

**Ranah Research**
Journal of Multidisciplinary Research and Development
082170743613 ranahresearch@gmail.com <https://jurnal.ranahresearch.com>

E-ISSN: 2655-0865



DOI: <https://doi.org/10.38035/rj.v7i6>
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Analisis Pengaruh Degradasi Parameter Geoteknik akibat Air terhadap *Mining Recovery* di Pit 1 PT Bukit Asam Tbk

Vinaldo Wibowo¹, Maulana Yusuf², Taufik Toha³

¹ Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya

² Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya

³ Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya

Corresponding Author: vinaldowibowo@gmail.com¹

Abstract: This research was conducted with a back analysis on the pit 1 slopes of PT Bukit Asam, TBK where material deformation occurred due to saturation from material above the slope that previously contained a settling pond holding water from other pits. Slope stability analysis is necessary to achieve a stable slope geometry with $FoS > 1.25$. The analysis performed for determining this FoS involves back analysis to obtain stable slope geometry and to calculate changes in coal recovery due to geometric changes in the excavation slope. This study aims to analyze slope stability to obtain actual geotechnical parameters in the excavation slopes affected by water and their safety factors, as well as to analyze changes in mining recovery due to changes in slope geometry. Slope stability determination is carried out by conducting analysis. This research aims to analyze slope stability to obtain actual geotechnical parameters in excavated slopes influenced by water and their safety factors, as well as to conduct an analysis to determine changes in mining recovery due to changes in slope geometry. The determination of slope stability is carried out by performing a back analysis on the excavated slopes that have experienced deformation, resulting in new geotechnical parameters that have been degraded. The degradation of geotechnical parameters on the slope of Pit 1 excavation resulted in a decrease in cohesion (C) by 63% from 77.14 Kpa to 28.26 Kpa, and the internal friction angle (ϕ) decreased by 32% from 27.16° to 18.35° . The degradation of geotechnical parameters on the slope of Pit 1 caused a mining recovery decrease of 61.7%, where the initial pit slope plan of Pit 1 was expected to yield 4,750,000 tons of coal, while the revised pit slope plan of Pit 1 yielded 2,820,000 tons of coal.

Keywords: Optimization, slope geometry, old dump, material properties, and slope safety factor.

Abstrak: Penelitian ini dilakukan dengan analisis balik pada lereng galian pit 1 PT Bukit Asam, TBK dimana pada lereng galian tersebut terjadi deformasi material yang disebabkan oleh material yang jenuh karena sebelumnya di atas lereng galian tersebut terdapat kolam pengendapan lumpur yang menampung air dari pit lainnya. Analisis kestabilan lereng diperlukan untuk mendapatkan perubahan desain geometri lereng yang stabil dengan $FK > 1,25$. Analisis yang dilakukan untuk penentuan FK ini yaitu analisis balik dengan

tujuan mendapatkan geometri lereng yang stabil dan dapat menghitung perubahan perolehan batubara akibat perubahan geometri lereng galian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan lereng untuk mendapatkan parameter geoteknik aktual pada lereng galian yang terpengaruh air dan faktor keamanannya serta melakukan analisis untuk mengetahui perubahan *mining recovery* akibat perubahan geometri lereng. Penentuan kestabilan lereng dilakukan dengan cara melakukan analisis balik pada lereng galian yang sudah mengalami deformasi sehingga didapatkan parameter geoteknik baru yang telah terdegradasi. Degradasi parameter geoteknik pada lereng galian Pit 1 untuk parameter kohesi (C) sebesar 63% dari 77,14 Kpa menjadi 28,26 Kpa dan parameter sudut geser dalam (ϕ) sebesar 32% dari 27,16° menjadi 18,35°. Degradasi parameter geoteknik pada lereng galian Pit 1 menyebabkan penurunan *mining recovery* sebesar 61,7% dimana rencana lereng galian awal Pit 1 diperoleh batubara sebesar 4.750.000 ton dan pada perubahan rencana lereng galian Pit 1 diperoleh batubara sebesar 2.820.000 ton

Kata Kunci: *Degradation of geotechnical parameters, cohesion, internal friction angle, and mining recovery*

PENDAHULUAN

PT Bukit Asam merupakan perusahaan tambang yang melakukan kegiatan penambangan dengan menggunakan metode tambang terbuka. Kegiatan penggalian tanah penutup dan penggalian batubara pada tambang terbuka akan membentuk lereng-lereng buatan. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam menjaga kestabilan lereng adalah faktor geometri lereng, faktor geologi, faktor hidrogeologi, serta faktor geomekanik (kekuatan, deformabilitas dan permeabilitas batuan) (Gonzales de Vallejo dan Ferrer, 2011)

faktor keamanan (FK) merupakan parameter yang digunakan untuk menyatakan suatu lereng stabil atau tidak stabil. Lereng yang stabil memiliki $FK > 1,25$ (Bowles, 1984). FK sangat dipengaruhi oleh geometri lereng, semakin besar sudut kemiringan lereng maka FK akan semakin kecil. Selain itu faktor geometri lereng menjadi sangat penting pada tahap penggalian tanah penutup dan penggalian batubara karena semakin besar geometri lereng maka perolehan batubara tertambang akan cenderung semakin besar (Azizi, 2018). Analisis kestabilan lereng dibutuhkan agar dapat diketahui geometri lereng yang paling optimal dalam kegiatan penambangan. Apabila suatu lereng tidak stabil maka dapat terjadi longsor.

Lereng galian Pit 1 Swakelola PT Bukit Asam Tbk. mengalami longsor yang disebabkan oleh material yang jenuh air karena pada lereng galian tersebut terdapat bekas Kolam Pengendapan Lumpur (KPL) yang sudah tidak aktif tetapi masih menampung air. Analisis kestabilan lereng diperlukan untuk mendapatkan perubahan desain geometri lereng yang stabil dengan $FK > 1,25$. Analisis yang dilakukan untuk penentuan FK ini yaitu analisis balik dengan tujuan mendapatkan geometri lereng yang stabil dan dapat menghitung perubahan perolehan batubara akibat perubahan geometri lereng galian.

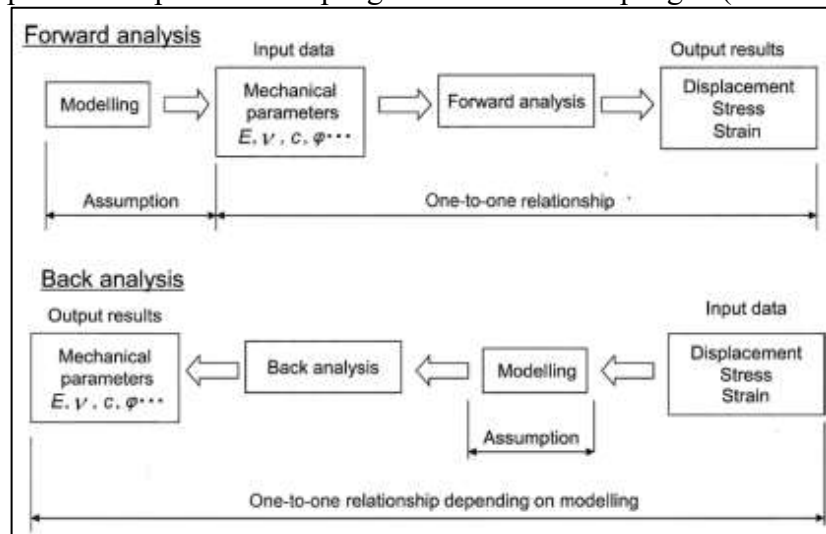
METODE

Penelitian ini termasuk kedalam jenis penelitian kuantitatif. Penelitian dilakukan di Pit 1 PT Bukit Asam, Tbk yang terletak pada kecamatan Lawang Kidul Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim Provinsi Sumatera Selatan. Waktu penelitian dimulai pada tanggal 1 April 2024 - 31 Juli 2024. Data primer yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data *cross section* dan data situasipada area penelitian sedangkan data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data model geologi batubara, data desain sekuen Pit X Tahun 2024, data *material properties*, dan data spesifikasi alat.

Analisis balik dilakukan dengan menghitung nilai parameter geoteknik pada area pengamatan yang mengalami deformasi. Dari parameter geoteknik yang baru tersebut didapatkan persentase penurunan nilai parameter geoteknik dengan membandingkan dengan nilai sebelum terjadi deformasi batuan. Nilai parameter geoteknik yang baru tersebut kemudian menjadi acuan untuk membuat ulang desain lereng galian dengan memperhatikan nilai factor keamanan (FK) dimana nilai FK yang stabil lebih dari 1,25.

a. Metode Analisis Balik

Analisis balik merupakan salah satu metode analisis yang dilakukan untuk mengetahui beberapa parameter mechanical properties pada batuan, yaitu kohesi dan sudut geser dalam sebelum terjadinya failure atau dalam keadaan setimbang (Hoek and Bray, 1981). Dalam melakukan analisis balik, parameter mekanikal batuan yang dimasukkan tidak hanya data asumsi saja, tapi bisa didapat dari data pengukuran actual di lapangan (Sakurai, 2017).



Gambar 1. Diagram Alir Metode Analisis Kestabilan Lereng dengan Analisis Balik

b. Metode Kestimbangan Batas

Faktor keamanan dinyatakan dalam perbandingan antar gaya penahan dengan gaya penggerak. Metode ini diterapkan pada lereng dengan membagi bidang longsor berdasarkan irisan-irisan. Tiap irisan diasumsikan memiliki gaya gesek yang mewakili seluruh bagian secara rata dari kuat geser material pada bidang kerja, sedangkan tegangan normal yang bekerja di sepanjang permukaan bidang dipengaruhi berat dari material. Persamaannya dinyatakan sebagai berikut :

$$FK = \frac{\text{Gaya Penahan}}{\text{Gaya Penggerak}} \dots\dots\dots(1)$$

atau

$$FK = \frac{\text{Kuat Geser}}{\text{Tegangan Geser}} \dots\dots\dots(2)$$

Dalam menyederhanakannya, metode kesetimbangan batas dapat digolongkan menjadi 2 (dua), yaitu:

1. Kombinasi Kesetimbangan Gaya dan Momen tidak terpenuhi, contohnya adalah metode *Bishop Simplified* dan metode *Janbu Simplified*.
2. Kombinasi Kestimbangan Gaya dan Momen terpenuhi, yaitu metode *Morgenstern-Price* dan *Spencer*.

Metode yang umum digunakan adalah metode Bishop (1955). Tegangan vertikal sebagai peran utama dalam proses longsor diasumsikan cukup mewakili gaya-gaya antar irisan, sehingga gaya geser antar irisan relatif diabaikan. Metode ini menggunakan kesetimbangan

momen dengan memperhitungkan gaya normal antar irisan, persamaan momen gaya-gaya penggerak dan penahan dinyatakan sebagai berikut:

$$FK = \frac{\sum \{c.b + (W - b.u) \tan \phi \left(\frac{1}{M_l}\right)\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

W = Berat irisan

C = Kohesi

b = Lebar irisan

u = Tekanan air pori

ϕ = Sudut geser dalam

c. Faktor Keamanan

Menurut Steffen (2008), dalam analisis stabilitas lereng terdapat faktor ketidakpastian terkait aspek lereng dan sumber ketidakpastiannya. Pendekatan-pendekatan yang sesuai dengan kondisi aktual di lapangan berperan dalam realibilitas model guna meyakini faktor keamanan yang diinterpretasikan. Bowles (1989) menetapkan faktor keamanan sebagai berikut:

FK = < 1,07 (Labil)

FK = 1,07 – 1,25 (Kritis)

FK = > 1,25 (Stabil)

Faktor Keamanan (FK) merupakan perbandingan antara besarnya gaya penahan dengan gaya penggerak longsor (Sutejo *et al*, 2023). Kestabilan lereng tergantung pada gaya penggerak dan gaya penahan yang bekerja pada bidang gelincir. Gaya penahan (*resisting force*) merupakan gaya yang menahan supaya tidak terjadi longsor, sedangkan gaya penggerak (*driving force*) merupakan gaya yang menyebabkan terjadinya longsor. Perbandingan antara gaya-gaya yang menahan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah inilah yang disebut Faktor Keamanan (FK) lereng penambangan (Afrizal *et al*, 2021). FK dapat dihitung sesuai dengan persamaan (5) dan juga diturunkan pada persamaan (6).

$$FK = \frac{\tau_f}{\tau_d} \dots \dots \dots (5)$$

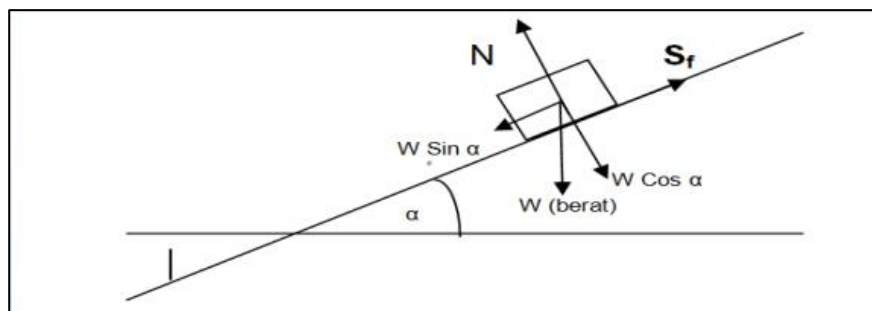
dimana;

FK = Faktor Keamanan

τ_f = tahanan geser maksimum yang dapat dikerahkan oleh batuan (kN/m²)

τ_d = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat batuan (kN/m²)

Gaya-gaya yang bekerja pada lereng sederhana bisa digambarkan seperti pada gambar 2. dimana FK lereng ditentukan oleh besarnya gaya penahan dibandingkan dengan gaya penggerak pada lereng tersebut.



Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja pada lereng sederhana

$$FK = \frac{c.A + (W \cos \alpha) \tan \phi}{w \sin \alpha} \dots\dots\dots (6)$$

dimana:

- FK = Faktor Keamanan
 c = Kohesi (kPa)
 α = Kemiringan lereng ($^{\circ}$)
 w = Berat isi/ *Unit Weight* (kN/m³)
 ϕ = Sudut geser dalam ($^{\circ}$)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lereng Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan kegiatan pengamatan di di area lereng galian Pit 1 Timur PT Bukit Asam Tbk pada area highwall sisi selatan. Pada area pengamatan terjadi longsor dimana pada bagian atas area pengamatan terdapat kolam pengendapan lumpur (KPL) yang menyebabkan material jenuh air dan merubah material properties batuan (gambar 4.1).

Material di Pit 1 Timur yang terdampak longsor merupakan lapisan overburden seam A1, tidak terdapat top soil dan sub soil pada bagian permukaan karena material tersebut sudah digali pada proses pembuatan kolam pengendapan lumpur.



Gambar 3. Deformasi Material di Pit 1

Analisis Balik Kestabilan Lereng

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, ditemukan indikasi ketidakstabilan lereng berupa longsoran material bekas kolam pengendapan lumpur (KPL) pada elevasi RL+68. Posisi KPL yang berada di atas area galian aktif menjadi penyebab material menjadi jenuh air.

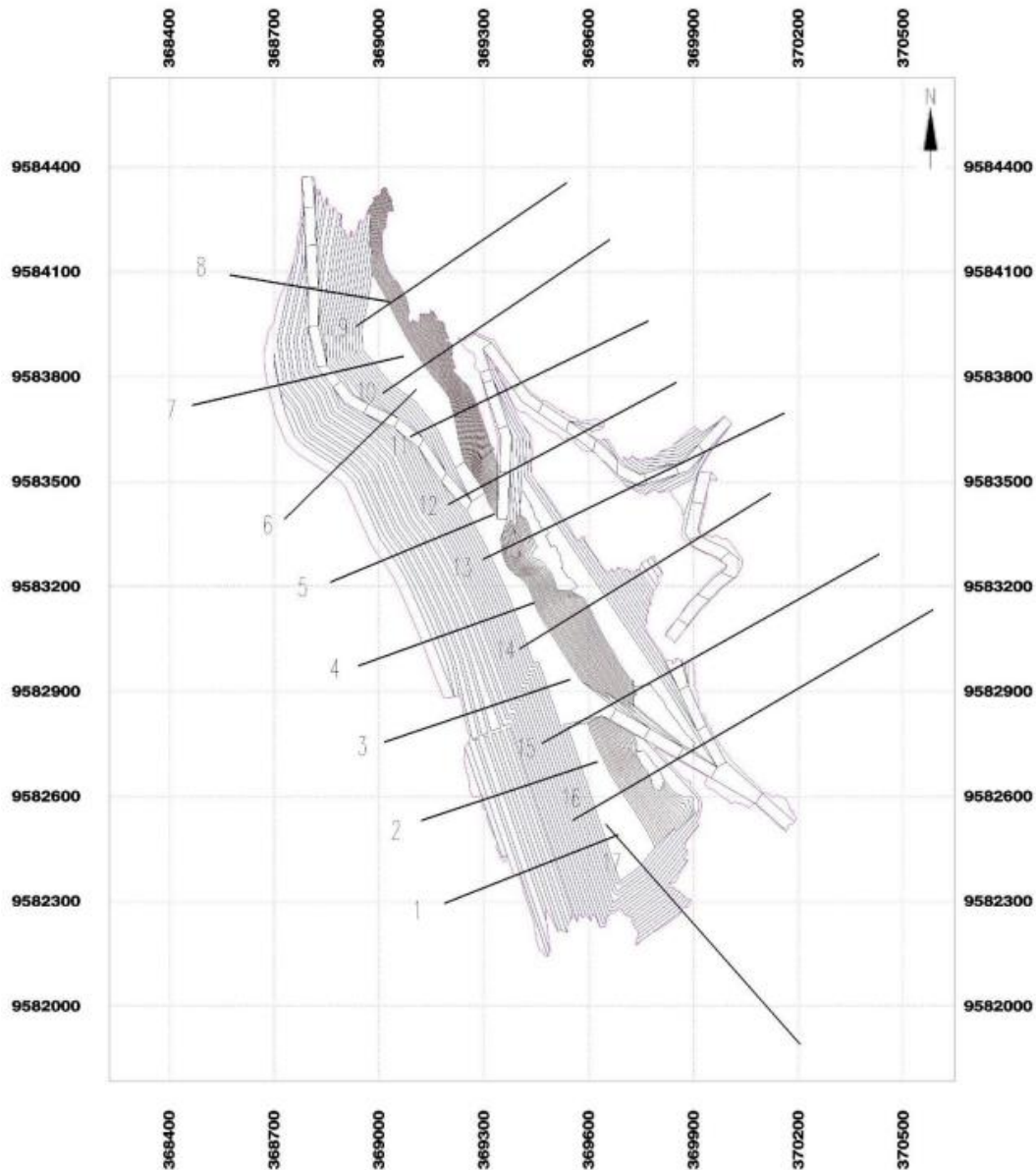
Berdasarkan hasil temuan observasi di lapangan, kondisi aktual lereng galian Pit 1 Timur mengalami penurunan factor keamanan lereng menjadi di bawah 1,25 atau dalam kondisi tidak aman.

Analisis balik dilakukan pada penampang 1 1' dimana nilai parameter properties hasil analisis balik digunakan untuk mengetahui factor keamanan pada penampang 2 – 2' dan 3 – 3' (gambar 4). Nilai parameter properties lereng setelah dan sebelum dilakukan analisis balik dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Parameter Properties

Parameter	Sebelum	Setelah	Deviasi
Kohesi (C)	77,14 Kpa	28,26 Kpa	63%
Sudut Geser Dalam (ϕ)	27,16 $^{\circ}$	18,35 $^{\circ}$	32%

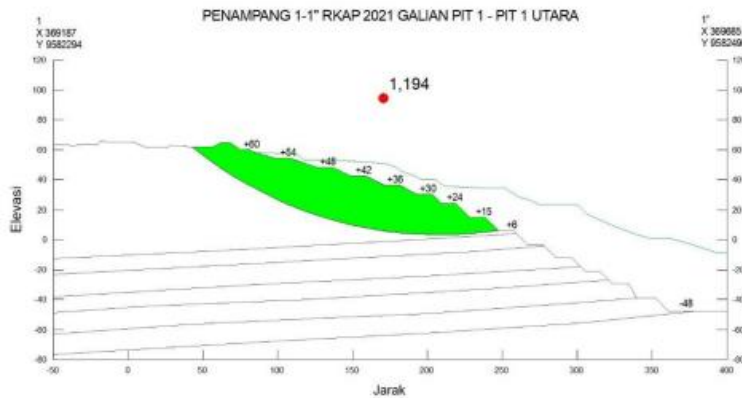
Berdasarkan hasil analisis balik, pada masing – masing parameter properties dari sebelum terjadi longsor dan setelah terjadi longsor mengalami penurunan dimana penurunan nilai kohesi pada lereng galian sebesar 63% dan nilai sudut geser sebesar 32%.



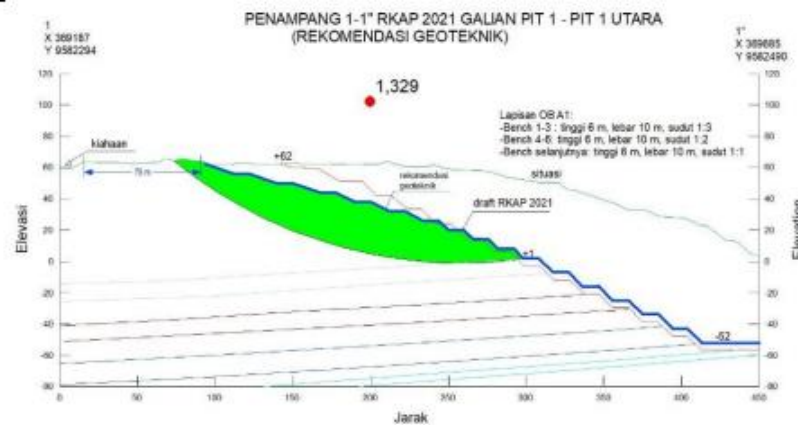
Gambar 4. Penampang Rencana Galian Pit 1

a) Penampang 1 – 1'

Bersasarkan nilai parameter properties setelah analisis balik, geometri lereng yang direncanakan pada penampang 1 – 1' sebesar 1.194 atau masuk dalam kategori riskan (gambar 5). Setelah dilakukan rekayasa didapatkan nilai faktor keamanan 1.329 atau masuk kategori aman. Rekayasa dilakukan dengan mengubah geometri galian dimana semua bench menggunakan tinggi 6m dan lebar 10m. Sudut kemiringan lereng dilakukan rekayasa pada 3 bench pertama menggunakan sudut 1:3, 3 bench selanjutnya menggunakan sudut 1:2 dan bench di bawahnya menggunakan sudut 1:1 (gambar 6)



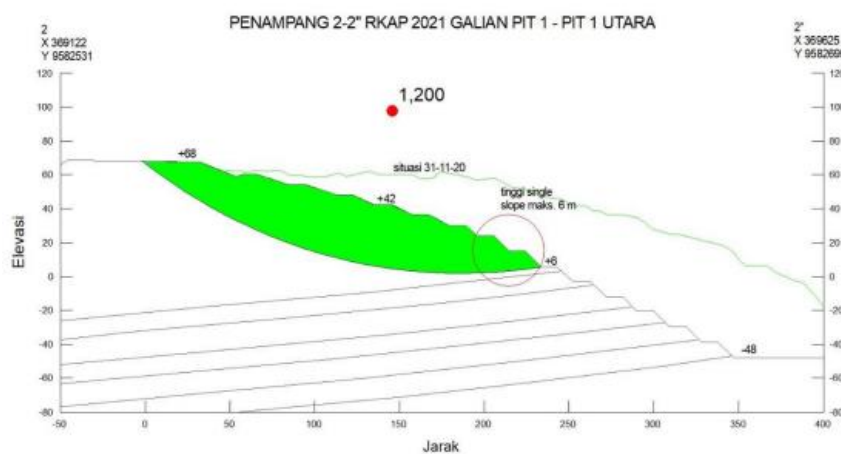
Gambar 5. Penampang 1 – 1' Rencana Awal Lereng Galian Pit 1



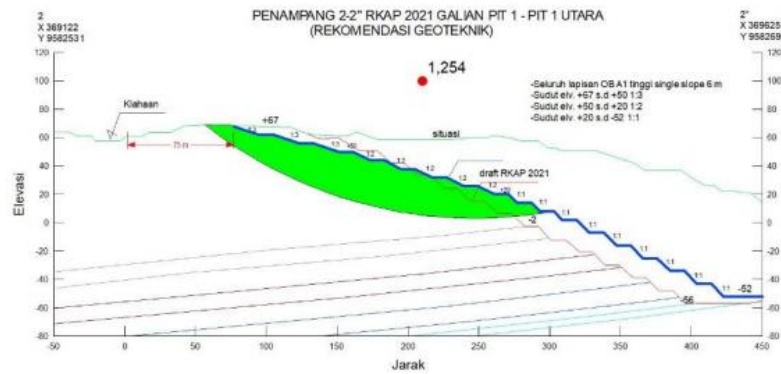
Gambar 6. Penampang 1 – 1' Perubahan Rencana Lereng Galian Pit 1

b) Penampang 2 – 2'

Pada Penampang 2 – 2', geometri lereng yang direncanakan memiliki nilai factor keamanan sebesar 1.2 atau masuk dalam kategori riskan (gambar 7). Geometri lereng direkayasa dengan parameter properties analisis balik. Hasil dari rekayasa nilai faktor keamanan didapat sebesar 1,254 atau masuk kategori aman. Rekayasa dilakukan dengan menggunakan tinggi bench 6m. sudut kemiringan lereng direkayasa pada 20 meter pertama dibuat dengan perbandingan 1:3, dilanjut dengan 30 meter menggunakan 1:2, dan sisanya menggunakan perbandingan 1:1. (gambar 8).



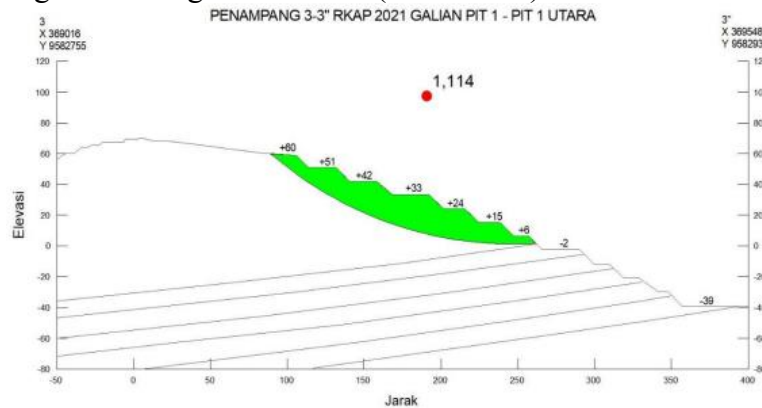
Gambar 7. Penampang 2 – 2' Rencana Awal Lereng Galian Pit 1



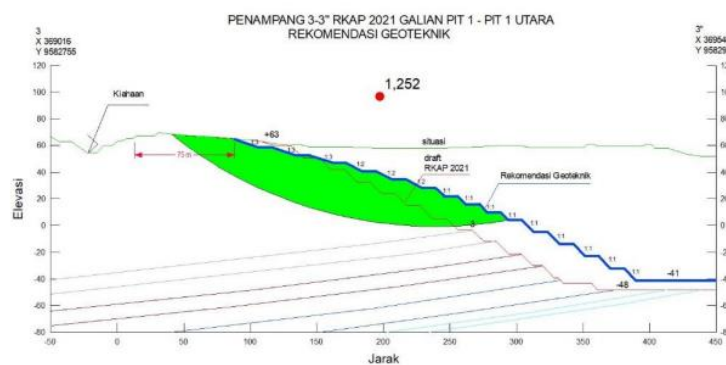
Gambar 8. Penampang 2 – 2’ Perubahan Rencana Lereng Galian Pit 1

c) Penampang 3 – 3’

Rekayasa geometri lereng juga dilakukan pada penampang 3 – 3’ karena dengan menggunakan parameter properties analisis balik pada rencana galian awal, didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,114 atau masuk dalam kategori riskan (Gambar 9). Rekayasa dilakukan sama seperti pada penampang 1 – 1’ dan penampang 2 – 2’ dimana pada 3 bench pertama dilakukan penggalian dengan perbandingan kemiringan 1:3 kemudian dilanjut 3 bench berikutnya dengan perbandingan kemiringan 1:2 dan selanjutnya dilakukan penggalian dengan kemiringan bench 1:1 (Gambar 10).



Gambar 9. Penampang 3 – 3’ Rencana Awal Lereng Galian Pit 1

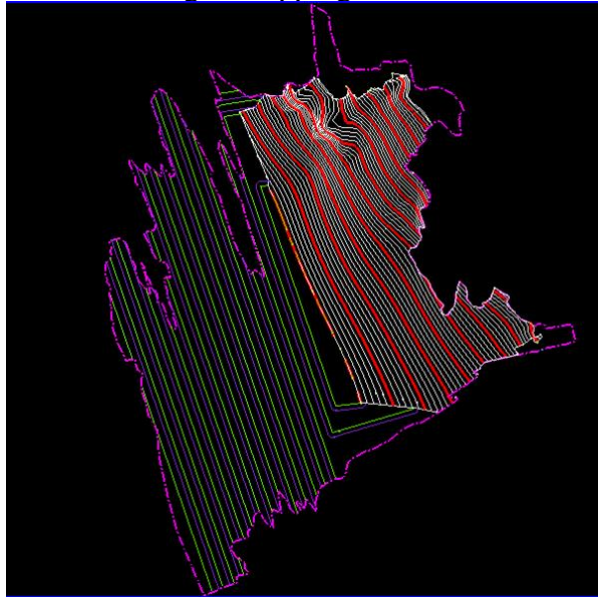


Gambar 10. Penampang 3 – 3’ Perubahan Rencana Lereng Galian Pit 1

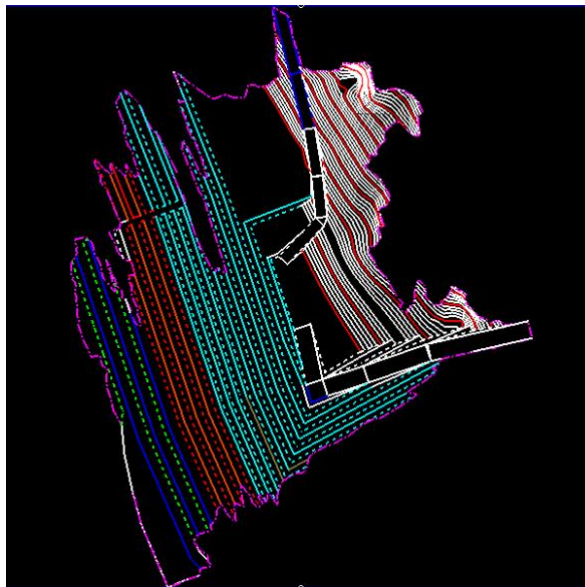
Perhitungan Mining Recovery Akibat Perubahan Geometri Lereng

Perubahan parameter properties pada lereng galian Pit 1 menyebabkan perubahan geometri penggalian. Semakin besar geometri lereng maka perolehan batubara pada area galian tersebut akan cenderung semakin besar (Azizi M.A. 2018). Yang terjadi di lereng galian pit 1, geometri yang dihasilkan semakin kecil karena sudut lereng yang dibuat semakin landau sehingga akan mengurangi perolehan batubara, apabila dilakukan penambangan maka

perolehan batubara pada lokasi tersebut sebesar 4.750.000 ton dengan volume overburden 10.375.000 BCM dan stripping ratio 1:2,18. Sedangkan pada rencana lereng galian Pit 1 menggunakan parameter yang didapat dari analisis balik (Gambar 4.11), didapat perubahan mining recovery dimana batubara yang diperoleh sebesar 1.820.000 ton dan volume overburden sebesar 2.920.000 BCM dengan stripping ratio 1:1,60.



Gambar 11. Rencana Awal Lereng Galian Pit 1



Gambar 12. Perubahan Rencana Lereng Galian Pit 1

Penurunan mining recovery akibat perubahan parameter properties adalah sebesar 61,7% dimana batubara yang tidak dapat digali akibat perubahan geometri lereng adalah sebesar 2.930.000 ton

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan diatas, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Air menyebabkan degradasi parameter geoteknik pada lereng galian Pit 1, penurunan parameter kohesi (C) sebesar 63% dari 77,14 Kpa menjadi 28,26 Kpa dan parameter sudut geser dalam (ϕ) sebesar 32% dari 27,16o menjadi 18,35o

2. Degradasi parameter geoteknik pada lereng galian Pit 1 menyebabkan penurunan mining recovery sebesar 61,7% dimana rencana lereng galian awal Pit 1 diperoleh batubara sebesar 4.750.000 ton dan pada perubahan rencana lereng galian Pit 1 diperoleh batubara sebesar 2.820.000 ton.

REFERENSI

- Aprilia, J., Muslim D., Zakaria, Z., dan Tedy, O. 2019. Evaluasi Kestabilan Lereng Tambang Batubara Pit 'XY' Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas PT. Bukit Asam Tbk. *Padjadjaran Geoscience Journal*. 3(3): 175 – 181.
- Akin, M. 2013. Slope Stability Problems and Back Analysis in Heavily Jointed Rock Mass: A Case Study from Manisa, Turkey. *Rock Mech Rock Eng*. 46:359 – 371.
- Azizi, M.A., Nas, C., dan Oktavia, D. 2018. Pengaruh Geometri Lereng Terhadap Perolehan Batubara Tertambang di PP Arutmin Indonesia Site Kintap Kalimantan Selatan. *Seminar Nasional Pakar ke 1 Tahun 2018*. 267 – 276.
- Febriandi, A., Dearga, A., Rampan R. A., dan Nugroho P. 2020. Analisis Balik Menggunakan Acuan Deformasi Aktual Permukaan Lereng Tambang dalam Menentukan Kekuatan Batuan Di Pit WR PT Adaro Indonesia. *Prosiding TPT XXIX PERHAPI 2020*. 133 – 144.
- Hasan, M., dan Heriyadi B. 2019. Analisis Balik Kestabilan Lereng Tambang Batubara Pit RTS-C Sisi Barat WUP Roto-Samurangau PT. Kideco Jaya Agung, Kecamatan Batu Sopang, Kabupaten Paser, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Bina Tambang*. 5(1): 74 – 84.
- Hoek, E., dan Brown, E.T., 2019. The Hoek-Brown failure criterion and GSI. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* 11. 445 – 463.
- Irawan, M., Heriadi, B., dan Octovia, A. 2018. Kajian Kestabilan Lereng RKAP 2018 Lokasi Penambangan Muara Tiga Besar Utara PT. Bukit Asam Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan. *Jurnal Bina Tambang*. 3(4): 1566 – 1576.
- Rojudin, D., Lutfi, M., dan Muhammad, F. 2020. Analisis Keamanan Lereng Galian Tanah di Area Pertambangan Bauksit (Studi Kasus di Desa Pedalaman Kecamatan Tayan Hilir, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat). *Civil Engineering Environmental and Disaster Risk Management Symposium*. 252 – 257.
- Sebayang, W., Sutriyono E., Jati, S.N. 2020 Analisis Kestabilan Lereng Disposal PT Bara Anugrah Sejahtera Muara Enim Sumatera Selatan. 8(1): 51 – 58.
- Selsabeel, S., Widiarso D.A., dan Trisnawati, D. 2021. Analisis Balik Stabilitas Lereng Tambang dan Rekomendasi Rekayasa Keteknikannya, Studi Kasus: Area Low Wall Pit Y Blok 4900-5500 Strip 3500-4300 PT. Pamapersada Nusantara Site PT. Adaro Indonesia. *Jurnal Geosains dan Teknologi*. 4(3): 142 – 150.
- Toha, M.T., Juniah, R., dan Yusuf, M. 2022. Optimalisasi Pemberaian Overburden dengan Metode Ripping Dan Peledakan di Banko Barat PT Bukit Asam Tbk. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*. 18(1): 13 – 22.
- Toha, M.T., Juniah, R., dan Handayani, H.E. 2022. Technical Blasting and Ripping of Overburden to Reduce the Effect of Ground Vibration on Slope Stability and Residence around Coal Mine. *International Journal of Advanced Science Engineering Information Technology*. 12(3): 937 – 945.