faktor Keamanan Statis (Min) | Faktor Keamanan Dinamis (Min) | Probabilitas Longsor (Maks) PoF (FK ≤ 1) |
| Jenis Lereng | Rendah-Tinggi | 1,1 | Tidak Ada | 25-50% |
| | Rendah | 1,15-1,2 | 1,0 | 25% |
| Inter-Ramp | Menengah | 1,2-1,3 | 1,0 | 20% |
| | Tinggi | 1,2-1,3 | 1,1 | 10% |
| | Rendah | 1,2-1,3 | 1,0 | 15-20% |
| Lereng Keseluruhan | Menengah | 1,3 | 1,15 | 10% |
| | Tinggi | 1,3-1,5 | 1,1 | 5% |

Semakin tinggi berat kandungan material atau semakin jenuh material penyusun endapan, maka kemungkinan terjadinya longsor juga semakin tinggi karena gaya tahanan dan kekuatan material endapan akan semakin berkurang. Sebaliknya bila berat suatu bahan, baik kering maupun basah, berkurang maka nilai Faktor Keamanan (FK)-nya akan bertambah. Oleh karena itu, berat isi kering atau basah suatu bahan berbanding terbalik dengan nilai FK.

Berdasarkan sebuah hasil penelitian, jarak horizontal dari *crest* awal ke batas awal lereng juga memengaruhi bidang gelincir dan probabilitas kemungkinan longsor dari lereng tersebut.^[7] Semakin jauh dari *crest*, maka akan semakin tinggi nilai FK-nya dan semakin aman dari kemungkinan bahaya, begitu pun sebaliknya semakin mendekati puncak dari suatu lereng, maka kemungkinan longsor akan semakin tinggi dan nilai FK akan menyusut. Ini bisa diibaratkan ketika penulis berdiri di atas tanggul lereng, semakin dekat dengan puncak tanggul lereng, maka itu artinya semakin dekat dengan jurang, dan semakin besar peluang penulis untuk jatuh ke dasar *disposal*. Sebaliknya, semakin penulis menjauhi tanggul lereng, maka akan semakin kecil nilai probabilitas untuk jatuh ke dasar *disposal*.

2.4 Metode Morgenstern-Price dalam Kestabilan Lereng

Metode *Morgenstern-Price* adalah salah satu metode yang dianalisis berdasarkan prinsip kesetimbangan batas yang dikembangkan oleh Morgenstern dan Price pada tahun 1965. Morgenstern-Price menganggap kemiringan gaya geser antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan.^[8] Proses analisisnya

merupakan hasil dari kesetimbangan setiap gaya-gaya normal dan momen yang bekerja pada tiap irisan dari bidang kelongsoran lereng tersebut baik gaya. Pada metode ini, dilakukan asumsi penyederhanaan untuk menunjukkan hubungan antara gaya geser di sekitar irisan (X) dan gaya normal di sekitar irisan (E) dengan persamaan:

$$X = \lambda \cdot f(x) \cdot E$$

Analisis FK dengan metode Morgenstern-Price dilakukan dengan dua prinsip yaitu kesetimbangan momen (F_m) dan kesetimbangan gaya (F_f). Faktor keamanan dari prinsip kesetimbangan momen adalah untuk bidang kelongsoran *circular*, yaitu:

$$F_m = \frac{\sum c'l + (p - ul) \tan \Phi'}{\sum W \sin \alpha}$$

Nilai faktor keamanan dengan prinsip kesetimbangan gaya untuk bidang kelongsoran *circular*, yaitu:

$$F_f = \frac{\sum [c'l + (p - ul) \tan \Phi'] \cos \alpha}{\sum P \sin \alpha}$$

Keterangan :

- P = Gaya Normal
- c' = kohesi (jika analisis dalam kondisi *undrained* diambil c_u jika dalam kondisi *drained* diambil nilai kohesi efektif)
- W_n = gaya akibat beban tanah ke- n
- α = sudut antara titik tengah bidang irisan dengan titik pusat busur bidang longsor
- Φ' = sudut geser tanah (jika dalam kondisi *undrained* nilai sudut geser 0)
- u = tekanan air pori
- XL, XR = gaya gesek yang bekerja di tepi irisan

Metode Morgenstern-Price adalah salah satu metode yang paling teliti di dalam analisis kestabilan lereng karena ia mengasumsikan kemiringan gaya geser antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan. Pada *software*, fungsi yang paling sering dipakai berupa fungsi yang diasumsikan yaitu *half-sine function*. Kelebihan metode ini adalah memperhitungkan kesetimbangan gaya vertikal dan horizontal, termasuk pula gaya putar dan juga memperhitungkan semua kesetimbangan momen, serta metode ini sangat fleksibel, dapat dipakai untuk semua jenis lereng dengan material yang homogen ataupun heterogen, dan semua jenis longsor.^[9]

Ringkasan dari asumsi dan karakteristik metode tadi dapat dilihat pada Tabel 2 dan kondisi kesetimbangan yang dipenuhi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Asumsi-asumsi, Kondisi Kesetimbangan yang Digunakan Metode Morgenstern-Price dan Karakteristiknya

| Metode | Asumsi |
|-------------------|--|
| Morgenstern-Price | Kemiringan dari resultan gaya geser dan normal antar irisan besarnya sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan |

Tabel 3. Kondisi Kesetimbangan yang Dipenuhi

| Metode | Kesetimbangan gaya | | Kesetimbangan Momen |
|-------------------|--------------------|----------|---------------------|
| | Horizontal | Vertikal | |
| Morgenstern-Price | Ya | Ya | Ya |

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa metode Morgenstern-Price mempertimbangkan kesetimbangan momen dan kesetimbangan gaya, ia sangat cocok untuk lereng yang homogen dan berkomposisi material tanah, sehingga cukup relevan jika metode perhitungan ini digunakan pada kondisi lereng yang dikaji, sehingga sangat relevan jika metode perhitungan ini digunakan di dalam kajian ini.

2.5 Perbaikan Lereng

Metode untuk menangani lereng-lereng yang tak stabil terutama bergantung kepada sifat tanah yang dijumpai. Penanggulangan yang dilakukan bersifat pencegahan sebelum longsor terjadi pada daerah potensial dan stabilisasi, setelah longsor terjadi jika belum runtuh total. Penanggulangan yang tepat pada kedua kondisi diatas dengan memperhatikan penyebab utama longsor, kondisi pelapisan tanah dan juga aspek geologinya. Sedang langkah yang umum dalam menangani longsor antara lain: pemetaan geologi topografi daerah yang longsor, pengeboran untuk mengetahui bentuk pelapisan tanah/batuan dan bidang gelincirnya, pemasangan *piezometer* untuk mengetahui muka air atau tekanan air porinya, dan pemasangan *slope indicator* untuk mencari bidang geser yang terjadi. Selain itu dilakukan pula pengambilan tanah tidak terganggu, terutama pada bidang geser untuk dipelajari besar kekuatan tahanan gesernya.^[10]

Banyak cara dapat dilakukan untuk menambah stabilitas lereng, antara lain: pemotongan lereng, pembuatan berm, menurunkan muka air tanah, pemasangan tiang-tiang dan lainnya.^[11] Metode perbaikan stabilitas lereng dibagi tiga kelompok, yaitu Metode Geometri yaitu perbaikan lereng dengan cara mengubah geometri lereng; Metode Hidrologi yaitu dengan cara menurunkan muka air tanah atau menurunkan kadar air tanah pada lereng. Metode-metode kimia dan mekanis yaitu dengan cara *grouting* semen untuk

menambah kuat geser tanah atau memasang bahan tertentu (tiang) di dalam tanah.^[11]

2.6 Disposal

Disposal adalah suatu kegiatan penambangan secara konvensional yang merupakan pemindahan lapisan tanah penutup untuk mengeruk bahan galian tambang.^[12] Proses kegiatan tambang terbuka dilakukan penggalian material tanah penutup oleh alat gali muat dan alat angkut. Proses penggalian dan pemuatan material tanah penutup dilakukan oleh alat gali muat dan pengangkutan material tanah penutup ke *disposal* dilakukan oleh alat angkut. *Disposal* merupakan lokasi yang dirancang dan direncanakan untuk menampung material tanah penutup dari tambang. Pembuatan *disposal* harus dilakukan dengan parameter-parameter aman dan situasi keadaan di lapangan.

Disposal biasanya dapat dibuat pada lubang-lubang bekas penambangan ataupun bekas penambangan liar.^[13] Ketika lubang tersebut telah penuh, maka permukaan dari *disposal* ini akan ditutupi dengan lapisan tanah penutup (*top soil*) untuk dijadikan daerah penghijauan. Sudah menjadi tanggung jawab tiap perusahaan penambangan untuk melakukan penghijauan kembali setelah area penambangan ditutup. Oleh karena itu, area yang berupa lubang atau lereng bekas penambangan harus disiapkan untuk menjadi *disposal* area.

Rancangan *disposal* sangat penting untuk perhitungan keekonomian. Lokasi dan bentuk dari *disposal* akan berpengaruh terhadap jumlah gilir truk, biaya operasi, dan jumlah truk dalam satu armada yang diperlukan.

Perencanaan material ke *disposal* menjadi hal yang sangat penting untuk direncanakan dalam membuat suatu rencana tahapan penambangan. Salah satu yang perlu diperhatikan dalam perencanaan material adalah *material balance* (keseimbangan material). *Material balance* berkaitan dengan pembagian *material overburden* ke *disposal* dengan memperhatikan jarak angkut dan memaksimalkan ruangan *disposal*.^[12]

Penelitian mengenai desain *disposal* sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Sebelum pembuatan desain *disposal* yang dipersiapkan ialah tinggi *bench*, lebar *bench*, kemiringan *bench*, lebar jalan angkut, dan peta situasi.^[14] Pada penelitian lain dibuat sebuah desain *disposal*, namun dari desain *disposal* belum dilakukan analisis mengenai kestabilan timbunan hasil desain *disposal*.^[15] Hal ini bisa berdampak pada kondisi yang tidak aman dan dapat menyebabkan terjadinya longsor timbunan.^[16]

Lokasi *Disposal STA-500* adalah *mined out area* atau area lain sebagai tempat penumpukan tanah penutup. Lereng *disposal* termasuk ke dalam lereng *embankment*. Sifat teknis tanah timbunan dipengaruhi oleh cara penimbunan dan derajat kepadatan tanah. Maka dari itu perencanaan desain

disposal disertai kajian kestabilan lereng terhadap *sequence*-nya sangat diperlukan.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Sumber Data

3.1.1 Studi Literatur

Tahapan awal dalam melakukan penelitian adalah dengan pencarian bahan literatur yang berkaitan kajian analisis kestabilan lereng. Literatur yang digunakan dapat bersumber dari buku Geologi Teknik yang memuat teori mengenai kajian lereng dan sejenisnya, penelitian terdahulu yang relevan, kajian dan arsip PT BAS, dan informasi literatur lainnya. Tujuan tahapan ini dilakukan sebagai persiapan sebelum melakukan kegiatan observasi lapangan dan pengambilan data. Pentingnya pencarian literatur yang berhubungan dengan penelitian agar data yang diambil menjadi terstruktur dan menghindari kekurangan dan kesalahan data.

3.1.2 Observasi dan Pengamatan Lapangan

Pengamatan di lapangan dilakukan untuk meninjau rencana bahasan yang akan diteliti dengan kondisi permasalahan di lapangan. Khususnya kegiatan observasi berfokus pada rencana *sequence* desain lereng tambang pada area *Disposal STA-500* PT BAS.

3.2 Tahap Pengambilan Data

Tahapan pengambilan data dilakukan sesuai dengan jenis data yang dikumpulkan. Data primer diambil dengan cara pengukuran di lapangan dengan instrumen penelitian yang sudah dipersiapkan. Data primer pada data kondisi muka air tanah, data diambil dengan menggunakan alat *piezometer*, alat ini berbentuk kabel roll pada ujungnya terdapat besi sebagai pemberat serta memiliki sensor jika terkena air. Pengambilan data permukaan air tanah dilakukan pada bekas lubang bor *SPT (Standard Penetration Test)* yang terdapat di sekitaran area *Disposal STA-500* yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengambilan Data Kondisi Muka Air Tanah Menggunakan *Piezometer*

Data sekunder didapatkan dari sumber data yang telah dilakukan pengukuran sebelumnya. Data yang bersumber dari PT BAS, berupa data hasil uji laboratorium sifat fisik dan mekanik material timbunan area *Disposal STA-500*. Data lainnya berupa data batas Izin Usaha Pertambangan (IUP) PT BAS untuk data masukan pada pembuatan peta area penelitian.

3.3 Teknik Pengolahan dan Analisa Data

Berdasarkan data yang dikumpulkan, dilakukan analisis untuk menyelesaikan permasalahan yang dikaji. Hasil dari penelitian ini difokuskan untuk menghasilkan kajian analisis kestabilan lereng terhadap rencana *sequence area Disposal STA-500* PT BAS baik berupa rekomendasi ataupun optimalisasi desain geometri lereng. Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini, sebagai berikut:

3.3.1 Analisis Faktor Keamanan Terhadap Lereng yang Terdapat pada Area Disposal STA-500

Penggabaran kondisi geometri lereng aktual menjadi dasar dalam analisis faktor keamanan lereng. Analisis dilakukan dengan bantuan *software* pemetaan dan geoteknik tambang. Data utama yang digunakan adalah data hasil uji laboratorium material properti area penelitian yang telah dilakukan oleh PT BAS, dengan data pendukung berupa geometri lereng serta deskripsi litologi material penyusun lereng yang digambarkan secara grafis.

Proses pengerjaan dilakukan dengan penggambaran kondisi geometri lereng aktual agar hasil yang didapatkan dapat menghasilkan nilai faktor keamanan yang akurat. Setelah data dimasukkan ke dalam *software Rocscience Slide 6.0*, akan memperlihatkan nilai faktor keamanan lereng aktual, yang mendekati kondisi aktual di lapangan.

3.3.2 Perencanaan/Pengoptimalisasian Desain Lereng Area Disposal STA-500

Nilai sifat fisik dan mekanik material menjadi data masukan pada perencanaan/pengoptimalisasi desain lereng yang aman. Pada dasarnya perencanaan desain geometri lereng yang aman menggunakan prinsip *trial and error* untuk menghasilkan nilai faktor keamanan yang sesuai dengan standar. Perubahan dilakukan pada bentuk geometri lereng aktual, dengan berpedoman pada bentuk lereng yang sesuai dengan aturan yang berlaku. Perubahan geometri lereng direncanakan dengan mempertimbangan keefektifannya dengan simulasi secara berulang dilakukan agar nilai faktor keamanan dapat tercapai sesuai dengan standar. Perencanaan desain geometri lereng dibuat pada 2 (dua) kondisi yaitu kondisi lereng yang natural dan jenuh Hal ini dilakukan untuk mempertimbangkan perubahan kondisi lereng di area *Disposal STA-500*.

3.3.3 Analisis Terhadap Rencana Sequence Area Disposal STA-500

Kondisi dan nilai faktor keamanan lereng aktual dengan menggunakan data input hasil uji laboratorium material properti area penelitian, PT BAS, menjadi acuan dalam mengkaji rencana *sequence area Disposal STA-500*. Oleh karena itu, dilakukan analisis terhadap lereng aktual di area *Disposal STA-500*, untuk mendapatkan parameter yang mempengaruhi nilai faktor keamanan lereng.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Uji Laboratorium

Lokasi penelitian berada pada area *Disposal STA-500* PT BAS. Geometri yang dianalisis dilakukan pada 3 (tiga) *section* yaitu *section A-A'*, *B-B'*, dan *C-C'* (Gambar 3). Titik koordinat lokasi penelitian pada ketiga *section* yang dianalisis dapat dilihat pada Tabel 4.



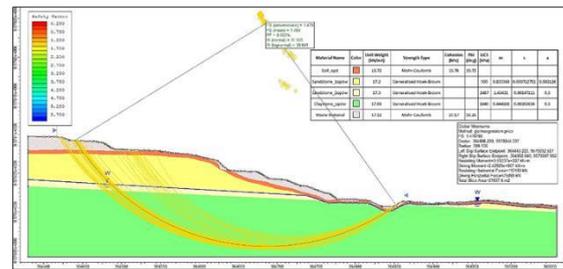
Gambar 3. Lokasi Penelitian dan Section

Tabel 4. Koordinat Section

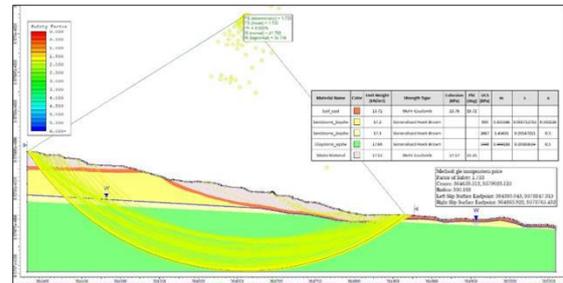
| Ket. | Section | | | |
|------|----------|----------|-----------|-----------|
| | X | Y | X | Y |
| A-A' | 363770.5 | 364189.6 | 9578352.8 | 9578886.5 |
| B-B' | 363834.3 | 364253.4 | 9578312.6 | 9578846.3 |
| C-C' | 363898.1 | 364317.2 | 9578272.4 | 9578806.1 |

4.2 Kestabilan Lereng Existing Disposal

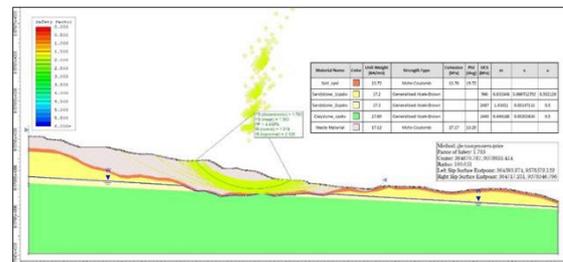
Analisis kestabilan lereng dengan pemodelan geometri lereng aktual kondisi natural, nilai faktor keamanan (FK) yang dihasilkan pada *section A-A'* sebesar 1.484 (Gambar 4), *B-B'* sebesar 1.717 (Gambar 5), dan pada *section C-C'* sebesar 1.963 (Gambar 6). Hasil FK dan *Probability Failure* pada ketiga *section* dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 4. Analisis Kondisi Natural Section A-A'



Gambar 5. Analisis Kondisi Natural Section B-B'

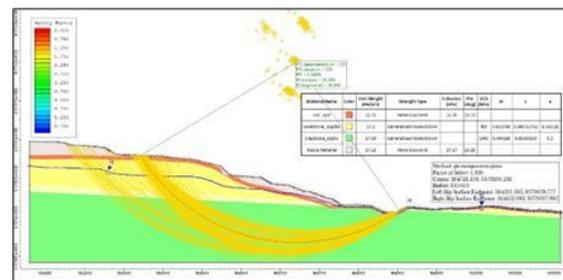


Gambar 6. Analisis Kondisi Natural Section C-C'

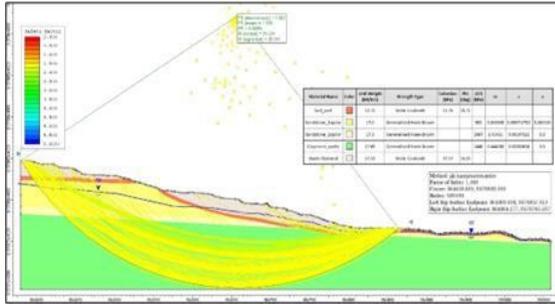
Tabel 5. Analisis Geometri Kondisi Natural

| Section | Factor Safety | Probability Failure |
|----------------|---------------|---------------------|
| A-A' | 1.484 | 0.00% |
| B-B' | 1.717 | 0.00% |
| C-C' | 1.963 | 4.40% |
| Average | 1.722 | 1.47% |

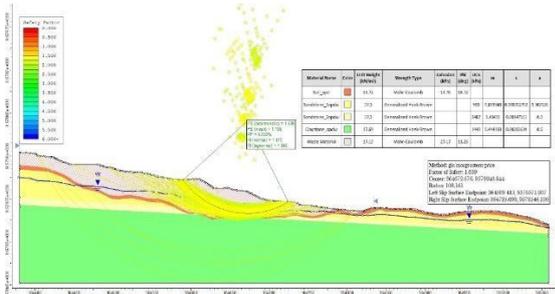
Analisis kestabilan lereng aktual pada kondisi *parcial saturated* pada *section A-A'* menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 1.339, (Gambar 7) FK *section B-B'* sebesar 1.547 (Gambar 8) dan pada *section C-C'* menghasilkan FK sebesar 1.639 (Gambar 9).



Gambar 7. Analisis Kondisi Parcial Saturated Section A-A'



Gambar 8. Analisis Kondisi *Parcial Saturated* Section B-B'



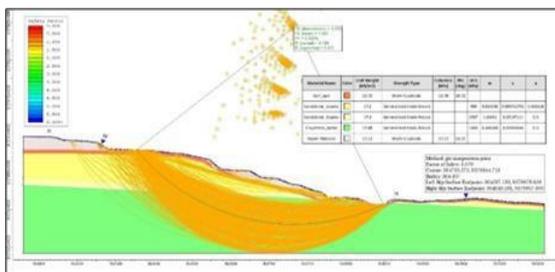
Gambar 9. Analisis Kondisi *Parcial Saturated* Section C-C'

Hasil analisis geometri lereng aktual pada section A-A', B-B', dan C-C' pada kondisi *parcial saturated* dapat dilihat pada tabel 6.

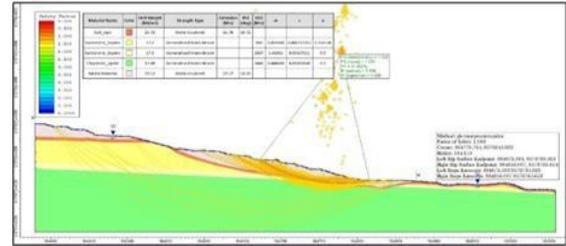
Tabel 6. Analisis Geometri Kondisi *Parcial Saturated*

| Section | Factor Safety | Probability Failure |
|----------------|---------------|---------------------|
| A-A' | 1.339 | 0.00% |
| B-B' | 1.547 | 0.00% |
| C-C' | 1.639 | 6.50% |
| Average | 1.508 | 2.17% |

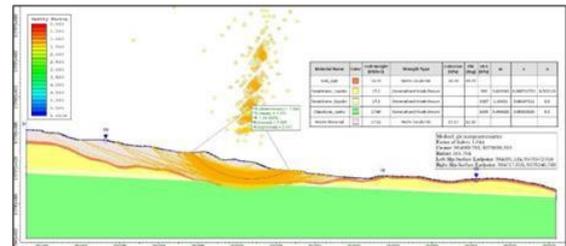
Pada kondisi *full saturated*, analisis kestabilan lereng pada section A-A' menghasilkan FK sebesar 1.079, FK (Gambar 10) section B-B' sebesar 1.018 (Gambar 11) dan section C-C' FK = 1.044 (Gambar 12). Hasil FK dan *Probability Failure* pada analisis kestabilan lereng ketiga section dapat dilihat pada Tabel 7.



Gambar 10. Analisis Kondisi *Full Saturated* Section A-A'



Gambar 11. Analisis Kondisi *Full Saturated* Section B-B'

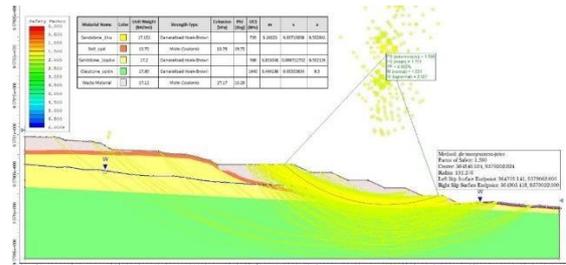


Gambar 12. Analisis Kondisi *Full Saturated* Section C-C'

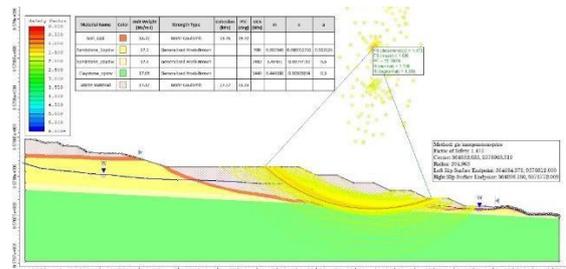
Tabel 7. Analisis Geometri Kondisi *Full Saturated*

| Section | Factor Safety | Probability Failure |
|----------------|---------------|---------------------|
| A-A' | 1.079 | 0.00% |
| B-B' | 1.018 | 34.70% |
| C-C' | 1.044 | 31.30% |
| Average | 1.047 | 22.00 |

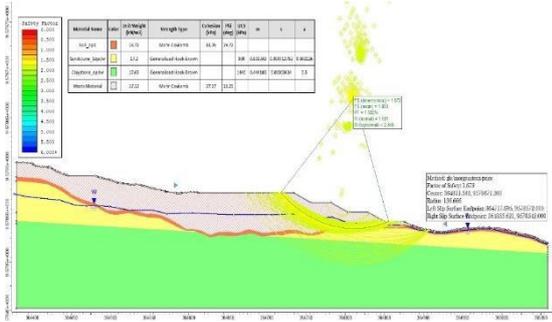
Hasil regeometri *disposal* pada section A menghasilkan FK sebesar 1.59 (Gambar 13), section B sebesar 1.446 (Gambar 14), dan section C sebesar 1.837 (Gambar 15). Hasil FK dan *Probability Failure* pada analisis kestabilan lereng ketiga section dapat dilihat pada Tabel 8.



Gambar 13. Analisis Regeometri Section A-A'



Gambar 14. Analisis Regeometri Section B-B'

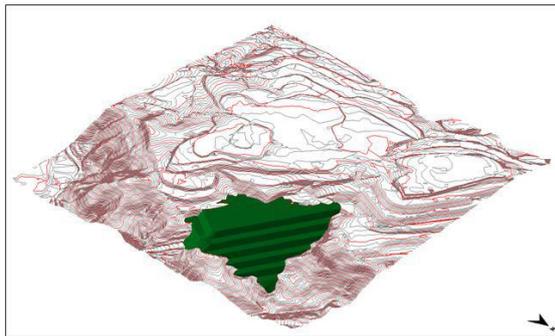


Gambar 15. Analisis Regeometri Section C-C'

Tabel 8. Section Analisis Regeometri

| Section | Factor Safety | Probability Failure |
|---------|---------------|---------------------|
| A-A' | 1.590 | 4.5% |
| B-B' | 1.446 | 12% |
| C-C' | 1.874 | 2.1% |
| Average | 1.637 | 6.2% |

Hasil rancangan desain optimalisasi *Disposal STA-500* dapat menampung material *overburden* sebesar 1,978,410.59 BCM yang dapat dilihat lebih jelasnya pada Gambar 16. Parameter *geometry design* optimalisasi *Disposal STA-500* dirangkum pada Tabel 9.



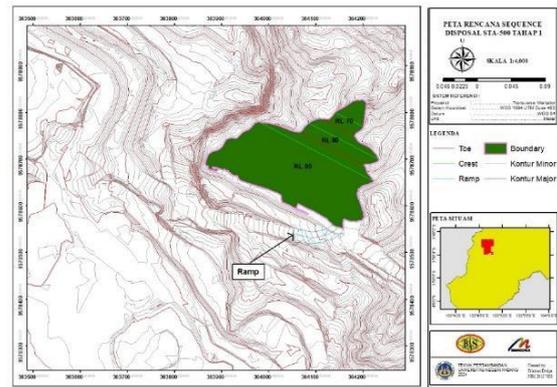
Gambar 16. Optimalisasi Desain Disposal STA-500

Tabel 9. Parameter Geometry Design Optimalisasi Disposal

| Parameter | Unit | Geometri |
|----------------|-------------|----------|
| Bench Height | m | 10 |
| Bench Width | m | 25 |
| Slope | derajat (°) | 14 |
| Overall Slope | derajat (°) | 9 |
| Overall Height | m | 80 |

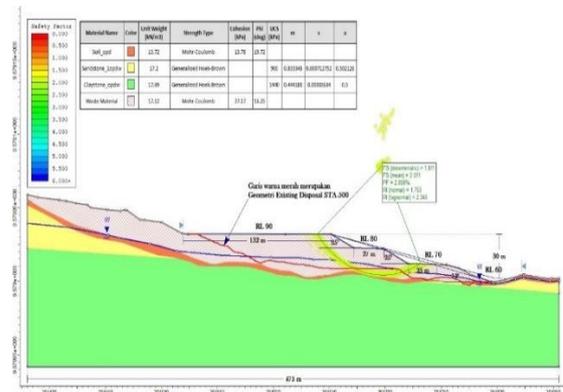
4.3 Sequence Disposal

Sequence tahap 1 pada rencana *design Disposal STA-500* dapat menampung *overburden* sebesar 600,317.22 BCM yang dapat dilihat pada Gambar 17.



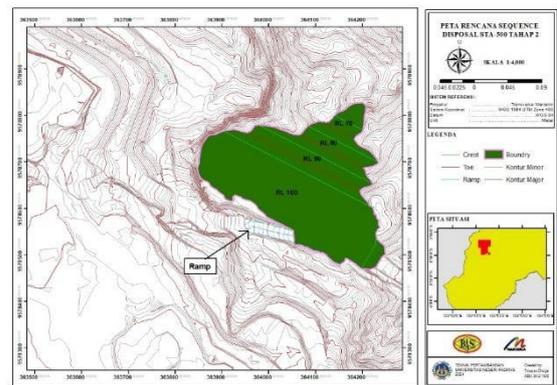
Gambar 17. Desain Sequence Disposal STA-500 Tahap 1

Pada rencana *sequence* tahap 1, didapatkan nilai FK sebesar 1.811 dan PF sebesar 2.60%. Hasil interpretasi model data *geometry sequence disposal* tahap 1 dapat dilihat pada Gambar 18.



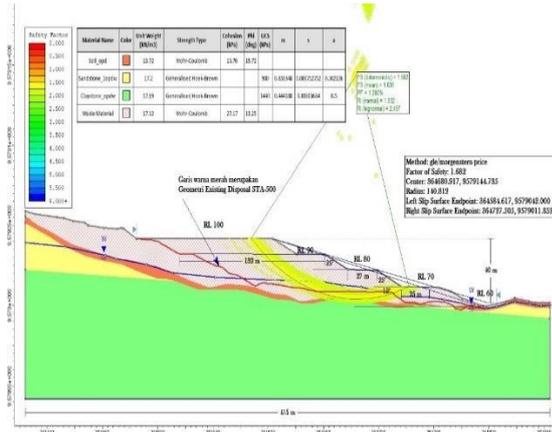
Gambar 18. Analisis Kestabilan Lereng Terhadap Rencana Sequence Tahap 1

Sequence tahap 2 pada rencana *design disposal STA-500* dapat menampung *overburden* sebesar 474,245.05 BCM yang dapat dilihat pada Gambar 19.



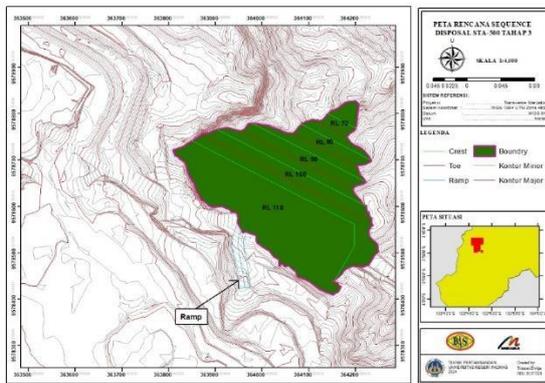
Gambar 19. Desain Sequence Disposal STA-500 Tahap 2

Pada rencana *sequence* tahap 2, didapatkan nilai FK sebesar 1.682 dan PF sebesar 1,20%. Hasil interpretasi model data *geometry sequence disposal* tahap 2 dapat dilihat pada Gambar 20.



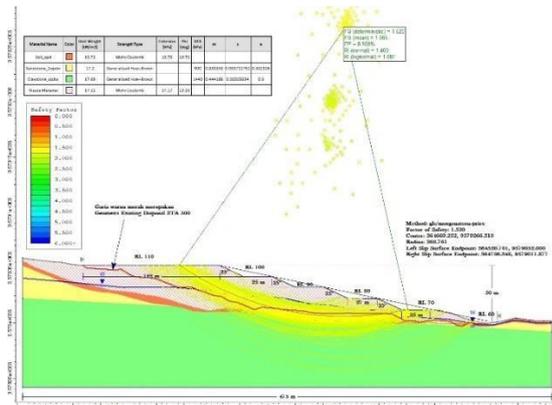
Gambar 20. Analisis Kestabilan Lereng Terhadap Rencana Sequence Tahap 2

Sequence tahap 3 pada rencana design disposal STA-500 dapat menampung overburden sebesar 484,246.42 BCM yang dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Desain Sequence Disposal STA-500 Tahap 3

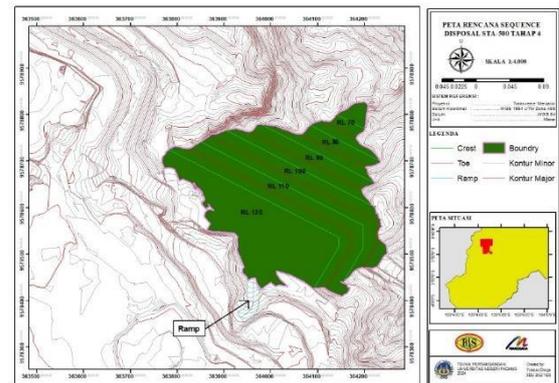
Pada rencana sequence tahap 3, didapatkan nilai FK sebesar 1.520 dan PF sebesar 8.50%. Hasil interpretasi model data geometri sequence disposal tahap 3 dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Analisis Kestabilan Lereng Terhadap Rencana Sequence Tahap 3

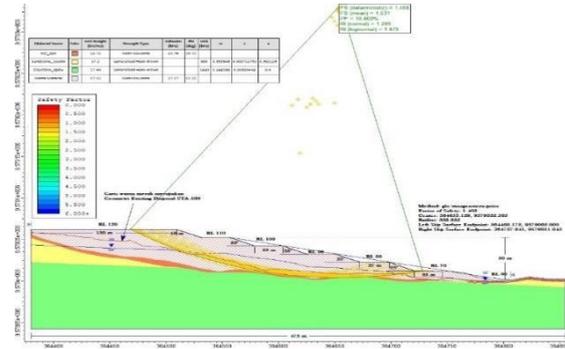
Sequence tahap 4 pada rencana desain disposal STA-500 dapat menampung overburden

sebesar 419,601.90 BCM yang dapat dilihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Desain Sequence Disposal STA-500 Tahap 4

Pada rencana sequence tahap 4, didapatkan nilai FK sebesar 1.408 dan PF sebesar 10.60%. Hasil interpretasi model data geometri sequence disposal tahap 4 dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. Analisis Kestabilan Lereng Terhadap Rencana Sequence Tahap 4

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil analisis yang dilakukan pada lokasi penelitian Disposal STA-500 PT BAS, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan analisis kestabilan lereng pada existing Disposal STA-500 yang telah dianggap limit sebelumnya didapatkan nilai FK sebesar 1.722 dan PF sebesar 1.47%. Maka dari hal itu, Disposal STA-500 dapat dilakukan optimalisasi volume atau penambahan overburden pada areanya.
- Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng menggunakan metode Morgenstren-Price didapatkan pada kondisi natural nilai average FK sebesar 1.722 dan pada kondisi partial saturated nilai average FK sebesar 1.508 sehingga pada dua kondisi ini lereng tergolong aman, sedangkan pada kondisi full saturated, didapatkan nilai average FK sebesar 1.047 maka lereng pada kondisi full saturated tergolong kritis atau rawan longsor.

3. Setelah dilakukan analisis pengaruh parameter air terhadap kestabilan lereng, maka disimpulkan upaya untuk mengoptimalkan volume tampungan *overburden* adalah merekomendasikan geometri lereng dengan *bench width* 25 meter, *bench height* 10 meter, *overall height* 60 meter dengan jumlah 6 *bench*, *single slope* 14° dan *overall slope* 13° dengan volume tampungan *overburden* sebesar 1,978,410.59 BCM.
4. Rencana *sequence Disposal STA-500* dibagi menjadi 4 (empat) tahap: tahap 1 menampung volume *overburden* sebesar 600,317.22 BCM dengan FK sebesar 1.811, tahap 2 menampung volume *overburden* sebesar 474,245.05 BCM dengan FK 1.682, tahap 3 menampung volume *overburden* sebesar 484,246.42 BCM dengan FK 1.520, tahap 4 menampung volume *overburden* sebesar 419,601.90 BCM dengan FK 1.408.
5. Berdasarkan hasil tahapan *sequence Disposal STA-500* didapatkan nilai FK > 1.3 dan PF < 20% yang mengatakan proses *sequence* tergolong aman dari kajian kestabilan lerengnya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian perencanaan geometri lereng menurut penulis sudah efektif, namun perlu adanya pengawasan terhadap aktualisasi di lapangan, agar geometri lereng sesuai dengan geometri yang sudah direncanakan.
2. Pemantauan terhadap kondisi lereng perlu dilakukan secara berkala untuk pencegahan terhadap gangguan dan hambatan pada proses *sequence Disposal STA-500* dilakukan.
3. Perlu adanya kajian ataupun perencanaan drainase pada area *Disposal STA-500*, untuk mengendalikan air yang mengalir di atas permukaan.
4. Berdasarkan hasil penelitian, penulis memberikan saran agar memiliki ketelitian serta pemahaman terhadap aplikasi perencanaan tambang dan aplikasi *Rocsience Slide 6.0*.

Referensi

- [1] Prapassel, W. (2021). *Rancangan Disposal dan Drainase di PT Kamalindo Sompurna Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi*. Universitas Jambi.
- [2] Farrand, R. A. (2019). *Analisis Kestabilan Lereng pada Desain Disposal Suwota Tahun 2018 di Tambang PT Antam TBK UBPN Maluku Utara Kabupaten Halmahera Timur Maluku Utara*. 44–45.
- [3] Putra, S., & Heriyadi, B. (2019). *Analisis Balik Kestabilan Lereng Penampang A dan*

Penampang B Area Lowwall Tambang Batubara pada Pit X PT. Kideco Jaya Agung Kecamatan Batu Sopang Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur. *Journals Mining Engineering: Bina Tambang*, 4(1), 59–70.

- [4] Arif, I. (2021). *Geoteknik Tambang. Edisi Kedua*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, Hal, 211–275.
- [5] Hoek, E. (1981). *Rock Slope Engineering. The Institution of Mining and Metallurgy*, 402.
- [6] Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827 K 30 MEM 2018. Jakarta: Sekretariat Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [7] Gerry P.S, 2018. (2018). *Analisis Kestabilan Lereng pada Desain Disposal Suwota Tahun 2018 di Tambang PT Antam Tbk UBPN Maluku Utara, Kabupaten Halmahera Timur, Maluku Utara*.
- [8] Pontoh, A. N., & W. Ramadhan, M. F. (2022). *Penggunaan Sheet Pile Sebagai Perkuatan Tebing Sungai Dondang di Lokasi Proyek BLC 2 PT. Kutai Energi, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur*. Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil, 27(2), 275. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v27i2.4148>
- [9] Mubarak, Z., Aditya, E., & Ir Barlian Dwinagara, M. T. (2019). *Perubahan Standar Desain Jalan Tambang Boboka Site Tanjung Buli Berdasarkan Kajian Geoteknik untuk Mengurangi Material Movement dan Mempercepat Development Jalan Tambang*. Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI, 1(1), 553–560.
- [10] Pangemanan, V. G. M., Turangan, A. E., & Sompie, O. B. A. (2014). *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)*. *Jurnal Sipil Statik*, 2(1).
- [11] Imran, Fadli. (2019). *Analisa Kestabilan Lereng dan Metode Penanganannya pada Tanah Lempung Berpasir*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- [12] Hardianti, S., Adiwarmarman, M., & Saputra, R. (2024). *Perencanaan Desain Disposal dan Perhitungan Kapasitas Disposal di Banko Selatan PT Bukit Asam, Tbk. Provinsi Sumatera Selatan*. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 14(02), 83–91. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v14i02.216>
- [13] Hidayat, N. (2017). *Analisis Penentuan Batas Dumping dan Elevasi Timbunan Terhadap Kestabilan Lereng Disposal pada PT. Vale Indonesia Tbk*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- [14] Sepriadi, S., & Yuliana, R. (2019). *Rencana Desain Backfilling dan Perhitungan Volume Material Timbunan Menggunakan Software Minescape 4.118 untuk Memenuhi Target Produksi*. *Jurnal Teknik Patra Akademika*,

10(01), 76–85.

<https://doi.org/10.52506/jtpa.v10i01.88>

- [15] Hardianti, S., & Halim, M. S. (2021). *Perencanaan Desain Disposal Area serta Sequence Timbunan Overburden guna Mengakomodasi Produksi Bulan Juli Tahun 2020 di PT X, Kabupaten Kutai Barat*. *Jurnal Pertambangan*, 5(2), 98–105.
<https://doi.org/10.36706/jp.v5i2.185>
- [16] Harsiga, E., Pebrianto, R., Darmawan, A. A., Hardianti, S., (2022). *Perencanaan Design Disposal Menggunakan Software Minescape 5.7 pada PT BAU, Sumatera Selatan*. *Design Planning of Disposal using Minescape 5.7 Software at PT BAU, South Sumatera*. *Jurnal Pertambangan*, 6(4), 184–189.
<http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JP>