



ANALISIS KESTABILAN LERENG *HIGHWALL* TERHADAP PENGARUH SESAR DI *PIT* SUBAN JERIJI SELATAN, PT BUKIT ASAM

SLOPE STABILITY ANALYSIS OF HIGHWALL ON FAULT EFFECT IN SOUTH SUBAN JERIJI PIT, PT BUKIT ASAM

R. R. Amanda¹, E. Ibrahim², S. Komar³

¹⁻³Program Studi Magister Teknik Pertambangan, Universitas Sriwijaya

¹⁻³Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km. 32 Inderalaya, Sumatera Selatan, Indonesia

e-mail: *ridho.ra29@gmail.com

ABSTRAK

Perusahaan Tambang Bukit Asam merupakan perusahaan yang bergerak dalam industri energi yang berbasis pertambangan batubara. PT Bukit Asam merupakan tambang batubara terbuka, dimana kegiatan produksi tambang terbuka selalu berkaitan dengan kestabilan lereng. *Pit* Suban Jeriji Selatan merupakan salah satu area tambang di PT Bukit Asam yang memiliki bidang diskontinuitas yang terletak di *highwall*. Adanya bidang diskontinuitas yang berupa rekahan atau patahan pada lereng dapat menyebabkan tingkat kestabilan menurun, terutama pada lereng yang sejajar dengan patahan. Hal tersebut dapat menjadikan lereng rawan longsor. Namun hal ini tidak menutup kemungkinan bahwa lereng yang sejajar patahan dapat memiliki keamanan yang stabil. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menentukan lereng yang stabil terhadap patahan dengan melakukan simulasi pemodelan *design* berdasarkan *overall slope* dan geometri. Metode penelitian menggunakan simulasi pemodelan lereng dengan menggunakan *software rocscience slide*. Pada lokasi penelitian terdiri dari 12 lapisan batuan serta struktur sesar dengan bidang N 220° E/55° dan gores garis 80° yang merupakan sesar turun. *Design* lereng No.8 memiliki nilai FK yang paling tinggi yaitu 1,398, sedangkan *design* lereng No.5 memiliki nilai FK terendah yaitu 0,764. *Design* No.8 dengan nilai FK 1,398 *overall slope* 16,4° dan *design* No.10 dengan nilai FK 1,229 *overall slope* 17,9° merupakan model yang memiliki nilai stabil dan menjadi rekomendasi dalam perencanaan tambang pada *Pit* Suban Jeriji Selatan. Hasil pemodelan menunjukkan nilai *overall slope* di atas 18° memiliki FK yang kritis dan tidak stabil, sedangkan *overall slope* di bawah 18° memiliki nilai FK yang stabil.

Kata kunci: kestabilan lereng, diskontinuitas, pemodelan, lereng, sesar

ABSTRACT

Bukit Asam Mining Company is a company operating in the energy industry based on coal mining. PT Bukit Asam is an open-pit coal mine, in open-pit mining production activities are always related to slope stability. The South Suban Jeriji Pit is one of the mining areas at PT Bukit Asam which has a discontinuity area located on the highwall. The presence of areas of discontinuity in the form of faults or fractures on slopes can cause the level of stability to decrease. Especially on slopes that are parallel to faults, this can make the slopes prone to landslides. However, this does not rule out the possibility that slopes parallel to the fault can have stable security. Therefore, this research aims to determine a stable slope against a fault by carrying out design modeling simulations based on overall slope and geometry. The research method uses slope modeling simulation using Rocscience Slide software. The research location consists of 12 rock layers, as well as a fault structure with an plane of N 220° E/55° and a pitch 80° which is a normal fault. Slope design No.8 has the highest FS value, namely 1.398, while slope design No.5 has the lowest FS value, namely 0.764. Design No. 8 with an FS value of 1.398 overall slope 16.4° and design No. 10 with an FS value of 1.229 overall slope 17.9° are models that have stable values and are recommendations for mine planning at the South Suban Jeriji pit. The modeling results show that overall slope values above 18° have critical and unstable FS, while those below 18° have stable FS values.

Keywords : slope stability, discontinuities, modeling, slopes, fault

PENDAHULUAN

Perusahaan Tambang Bukit Asam (PTBA) merupakan perusahaan yang bergerak dalam industri energi yang berbasis pertambangan batubara. PT Bukit Asam berdiri pada Maret 1981 dan terletak di Tanjung Enim, Kabupaten Muaraenim, Provinsi Sumatera Selatan. Kegiatan operasi produksi penambangan PT Bukit Asam berada pada Formasi Muaraenim di Cekungan Sumatera Selatan.

PT Bukit Asam merupakan tambang batubara terbuka (*open pit mine*) yang memiliki tiga *site* tambang aktif dalam kegiatan produksi yaitu Tambang Air Laya (TAL), Muara Tiga Besar (MTB), dan Banko. Dalam kegiatan produksi pada tambang terbuka selalu berkaitan dengan kestabilan lereng. Permasalahan yang sering terjadi pada tambang terbuka adalah kestabilan lereng tambang [1]. Kestabilan lereng dapat dipengaruhi dari kondisi geologi yang ada, terlebih apabila terdapat bidang diskontinuitas berupa rekahan maupun patahan. Bidang diskontinuitas merupakan bidang lemah yang dapat mempengaruhi tingkat stabilitas pada batuan [2].

Adanya bidang diskontinuitas berupa rekahan atau patahan pada lereng dapat menyebabkan tingkat kestabilan menurun, sehingga lereng menjadi rawan terhadap longsor. Rekahan dan patahan menjadi indikasi utama batuan menjadi jenuh akibat pengisian air pada pori dan mempercepat proses pelapukan, sehingga lereng kehilangan kestabilannya [3]. Terlebih pada lereng yang memiliki patahan yang sejajar, hal tersebut dapat menjadikan lereng rawan longsor. Patahan merupakan bidang lemah pada batuan dan menjadi tempat merembesnya air yang menyebabkan nilai kuat geser batuan menurun [4].

Penelitian terkait kestabilan lereng dengan pengaruh patahan telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Diantaranya, Menurut Gol (2016) kekar dan rekahan yang terisinya air dapat mempengaruhi kestabilan lereng, sehingga menyebabkan tanah mudah longsor [5]. Idhan (2018) meneliti pada *high-wall* tambang batubara yang sejajar struktur patahan menjadi penyebab utama terjadinya longsor karena patahan tersebut mampu dilewati oleh air permukaan [6]. Chen (2019) berfokus pada perubahan kestabilan lereng yang dipengaruhi bidang struktur dan tekanan tektonik [7]. Berdasarkan Dwikasih (2020) patahan merupakan salah satu faktor utama lereng menjadi tidak stabil, karena sebagai pemeran utama dalam proses pelapukan batuan pada lereng [8]. Widagdo (2021) menyatakan yang menjadi faktor internal dalam terjadinya longsor adalah stuktur patahan, hal ini mempercepat pelapukan batuan dan membuat penebalan lapisan tanah sehingga kontrol gerakan tanah meningkat [9].

Dari hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa patahan menjadi faktor utama penyebab ketidakstabilan,

terutama lereng yang sejajar pada bidang patahan. Namun pada penelitian tersebut belum melakukan percobaan model *design* lereng pada area yang dipengaruhi patahan. Hal ini tidak menutup kemungkinan bahwa ada *design* lereng yang memiliki nilai FK stabil meskipun dipengaruhi patahan. Sebagai keterbaruan, pada penelitian ini menentukan *design* lereng yang memiliki nilai faktor keamanan (FK) stabil dengan pengaruh patahan berdasarkan *overall slope* dan geometri. Oleh karena itu diperlukan penelitian melalui simulasi *design* lereng tambang menggunakan *software rocscience slide* dengan tujuan untuk menentukan *design* yang memiliki nilai FK stabil terhadap pengaruh patahan.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak PT Bukit Asam dan berada pada *site* Banko di *pit* Suban Jeriji Selatan (SJS). Secara administrasi lokasi penelitian terletak di Tanjung Enim, Kecamatan Lawang Kidul, Kabupaten Muaraenim, Provinsi Sumatera Selatan. Secara spesifik lokasi penelitian terletak 202 km dari Kota Palembang dan 16 km dari Kota Muaraenim.

Kestabilan lereng merupakan suatu kondisi atau keadaan lereng yang stabil terhadap suatu bentuk dan dimensi lereng [10]. Kestabilan lereng bergantung pada gaya penggerak dan penahan yang bekerja pada lereng [11]. Kestabilan suatu lereng dapat menurun bahkan menjadi tidak stabil karena adanya gangguan baik secara eksogen maupun endogen. Hal yang menyebabkan terjadinya ketidakstabilan dan longsor pada lereng antara lain, geometri lereng, litologi, struktur, dan air pori [12]. Nilai suatu kestabilan lereng dikenal dengan faktor keamanan (FK). Nilai FK dapat diketahui dengan melakukan analisis menggunakan *software* ataupun perhitungan.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis kestabilan lereng menggunakan metode simulasi pemodelan *design* dengan menggunakan *software rocscience slide*. Simulasi tersebut akan menghasilkan nilai FK dari beberapa *design* model yang digunakan. *Design* dengan nilai FK yang stabil akan dijadikan rekomendasi untuk perencanaan kemajuan tambang.

Untuk melakukan simulasi ini diperlukan data dan parameter yang diperoleh dari lapangan ataupun uji laboratorium. Data lapangan meliputi jenis litologi, bidang patahan, penampang morfologi, kedalaman air bawah permukaan, dan sampel batuan. Sedangkan data laboratorium berupa hasil uji kuat geser batuan. Kuat geser batuan merupakan kemampuan batuan untuk bertahan terhadap perubahan bentuk pada kondisi tekanan tertentu [13]. Hasil pengujian sampel yang diperlukan berupa nilai kohesi, sudut geser, dan *unit weight*.

Dari data tersebut kemudian dilakukan pemodelan. Berdasarkan jenis lereng tambang, terdapat lereng yang

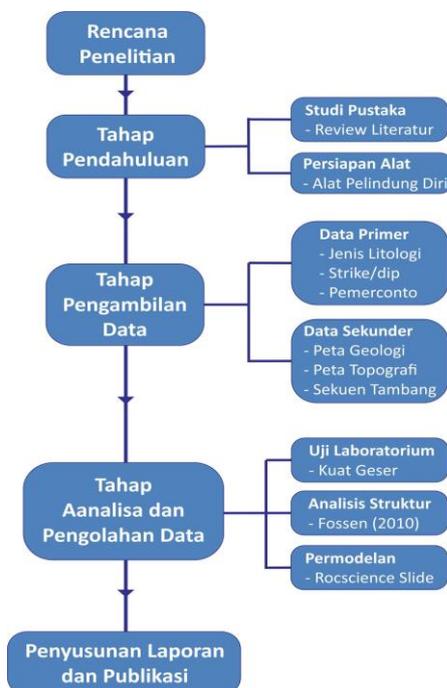
menggunakan *ramp* dan ada yang tidak. Lereng yang menggunakan *ramp* dan yang tidak menggunakan *ramp* akan menghasilkan nilai *overall slope* yang berbeda [14]. Umumnya *overall slope* yang menggunakan *ramp* akan memiliki nilai sudut yang lebih landai daripada yang tidak menggunakan *ramp*. Perubahan sudut dan geometri dapat meningkatkan nilai faktor keamanan [15].

Dalam pemrosesan data pada *software rocscience slide*, metode yang digunakan adalah Metode Bishop. Metode ini menganalisis kestabilan lereng dengan memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada dan berbentuk busur lingkaran [16]. Meskipun Metode Bishop termasuk ke dalam metode yang sederhana, namun metode ini memiliki nilai akurasi yang baik terutama pada bidang longsor yang berbentuk lingkaran [17]. Kemudian hasil pemodelan akan memunculkan nilai FK pada lereng yang kritis. Standar nilai FK pada penelitian ini mengacu pada tabel berikut (Tabel 1):

Tabel 1. Nilai faktor keamanan Bowles (1989)[18]

Safety Factor	Slope Condition
<1,07	Unstable
1,07 – 1,25	Critical
>1,25	Stable

Hasil dari pemodelan tersebut akan menunjukkan *design* mana yang memiliki nilai FK yang stabil maupun kritis. *Design* yang stabil akan memiliki nilai di atas 1,25 dan *design* yang kritis kurang dari 1,07. Dengan demikian penelitian ini dapat menentukan *design* mana yang baik untuk digunakan dalam pengaplikasiannya.

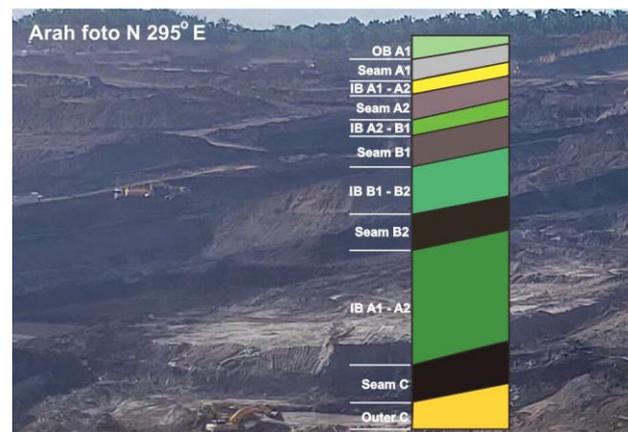


Gambar 1. Diagram Alir

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yang tertuang dalam diagram alir (Gambar 1). Pada tahap pendahuluan dilakukan studi pustaka dan persiapan alat yang diperlukan selama penelitian. Lalu tahap pengambilan data di lokasi penelitian baik itu data primer maupun data sekunder dan juga pemerconton atau sampel. Kemudian tahapan analisa dan pengolahan data, tahapan ini memuat perihal uji laboratorium berupa uji kuat geser batuan. Analisis struktur untuk mengidentifikasi jenis struktur yang ada pada lokasi. Pemodelan dilakukan untuk menemukan *design* yang memiliki nilai FK stabil. Tahap terakhir berupa penyusunan laporan dan publikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan observasi keadaan geologi pada lereng tambang di *pit* Suban Jeriji Selatan PT Bukit Asam, terdapat beberapa lapisan batuan serta struktur patahan. Pada lokasi tersebut terdiri dari lapisan *Overburden* A1 (tanah dan batulanau), *Seam* A1, *Interburden* A1 – A2 (batupasir tufaan), *Seam* A2, *Interburden* A2 – B1 (batulempung), *Seam* B1, *Interburden* B1 – B2 (batulempung pasiran), *Seam* B2, *Interburden* B2 – C (batulanau pasiran), *Seam* C, dan *Outerburden* C (batupasir) (Gambar 2).



Gambar 2. Stratigrafi pada *Pit* Suban Jeriji Selatan

Lokasi penelitian berada di Formasi Muaraenim dan merupakan anggota lapisan M2 [19]. Struktur sesar pada lokasi penelitian memiliki *strike/dip* N 220° E/55° dan *pitch* 80°. Berdasarkan hubungan *dip* dan *pitch* dapat diklasifikasikan bahwa patahan tersebut merupakan *normal fault* [20].

Analisis Kestabilan Lereng

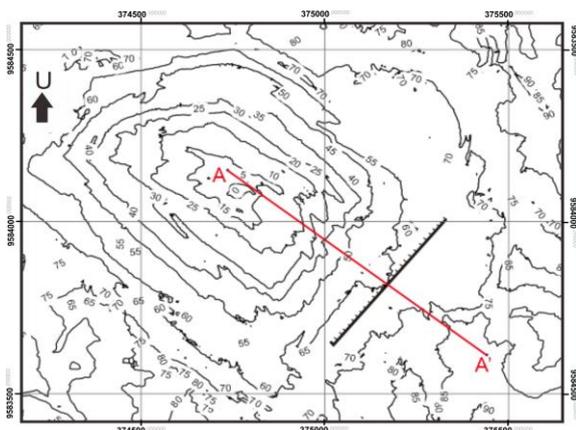
Perlu dilakukan pengujian sampel batuan sebelum memulai untuk menganalisis nilai FK lereng pada lokasi penelitian. Pengujian kuat geser dilakukan untuk mengidentifikasi nilai mekanik batuan, dalam hal ini mencakup nilai kohesi (kPa), sudut geser dalam (°) dan *unit weight* (kN/m³).

Dalam pengujian kuat geser ini terdapat 12 sampel batuan. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai UCS terbesar 4562,9 dan terkecil 355,61. Adapun hasil pengujian geser langsung dapat dilihat pada tabel berikut (Tabel 2):

Tabel 2. Hasil pengujian kuat geser pada sampel batuan

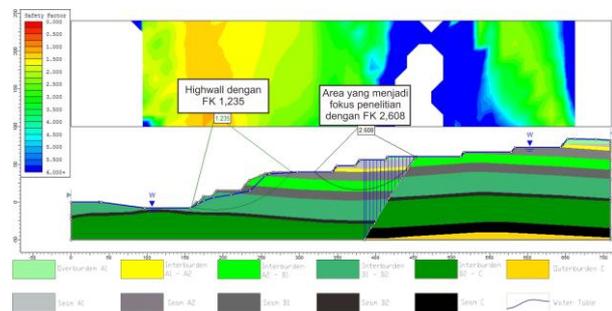
Stratigrafi (Lithologi)	U. W (kN/m ³)	Sudut Geser (°)	Kohesi (kPa)	UCS
Top Soil (Tanah)	20,15	17,06	39,61	-
OB A1 (Batulanau)	11,99	25,85	132,92	355,61
Seam A1 (Batubara)	21,84	24,68	101,31	854,01
IB A1-A2 (Batupasir tufaan)	12,03	28,84	111,59	590,3
Seam A2 (Batubara)	20,48	17,27	46,87	4562,95
IB A2-B1 (Batulempung)	12,04	28,77	88,90	1006,35
Seam B (Batubara)	22,16	17,78	41,26	-
IB B1-B2 (Batulempung pasiran)	12,05	29,21	83,86	2207,65
Seam B2 (Batubara)	21,99	22,66	43,24	898,05
IB B2-C (Batulanau pasiran)	12,04	27,26	102,14	2080,01
Seam C (Batubara)	22,50	18,69	60,72	653,57
Under C (Batupasir)	20,15	17,06	39,61	2971,84

Dari data uji lab tersebut, kemudian dilanjutkan untuk melakukan analisis pada lereng. Lereng pada *Pit* Suban Jeriji Selatan PT Bukit Asam merupakan lereng *highwall*. Terdapat sebuah patahan dengan arah dan kemiringan N 220° E/55°. Patahan tersebut memiliki kemiringan yang sama dengan kemiringan lereng yang berorientasi ke barat laut (Gambar 3). Air bawah permukaan berada pada kedalaman 4-5 meter. Garis A – A' merupakan penampang dari lereng yang akan dianalisa nilai faktor keamanannya.



Gambar 3. Peta situasi *Pit* Suban Jeriji Selatan

Setelah dilakukan analisis perhitungan faktor keamanan pada lereng tersebut didapatkan nilai FK 1,235. Nilai tersebut tergolong kritis. Namun menurut ketentuan di PT Bukit Asam nilai FK 1,2 masih tergolong aman. Sedangkan di area yang menjadi fokus penelitian, tepatnya area yang berada di zona sesar memiliki FK 2,608. Nilai tersebut termasuk kategori stabil (Gambar 4). Hal ini dikarenakan pada area tersebut tidak termasuk area yang padat aktivitas dan keseluruhan sudut lereng tergolong cukup landai. Untuk itu lokasi penelitian masih sangat aman dari ancaman longsor. Namun beberapa bulan ke depan area yang dipengaruhi patahan akan meningkat aktivitas produksinya. Berdasarkan hal tersebut diperlukan simulasi pemodelan *design* lereng untuk mendapatkan geometri yang stabil pada area patahan. Hal ini berguna untuk menentukan perencanaan tambang secara berkelanjutan.



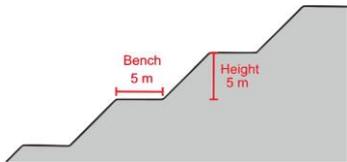
Gambar 4. Nilai Faktor Keamanan pada lereng produksi

Pemodelan *Design* Lereng

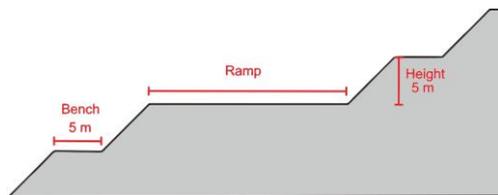
Pemodelan dilakukan dengan menggunakan sudut tunggal setiap lereng sebesar 45°. Nilai tersebut diambil dengan mempertimbangkan sudut lapisan batuan yang tergolong cukup landai yaitu 30°. Selain itu penggunaan sudut lereng yang lebih curam dapat meningkatkan potensi *failure* dan jika menggunakan sudut yang lebih kecil akan membuat kegiatan produksi menjadi tidak ekonomis.

Pada pemodelan ini, geometri lereng akan di *design* menggunakan *ramp* dan tidak menggunakan *ramp*. Untuk ukuran panjang *ramp* sekitar tiga setengah kali lebar *Truck HD* yaitu 21 Meter. Pemodelan juga menggunakan *design* dengan perbandingan (*height* : *bench*) sebesar 1:1 (Gambar 5). Perbandingan (*height* : *bench*) sebesar 1:1 dengan menggunakan *ramp* (Gambar 6). Perbandingan (*height* : *bench*) sebesar 1:2 (Gambar 7). Perbandingan (*height* : *bench*) sebesar 1:2 dengan menggunakan *ramp* (Gambar 8). Pada model *height* : *bench* (1:1) digunakan dengan pertimbangan bahwa alat yang digunakan hanya satu *excavator* dan satu *dump truck*, serta satu arah jalur angkut. Untuk model *height* : *bench* (1:2) digunakan dengan pertimbangan penggunaan lebih dari satu *dump truck* dan dua arah jalur angkut. Pada model dengan *ramp* digunakan dengan pertimbangan pengangkutan material batuan

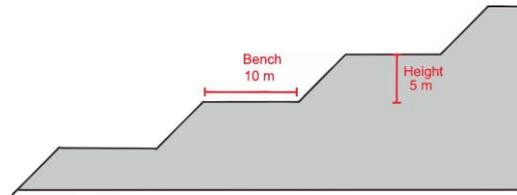
dengan menggunakan Truck HD 785 yang memiliki lebar 6 meter.



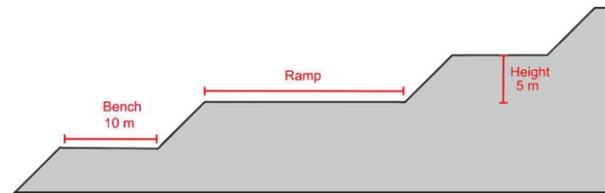
Gambar 5. Perbandingan (*height : bench*) sebesar 1:1



Gambar 6. Perbandingan (*height : bench*) sebesar 1:1 dengan *ramp*



Gambar 7. Perbandingan (*height : bench*) sebesar 1:2



Gambar 8. Perbandingan (*height : bench*) sebesar 1:2 dengan *ramp*

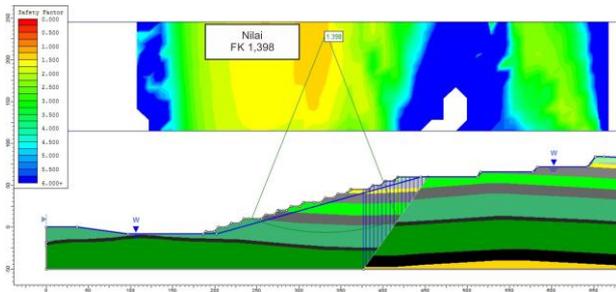
Tabel 3. Pemodelan *Design* Lereng Pada Kondisi Sejajar Sesar

No.	<i>Height : Bench</i>	<i>Lenght Bench</i>	<i>Ramp</i>	FS (Bishop)	<i>Overall Slope</i>	Bowless (1989)[2]
1	1 : 1	5 meter	-	0,805	27,5°	Labil
2	1 : 1	5 meter	☑	1,095	20,6°	Kritis
3	1 : 1	8 meter	-	0,799	27,3°	Labil
4	1 : 1	8 meter	☑	1,007	21,7°	Labil
5	1 : 1	10 meter	-	0,764	28,4°	Labil
6	1 : 1	10 meter	☑	0,916	24,4°	Labil
7	1 : 2	5 meter	-	1,189	18,9°	Kritis
8	1 : 2	5 meter	☑	1,398	16,4°	Stabil
9	1 : 2	8 meter	-	1,139	19,1°	Kritis
10	1 : 2	8 meter	☑	1,229	17,9°	Kritis
11	1 : 2	10 meter	-	1,162	19,9°	Kritis
Sudut Tunggal Lereng			45°			
Panjang <i>Ramp</i>			Lebar HD x 3,5 = 6 x 3,5 = 21 Meter			

Pemodelan dilakukan dengan sebelas *design* berdasarkan ketentuan perbandingan (*height : bench*) dan penggunaan *ramp*. Dari hasil pemodelan tersebut akan didapatkan nilai FK yang dapat diamati geometri mana yang lebih stabil pengaruhnya terhadap sesar. Sehingga *design* tersebut dapat digunakan dalam perencanaan tambang ke depannya. Hasil pemodelan dapat dilihat pada tabel di atas (Tabel 3).

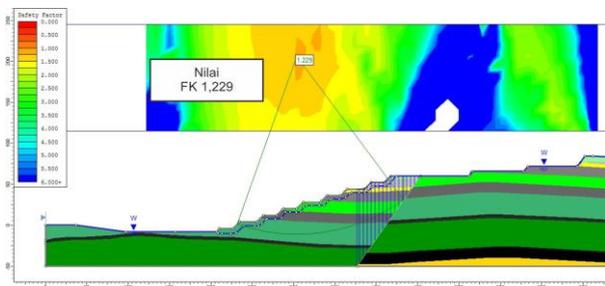
Berdasarkan tabel tersebut *design* lereng No.8 memiliki nilai FK yang paling tinggi yaitu 1,398 dengan kategori stabil (Gambar 9). Sedangkan *design* lereng No.5 memiliki nilai FK terendah yaitu 0,764, sehingga tidak direkomendasikan untuk digunakan.

Berdasarkan *overall slope* pada tiap *design*, sudut keseluruhan lereng yang lebih landai memiliki nilai FK yang tinggi. *Design* dengan nilai FK terendah 0,764 memiliki *overall slope* 28,4°, sedangkan FK tertinggi 1,398 memiliki sudut 16,4°. Berdasarkan *overall slope*, semakin besar sudut maka nilai FK semakin kecil. Perubahan sudut lereng dapat berpengaruh terhadap stabilitas lereng, semakin besar sudut keseluruhan lereng maka semakin kecil stabilitasnya [21]. Sehingga semakin tinggi tingkat kecuraman lereng yang sejajar bidang patahan, maka semakin rawan longsor akan terjadi.



Gambar 9. Design No.8 dengan overall slope 16,4°

Berdasarkan Bowless (1989), hanya design No.8 yang memiliki nilai stabil. Namun berdasarkan ketentuan dari PT Bukit Asam design No.10 masih termasuk aman dengan nilai FK 1,229 dengan overall slope 17,9° (Gambar 10). Sehingga design No.8 dan No.10 dapat menjadi rekomendasi dalam perencanaan tambang pada Pit Suban Jeriji Selatan untuk ke depannya.



Gambar 10. Design No.10 dengan overall slope 17,9°

Pada penelitian ini, sesar yang terdapat di lokasi memiliki dip sebesar 55° yang berupa sesar normal. Kemudian dilakukan simulasi pemodelan dengan beberapa overall slope lereng yang berbeda. Didapatkan overall slope 16,4° dan 17,9° merupakan model yang memiliki nilai stabil. Pada Tabel 3, nilai overall slope di atas 18° memiliki FK yang rendah, sedangkan yang di bawah 18° seperti design No.8 dan No.10 memiliki nilai FK yang stabil. Berdasarkan hal tersebut, dihasilkan output berupa rumus untuk menentukan overall slope yang stabil terhadap patahan pada area pit Suban Jeriji Selatan. Perhitungan overall slope dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan sederhana pada pers (1):

$$\text{Overall Slope} = \frac{\text{Dip Fault}}{3} \quad (1)$$

Kemudian untuk penentuan dimensi keseluruhan lereng dapat menggunakan rumus segitiga trigonometri. Perhitungan overall slope di atas dapat digunakan dengan catatan bahwa sesar yang mempengaruhi merupakan sesar turun.

KESIMPULAN

Pada lokasi penelitian terdiri dari 12 lapisan batuan, serta struktur sesar dengan bidang N 220° E/55° dan gores garis 80° yang merupakan sesar turun. Nilai faktor keamanan pada lereng saat ini menunjukkan nilai FK 1,235. Nilai tersebut tergolong kritis, namun dari ketentuan di PT Bukit Asam masih tergolong aman. Sedangkan pada area fokus penelitian yang berada berada di zona patahan memiliki FK 2,608.

Terdapat sebelas design pemodelan yang digunakan berdasarkan ketentuan perbandingan (*height : bench*) dan penggunaan ramp. Design lereng No.8 memiliki FK yang paling tinggi yaitu 1,398, sedangkan design lereng No.5 memiliki nilai FK terendah yaitu 0,764. Design No.8 dengan overall slope 16,4° dan design No.10 dengan overall slope 17,9° merupakan model yang memiliki nilai stabil dan menjadi rekomendasi dalam perencanaan tambang pada Pit Suban Jeriji Selatan. Hasil pemodelan menunjukkan nilai overall slope di atas 18° memiliki FK yang kritis dan tidak stabil, sedangkan overall slope di bawah 18° memiliki nilai FK yang stabil.

Dengan penelitian ini dapat ditarik perhitungan dalam menentukan overall slope yang stabil untuk men-design lereng. Dari pers (1) bahwa sudut kemiringan bidang patahan yaitu 55° dibagi tiga, hasil yang dapat yaitu 18,3°. Kemudian dibulatkan menjadi 18° dan dari hasil pemodelan overall slope yang berada di bawah sudut 18° (design No.8 dan No.10) memiliki nilai FK yang stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arif, I.I., (2016), *Geoteknik Tambang*, Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Donal R. N. (2020). *Pengaruh Persistensi Bidang Diskontinu Terhadap Kestabilan Lereng Batuan Andesit Terkekarkan Studi Kasus Kuari Andesit Batujajar*, Tesis, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- [3] You, G., N. Jaggi, M. Al Mandalawi, K. Dowling, P. Dahlhaus, (2018), Effect of faults on stability of partially saturated rock slope. *International Conference on Geomechanics, Geo-energy and Geo-resources*.
- [4] Rahmi, A., Heriyadi B., Anaperta Y.M., (2015), Analisis Kestabilan Lereng Untuk Menentukan Geometri Lereng Pada Area Penambangan PIT Muara Tiga Besar Selatan PT. Bukit Asam (persero) TBK, Tanjung Enim, Sumatera Selatan, *Bina Tambang*, 2(1), 271-284.
- [5] Gol, M.D., Hamed A.K., Jafar R.R., (2016), Assessment Slope Stability Based on Deformation of Rock Joints and Soil with Simulation Method, *Scientific Research*



- Publishing, *Open Journal of Geology*, 6, 983-995.
- [6] Idhan, M.A., Gina A.A., M. Ikbal, (2021), Efek Struktur Geologi Patahan Pada High-Wall Tambang Batubara dan Evaluasi Longsor Berdasarkan Kecepatan Perpindahan Di Daerah Bengalon Kecamatan Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur, Jakarta., *Indonesian Mining Professionals Journal*.
- [7] Chen, S., Goh T.L., Liu H., Gerson. S.V.T., (2019), Effects of Tectonic Stresses and Structural Planes on Slope Deformation and Stability at the Buzhaoba Open Pit Mine, China. *Sains Malaysiana*, 48, 317–324.
- [8] Dwikasih, F.P., S. Koesnaryo, (2020), Pengaruh Struktur Ketidakmenerusan Pada Kestabilan Lereng Penggalian Batuan, Surabaya, *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan Vol. 2 No.1*.
- [9] Widagdo, A., Sachrul I., Rachmad S., Indra P., Anjar T., (2021), Kontrol Struktur Geologi Terhadap Gerakan Tanah dan Batuan pada Batuan Formasi Halang di Daerah Sirau, Kecamatan Karang Moncol-Purbalingga, Propinsi Jawa Tengah, Bandung, *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*.
- [10] Wyllie, Duncan C., & Christopher W. Mah, (2004), *Rock Slope Engineering: Civil and Mining. 4rd. (ed)*, New York: Spoon Press. London.
- [11] Pangemanan, V.G.M., Turangan A.E., Sompie O.B.A., (2014), Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellinus (Studi Kasus : Kawasan Citraland), *Jurnal Sipil Statik*, 2(1).
- [12] Bria, K., A. Isjudarto, (2016), *Analisis Kestabilan Lereng Pada Tambang Batubara Terbuka Pit D Selatan PT. Artha Niagacakrabuana Job Site CV. Prima Mandiri Desa Dondang Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur*, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta.
- [13] Head, K. H., (1982), *Manual of soil laboratory testing Vol. 2*, John Willey and Sons, New York.
- [14] Hustrulid, W., Mark K., R. Martin, (2013), *Open Pit Mine Planning & Design, 3th Edition*, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [15] Saragih, J.W., Riska F., Faizar F., Aditya D.P., (2021), Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Limit Equilibrium Method Pada Higwall Pit 5 PT. Tambang Bukit Tambi Site Padang Kelapo, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi, *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 2(4).
- [16] Bishop, A.W., (1955), *The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique, Vol 5*. London.
- [17] Abdillah, R.A., Purwanto, M. S., Warnana, D. D., (2017), Analisa Stabilitas Pada Lereng Tambang Terbuka Lapangan “TG”, *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), B281-B283.
- [18] Bowles, J.E., (1989), *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*, Jakarta: Erlangga.
- [19] Shell, Mijnbow, (1978), *Explanatory Notes to The Geological Map of The South Sumatera Coal Province*.
- [20] Fossen, H., (2010), *Structural Geology*, Cambridge University Press, Cambridge, 463.
- [21] Apriansyah, A., Nurly Gofar, (2022), Pengaruh Geometri Terhadap Kestabilan Lereng, *Dinamika Teknik Sipil*, 15(2).