

ANALISIS KESTABILAN LERENG TAMBANG TIMAH “XYZ”, KECAMATAN MUNTOK, KABUPATEN BANGKA BARAT

Herman Darmawan Sitompul

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Indonesia

Email: herman.darmawan71@ui.ac.id

Abstrak

Tambang Timah “XYZ” belum memiliki kajian mengenai analisis kestabilan lereng sebagai dasar untuk menentukan geometri lereng bukaan tambangnya, dimana seharusnya aspek ini menjadi faktor yang penting dalam pelaksanaan kaidah teknis penambangan yang baik. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kondisi kestabilan lereng pada Tambang Timah “XYZ” melalui pengamatan geometri lapangan dan pengujian sifat fisik dan mekanik dari pengambilan sampel pada permukaan lereng untuk digunakan dalam analisis menggunakan metode kesetimbangan batas dan probabilistik menggunakan simulasi Monte Carlo. Berdasarkan hasil analisis, kondisi kestabilan lereng aktual keseluruhan, Lereng A tambang memiliki nilai Faktor Keamanan (FK) Deterministik 1,206, Probabilitas Kelongsoran (PK) 0% dan FK rata-rata 1,1959 pada kondisi statis, FK Deterministik 1,023, PK 28% dan FK rata-rata 1,016 pada kondisi dinamis dengan beban seismik horizontal 0,056g, Sedangkan kondisi Lereng B aktual memiliki nilai FK Deterministik 1,092, PK 0% dan FK rata-rata 1,0846 pada kondisi statis dan FK Deterministik 0,926, PK 100% dan FK rata-rata 0,921 pada kondisi dinamis. Kondisi ini belum memenuhi syarat nilai FK minimum menurut KEPMEN ESDM 1827:2018 dan perlu dioptimasi sehingga FK bernilai $>1,3$. Setelah dilakukan optimasi dengan mengubah geometri lereng, didapatkan rekomendasi desain lereng tambang yang lebih aman pada lereng A dengan nilai FK Deterministik 1,302, PK 0% dengan FK Rata-rata 1,291 pada kondisi statis dan nilai FK Deterministik 1,095, PK 0% dengan FK Rata-rata 1,085. Pada Lereng B, memiliki FK Deterministik 1,304, PK 0% dengan FK Rata-rata 1,294 pada kondisi statis dan FK Deterministik 1,096, PK 0% dengan FK Rata-rata 1,089.

Kata Kunci: kestabilan lereng; timah; faktor keamanan; kesetimbangan batas; Monte Carlo

Abstract

Tin Mine "XYZ" does not yet have a study of slope stability analysis as a basis for determining the slope geometry of the mine opening, which should be an important factor in the implementation of good mining practice. The study was conducted to analyze the stability conditions of the slopes at the Tin Mine "XYZ" through field geometry observations and testing the physical and mechanical properties by on sampling the slope surface for use in analysis using limit equilibrium and probabilistic methods. Based on the results of the Analysis, the overall actual slope stability condition, Slope A of the mine has a Deterministic Safety Factor (SF) value

How to cite:

Sitompul. H. D., (2021) Analisis Kestabilan Lereng Tambang Timah “XYZ”, Kecamatan Muntok, Kabupaten Bangka Barat, *Syntax Idea*, 3(10), <https://doi.org/10.36418/syntax-idea.v3i10.1517>

E-ISSN:

2684-883X

Published by:

Ridwan Institute

of 1,206, Probability of Failur (PoF) of 0% and average SF of 1.1959 in static conditions, Deterministic SF of 1,023, Pof 28% and average SF of 1.016 in dynamic conditions with a horizontal seismic load of 0.056g, while the actual Slope B condition has a Deterministic SF value of 1,092, PoF 0% and average SF of 1.0846 in static conditions and Deterministic SF 0.926, PoF 100% and average SF of 0.921 in dynamic conditions. This condition does not meet the minimum SF value according to KEPMEN ESDM 1827:2018 and it needs to be optimized so that SF is worth >1.3. After optimizing by changing the geometry of the slope, we obtained recommendations for safer mining slope design on slope A with a Deterministic SF value of 1,302, PoF 0% with an average SF of 1,291 in static conditions and a Deterministic SF value of 1,095, PoF 0% with an average SF of 1,085. On Slope B, it has a Deterministic SF of 1,304, PoF of 0% with an average SF of 1,294 in static conditions and a Deterministic SF of 1,096, a PoF of 0% with an average SF of 1,089.

Keywords: *slope stability; tin; safety factor; limit equilibrium; Monte Carlo*

Received: 2021-09-22; Accepted: 2021-10-05; Published: 2021-10-20

Pendahuluan

Pada akhir tahun 2020, permintaan global logam Timah mengalami peningkatan setelah sebelumnya turun akibat pengaruh pandemi COVID-19. Menurut *press release* kuartal III PT Timah pada November 2020, permintaan meningkat 8,07% atau sebesar 85,7ton dari 79,3 ton pada kuartal sebelumnya. Peningkatan akan kebutuhan timah ini mendorong kegiatan pertambangan yang efektif dan efisien dengan melakukan prosedur Kaidah Pertambangan yang Baik (*Good Mining Practice*) dengan prinsip metode pertambangan yang efektif dan cost-friendly (PT. Timah Tbk, 2020).

Menurut (Peraturan Menteri ESDM, 2018), beberapa aspek dari kaidah pertambangan yang baik menurut adalah antara lain Keselamatan dan Kesehatan Kerja pertambangan, keselamatan operasi pertambangan, serta pemanfaatan teknologi, kemampuan rekayasa, rancang bangun, pengembangan, dan penerapan teknologi pertambangan. Pada wilayah pertambangan timah primer yang dilakukan dengan metode penambangan terbuka (*open-pit*), salah satu faktor yang dapat memengaruhi keselamatan operasi pertambangan adalah kestabilan lereng tambang, yang mana menurut (Arif, 2016), jika lereng yang terbentuk dari proses penambangan (*pit slope*) tidak stabil, maka dapat mengganggu kegiatan produksi dan menyebabkan ketidaksinambungan produksi.

Stabilitas lereng ditentukan oleh faktor geometris (ketinggian dan sudut), faktor geologi (yang menentukan keberadaan permukaan dan area lemah dan anisotropi pada lereng), faktor hidrogeologi (terkait dengan keberadaan air) dan faktor geomekanik (kekuatan, deformabilitas dan permeabilitas). Kombinasi dari faktor-faktor ini dapat menentukan kondisi kegagalan di sepanjang satu atau lebih permukaan dan membuat pergerakan massa tanah atau batuan dengan volume tertentu menjadi mungkin secara kinematis. Kemungkinan kegagalan umumnya bergantung pada faktor geologi dan

geometri, yang juga menentukan mekanisme dan model ketidakstabilan lereng (de Vallejo & Ferrer, 2011).

Menurut Geologi Regional, Pulau Bangka secara fisiografi termasuk kedalam paparan sunda dan termasuk kedalam sabuk timah Asia Tenggara yang memanjang dari Myanmar, Thailand, Malaysia dan kemudian ke Indonesia tepatnya di wilayah Kepulauan Riau dan Bangka Belitung (Rizal, 2021). Berdasarkan Peta Geologi Regional lembar Bangka Utara oleh (Sampurno, Zuraida, Nurdin, Gustiantini, & Aryanto, 2018), wilayah penelitian termasuk kedalam Formasi Granit Klabat yang terdiri atas Granit, granodiorite, adamalit, diorite dan diorite kuarsa. Terkekarkan dan tersesarkan, serta menerobos Diabas Penyabung (PTRd),

Tambang Timah “XYZ” belum memiliki kajian mengenai kondisi kestabilan lereng untuk menjadi acuan dalam penentuan geometri dari bukaan lereng tambang, sehingga perlu dilakukan analisis kestabilan lereng guna mencegah gangguan yang mengganggu produksi dan bencana yang berkaitan dengan keselamatan pekerja maupun peralatan.

Kestabilan dari suatu lereng dapat dianalisis dengan pendekatan studi geoteknik dengan menggunakan metode deterministik maupun probabilistik. Salah satu metode deterministik dalam menentukan kestabilan lereng adalah metode kesetimbangan batas. Pada metode ini, kestabilan lereng ditentukan berdasarkan nilai Faktor Keamanan yang didapat melalui perhitungan berdasarkan parameter geometri lereng serta sifat fisik dan mekanik material penyusunnya (Duncan, Wright, & Brandon, 2014).

Dalam analisis stabilitas lereng, hal utama yang dilakukan adalah menghitung faktor keamanan lereng (Shen, Karakus, & Xu, 2013). Faktor keamanan adalah perbandingan antara kekuatan geser maksimum dan kekuatan geser yang diperlukan untuk menahan kemantapan, yaitu kekuatan pada keadaan keseimbangan batas (*limit equilibrium*) (Analiser Halawa, 2019), Kuat geser tanah dapat dirumuskan dalam persamaan di bawah:

$$F = \frac{S}{\tau}$$

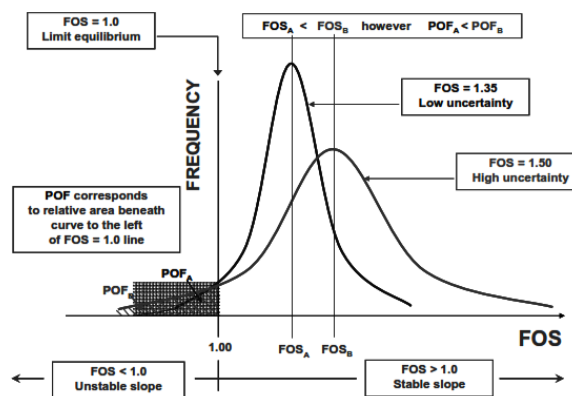
Dengan s sebagai kuat geser tanah dan τ adalah tegangan geser setimbang. Tegangan geser setimbang merupakan tegangan geser yang dibutuhkan untuk menjaga lereng tepat dalam keadaan stabil (Duncan et al., 2014).

Pada lereng tambang, material penyusun umumnya tersusun atas batuan dan material pelapukan yang memiliki variasi nilai sifat fisik dan mekanik. Faktor ketidakpastian (*uncertainty*) dari variasi nilai ini dapat diatasi dengan Analisis kestabilan lereng menggunakan metode probabilistik yang mana, hal ini tidak dapat dimodelkan oleh metode deterministik (Reale, Xue, Pan, & Gavin, 2015). Dengan menggunakan metode probabilistik, ketidakpastian nilai dari parameter masukan yang digunakan dalam analisis diatasi dengan memodelkan nilai-nilai tersebut ke dalam distribusi statistik yang kemudian dilakukan perhitungan yang menghasilkan kondisi tingkat kestabilan lereng dalam nilai probabilitas kelongsoran (Ayuningtyas, 2017).

Berbeda dengan analisis deterministik, dimana properti material ditentukan dengan nilai tetap, pada analisis probabilistik mempertimbangkan ketidakpastian dari

properti tanah dan batuan. Pada analisis ini, kestabilan lereng dihitung dengan memperhatikan variasi sifat tanah dan batuan memungkinkan pengguna untuk memprediksi probabilitas kelongsoran dan indeks reliabilitas (Indonesia, 2017).

Stabilitas lereng dalam metode probabilitas menggunakan fungsi variabel acak dari rasio antara gaya penahan dan gaya penggerak untuk mendapatkan probabilitas kelongsoran. Secara sederhana konsep dari probabilitas kelongsoran dihitung sebagai area distribusi $FK < 1$ dibagi dengan total area kurva distribusi probabilitas (Amrullah, Zakaria, Sophian, & Tunggal, 2019).



Gambar 1
Definisi PK dan hubungannya dengan FK berdasarkan besaran ketidakpastian (*uncertainty*)
Sumber: (Amrullah et al., 2019)

Metode Monte Carlo merupakan metode umum yang digunakan dalam analisis probabilitas karena metode ini relatif sederhana dan lebih fleksibel dalam menggabungkan varietas distribusi probabilitas yang cukup besar tanpa memerlukan banyak penafsiran serta memiliki kemampuan untuk memodelkan variasi di antara variabel dengan mudah (Febriadi & Anaperta, 2020). Simulasi monte carlo ini cocok digunakan untuk mengatasi masalah ketidakpastian nilai FK dari metode kesetimbangan batas yang merupakan hasil dari parameter yang memiliki fungsi variabel acak yang bersifat tak tentu (Firmansyah, Dwinagara, Sukanto, Wiyono, & Cahyadi, 2020).

Secara keseluruhan penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi tingkat kestabilan lereng pada tambang “XYZ” melalui identifikasi sifat fisik dan mekanik material penyusun lereng tambang, dan menghitung nilai faktor keamanan dan probabilitas kelongsoran dari geometri lereng aktual tambang, dimana riset ataupun publikasi mengenai topik kestabilan lereng menggunakan metode kesetimbangan batas maupun probabilistik sudah cukup banyak dilakukan, namun kajian geoteknik dan penelitian terkait kestabilan lereng belum pernah dilakukan sebelumnya pada tambang “XYZ”, sehingga penelitian ini dianggap perlu dilakukan sebagai acuan dalam perancangan lereng tambang yang aman dan efektif serta sesuai dengan acuan peraturan yang berlaku.

Metode Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah karakteristik kestabilan lereng tambang yang mencakup geometri lereng, kondisi hidrologi, serta sifat keteknikan material penyusun lereng tambang.

Penelitian ini diawali dengan tahap pengumpulan data jenis data lapangan dan data laboratorium.

Pengumpulan Data Lapangan terdiri dari:

- Pengumpulan Data Geologi

Kegiatan yang dilakukan selama tahap ini, yaitu observasi berupa deskripsi batuan dan tanah, geomorfologi, hidrogeologi, deskripsi kekerasan tanah, pengambilan contoh tanah, serta dokumentasi.

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan pipa *PVC* dengan diameter 3 inchi dengan panjang 30 cm. Sampel sebisa mungkin dijaga kondisinya agar tidak terganggu.

- Pengumpulan Data Geometri Lereng

Data ini didapatkan melalui data pengukuran *drone mapping*. Pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran Geometri Lereng, yang mencakup tinggi, lebar, dan sudut dari lereng.

Pengujian Laboratorium dilakukan untuk mendapatkan data terkait sifat fisik dan mekanik tanah dan batuan. Data yang digunakan adalah data nilai berat isi, parameter kuat geser yang terdiri dari kohesi dan sudut geser dalam, yang didapatkan melalui pengujian di laboratorium, berupa pengujian analisis ayakan, pengujian batas Atterberg, pengujian berat isi, serta dilakukan pula pengujian berupa pengujian Kuat Geser Langsung.

Setelah data-data didapatkan, dilakukan pengolahan dan kemudian dianalisis terkait kestabilan lereng daerah penelitian. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan metode kesetimbangan batas dan probabilistik dengan menggunakan data sifat fisik dan mekanik tanah dan material penyusun lereng serta geometri lereng yang telah didapatkan sebelumnya.

Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Slope/W* dalam *Geostudio 2018*. Geometri lereng yang didapat dimodelkan dengan perangkat lunak AutoCad yang kemudian diinput ke, perangkat lunak *Slope/W* untuk analisis kestabilan lereng. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode Morgenstern-Price dan dengan menggunakan pendekatan probabilistik Monte Carlo. Pada analisis probabilistic Monte Carlo, digunakan jumlah iterasi sebanyak 1000 kali.

Analisis ini menghasilkan nilai Faktor Keamanan serta Probabilitas Kelongsoran lereng tambang. Nilai tersebut kemudian dijadikan acuan untuk menentukan rekomendasi desain geometri lereng yang aman dan efektif sesuai dengan nilai Faktor Keamanan yang mengacu pada aturan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1
Petunjuk Rekomendasi Nilai FK dan PK lereng

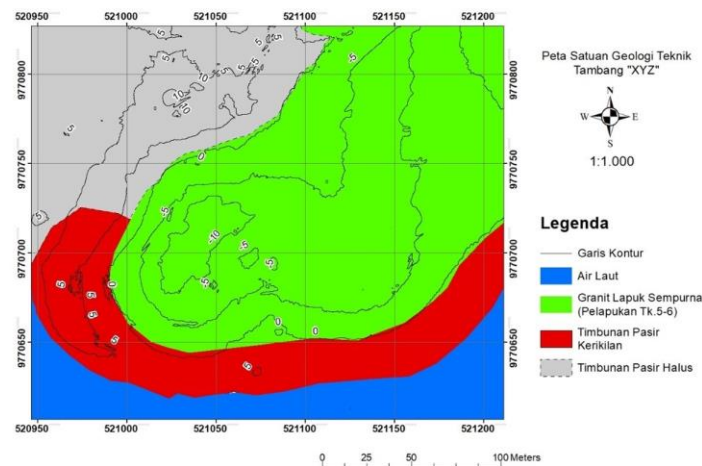
| Jenis | Keperahan Longsor | Kriteria dapat diterima (Acceptance Criteria) | | |
|---------------------------|--------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|
| | | Faktor Keamanan (FK) Statis (min) | Faktor Keamanan (FK) Dinamis (min) | Probabilitas Longsor (maks) |
| Lereng tunggal | Rendah s.d. Tinggi | 1,1 | Tidak ada | 25-50% |
| Inter-ramp | Rendah | 1,15-1,2 | 1 | 25% |
| | Menengah | 1,2-1,3 | 1 | 20% |
| | Tinggi | 1,2-1,3 | 1,1 | 10% |
| Lereng Keseluruhan | Rendah | 1,2-1,3 | 1 | 15-20% |
| | Menengah | 1,3 | 1,05 | 10% |
| | Tinggi | 1,3-1,5 | 1,1 | 5% |

Sumber: Kepmen Esdm 1827 (2018)

Hasil dan Pembahasan

1. Geologi Teknik Daerah Penelitian

Kondisi Geologi Teknik daerah penelitian didapat melalui pemetaan yang dilakukan melalui pengamatan secara langsung pada permukaan lereng tambang dengan mendeskripsi dan mengukur ketebalan lapisan tanah dikarenakan tidak adanya data pemboran geologi teknik serta keterbatasan data pemboran geologi pada area tambang. Berdasarkan hasil pengamatan, daerah penelitian dibagi kedalam 3 satuan Geologi Teknik, yaitu Satuan Granit Lapuk Sempurna, Satuan Timbunan Pasir Kerikilan, dan Satuan Timbunan Pasir Halus dengan sebaran yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2
Peta Satuan Geologi Teknik Hasil Pengamatan Lereng Tambang

2. Parameter Sifat Fisik dan Mekanik Material Lereng

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, didapati nilai parameter sifat fisik dan mekanik dari tiap-tiap material penyusun lereng adalah sebagai berikut:

Tabel 2
Statistika Deskriptif Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik

| Granit Lapuk Sempurna (Pelapukan Tk. 5) | Variabel | Berat isi(kN/m³) | Kohesi (KPa) | Sudut Geser Dalam (°) |
|--|-----------------|-------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| | Rata-rata | 20,786 | 16 | 18,44 |
| | StDev | 1,28 | 1 | 1,017 |
| | Minimum | 18,532 | 15 | 17,39 |
| | Maksimum | 21,56 | 17 | 19,42 |
| Pasir Kerikilan (Pelapukan Tk. 6) | Variabel | Berat isi(kN/m³) | Kohesi (KPa) | Sudut Geser Dalam (°) |
| | Rata-rata | 19,36 | 18 | 21,89 |
| | StDev | 3,58 | - | - |
| | Minimum | 16,84 | 18 | 21,89 |
| | Maksimum | 21,89 | 18 | 21,89 |
| Timbunan Pasir Kerikilan | Variabel | Berat isi(kN/m³) | Kohesi (KPa) | Sudut Geser Dalam (°) |
| | Rata-rata | 19,75 | 16 | 18,66 |
| | StDev | 2,82 | 2,83 | 2,76 |
| | Minimum | 17,76 | 14 | 16,71 |
| | Maksimum | 21,75 | 18 | 20,62 |
| Timbunan Pasir Halus Sangat Lepas | Variabel | Berat isi(kN/m³) | Kohesi (KPa) | Sudut Geser Dalam (°) |
| | Mean | 16,209 | 11 | 13,29 |
| | StDev | - | - | - |
| | Minimum | 16,209 | 11 | 13,29 |
| | Maximum | 16,209 | 11 | 13,29 |

3. Analisis Kestabilan Lereng Tambang

Analisis kestabilan lereng dilakukan pada geometri lereng tunggal dan lereng keseluruhan aktual dan lereng optimalisasi dengan menggunakan parameter sifat fisik dan mekanik tanah hasil uji laboratorium, dimana untuk analisis deterministik, digunakan parameter kekuatan tanah rata-rata, dan untuk analisis probabilistik digunakan parameter statistika deskriptif hasil uji.

4. Analisis Kestabilan Lereng Tunggal

Analisis kestabilan lereng tunggal dilakukan pada beberapa asumsi variasi geometri lereng dengan tujuan mengidentifikasi geometri lereng dengan nilai FK yang optimal pada lereng tunggal setiap lapisan sebagai acuan untuk optimasi pada lereng keseluruhan. Analisis dilakukan dengan variasi ketinggian lereng berdasarkan variasi geometri lereng tunggal aktual dan ketebalan maksimal setiap lapisan.

Pada Lapisan Granit Lapuk Sempurna, Geometri lereng aktual lapisan ini berkisar antara 3-4 meter dengan sudut lereng 45-50°. Lapisan ini berada pada

elevasi dibawah -5 mdpl dengan tebal lapisan >7m (Gambar 2). Berdasarkan analisis kestabilan lereng tunggal, didapati gemoteri lereng tunggal aktual ini tergolong aman dengan nilai FK Deterministik 1,218 pada tinggi lereng 4 meter dan sudut lereng 50, pada analisis probabilitistik lereng memiliki PK 0% dan nilai FK rata-rata 1,215

Pada Lapisan Pasir Kerikilan, Geometri lereng aktual lapisan ini berkisar antara 3-4 meter dengan sudut lereng 40-45°. Lapisan ini berada pada elevasi sekitar 1-5 mdpl, diatas lapisan Granit Lapuk Sempurna, dengan tebal lapisan ±5m. Berdasarkan analisis kestabilan lereng tunggal, didapati gemoteri lereng tunggal aktual ini tergolong aman dengan nilai FK Deterministik 1,557 pada tinggi lereng 4 meter dan sudut lereng 45°, pada analisis probabilitik lereng memiliki PK 0% dan nilai FK rata-rata 1,559.

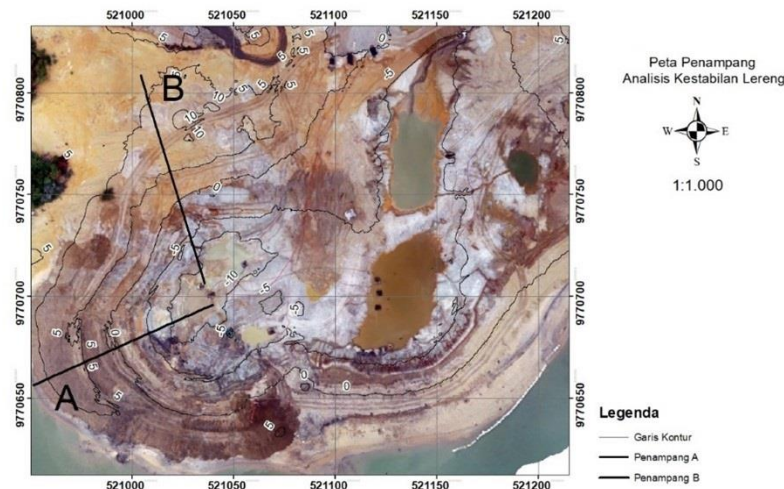
Pada Lapisan Timbunan Pasir Kerikilan, Geometri lereng aktual lapisan ini berkisar antara 3-4 meter dengan sudut lereng 40-45°. Berdasarkan analisis kestabilan lereng tunggal, didapati gemoteri lereng tunggal aktual ini tergolong aman dengan nilai FK Deterministik 1,205 pada tinggi lereng 4 meter dan sudut lereng 45°, pada analisis probabilitik lereng memiliki PK 0% dan nilai FK rata-rata 1,2041.

Pada Lapisan Timbunan Pasir Halus, Geometri lereng aktual lapisan ini berkisar antara 4-6 meter dengan sudut lereng 30-35°. Berdasarkan analisis kestabilan lereng tunggal, didapati gemoteri lereng tunggal aktual lapisan ini tergolong tidak aman dengan nilai FK Deterministik 0,979 pada tinggi lereng 6 meter dan sudut 30°, sehingga perlu dilakukan perubahan geometri desain pada lereng keseluruhan.

5. Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan

Analisis kestabilan lereng keseluruhan dilakukan pada 2 Penampang lereng, yaitu Penampang A, Penampang B yang lokasinya dapat dilihat pada peta di Gambar 3. Model geometri lereng didapatkan dari hasil olahan data Pemetaan *Drone* dan pengukuran lapangan. Dikarenakan tidak terdapatnya *piezometer* pada area tambang, elevasi muka air tanah pada lereng diasumsikan berdasarkan elevasi rembesan alami pada muka lereng yang ditemukan pada elevasi -2mdpl. Analisis dilakukan pada dua kondisi, yaitu pada kondisi statis dan pada kondisi dengan pembebanan seismik sebesar 0,056g, dimana nilai ini merupakan nilai PGA wilayah tambang menurut Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017 yang dikeluarkan oleh Pusat Studi Gempa Nasional dan Kementrian PUPR (Yulikasari, 2017).

Menurut menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, Kedua Lereng A dan B dikategorikan kedalam lereng dengan tingkat konsekuensi longsor menengah, dimana apabila terjadi longsor, terdapat potensi tertimbunnya cadangan, sehingga nilai FK minimum yang direkomendasikan adalah 1,3 pada kondisi statis, 1,05 pada kondisi dinamis dan Probabilitas Kelongsoran 10%.



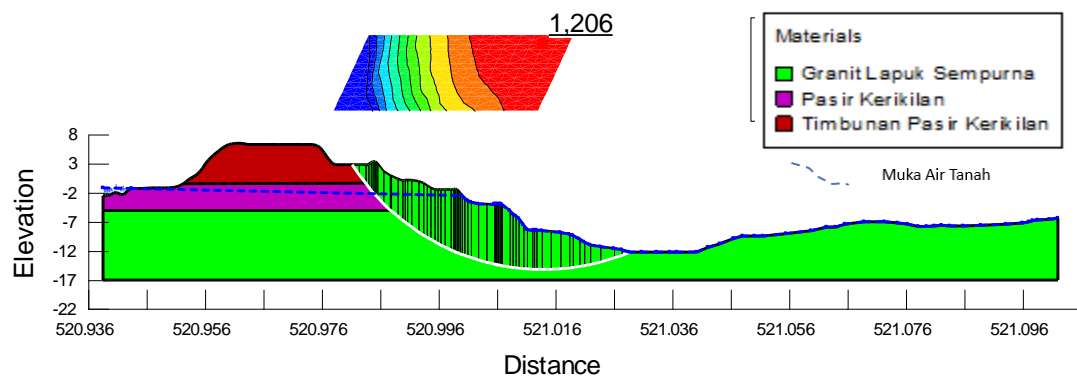
Gambar 3
Peta Penampang Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan

6. Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan Penampang Lereng A

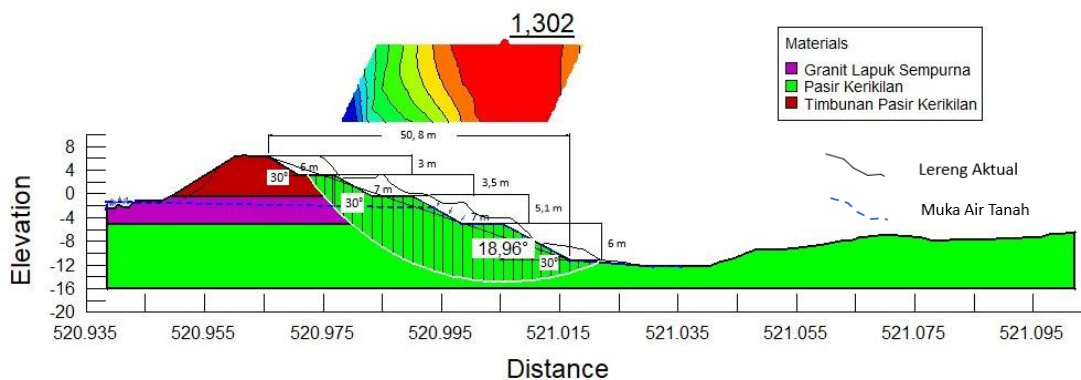
Lereng A memiliki tinggi lereng keseluruhan 17,6 meter, sudut lereng keseluruhan $19,7^\circ$ dan lebar lereng 49,1 meter. Tinggi *bench* mulai dari 3-4 meter dengan sudut *bench* $40-45^\circ$ dan lebar *bench* 3,5-6 meter.

Berdasarkan hasil analisis, lereng memiliki nilai FK Deterministik 1,206, PK 0% dan FK rata-rata 1,195 pada kondisi statis, FK Deterministik 1,023 PK 28% dan FK rata-rata 1,016 pada kondisi dinamis dengan beban seismik horizontal 0,056g. Berdasarkan acuan rekomendasi nilai FK minimum lereng keseluruhan menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 lereng ini perlu di optimasi untuk mendapatkan nilai $FK > 1,3$.

Setelah dilakukan optimasi dengan mengubah geometri lereng berupa tinggi dan sudut lereng didapati FK Deterministik 1,302, PK 0% dan FK rata-rata 1,291 pada kondisi statis, FK Deterministik 1,095 PK 0% dan FK rata-rata 1,085 pada kondisi dinamis dengan beban seismik horizontal 0,056g. Geometri lereng hasil optimasi memiliki sudut lereng keseluruhan $18,9^\circ$ dengan lebar lereng keseluruhan 50,81 Meter. Sudut *bench* menjadi 30° dengan lebar *bench* 7 meter. Perbandingan Geometri, nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran sebelum dan sesudah optimasi dapat dilihat pada tabel 3.



(a)



(b)

Gambar 3 Analisis Lereng Keseluruhan A kondisi statis pada program *Slope/W*
(a) Geometri Aktual (b) Geometri Optimalisasi

Tabel 3

Hasil Analisis Lereng Aktual dan Lereng Optimalisasi pada Lereng A (*Slope/W*)

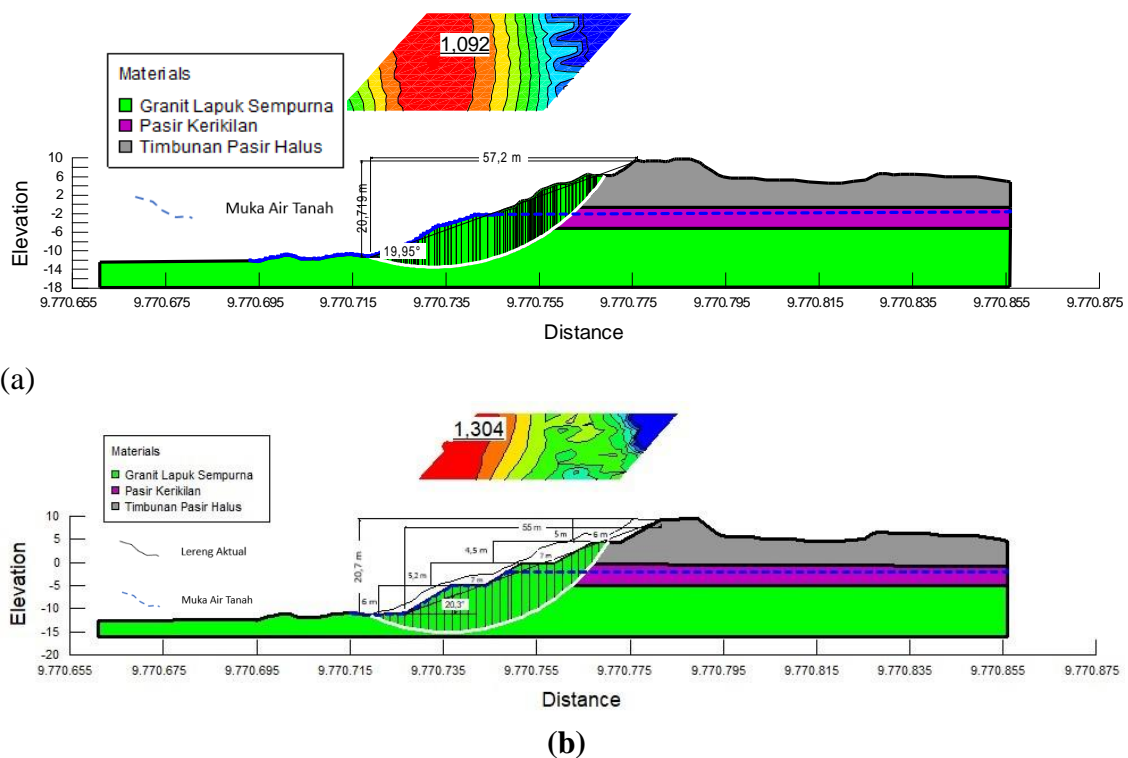
| | Statis | | | Dinamis | | | Dinamis | | |
|------------------------------|-------------------|------------------|------------------|---------|--------------|--------|---------|--------------|--------|
| | Tinggi lereng (m) | Sudut Lereng (°) | Lebar Lereng (m) | FK Det | Fk Rata-rata | PK (%) | FK Det | Fk Rata-rata | PK (%) |
| Lereng A Aktual | 17,6 | 19,7 | 49,1 | 1,206 | 1,195 | 0 | 1,023 | 1,016 | 28 |
| Lereng A Optimalisasi | 17,6 | 18,9 | 50,81 | 1,302 | 1,291 | 0 | 1,095 | 1,085 | 0 |

7. Analisis Kestabilan Lereng Keseluruhan Penampang Lereng B

Lereng B memiliki tinggi keseluruhan 20,7 meter, sudut lereng keseluruhan 19,9° dan lebar 57,2 meter. Tinggi *bench* mulai dari 3-6 meter dengan sudut *bench* 25-45° dan lebar *bench* 4,5-6 meter. berdasarkan hasil analisis menggunakan program *Slope/W* lereng memiliki nilai FK Deterministik 1,092, PK 0% dan FK rata-rata 1,0846 pada kondisi statis, FK Deterministik 0,926 PK 100% dan FK rata-rata 0,921 pada kondisi dinamis dengan beban seismik horizontal 0,056g. Berdasarkan

acuan rekomendasi nilai FK minimum lereng keseluruhan menurut Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 lereng ini perlu dioptimasi untuk mendapatkan nilai $FK > 1,3$.

Berdasarkan hasil Optimasi dengan mengubah geometri lereng, didapatkan nilai FK Deterministik 1,304, Probabilitas Kelongsoran 0% dengan FK Rata-rata 1,294 pada kondisi statis dan FK Deterministik 1,096 PK 0% dan FK rata-rata 1,089 pada kondisi dinamis dengan beban seismik horizontal 0,056g. Geometri lereng hasil optimasi memiliki sudut lereng keseluruhan 20,3° dengan lebar lereng keseluruhan 55 Meter. Sudut bench menjadi 30° dengan lebar bench 7 meter. Perbandingan Geometri, nilai Faktor Keamanan dan Probabilitas Kelongsoran sebelum dan sesudah optimasi dapat dilihat pada tabel 4.



Gambar 5 Analisis Lereng Keseluruhan B kondisi statis pada program *Slope/W* (a) Geometri Aktual (b) Geometri Optimasi

Tabel 4

Hasil Analisis Lereng Aktual dan Lereng Optimalisasi pada Lereng B (*Slope/W*)

| | Statis | | | | | | Dinamis | | |
|--------------------------|-------------------|------------------|------------------|--------|--------------|--------|---------|--------------|--------|
| | Tinggi lereng (m) | Sudut Lereng (°) | Lebar Lereng (m) | FK Det | Fk Rata-rata | PK (%) | FK Det | Fk Rata-rata | PK (%) |
| Lereng B Aktual | 20,7 | 19,9 | 57,2 | 1,092 | 1,084 | 0 | 0,926 | 0,921 | 100 |
| Lereng B Optimasi | 20,7 | 20,3 | 55 | 1,304 | 1,294 | 0 | 1,096 | 1,089 | 0 |

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan pengujian laboratorium, Kondisi Geologi Teknik Tambang “XYZ” dibagi kedalam 4 satuan, yaitu Satuan Granit Lapuk Sempurna, Satuan Timbunan Pasir Kerikilan, dan Satuan Timbunan Pasir Halus.

Dari aspek kestabilan lereng, dilakukan analisis pada geometri lereng tunggal dan lereng keseluruhan. Lereng tunggal tambang aktual lapisan Granit Lapuk Sempurna dikategorikan pada kondisi stabil dengan nilai FK Deterministik 1,218 PK 0%, nilai FK rata-rata 1,215. Lereng tunggal lapisan Granit Lapuk Sempurna dikategorikan stabil dengan nilai FK Deterministik 1,557 pada tinggi lereng 4 meter dan sudut lereng 45°, PK 0% dan nilai FK rata-rata 1,559. Lereng tunggal lapisan Timbunan Pasir Kerikilan tergolong stabil dengan nilai FK Deterministik 1,205, PK 0% dan nilai FK rata-rata 1,2041. Sedangkan untuk lereng tunggal lapisan Timbunan Pasir Halus tergolong tidak stabil dengan nilai FK Deterministik 0,979, sehingga dilakukan perubahan geometri lereng menjadi 5 meter dengan sudut 30° dengan nilai FK Deterministik 1,129.

Pada analisis lereng keseluruhan, lereng keseluruhan A pada kondisi aktual memiliki nilai FK Deterministik 1,206, PK 0% dan FK rata-rata 1,195 pada kondisi statis, FK Deterministik 1,023 PK 28% dan FK rata-rata 1,016 pada kondisi dengan beban seismik horizontal 0,056g, dengan tinggi lereng keseluruhan 17,6 meter, sudut lereng keseluruhan 19,7° dan lebar lereng 49,1 meter, nilai kestabilan lereng ini belum memenuhi acuan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 sehingga perlu dilakukan optimasi, setelah dilakukan optimasi, didapati nilai FK Deterministik 1,302, PK 0% dan FK rata-rata 1,291 pada kondisi statis, FK Deterministik 1,095 PK 0% dan FK rata-rata 1,085 pada kondisi dinamis dengan beban seismik horizontal 0,056g dengan tinggi lereng keseluruhan 17,6 meter, sudut lereng keseluruhan 18,9°, dan lebar lereng 50,81 meter. Analisis kestabilan pada lereng keseluruhan B kondisi aktual memiliki nilai FK Deterministik 1,092, PK 0% FK rata-rata 1,084 pada kondisi statis, FK Deterministik 0,926 PK 100% dan FK rata-rata 0,921 pada kondisi dinamis dengan beban seismik horizontal 0,056g, dengan tinggi 20,7 meter, sudut lereng keseluruhan 19,9° dan lebar 57,2 meter, nilai kestabilan lereng ini juga belum memenuhi acuan Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018. Setelah dilakukan optimasi didapati nilai FK Deterministik 1,304, PK 0% dengan FK Rata-rata 1,294 pada kondisi statis dan FK Deterministik 1,096 PK 0% dan FK rata-rata 1,089 pada kondisi dinamis dengan beban seismik horizontal 0,056g, dengan tinggi 20,7 meter sudut lereng keseluruhan 20,3° dan lebar lereng 55 Meter.

BIBLIOGRAFI

- Amrullah, Moch Faishal, Zakaria, Zufialdi, Sophian, R. Irvan, & Tunggal, Joko. (2019). Optimisasi Kestabilan Lereng Tunggal Lapisan Overburden Rencana Tambang Mahayung Dengan Pendekatan Probabilistik. *Geoscience Journal*, 3(6), 480–488. [Google Scholar](#)
- Analiser Halawa, S. T. (2019). Analisis Kestabilan Lereng Mine Highwall dengan Metode Bishop Dan Software Rockscience Slide Pada Area Penambangan Batubara Di Pit 2a Barat Pt. Fontana Resources Indonesia) Kab. Barito Utara Kalimantan Tengah. *Jurnal Sains Dan Teknologi ISTP*, 11(1), 35–49. [Google Scholar](#)
- Arif, Ir Irwandy. (2016). *Geoteknik Tambang*. Jakarta. Gramedia Pustaka Utama. [Google Scholar](#)
- Ayuningtyas, Ika. (2017). *Small Area Estimation Pada Kasus Respon Multinomial Dengan Pendekatan Hierarchical Bayes (Aplikasi Pada Proporsi Pengangguran Menurut Kategori Pengangguran Di Pulau Kalimantan, 2015)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. *Corespondesse*. [Google Scholar](#)
- De Vallejo, Luis Gonzalez, & Ferrer, Mercedes. (2011). *Geological engineering*. Amerika Serikat. CRC Press. [Google Scholar](#)
- Duncan, J. Michael, Wright, Stephen G., & Brandon, Thomas L. (2014). *Soil strength and slope stability*. Amerika. John Wiley & Sons. [Google Scholar](#)
- Febriadi, Andryan, & Anaperta, Yoszi Mingsi. (2020). Analisis Kestabilan Lereng pada Blok Timur Tambang Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam Tbk, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 5(4), 11–20. *Corespondesse*. [Google Scholar](#)
- Firmansyah, Ilham, Dwinagara, Barlian, Sukamto, Untung, Wiyono, Bagus, & Cahyadi, Tedi Agung. (2020). Analisis Kestabilan Lereng dengan Pendekatan Probabilitas Longsor pada Penambangan Batubara Pit 8an East Block PT Indominco Mandiri. *ReTII*, 227–234. [Google Scholar](#)
- Indonesia, S. N. I. Standar Nasional. (2017). Persyaratan perancangan geoteknik. *SNI*, 8460, 2017. [Google Scholar](#)
- Peraturan Menteri ESDM. (2018). *Peraturan Menteri ESDM No. 26 Tahun 2018*. [Google Scholar](#)
- PT. Timah Tbk. (2020). *Laporan Tahun 2019 Annual Report*. PT. Timah Tbk.
- Reale, Cormac, Xue, Jianfeng, Pan, Zhangming, & Gavin, Kenneth. (2015). Deterministic and probabilistic multi-modal analysis of slope stability. *Computers and Geotechnics*, 66, 172–179. [Google Scholar](#)

Rizal, Yan. (2021). Pengayaan Timah (Sn) Dan Unsur Tanah Jarang (Ce, La, Dan Y) Endapan Plaser Di Badau, Kabupaten Belitung. *Bulletin of Geology*, 5(3), 663–684. [Google Scholar](#)

Sampurno, Pungky, Zuraida, Rina, Nurdin, Nazar, Gustiantini, Luli, & Aryanto, Noor Cahyo Dwi. (2018). Elemental Analysis on Marine Sediments Related to Depositional Environment of Bangka Strait. *Bulletin of the Marine Geology*, 32(2). [Google Scholar](#)

Shen, Jiayi, Karakus, Murat, & Xu, Chaoshui. (2013). Chart-based slope stability assessment using the Generalized Hoek–Brown criterion. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 64, 210–219. [Google Scholar](#)

Yulikasari, Andriyan. (2017). *Analisis Faktor Keamanan Lereng Tanah Menggunakan Metode Resistivitas 2d Dan Limit Equilibrium Method Di Daerah Olak Alen, Selorejo, Blitar*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. [Google Scholar](#)

Copyright holder:

Herman Darmawan Sitompul (2021)

First publication right:

Syntax Idea

This article is licensed under:

