

ANALISIS KESTABILAN LERENG *HIGHWALL* MENGUNAKAN METODE *BISHOP SIMPLIFIED* PADA PIT 13 PT BELAYAN INTERNASIONAL COAL KECAMATAN MARANGKAYU KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA

Muhammad Amin Syam, Heriyanto, Hamzah Umar, Chairul Ikhwan, Mifta Sardilla

Teknik Geologi, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9 Samarinda 75119, Indonesia.

*Corresponding author. Email: muhammadamin.syam24@gmail.com

Manuscript received: 2 March 2021; Received in revised form: 25 April 2021; Accepted: 27 April 2021

Abstrak

PT Belayan Internasional Coal merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan dengan sistem tambang terbuka. Salah satu kegiatannya dalam geoteknik adalah pembentukan lereng. Analisis kestabilan lereng menggunakan metode *Bishop Simplified* yang disederhanakan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan dinamis ($\geq 1,1$). Saat ini nilai Faktor Keamanan (FK) merupakan indikator pada penentuan apakah lereng stabil atau tidak. Parameter yang digunakan dalam analisis kestabilan lereng adalah sifat fisik dan sifat mekanik batuan yaitu bobot isi (γ), nilai kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ). Dari hasil perhitungan lereng keseluruhan (*overall slope*) dinamis, lereng keseluruhan (*overall slope*) yang direkomendasikan adalah dibentuk dengan sudut lereng individu 55° , lebar *bench* 5 meter, tinggi 10 meter, dan jumlah lereng individu sebanyak 8 lereng. Desain ini akan menghasilkan lereng keseluruhan dengan dimensi sudut lereng 41° , tinggi 80 meter, dan memiliki nilai faktor keamanan dinamis yaitu 1,102 dengan keadaan jenuh air. Dengan demikian, lereng termasuk ke dalam kondisi stabil.

Kata Kunci: analisis kestabilan lereng; *Bishop Simplified*; faktor keamanan dinamis.

Abstract

PT Belayan Internasional Coal is an an open pit system mining company, one of its geotechnical activities is the construction of the slopes. Slope stability analysis used the Bishop Simplified method to obtain the value of the dynamic safety factor ($\geq 1,1$). Currently, the value of the Safety Factor (FK) is an indicator in determining whether the slope is stable or not. The parameters used in the slope stability analysis are the physical and mechanical properties of the rock, namely weight (γ), cohesion value (c), and internal shear angle (ϕ). From the results of dynamic overall slope calculations, the recommended overall slope is constructed with an individual slope angle of 55° , a bench width of 5 meters, a height of 10 meters, and the number of individual slopes of 8 slopes. This design will produce dimensions of overall slope with 41° slope angle, 80 meters high, and has a dynamic safety factor value of 1,102 with water saturated condition. Thus, the slopes is in the stable condition.

Keywords: *Bishop Simplified*; dynamic safety factor; slope stability analysis.

Pendahuluan

Sehubungan dengan hasil kegiatan eksplorasi dan rencana optimalisasi

penambangan batubara pada area kerja PT Belayan Internasional Coal, maka dilakukan pengkajian studi geoteknik untuk menentukan perancangan geometri

tambang yang aman sesuai dengan prosedur teknis yang benar.

Banyaknya kasus longsoran lereng tambang menjadi perhatian khusus pada kegiatan penambangan di Indonesia. Selain dapat merugikan perusahaan secara meteril, kasus longsoran lereng tambang dapat menghambat eksplorasi yang berakibat pada lingkup keamanan pekerjaan yang dilaksanakan di lapangan (Arif, 2010). Penyelidikan geoteknik mutlak diperlukan untuk mengurangi resiko tersebut.

Analisis kestabilan lereng untuk kepentingan tambang terbuka bertujuan untuk menentukan geometri lereng, yaitu sudut dan tinggi lereng. Faktor utama penentu geometri lereng adalah struktur geologi, sifat fisik, sifat mekanik batuan, dan kondisi air tanah (Bester et al., 2013). Longsoran merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Pergerakan tanah ini terjadi karena perubahan keseimbangan daya dukung tanah dan akan berhenti setelah mencapai keseimbangan baru (Johansson, 2014). Longsoran umumnya terjadi jika tanah sudah tidak mampu menahan berat lapisan tanah di atasnya karena ada penambahan beban pada lereng dan berkurangnya kohesi antara butiran tanah/ batuan (Golder Associates, 2018).

Oleh karena itu, diperlukan suatu model/ desain lereng tambang yang sudah memperhitungkan kemantapan dan kestabilan lereng pada daerah penelitian jika operasi penambangan dilaksanakan (LAPI ITB, 2017). Metode *Bishop Simplified* digunakan dalam memodelkan kestabilan lereng pada penelitian ini. Metode ini menerapkan kesetimbangan momen gaya dan adanya gaya normal antar irisan yang bekerja sehingga hasil pemodelan dapat mendekati model sebenarnya.

Daerah penelitian secara administratif

terletak di daerah Perangat, Kecamatan Marangkayu, Kabupaten Kutai Kartanegara, Secara astronomis terletak antara $0^{\circ} 13' 26.7''$ LU dan $117^{\circ} 16' 35.1''$ BT.

Kondisi morfologi daerah penelitian dibagi menjadi dua satuan bentuk lahan, yaitu: perbukitan terkikis dan dataran alluvial. Satuan batuan pada daerah penelitian mengikuti tata nama satuan litostratigrafi tidak resmi menurut Sandi Stratigrafi Indonesia dengan urutan dari muda sampai tua, yaitu endapan alluvial Perangat dan satuan Batulempung Perangat. Berdasarkan penarikan sebaran lapisan batuan, memperlihatkan adanya pola garis dengan arah timurlaut – baratdaya (Gambar 1). Data pengamatan singkapan, juga didapatkan kedudukan lapisan batuan, yaitu berarah timurlaut – baratdaya dengan besar kemiringan yang relatif sama, maka ditafsirkan struktur geologi yang terdapat di daerah telitian adalah sayap lipatan.

Metode Penelitian

Pada tahap ini, data yang didapat dari lapangan dan uji laboratorium akan dianalisis. Adapun metode dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

- Pengambilan data primer; data ini langsung diambil di lapangan terdiri dari data litologi dari log bor dan *coring* dan geometri lereng awal.
- Uji laboratorium; data *coring* selanjutnya dibedakan berdasarkan jenis litologinya, kemudian dilakukan uji sifat fisik untuk mengetahui bobot isi batuan dan uji kuat geser batuan untuk menghitung nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) batuan.
- Desain lereng; lereng didesain menjadi 2 (dua), yakni lereng tunggal (*single slope*) dan lereng keseluruhan (*overall slope*). Data hasil uji laboratorium dimasukkan (*material properties*) berdasarkan jenis litologinya.
- Analisis kestabilan lereng menggunakan *software Slide* versi

2013). Data masukan yang digunakan untuk analisis ini adalah geometri lereng, perlapisan batuan, sifat fisik, dan mekanik batuan pembentuk lereng (Muntohar dan Saputro, 2014).

Longsoran yang akan terjadi diasumsikan berbentuk busur dan analisis dilakukan dengan metode *Bishop Simplified*. Perhitungan dilakukan pada lereng tunggal (*single slope*) dan lereng keseluruhan (*overall slope*).

Pada penambangan batubara, untuk mengupas lapisan tanah penutup akan terbentuk lereng *highwall* yang terdiri dari lereng tunggal (*single slope*) dan lereng keseluruhan (*overall slope*).

Material properties yang digunakan untuk pembentuk lereng berdasarkan data log bor dan uji laboratorium di daerah penambangan PT Belayan Internasional Coal adalah sebagai berikut (Tabel 1):

Tabel 1. Material Properties pada titik GT-01

Material	Unit Weight	Direct Shear Test		Friction Angle	Cohesion
	KN/m ³	Peak ϕ_p (°)	Residu ϕ_r (°)	(°)	KPa
Claystone 1	19,141	30,96	0	15,48	57,303922
Claystone 2	16,915074	30,54	0	15,27	40,490196
Siltstone 1	21,062944	43,97	33,24	38,60	192,94118
Claystone 3	20,003914	37,66	20,58	29,12	252,45098
Siltstone 2	21,013915	45,77	35,7	40,73	343,13725
Claystone 4	18,121192	40,71	28,55	34,63	275,04902
Siltstone 3	19,768573	42,77	29,03	35,9	200,58824

1. Lereng Tunggal (Single Slope)

Perhitungan kestabilan lereng dilakukan untuk tiap jenis material pembentuk lereng, yaitu untuk material batupasir, batulanau, dan batulempung dengan menggunakan dua parameter, yakni:

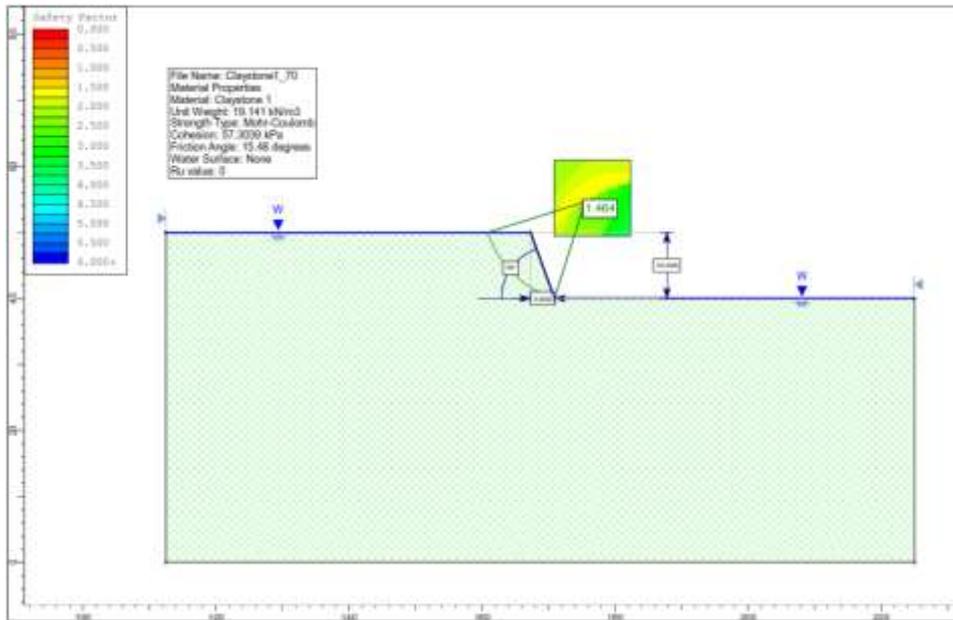
- a. Tinggi lereng tunggal (h)
Penggaruan material menggunakan *Excavator Komatsu PC-300* dengan *Maximum Cutting Height* sebesar 10 meter.
- b. Sudut lereng tunggal (α)
Perhitungan simulasi kestabilan lereng tunggal dilakukan dengan sudut lereng sebesar 55°, 60°, 65°, dan 70° pada tinggi 10 meter.

Hasil perhitungan kestabilan lereng tunggal sebagai rekomendasi untuk penggalan lapisan batuan penutup pada *Highwall GT-01* dijelaskan sebagai berikut:

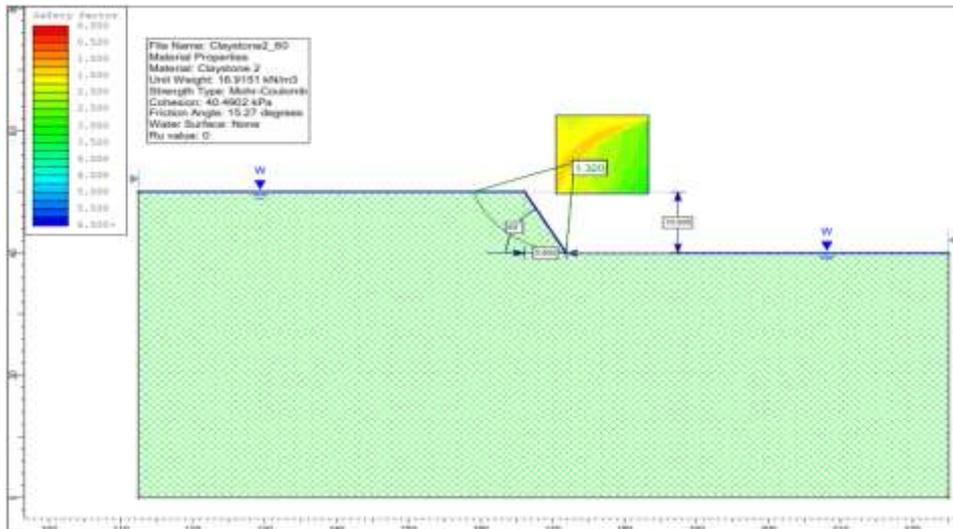
- Pada material *Claystone 1* (Gambar 2) disarankan menggunakan geometri lereng dengan tinggi (h) = 10 m dan sudut lereng (α) = 70° dengan hasil

perhitungan faktor keamanan (FK) = **1,464**.

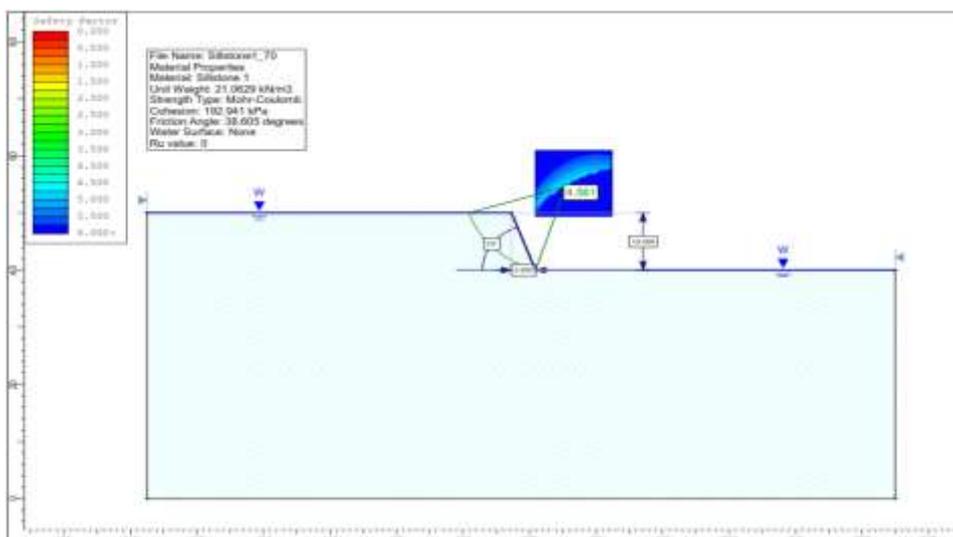
- Pada material *Claystone 2* (Gambar 3) disarankan menggunakan geometri lereng dengan tinggi (h) = 10 m dan sudut lereng (α) = 60° dengan hasil perhitungan faktor keamanan (FK) = **1,320**.
- Pada material *Siltstone 1* (Gambar 4) disarankan menggunakan geometri lereng dengan tinggi (h) = 10 m dan sudut lereng (α) = 70° dengan hasil perhitungan faktor keamanan (FK) = **4,561**.
- Pada material *Claystone 3* (Gambar 5) disarankan menggunakan geometri lereng dengan tinggi (h) = 10 m dan sudut lereng (α) = 70° dengan hasil perhitungan faktor keamanan (FK) = **6,158**.
- Pada material *Siltstone 2* (Gambar 6) disarankan menggunakan geometri lereng dengan tinggi (h) = 10 m dan sudut lereng (α) = 70° dengan hasil faktor keamanan (FK) = **8,030**.



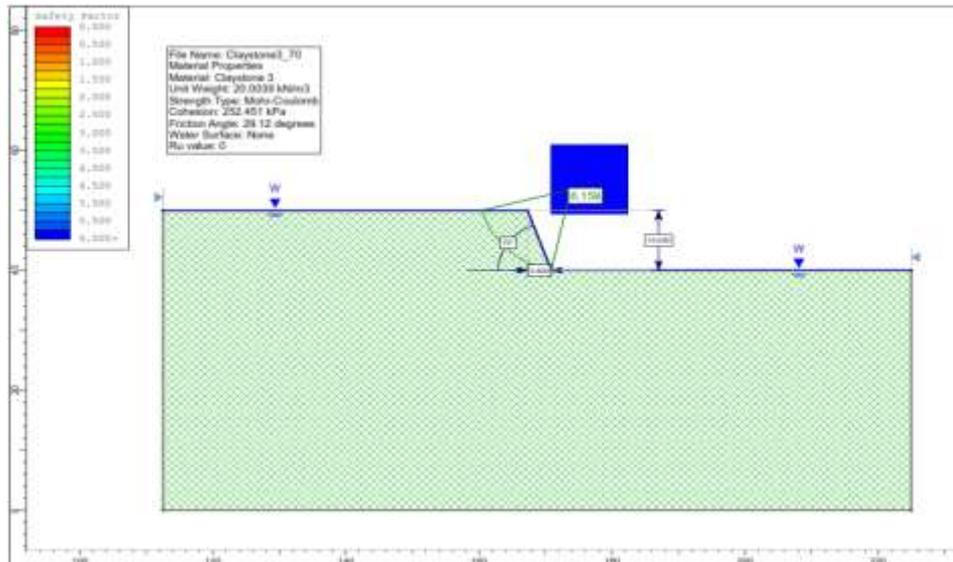
Gambar 2. Rekomendasi Geometri Lereng Tunggal pada Material *Claystone 1*



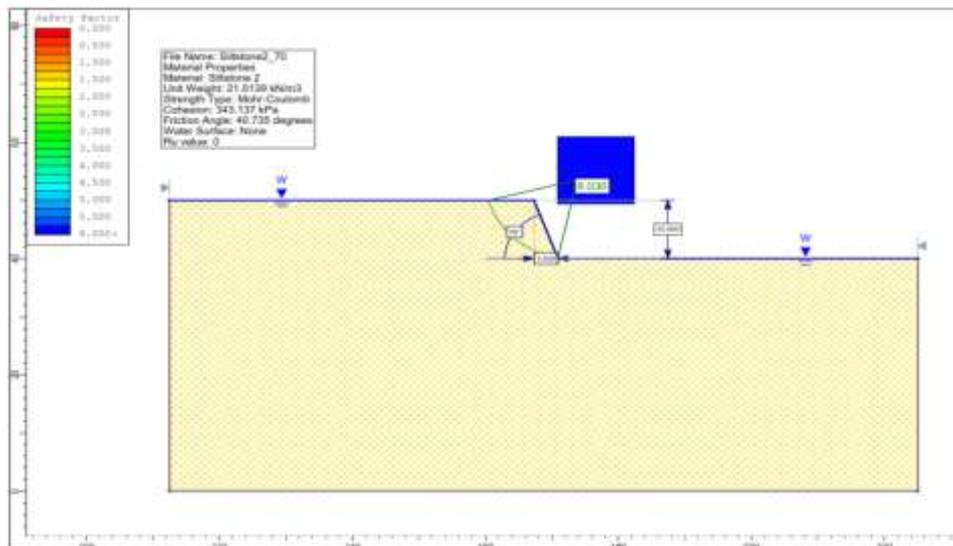
Gambar 3. Rekomendasi Dimensi Lereng Tunggal Pada Material *Claystone 2*



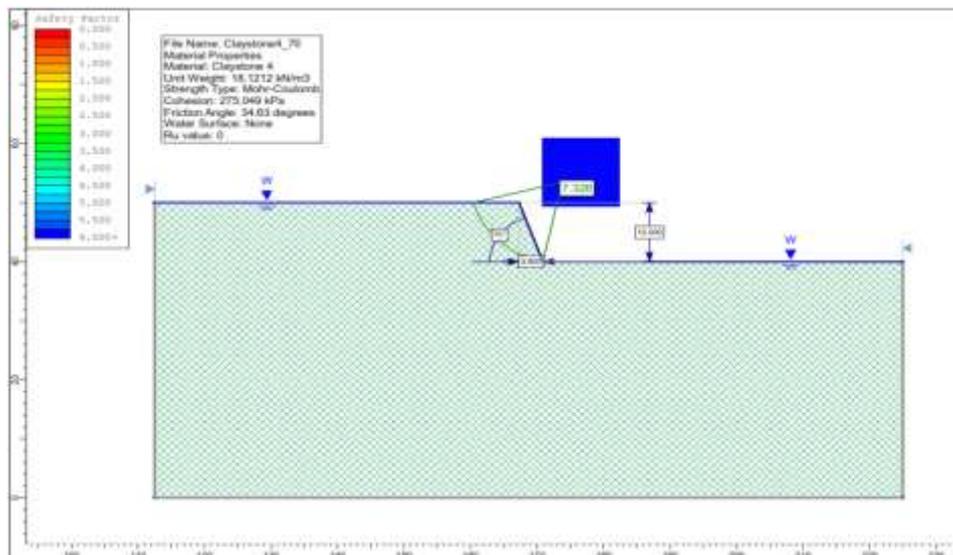
Gambar 4. Rekomendasi Dimensi Lereng Tunggal Pada Material *Siltstone 1*



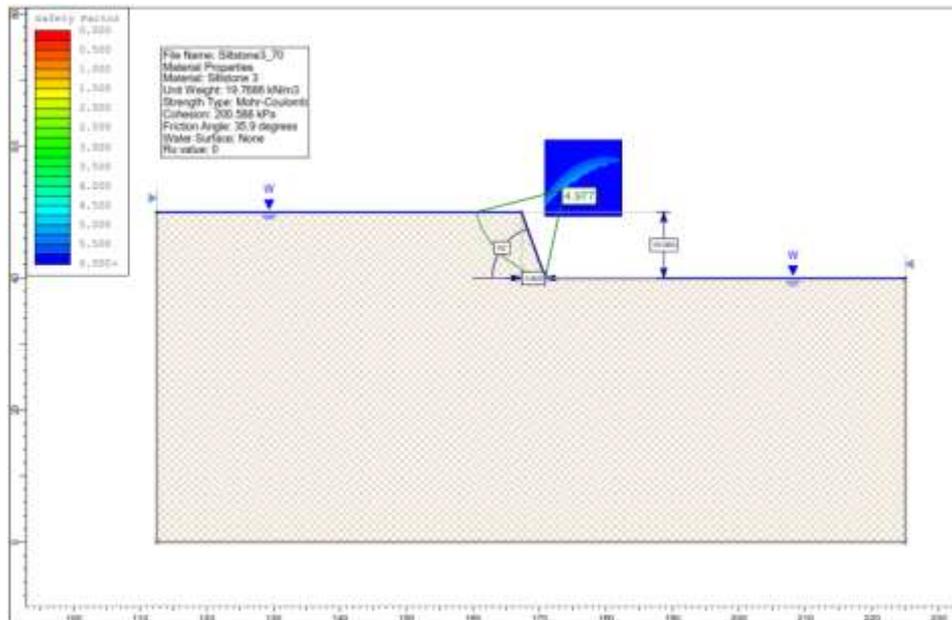
Gambar 5. Rekomendasi Dimensi Lereng Tunggal Pada Material *Claystone 3*



Gambar 6. Rekomendasi Dimensi Lereng Tunggal Pada Material *Siltstone 2*



Gambar 7. Rekomendasi Dimensi Lereng Tunggal Pada Material *Claystone 4*



Gambar 8. Rekomendasi Dimensi Lereng Tunggal Pada Material *Siltstone 3*

- Pada material *Claystone 4* (Gambar 7) disarankan menggunakan geometri lereng dengan tinggi (h) = 10 m dan sudut lereng (α) = 70° dengan hasil faktor keamanan (FK) = **7,326**.
- Pada material *Siltstone 3* (Gambar 8) disarankan menggunakan geometri lereng dengan tinggi (h) = 10 m dan sudut lereng (α) = 70° dengan hasil faktor keamanan (FK) = **4,977**.

Rekomendasi lereng tunggal hasil perhitungan kestabilan untuk penggalian lapisan batuan penutup pada *Highwall* GT-01 diringkas dalam Tabel 2.

Tabel 2. Rekomendasi Lereng Tunggal

Material	Slope	Tinggi Lereng	FK
<i>Claystone 1</i>	70°	10 m	1,464
<i>Claystone 2</i>	60°	10 m	1,320
<i>Siltstone 1</i>	70°	10 m	4,561
<i>Claystone 3</i>	70°	10 m	6,158
<i>Siltstone 2</i>	70°	10 m	8,030
<i>Claystone 4</i>	70°	10 m	7,326
<i>Siltstone 3</i>	70°	10 m	4,977

2. Lereng Keseluruhan (*Overall Slope*)

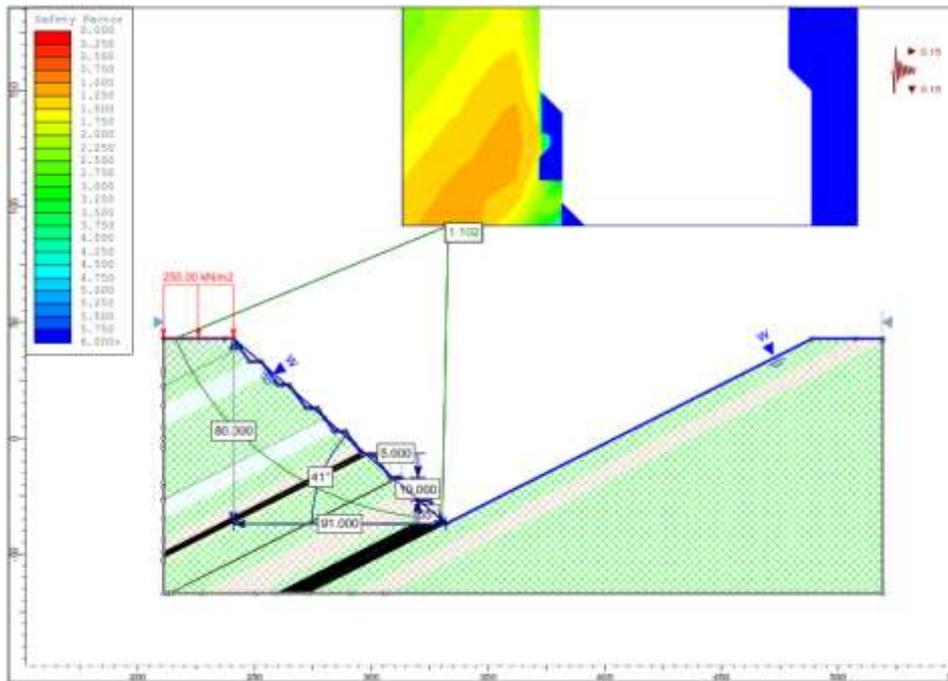
Pendekatan analisis dalam perhitungan lereng keseluruhan adalah:

- a. Pada analisis lereng keseluruhan, tubuh lereng terdiri dari beberapa

material penyusun dan mempunyai sudut kelerengan stabil yang direkomendasikan berdasarkan hasil analisis dan simulasi lereng tunggal.

- b. Nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) digunakan dalam analisis kemantapan lereng diambil dari analisis statistik, yaitu dipilih nilai masing-masing material. Begitu juga dengan nilai bobot isi natural (γ_{nat}) dan bobot isi jenuh (γ_{sat}).
- c. Material pada *Weathering Zone* dianggap sebagai material satuan batuan di bawahnya.
- d. Tinggi muka air tanah pada kondisi jenuh adalah sepenuhnya terisi air dengan menyesuaikan bentuk lereng.
- e. Analisis desain lereng keseluruhan secara dinamis.
- f. Desain lereng keseluruhan jenuh dinamis mendapatkan tambahan *seismic load* (H&V: 0.15g) dan *distributed load* (250.000 KN/m²).
- g. Rekomendasi teknis adalah hasil dari analisis simulasi lereng jenuh dinamis.
- h. Dalam melakukan perhitungan simulasi, tipe longsor adalah longsor busur.
- i. Untuk semua lereng yang dianalisa menggunakan nilai ϕ , c , γ_{nat} dan γ_{sat} merupakan nilai rata-rata masing-

- masing pengujian yang diperoleh dari laporan uji laboratorium.
- j. Penggaruan material diasumsikan menggunakan *Excavator Komatsu PC-300* dengan *Maximum Cutting Height* sebesar 10 meter. Maka tinggi dimensi lereng tunggal adalah 10 meter.
 - k. Perhitungan simulasi kemantapan lereng keseluruhan dilakukan dengan sudut lereng sebesar 45°, 50°, 55° dan 60°.
 - l. Analisis kestabilan lereng keseluruhan dihitung sampai diperoleh lereng dengan $FK \geq 1,100$.



Gambar 9. Rekomendasi Dimensi Lereng Keseluruhan *Highwall*

Menurut hasil perhitungan lereng keseluruhan dinamis, lereng keseluruhan disarankan dibentuk dengan sudut lereng individu 55°, lebar *bench* 5 m, tinggi 10 m, dan jumlah lereng individu sebanyak 8 lereng, akan menghasilkan lereng keseluruhan dengan dimensi sudut lereng 41°, tinggi 80 m, dan memiliki nilai **FK Dinamis 1,102** dengan dalam keadaan jenuh air (Gambar 9). Dengan demikian, lereng termasuk ke dalam kategori stabil.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di PT. Belayan Internasional Coal pada area *Pit 13* diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Pertama, menurut perhitungan uji sifat fisik dan uji sifat mekanik pada tujuh sampel batuan diperoleh nilai kohesi (c) berkisar antara 40

KPa hingga 343 KPa, sudut geser dalam (ϕ) berkisar antara 15° - 40° dan nilai bobot isi natural (γ_{nat}) berkisar antara 16 KN/m³ hingga 21 KN/m³. Kedua, rekomendasi geometri lereng tunggal (*Single Slope*) untuk setiap litologi adalah tinggi lereng sama sebesar 10 meter dan dengan sudut lereng antara 60°–70°. Dari geometri lereng tersebut diperoleh kondisi lereng stabil dengan nilai faktor keamanan antara 1,320 – 8,030. Ketiga, lereng keseluruhan (*Overall Slope*) dalam kondisi dinamis disarankan dibentuk dengan sudut lereng individu 55°, lebar *bench* 5 meter, tinggi 10 meter, dan jumlah lereng individu sebanyak 8 lereng. Geometri lereng ini menghasilkan lereng keseluruhan dengan sudut lereng 41°, tinggi 80 meter, dan memiliki nilai faktor keamanan dinamis dan tersaturasi air sebesar 1,102. Dengan demikian, lereng termasuk ke dalam kondisi stabil.

Daftar Pustaka

- Arif, I. 2010. *Geoteknik Tambang*. Program Studi Teknik Pertambangan ITB. Bandung. 2010.
- Bester, M., Nel, E., & Gavigan, G. 2013. *A Strategic Approach to the Design and Implementation of an Effective Mine Dewatering System, Slope Stability (page.1-16)*. Australian Centre for Geomechanics. Brisbane.
- Golder Associates. 2018. *Geotechnical Investigation for Pitand Waste Dump Studies Report*.
- Johansson, J. 2014. *Impact of Water-Level Variations on Slope Stability*. Lulea University of Technology.
- LAPI ITB, PT. 2017. *Studi Pengaruh Getaran Peledakan Terhadap Perumahan Penduduk dan Evaluasi Kestabilan Lereng Tambang PT Kuansing Inti Makmur Site Muara Bungo*. Jambi.
- Muntohar, A.S. dan Saputro, R.I. 2014. *Pengaruh Kedalaman Muka Air Tanah Awal Terhadap Analisis Stabilitas Lereng Tak Jenuh*. Seminar Nasional X – 2014. Teknik Sipil ITS Surabaya pp. 985-990.
- Sugianti, K. 2013. *Pengaruh Muka Airtanah terhadap Kestabilan Lereng pada Ruas Jalan Raya Cadaspangeran, Sumedang*. Riset Geologi Tambang, 22(2), 117-125. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2012.v22.62>