

ANALISIS STABILITAS LERENG TAMBANG BATUBARA TERBUKA DI BANKO TENGAH SUBAN JERJI

Ori PATINSYAH^{1*}, Muhammad YUSA¹, Gunawan WIBISONO¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Riau, Indonesia

*Email korespondensi: ori,patinsyah1435@student.unri.ac.id

[diterima: 3 April 2021 , disetujui: 15 Juni 2021]

ABSTRACT

Coal is one of the most important fuels for the sustainability of steam-powered engines, both of power plants or industrial machines. In addition, safe mining activities are very important in the mining process. Due to its importance, it is necessary to analyze slope stability to obtain safe slopes for miners to run smoothly. The analysis was carried out using the Geoslope 2018 program, where stability analysis was carried out on three types of slopes: single slopes, inter-ramp slopes, and overall slopes. The stability analysis results show that the safety number for the D overburden layer was 1.606 on a single slope. For the seam D layer, the safety factor is 2.045; for the DE interburden layer, the safety factor is 1.397. On the E seam layer, the analysis results obtained a safety number of 1.333. For the underburden E layer, the results of the single-slope analysis got the safety number 1.396. Further, for the analysis of inter-ramp slope stability, the safety factor is 2.194 for ramp 1, 1.260 for ramp 2, and 1.191 for ram 3. Finally, from the stability analysis of single slopes and inter-ramp slopes, it can be designed and analyzed the overall slope stability and obtained the safety factor of 1.124 with the slope angle of 15° at a depth of 200 m.

Key words: Stability, coal, open mine, slope.

INTISARI

Batubara merupakan salah satu bahan bakar yang sangat penting untuk keberlangsungan mesin bertenaga uap, baik itu pembangkit listrik maupun mesin industri. Selain itu, aktivitas penambangan yang aman sangat penting dalam proses penambangan, sehubungan dengan pentingnya hal tersebut maka perlu dilakukan analisis stabilitas lereng dengan tujuan untuk mendapatkan lereng yang aman pada penambang agar kegiatan penambangan dapat berjalan dengan lancar. Analisis dilakukan dengan menggunakan program Geoslope 2018, dimana analisis stabilitas dilakukan pada 3 macam lereng, yaitu lereng tunggal, lereng *inter-ramp* dan lereng keseluruhan. Hasil analisis stabilitas yang dilakukan pada lereng tunggal diperoleh, angka keamanan pada lapisan overburden D 1.606, untuk lapisan seam D angka keamanan yang diperoleh adalah 2.045, pada lapisan interburden D-E perolehan angka keamanan sebesar 1.397, pada lapisan seam E dari hasil analisis diperoleh angka keamanan 1.333, dan untuk lapisan underburden E hasil analisis lereng tunggal yang telah dilakukan diperoleh angka keamanan 1,396. Untuk analisis stabilitas lereng *inter-ramp*, angka keamanan pada lereng *ramp* 1 sebesar 2,194, pada lereng *ramp* 2 sebesar 1,260 dan pada lereng *ramp* 3 sebesar 1,191. Berdasarkan analisis stabilitas lereng tunggal dan lereng *inter-ramp* dapat didesain dan dianalisis stabilitas lereng keseluruhan, dan diperoleh angka keamanan sebesar 1.124 dengan kemiringan lereng tersebut adalah 15° pada kedalaman 200 m.

Kata Kunci: Stabilitas, batubara, tambang terbuka, lereng.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil batubara terbesar di dunia setelah India, Australia, Amerika Serikat dan Tiongkok menurut *International Energy*

Agency (Amrullah, dkk. 2019). Batubara merupakan salah satu sumber energi yang sangat dibutuhkan untuk menjalankan mesin pembangkit listrik, dan sebagai bahan bakar pokok untuk menjalankan mesin pada perindustrian. Pada tahun 2018, Badan Pusat

Statistik (BPS) menyatakan bahwa konsumsi batubara Indonesia adalah sebesar 83 juta ton (Mahardika, dkk. 2017). Selain, sebagai bahan bakar pokok untuk menjalankan mesin pada perindustrian, batubara juga sebagai salah satu penyumbang penerimaan negara dari sektor pertambangan. Sumatera Selatan merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang memiliki cadangan batubara yang sangat melimpah. Disisi lain, Provinsi Sumatera Selatan juga merupakan daerah yang sangat tinggi terjadi gempa bumi, sehingga perlu dilakukan perencanaan lereng yang aman agar pelaksanaan penambangan dapat berjalan dengan lancar (Lubis, dkk. 2017).

Penelitian ini dilakukan untuk memodelkan dan menganalisis kemiringan lereng yang optimum pada tambang terbuka. Kondisi optimal pada lereng ini dimaksudkan lereng tersebut cukup stabil pada umur penambangan, sehingga hal tersebut mendukung rencana penambangan (Yadi, 2015).

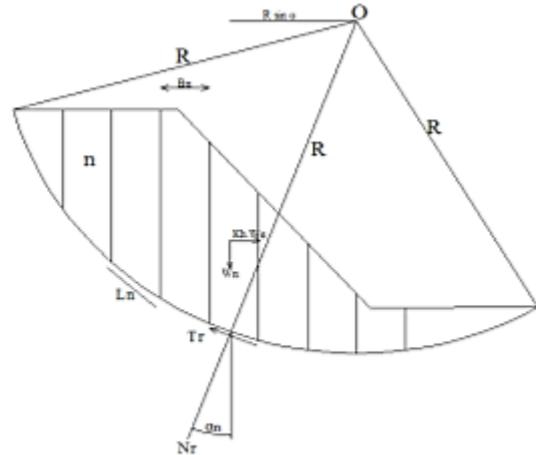
Pemodelan dan analisis kemiringan lereng tambang batubara terbuka ini dilakukan dengan menggunakan progrma *Geoslope 2018* dengan sub-program yang digunakan adalah *Slope/W*. *Slope/W* merupakan sebuah program untuk menghitung angka keamanan dengan menggunakan teori keseimbangan batas (*Geoslope*, 2018)

Pada penelitian ini, data yang digunakan adalah data *properties* batuan yang merupakan data skunder yang diperoleh dari PT. Bukit Asam, Tbk dan data gempa yang diperoleh dari perhitungan berdasarkan SNI-1726-2019.

Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Keseimbangan Batas

Metode Keseimbangan batas merupakan metode yang umum dalam analisis kestabilan lereng. Pada analisis ini, gaya -gaya yang bekerja pada irisan antara lain gaya berat, gaya geser antar-irisan dan gaya normal. Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu besarnya gaya geser antar-irisan sama dengan

nol dan bidang runtuh berbentuk sebuah busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi oleh metode ini adalah kesetimbangan gaya dalam arah vertikal dan horizontal untuk setiap irisan dan kesetimbangan momen pada pusat lingkaran runtuh untuk semua irisan (Halima, 2016).



Gambar 1. Gaya yang bekerja di tiap irisan pada Metode Bishop

Persamaan untuk menganalisis angka keamanan (FK) pada lereng tambang dapat digunakan Persamaan 1, dengan variabel analisis adalah nilai kohesi (c), panjang garis keruntuhan pias (Ln), berat pias (Wn), sudut kemiringan pias terhadap pusat lingkaran (an), koefisien gempa (Kh), dan jari-jari lingkaran (R):

$$FK = \frac{\sum_{n=1}^p (c \cdot L_n \cdot \sec a_n + W_n \cos a_n \tan \phi)}{\sum_{n=1}^p (W_n \sin a_n + K_h \left(\frac{L_n}{R}\right))} \tag{1}$$

Nilai Kh pada rumus di atas diperoleh dengan Persamaan 2, dengan Kh adalah koefisien seismik horizontal, ad adalah perceptana seismik dan g adalah percepatan gravitasi.

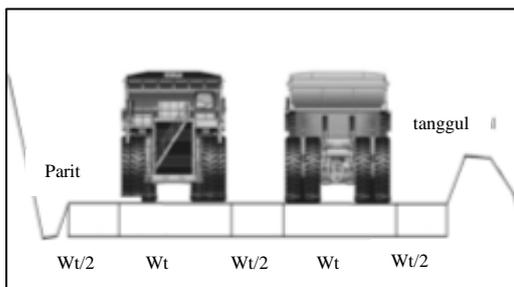
$$K_h = 0,5 \left(\frac{a_d}{g}\right) \tag{2}$$

Geometri lereng

Lereng merupakan permukaan tanah atau batuan terbuka yang memiliki ketinggian dan membentuk kemiringan dengan bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara

alami maupun buatan manusia. Pada penambangan, lereng dapat dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu lereng tunggal, lereng *inter-ramp* dan lereng keseluruhan (Nuryanto, dkk. 2017).

1. Lereng tunggal adalah sebuah lereng yang memiliki satu buah jenjang dimana jenjang ini memiliki kemiringan dan ketinggian.
2. Lereng *inter-ramp* atau biasa disebut *ramp* adalah sebuah lereng pada lereng keseluruhan yang berfungsi sebagai jalan angkut bagi alat transportasi maupun alat penggali pada tambang terbuka. Perhitungan dimensi jalan angkut berdasarkan *Aashto Manual Rural Highway Design* (Azwari, 2015):



Gambar 2. Lebar jalan angkut pada jalan lurus
Perhitungan lebar jalan angkut minimum tambang (L) dapat digunakan Persamaan 3, dengan n merupakan jumlah lajur

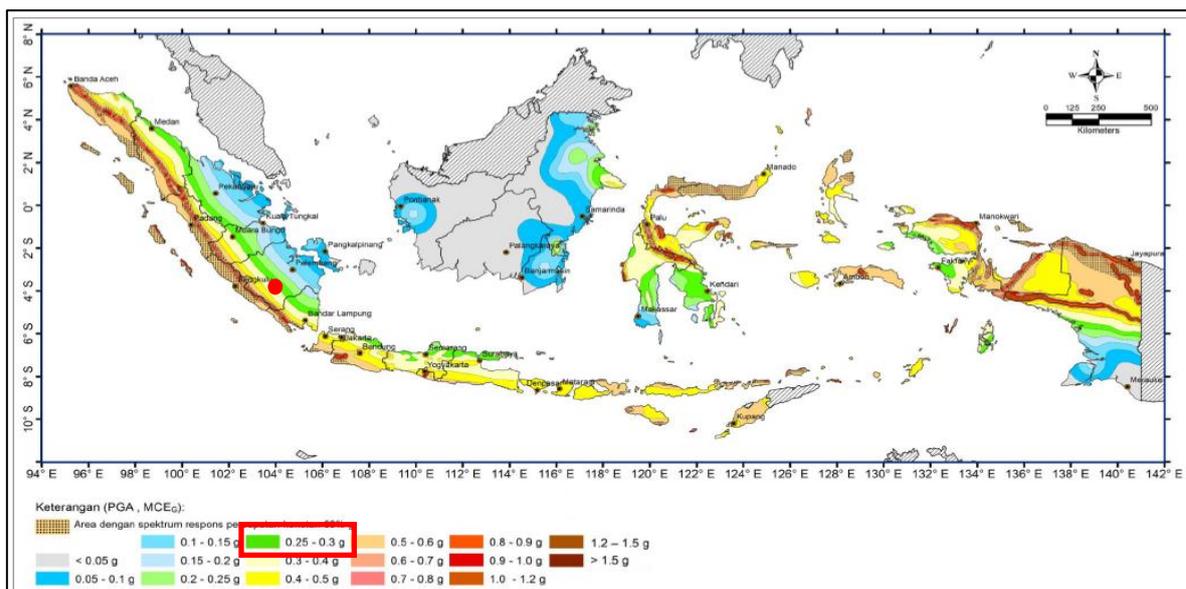
rencana dan W_t adalah lebar truk yang akan digunakan untuk mengangkut hasil galian.

$$L = n.W_t + (n + 1)(0,5.W_t) \tag{3}$$

3. Lereng keseluruhan adalah sebuah lereng skala besar pada tambang terbuka yang terdiri dari beberapa lereng *inter-ramp* maupun lereng tunggal dari mulai bagian paling atas maupun sampai bagian paling bawah (Said, dkk. 2015).

Beban Seismik

Beban seismik pada stabilitas lereng bekerja pada dua arah, horizontal dan vertikal. Namun, untuk arah vertikal kontribusi pada stabilitas lereng sangat kecil, sehingga beban pada arah horizontal saja yang akan digunakan (Sirnipson, dkk. 2020). Penentuan besaran gaya seismik dapat dilakukan dengan mengetahui percepatan tanah puncak yang diperoleh dari peta gempa wilayah Indonesia berdasarkan buku peta gempa tahun 2017. Hasil yang diperoleh dari peta gempa tersebut adalah percepatan tanah puncak. Dengan demikian, berdasarkan SNI-1726-2019, dapat dilakukan perhitungan percepatan tanah puncak berdasarkan kelas situs. Peta gempa wilayah Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta gempa wilayah Indonesia

Setelah memperoleh hasil percepatan tanah puncak, ditentukan kelas situs. Kelas situs pada SNI-1726-2019 dibagi menjadi lima kelas situs, yaitu SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak) dan SE (tanah lunak). Tabel 1 menunjukkan nilai F_{PGA} berdasarkan kelas situs.

Tabel 1. Nilai F_{PGA} Berdasarkan Kelas Situs

| Kelas | PGA | | | | | |
|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | ≤0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| SA | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| SB | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| SC | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| SD | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,1 |
| SE | 2,4 | 1,9 | 1,6 | 1,4 | 1,2 | 1,1 |

Perhitungan mengenai nilai percepatan tanah puncak berdasarkan kelas situs dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan 4.

$$PGA_M = PGA \times F_{PGA} \quad (4)$$

PGA_M adalah nilai percepatan tanah puncak berdasarkan kelas situs, PGA merupakan percepatan tanah puncak terpetakan (Gambar 3), sedangkan F_{PGA} adalah koefisien berdasarkan Tabel 1.

Angka Keamanan Minimum

Angka keamanan minimum berdasarkan surat Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Minera (ESDM) No. 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai angka keamanan minimum

| Jenis lereng | Konsekuensi keruntuhan | kriteria yang dapat diterima | | |
|--------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---|
| | | Faktor Keamanan (FK) statis (min) | Faktor keamanan (FK) dinamis (min) | Probabilitas longsor (Maks) ($FK \leq 1$) |
| Lereng tunggal | Rendah s.d tinggi | 1,1 | tidak ada | 25%-50% |
| | Rendah | 1,15-1,2 | 1,00 | 25% |
| Inter-ramp | Menengah | 1,2-1,3 | 1,00 | 20% |
| | Tinggi | 1,2-1,3 | 1,10 | 10% |
| | Rendah | 1,2-1,3 | 1,00 | 15%-20% |
| Lereng Keseluruhan | Menengah | 1,3 | 1,05 | 10% |
| | Tinggi | 1,3-1,5 | 1,10 | 5% |

METODE PENELITIAN

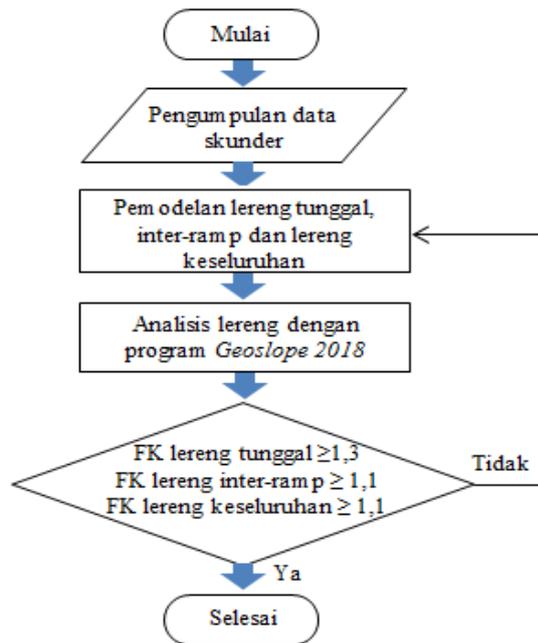
Metode penelitian yang digunakan dapat dilihat pada diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hal pertama yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan data sekunder berupa data *properties* batuan di lokasi penelitian yang diperoleh dari hasil pengeboran yang dilakukan oleh PT. Bukit Asam, Tbk. Lokasi tersebut berada di Banko Tengah Suban Jeriji, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Gambar 4 menunjukkan lokasi penelitian.



Gambar 4. Lokasi Penelitian

Setelah diperoleh data *properties* batuan, selanjutnya dilakukan perencanaan lereng tambang, perencanaan lereng tambang ini terbagi menjadi tiga, yaitu lereng tunggal, lereng *inter-ramp* dan lereng keseluruhan. Pada lereng tunggal, dilakukan analisis dengan menggunakan variasi tinggi yang dimulai dari 9 m, 12 m, 15 m dan 18 m, sedangkan untuk masing-masing ketinggian memiliki 4 variasi kemiringan yang dimulai dari kemiringan 1:0,5, 1:0,75, 1:1 dan 1:2. Pada lereng *inter-ramp* atau jalan angkut pemodelan, pemodelan dilakukan berdasarkan truk pengangkut yang akan lewat pada lereng tersebut, dan untuk pemodelan lereng keseluruhan dilakukan berdasarkan lereng tunggal dan lereng *inter-ramp* yang angka keamanannya melebihi nilai minimum berdasarkan peraturan menteri ESDM. Analisis dari setiap lereng dibantu

dengan aplikasi *Geoslope 2018* dengan sub-program *Slope/W*.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Pada perencanaan lereng tambang, dibutuhkan data-data yang akan diinput ke program untuk dilakukan analisis. Tabel 3 menunjukkan data *properties* batuan yang akan diinput ke dalam program *Geoslope 2018*.

Tabel 3. Data *Properties* Batuan

| Stratigrafi | Berat Isi | Kohesi | Sudut Geser |
|-----------------|-------------------------------------|-------------|---------------------|
| | γ_{sat} kN/m ³ | (Cp) kPa | (ϕ_p) Deg |
| Overburden D | 18,99 | 83,17 | 39,89 |
| Seam D | 12,16 | 85,60 | 22,41 |
| Interburden D-E | 20,33 | 70,98 | 22,78 |
| Seam E | 12,01 | 62,11 | 28,21 |
| Underburden E | 20,82 | 70,31 | 24,37 |

Lebar Jalan Angkut

Parameter dalam perhitungan lebar jalan angkut:

1. Lebar *dump truk* (W_t) = 6 meter
2. Jumlah jalur (n) = 2 jalur

Penentuan lebar jalan angkut dapat dihitung dengan menggunakan ketentuan *The American Association of State Highway and*

Transportation Officials (AASHTO) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L_{min} &= n.W_t + (n + 1)(0,5.W_t) \\
 &= (2 \times 6) + (2 + 1) (0,5 \times 6) \\
 &= 12 + 9 = 21 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Lebar jalan angkut minimum ini belum termasuk lebar tanggul dan drainase, sehingga lebar tanggul dan drainase pada jalan angkut diasumsikan 2 meter. Dengan demikian, lebar jalan angkut minimum pada jalan angkut adalah selebar 25 meter.

Beban Seismik

Berdasarkan Gambar 3, nilai *PGA* gempa maksimum di lokasi penelitian adalah 0,25g sampai dengan 0,3g. Kelas situs adalah kelas situs SB (batuan). Berdasarkan kelas situs tersebut, dapat diperoleh nilai F_{PGA} adalah 0,9, sehingga nilai percepatan tanah puncak berdasarkan kelas situs yang dihitung berdasarkan Persamaan 4 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 PGA_M &= PGA \times F_{PGA} \\
 PGA_{M1} &= 0,25 \times 0,9 = 0,22g \\
 PGA_{M2} &= 0,3 \times 0,9 = 0,27g
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai percepatan tanah puncak, selanjutnya nilai tersebut menjadi K_h berdasarkan Persamaan 2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 K_h &= 0,5 \left(\frac{a_d}{g} \right) \\
 K_{h1} &= 0,5 \left(\frac{0,22}{g} \right) = 0,01 \\
 K_{h2} &= 0,5 \left(\frac{0,27}{g} \right) = 0,01 \\
 K_{rata-rata} &= \frac{0,01 + 0,01}{2} = 0,01
 \end{aligned}$$

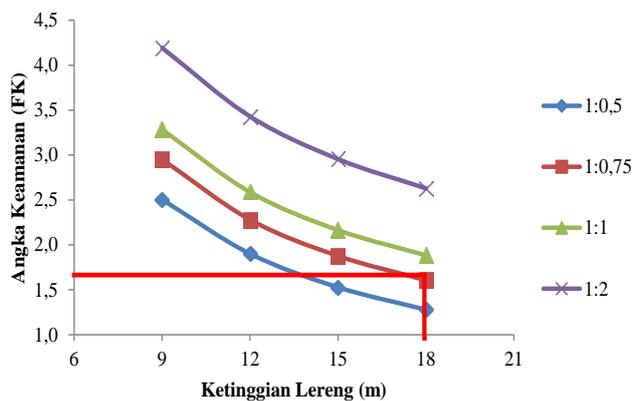
Nilai 0,01 merupakan besaran nilai K_h akibat gaya seismik di lokasi penambangan batubara. Sebelum dilakukan pengambilan batubara maupun tanah penutup, batuan terlebih dahulu dilakukan peledakan untuk mempermudah penggalian. Akibat dari ledakan tersebut akan menghasilkan getaran

yang mempengaruhi stabilitas lereng, jika besaran nilai getaran yang dihasilkan akibat ledakan tersebut adalah sebesar 0,02, maka nilai K_h yang akan digunakan dalam menganalisis stabilitas lereng tunggal, *inter-ramp* dan lereng keseluruhan yaitu nilai K_h akibat gaya seismik ditambah dengan getaran akibat peledakan menjadi 0,03

Simulasi Kemantapan Lereng Tunggal

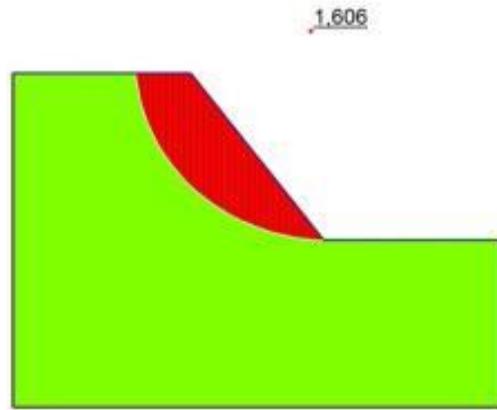
Lapisan overburden D

Sesuai dengan Tabel 3, data yang akan diinput ke program *Geoslope 2018* untuk lapisan *overburden D* adalah data berat isi 18,99kN/m³, kohesi 83,17kPa dan sudut geser 39,89°. Hasil analisis yang diperoleh dari program dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hasil Analisis Lereng Tunggal Lapisan *Overburden D*

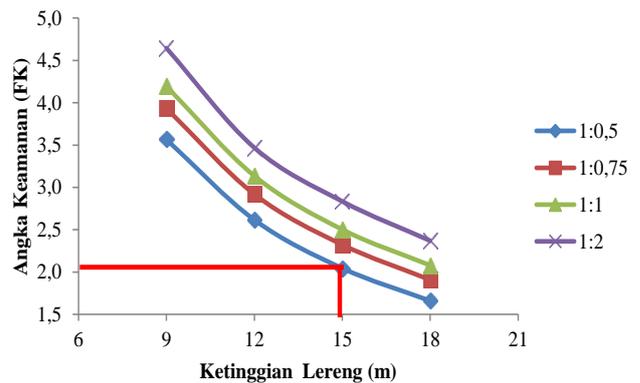
Lereng yang diambil untuk analisis lereng keseluruhan adalah lereng dengan tinggi 18 m dan rasio kemiringan 1:0,75 dengan angka keamanan yang diperoleh adalah 1,606. Pemilihan lereng ini karena lereng tersebut dianggap aman, dimana dibuktikan dengan angka keamanan analisis yang melebihi angka keamanan minimum persyaratan perencanaan lereng. Hasil analisis lereng tunggal tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil Analisis Lereng Tunggal Lapisan *Overburden D*

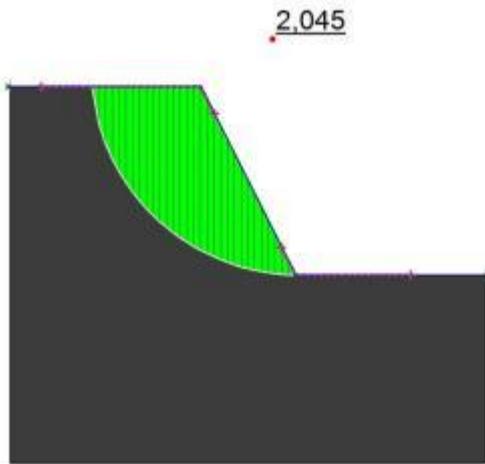
Lapisan seam D

Lapisan *seam D* atau lapisan batubara D yang memiliki *properties* batuan dengan berat isi sebesar 12,16 kN/m³, kohesi sebesar 85,60 kPa dan nilai sudut geser sebesar 22,41°. Hasil analisis dari lereng tunggal untuk lapisan *seam D* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hasil Analisis Lereng Tunggal Lapisan *Seam D*

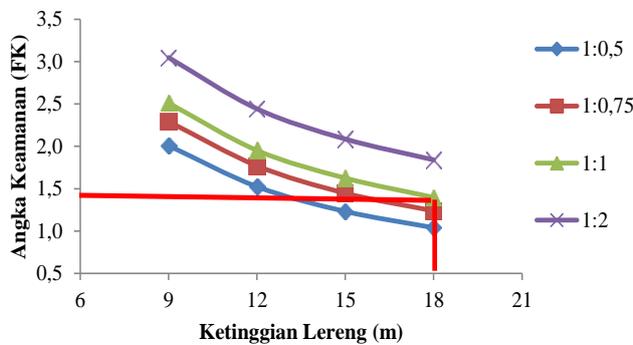
Dari seluruh perencanaan lereng tunggal pada lapisan *seam D*, lereng yang digunakan untuk perencanaan dan analisis lereng keseluruhan yang akan dilakukan pada lapisan *seam D* adalah lereng dengan tinggi 15 m. Rasio kemiringan lereng 1:0,50 dengan angka keamanan yang diperoleh adalah 2,045. Lereng ini dipilih karena angka keamanan lereng tersebut sudah melebihi angka keamanan minimum. Hasil analisis lereng tunggal tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Analisis Lereng Tunggal Lapisan *Seam D*

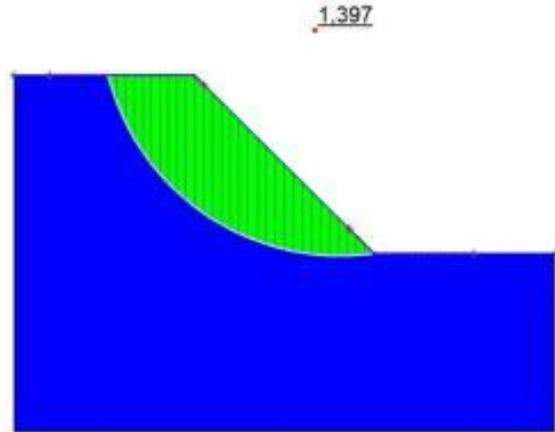
Lapisan interburden D-E

Lapisan *interburden D-E* adalah lapisan batuan penutup yang berada di antara lapisan *seam D* dan *seam E* memiliki *properties* batuan dengan berat isi sebesar 20,33 kN/m³, kohesi sebesar 20,98 kPa dan nilai sudut geser sebesar 22,78°. Hasil analisis dari lereng tunggal untuk lapisan *interburden D-E* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hasil Analisis Lereng Tunggal Lapisan *Interburden D-E*

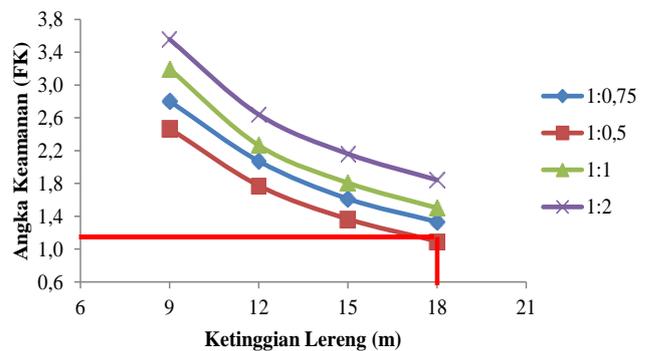
Dari grafik yang diperlihatkan pada Gambar 10, lereng tunggal yang akan digunakan untuk analisis lereng keseluruhan pada lapisan *interburden D-E* adalah lereng dengan tinggi 18 m dan rasio kemiringan 1:1 dengan angka keamanan yang diperoleh adalah 1,397. Oleh karena angka keamanan lereng tersebut melebihi angka keamanan minimum, maka lereng tersebut dianggap aman untuk digunakan. Hasil analisis lereng tunggal tersebut dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Analisis Lereng Tunggal Lapisan *Interburden D-E*

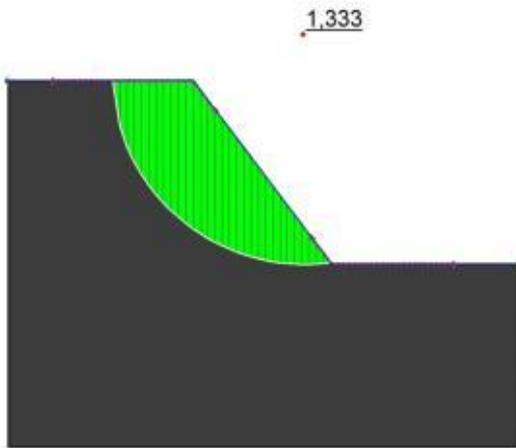
Lapisan Seam E

Lapisan *seam E* atau lapisan batubara E memiliki *properties* batuan dengan berat isi sebesar 12,01 kN/m³, kohesi sebesar 62,11 kPa dan nilai sudut geser sebesar 28,21°. Hasil rancangan dan analisis dari lereng tunggal tersebut pada lapisan *seam E* dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik Hasil Analisis Lereng Tunggal Lapisan *Seam E*

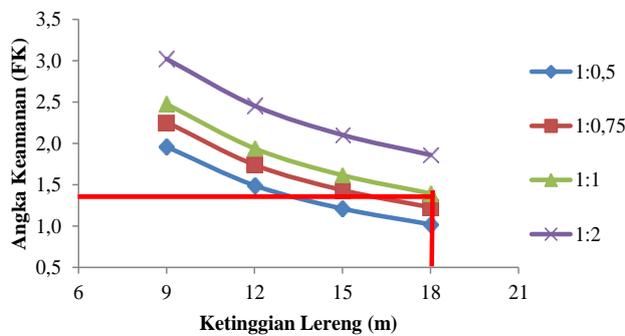
Lereng yang diambil untuk analisis lereng keseluruhan pada lapisan *seam D* adalah lereng dengan tinggi 18 m dan rasio kemiringan 1:0,75 dengan angka keamanan yang diperoleh adalah 1,333. Nilai angka keamanan dari lereng tersebut telah melewati nilai angka keamanan minimum. Hasil analisis lereng tunggal tersebut dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil Analisis Lereng Tunggal Lapisan *Seam E*

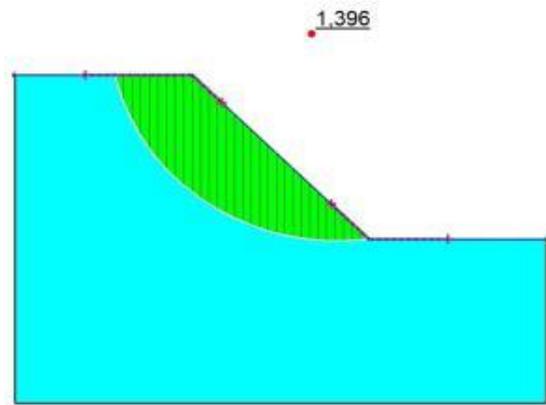
Lapisan underburden E

Lapisan *underburden E* atau lapisan batuan yang berada dibawah lapisan batubara E memiliki *properties* batuan dengan berat isi sebesar 20,82 kN/m³, kohesi sebesar 70,31 kPa dan nilai sudut geser sebesar 24,37° dari *properties* batuan tersebut dilakukan perencanaan dan analisis. Hasil perencanaan dan analisis dari lereng tunggal untuk lapisan *underburden E* dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Hasil Analisis Lereng Tunggal Lapisan *Underburden E*

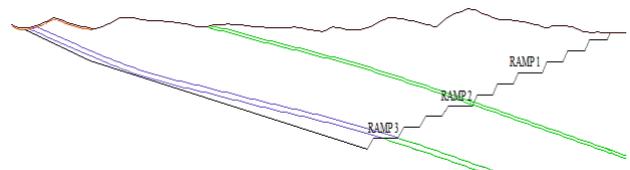
Lereng yang diambil untuk analisis lereng keseluruhan pada lapisan *underburden E* adalah lereng dengan tinggi 18 m dan rasio kemiringan 1:1 dengan angka keamanan yang diperoleh adalah 1,396 angka keamanan analisis yang diperoleh melebihi angka keamanan minimum, maka lereng tersebut aman untuk dipakai. Hasil analisis lereng tunggal tersebut dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Hasil Analisis Lereng Tunggal Lapisan *Underburden E*

Stabilitas Lereng *Inter-ramp*

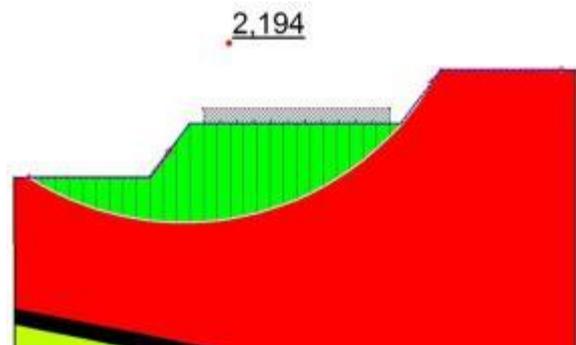
Pada lereng *inter-ramp*, lebar jalan yang digunakan untuk masing-masing lereng adalah selebar 70 meter dengan beban lalu lintas dari kendaraan yang melewati lereng tersebut sebesar 632 kPa. Gambar 16 menunjukkan posisi dari masing-masing *ramp* pada lereng keseluruhan.



Gambar 16. Posisi Masing-masing Lereng *Inter-ramp*

Ramp 1

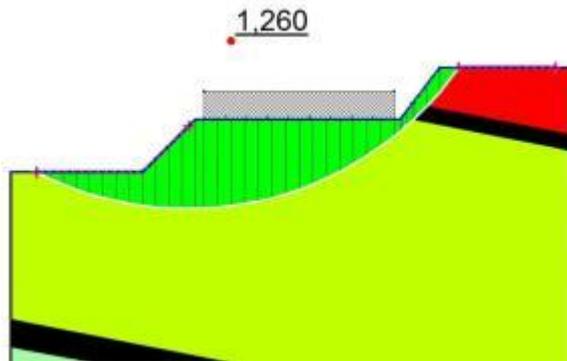
Hasil analisis *ramp 1* diperoleh angka keamanan sebesar 2,194. Pada lereng *ramp 1*, angka keamanan yang diperoleh dari analisis melebihi angka keamanan minimum. Dengan demikian, lereng *ramp 1* aman untuk digunakan. Gambar 17 menunjukkan hasil analisis lereng *ramp 1*.



Gambar 17. Hasil Analisis *Ramp 1*

Ramp 2

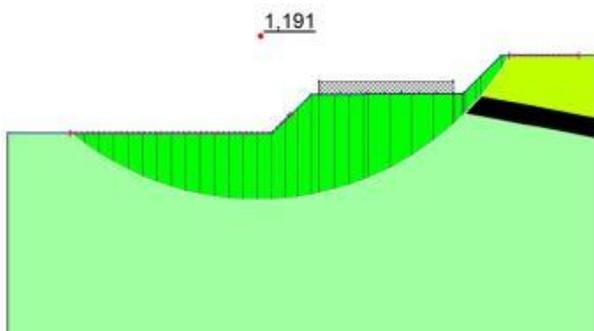
Hasil analisis *ramp 2* diperoleh angka keamanan sebesar 1,260. Angka keamanan hasil analisis lereng *ramp 2* melebihi angka keamanan minimum, maka lereng *ramp 2* aman untuk digunakan pada lereng keseluruhan. Gambar 18 menunjukkan hasil analisis lereng *ramp 2*.



Gambar 18. Hasil Analisis Ramp 2

Ramp 3

Hasil analisis *ramp 3* diperoleh angka keamanan sebesar 1,191. Oleh karena angka keamanan lereng melebihi angka keamanan minimum, maka lereng *ramp 3* aman untuk dipakai pada lereng keseluruhan. Gambar 19 menunjukkan hasil analisis lereng *ramp 3*.

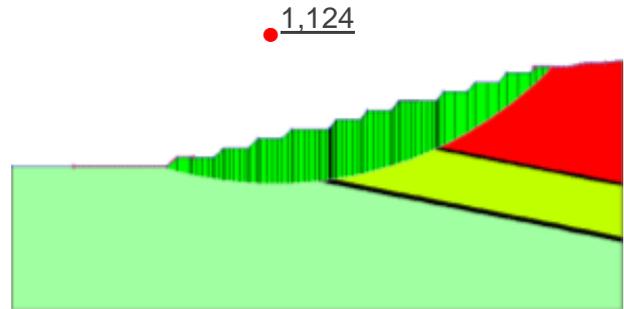


Gambar 19. Hasil Analisis Ramp 3

Kestabilan Lereng Keseluruhan

Lereng keseluruhan merupakan bentuk skala besar dari lereng tambang yang terdiri dari beberapa lereng tunggal dan lereng *inter-ramp*. Pada analisis lereng keseluruhan, parameter batuan yang digunakan adalah parameter yang telah didapatkan dari lapangan, sehingga sudut kemiringan lereng keseluruhan yang diperoleh dari perencanaan

sebesar 15° terhadap bidang horizontal dan kedalaman lereng adalah 200 m. Hasil dari perencanaan dan analisis program lereng keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Hasil Analisis Keseluruhan

Perolehan angka keamanan dari analisis yang telah dilakukan, dimana angka keamanan tersebut adalah 1,124. Dengan persyaratan angka keamanan minimum berdasarkan Keputusan Menteri ESDM adalah 1,10 untuk lereng dengan beban dinamis, maka lereng keseluruhan aman untuk digunakan sebagai lereng galian tambang batubara.

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian mengenai analisis lereng tambang batubara terbuka dengan beban dinamis, dapat ditarik kesimpulan bahwa geometri lereng tunggal untuk lapisan *overburden D* yang diperoleh dari perencanaan memiliki ketinggian 18 meter dengan rasio kemiringan 1:0,75 dengan angka keamanan sebesar 1,606. Lapisan *seam D* memiliki ketinggian sebesar 15 meter dengan rasio kemiringan sebesar 1:0,5 dan diperoleh nilai FK sebesar 2,045. Geometri untuk lereng tunggal lapisan *interburden D-E* yang didapat setelah melakukan analisis adalah setinggi 18 meter dengan rasio kemiringan sebesar 1:1 dan memiliki FK sebesar 1,397. Pada lapisan *seam E* yang didapat adalah setinggi 18 meter dengan kemiringan lereng tunggal tersebut sebesar 53° dan FK yang diperoleh adalah sebesar 1,333. Dimensi, kemiringan dan angka keamanan lereng tunggal pada lapisan *underburden D* yang diperoleh dari analisis adalah sebesar 18

meter, 45° dan 1,396. Dimesi dan angka keamanan untuk lereng *inter-ramp* yang diperoleh adalah selebar 70 meter dan angka keamanan 2,194 untuk *ramp* 1, 70 meter dengan angka keamanan 1,260 untuk *ramp* 2, serta 70 meter dan angka keamanan 1,191 untuk *ramp* 3.

Angka keamanan yang diperoleh dari analisis lereng keseluruhan dengan kedalaman lereng 200 meter, sebesar 1,124 dengan kemiringan adalah 15°.

SARAN

Untuk penelitian selanjutnya, hendaknya dilakukan analisis lebih lanjut mengenai pengaruh dari muka air tanah terhadap kestabilan lereng.

REFERENSI

- Amrullah, M.H., Zakaria, Z., Sophian, R.I., Tunggal, J., 2019. Optimasi Kestabilan Lereng Tunggal Lapisan Overburden Rencana Tambang Mahayung dengan Pendekatan Probabilistik. *Padjadjaran Geoscience Journal*. 3(6): 480-488.
- Azwari, R., 2015. Evaluasi Jalan Angkut dari Front Tambang Batubara menuju Stokpile Block B pada Penambangan Batubara di PT Minemex Indonesia, Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi. *Prosiding Penelitian Sivitas Akademika Unisba (Sains dan Teknologi)*. (2): 92-100.
- Geoslope., 2018. *Stability Modeling with SLOPE/W 2018 Version*. Calgary : GEO-SLOPE International Ltd.
- Halimah., Octova, A., 2016. Analisis Ground Vibration untuk Mendesain Lereng yang Stabil pada Penambangan Batu Gamping CV Tekad Jaya Halaban Kabupaten 50 Kota Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*. 3(4): 1784-1792.
- Kadang, E.S., Trides, T., Devy, S.D., 2019. Analisis Kestabilan Lereng Low Wall Pit 7 Selatan Blok AM yang Dipengaruhi Air Tanah di PT. Alamjaya Bara Pratama, Kecamatan Loakulu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. *Jurnal Tekmologi Mineral FT UNMUL*. 7(1): 15-22.
- Keputusan Meteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.
- Lubis, J.F., Herdinata. J., 2017. Pemodelan Perluasan Desain Pit 1 Banko Barat Arah Utara Menggunakan Software Minescape 4.118 sebagai Alternatif Pencapaian Produksi di Area Sump Pit 1 Banko Barat di PT Satria Bahana Sarana, Tanjung Enim, Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik Patra Akademika*. 8(2): 39-47.
- Mahardika, S., Devy., D.D., Umar, H., 2017. Analisa Kestabilan Lereng Highwall Berdasarkan Nilai Faktor Keamanan dengan Metode Bishop Simplified pada Pit S12GN PT Kitadin Embalut Site, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten KutaiKartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurna Teknologi Minerat FT UNMUL*. 5(2): 51-57.
- Nuryanto, Wulandari., S., 2017. Analisis Stabilitas Lereng dengan Metode Kesetimbangan Batas (Limit Equilibrium) dan Elementari Hingga (Finite Element). *Jurnal Desain Konstruksi*. 16(1): 55-66
- Prasetyo, M.H., Zakaria, Z., Sophiana, R.I., 2020. Hubungan Tinggi dan Sudut Lereng Terhadap Potensi Longsor yang Diindikasikan oleh Faktor Keamanan pada Lereng Tunggal. *Padjadjaran Geoscience Journal*. 4(3): 238-242.
- Rekzyanti, R., Balamba, S., Manaroinsong, L., 2016. Analisis Kestabilan Lereng Akibat Gempa. *TEKNO*. 14(66): 23-33.
- SNI-1726., 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non-gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sirnipson, Lofty Rinaldi, Agus Triantoro, & Sari Melati., 2020. *Analisis Korelasi*

- Stripping Ratio dan Overburden Ratio Berdasarkan Kemiringan Lereng Tunggal pada Perencanaan Tambang Batubara.* Jurnal Himasapta, 5(2), 53-56.
- Said, A.F., Nurhakim, Uyu, S., & Tacjudin, N., 2016. *Perencanaan Tahapan Penambangan Bulanan Pada Tambang Terbuka Batubara Open Pit.* Jurnal Geosapta, Vol. 2, 8-15
- Yadi, Zulkifli., 2015. *Kestabilan Geometri Lereng Bukaan Tambang Batubara di PT. Pasifik Global Utama Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan.* Pertambangan. Universitas Islam Bandung.