



## PENGARUH MUKA AIRTANAH TERHADAP SUDUT LERENG STABIL PADA PIT "X" PT. BORNEO INDOBARA, KALIMANTAN SELATAN

**Rafly Anugrah Ramadhian<sup>1\*</sup>, Zufialdi Zakaria<sup>1</sup>, Dicky Muslim<sup>1</sup>, Hasan Ashari<sup>2</sup>, M.S. Joko Santoso<sup>2</sup>, Anggi Hardian<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup>PT. Borneo Indobara, Kalimantan Selatan

\*Korespondensi: raflyanugrah06@gmail.com

### ABSTRAK

Kestabilan lereng merupakan suatu masalah yang sangat sering dijumpai dalam kegiatan penambangan. Lereng yang berada dalam keadaan tidak stabil akan berpotensi menghasilkan longsor. Kondisi muka airtanah dalam tubuh lereng dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng. Untuk mengetahui pengaruh kondisi muka airtanah terhadap sudut lereng pada Pit "X", PT. Borneo Indobara, metode penelitian yang dilakukan dimulai dari pengolahan data sifat fisik material dari hasil uji laboratorium. Data tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai *material properties* pada proses simulasi kestabilan lereng dalam *software* Slide v.6.0. Proses simulasi kestabilan lereng dilakukan dengan variasi ketinggian lereng yang berbeda dan pengaruh muka airtanah pada tubuh lereng dengan variasi ketinggian yang berbeda pula. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa simulasi pada lereng *highwall* dengan tinggi 100meter dapat membentuk sudut stabil hingga 47° saat kondisi muka airtanah 1/8 tinggi lereng dari kaki lereng. Sedangkan simulasi pada lereng *sidewall* dengan tinggi sekitar 110meter dapat membentuk sudut stabil hingga 50° saat kondisi muka airtanah 1/8 tinggi lereng dari kaki lereng. Dapat disimpulkan bahwa penurunan elevasi muka airtanah pada lereng dapat menghasilkan sudut lereng stabil yang lebih tinggi. Sehingga penurunan elevasi muka airtanah pada lereng *highwall* area penelitian dapat menaikkan rekomendasi sudut lereng stabil dari 15° hingga 22°. Pada lereng *sidewall* area penelitian, rekomendasi sudut lereng stabil dapat dinaikkan dari 18° hingga 20°.

**Kata kunci:** Kestabilan lereng, muka airtanah, *highwall*, *sidewall*

### ABSTRACT

*Slope stability is a very common problem in mining activities. The unstable slope will potentially produce landslides. One of the factors that can affect slope stability is groundwater condition. To figure the effect of groundwater conditions on the slope angle of the "X" Pit, PT. Borneo Indobara, the method of research carried out starts from data processing of the physical properties of the material from laboratory test results. The data will then be used as material properties in the slope stability simulation process in Slide v.6.0 software. The process of simulating slope stability is done with different variations of slope height and groundwater condition. Data from the research shows that simulations on highwall slopes with a height of 100 meters can form stable angles up to 47° when groundwater conditions are 1/8 of the slope height behind the slope toe. While the simulation on the sidewall slope with a height of about 110 meters can form a stable angle of up to 50° when the groundwater conditions are 1/8 of the slope height behind the slope toe. It can be concluded that the decrease in groundwater level on the slope can produce a higher stable slope angle. So that a decrease in groundwater level on the highwall slope of the research area can increase the recommendation of a stable slope angle from 15° to 22°. On the sidewall slope, recommendations for stable slope angles can be raised from 18° to 20°.*

**Keywords:** Slope stability, groundwater level, *highwall*, *sidewall*

## 1. PENDAHULUAN

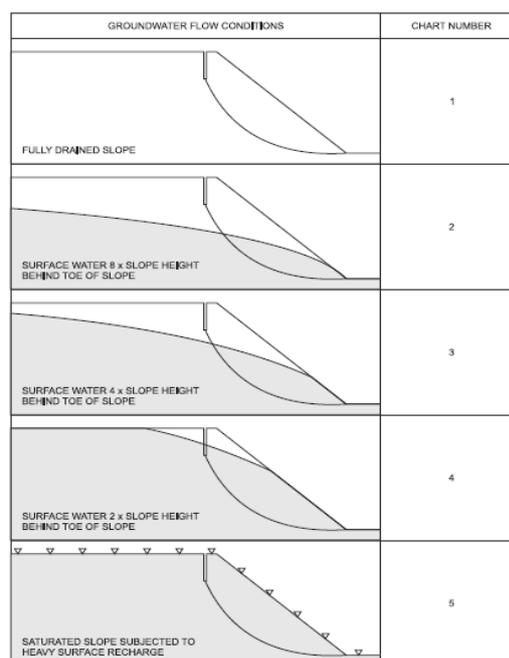
Dalam kegiatan penambangan batubara, masalah umum yang dijumpai dan berpotensi mempengaruhi produktivitas tambang adalah kestabilan lereng. Pada saat lereng bukaan tambang berada dalam kondisi tidak stabil maka akan terjadi peristiwa longsor. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kestabilan suatu lereng, salah satunya adalah kondisi muka air tanah. Penelitian ini mengkaji area Pit “X”, PT. Borneo Indobara yang merupakan salah satu perusahaan tambang batubara dengan metode penambangan terbuka dan terletak di Provinsi Kalimantan Selatan. Oleh karena itu, kajian mengenai pengaruh kondisi muka air tanah terhadap kestabilan lereng tambang merupakan hal yang cukup menarik untuk diteliti diarea tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan rekomendasi sudut lereng tambang optimal dengan memperhitungkan pengaruh kondisi muka air tanah yang ada didalamnya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Faktor Pengaruh Kestabilan Lereng

Faktor penyebab kestabilan lereng meliputi faktor internal (dari tubuh lereng sendiri) maupun faktor eksternal (dari luar lereng), antara lain: kegempaan, curah hujan, vegetasi, morfologi, batuan/tanah, maupun situasi setempat (Anwar dan Kesumadharna, 1991; Hirnawan, 1994), tingkat kelembaban tanah, adanya rembesan, dan aktivitas geologi seperti patahan (terutama yang masih aktif), rekahan dan liniasi (Sukandar, 1991) (dalam Zakaria, 2011).

Salah satu faktor external pemicu terjadinya peristiwa kelongsoran adalah karena hujan yang lebat sehingga terjadi pembasahan pada tanah yang mengakibatkan berkurangnya kekuatan geser tanah karena butir-butir tanah menyerap air. Penyerapan air ini seiring dengan waktu sampai terjadi jenuh sehingga tanah menjadi tidak stabil dan akhirnya terjadi kelongsoran, (Wardana, 2011) (dalam Handayani, 2014).



Gambar 2. 1 Kondisi airtanah pada lereng berdasarkan Hoek dan Bray (dalam Read & Stacey, 2009)

Hoek dan Bray (dalam Read & Stacey, 2009) membagi kondisi muka air tanah dalam tubuh lereng menjadi 5 (lima) jenis secara umum, seperti yang terlihat pada Gambar 2.1.

### Faktor Keamanan

Tingkat kestabilan suatu lereng dinyatakan dalam nilai yang disebut Faktor Keamanan (FK). Faktor Keamanan didapat dari perbandingan antara akumulasi gaya penahan dengan akumulasi gaya penggerak dalam suatu tubuh lereng. Secara teoritis, suatu lereng dapat dinyatakan stabil apabila gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak sehingga faktor keamanan pada lereng tersebut bernilai lebih dari 1 (satu). Sedangkan apabila gaya penahan pada suatu lereng lebih kecil dari gaya penggeraknya, sehingga nilai faktor keamanan bernilai kurang dari 1 (satu) maka lereng tersebut dapat dinyatakan berada pada kondisi yang tidak stabil. Nilai faktor keamanan dapat ditentukan melalui persamaan dibawah ini: (Hoek dan Bray dalam Wyllie & Mah, 2004).

$$FK = \frac{\Sigma \text{Gaya Penahan}}{\Sigma \text{Gaya Penggerak}}$$

### Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb

Pada umumnya kuat geser suatu material baik tanah maupun batuan dianalisis menggunakan kriteria Mohr-Coulomb yang berupa kriteria keruntuhan linear menggunakan dua parameter utama yaitu kohesi dan sudut gesek dalam. Kuat geser menggunakan kriteria Mohr-Coulomb dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$s = c' + (\sigma_n - u)\tan\phi'$$

dimana,

$s$  = kuat geser material

$c'$  = kohesi efektif

$\sigma_n$  = tegasan normal total

$u$  = tegangan pori

$\phi'$  = sudut gesek dalam efektif

Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb menjelaskan mengenai hubungan linear antara tegasan normal dan tegasan geser (tegasan maksimum dan tegasan minimum) suatu material pada kondisi runtuh (*failure*). Persamaan yang menunjukkan korelasi antara tegasan maksimum (*major principal stress*) dengan tegasan minimum (*minor principal stress*) adalah (dalam Hoek, 2006):

$$\sigma'_1 = \frac{2c' \cos\phi'}{1 - \sin\phi'} + \frac{1 + \sin\phi'}{1 - \sin\phi'} \sigma'_3$$

### 3. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengolahan data sekunder hasil uji laboratorium berupa sifat fisik material meliputi kohesi, sudut gesek dalam dan bobot isi. Selanjutnya data tersebut digunakan sebagai nilai *material properties* dalam proses simulasi kestabilan lereng, simulasi ini dilakukan dalam *software Slide v.6.0* dengan metode analisis Mohr-Coulomb dan metode probabilitas.

Sebelum melakukan simulasi kestabilan lereng, diperlukan kelompok material penyusun lereng yang dibagi menjadi beberapa satuan lapisan *overburden*

berdasarkan data model geologi dan data uji laboratorium material.

Ketinggian muka airtanah yang digunakan mengacu pada klasifikasi kondisi airtanah pada lereng dengan tipe keruntuhan sirkular oleh Hoek dan Bray (dalam Read & Stacey, 2009). Variasi ketinggian muka airtanah yang digunakan hanya pada kondisi muka air 8x tinggi lereng dibelakang kaki lereng/*chart number 2* (1/8h dari kaki lereng), kondisi mukai air 4x tinggi lereng dibelakang kaki lereng/*chart number 3* (1/4h dari kaki lereng) dan lereng tersaturasi/*chart number 5* (1h dari kaki lereng).

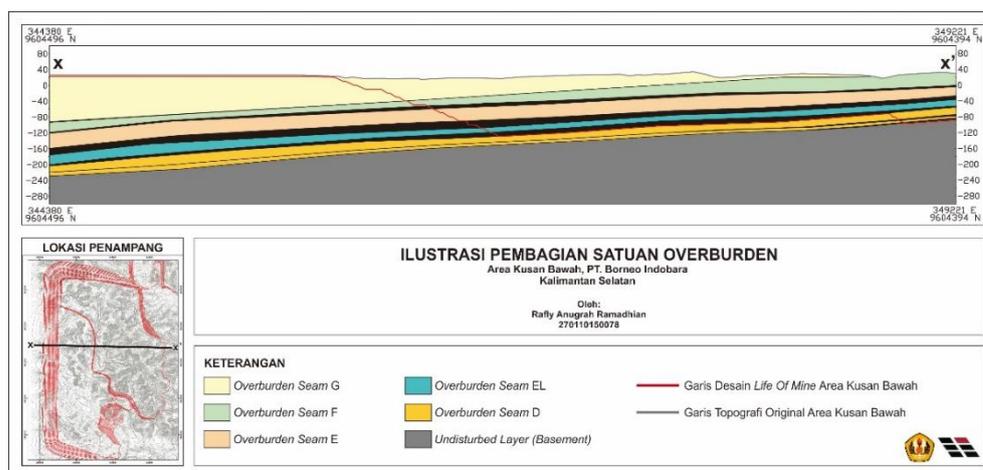
Simulasi kestabilan lereng dilakukan pada lereng *highwall* dan lereng *sidewall* dengan variasi ketinggian lereng yang beragam. Pada lereng *highwall*, variasi ketinggian yang digunakan adalah 100m, 125m, 150m, 175m dan 200m. Sedangkan variasi ketinggian pada lereng *sidewall* yang digunakan adalah 110m, 153m dan 174m.

Dalam menentukan nilai sudut lereng yang stabil, hasil simulasi mengacu pada nilai Faktor Keamanan/*Factor of Safety* (FS) dan Probabilitas Kelongsoran/*Probability of Failure* (PF) berdasarkan kriteria lereng tambang yang dapat diterima dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengelompokan Satuan *Overburden*

Dalam penelitian ini, dilakukan pengelompokan satuan *overburden* sebagai material penyusun dalam lereng simulasi. Untuk membagi satuan *overburden* di area penelitian, digunakan data model geologi yang merupakan hasil korelasi data batuan inti, data pengeboran geoteknik dan juga data hasil uji laboratorium untuk mengkorelasikan persebaran batuan pada area penelitian.



Gambar 4. 1 Ilustrasi Pembagian Satuan *Overburden*

Setelah dikorelasikan berdasarkan kesamaan karakteristik batuan, satuan lapisan *overburden* diberikan penamaan berdasarkan nama *seam* utama yang ada dibawahnya. Ilustrasi pembagian satuan *overburden* dapat dilihat pada Gambar 4.1.

#### 4.2 Kondisi Sifat Fisik Material

Pada simulasi kestabilan lereng menggunakan parameter keruntuhan Mohr-Coulomb, diperlukan data sifat fisik dan mekanik material berupa kohesi ( $c$ ), sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan *unit weight* ( $\gamma$ ). Metode probabilitas digunakan dalam analisis ini untuk mendapatkan nilai Faktor Keamanan/*Factor of Safety* (FS) dan Probabilitas Kelongsoran/*Probability of Failure* (PF).

Metode probabilitas memerlukan data parameter statistik berupa rata-rata (*mean*), standar deviasi, nilai relatif minimum dan nilai relatif maksimum dari kohesi, sudut gesek dalam dan *unit weight* material penyusun pada area penelitian. Data tersebut kemudian dikelompokkan lagi berdasarkan letak titik bor yang berada pada area lereng *highwall* dan lereng *sidewall*.

##### 1. Kohesi

Nilai kohesi dari material pada area lereng *sidewall* berkisar pada rentang 8,50 – 622,26 KPa, pada area lereng *highwall* berkisar antara 10,87 – 927,33 KPa.

Tabel 4. 1 Variabel Perhitungan Simulasi Lereng *Sidewall*

<i>Sidewall</i>	Satuan OB	Rata-rata	Standar Deviasi	Relatif Min.	Relatif Maks.
Kohesi (KPa)	OBG	122,94	89,46	99,17	179,32
	OBF	106,82	119,82	98,32	515,44
	OBE	141,34	89,88	111,14	230,94
	OBEL	209,42	159,98	126,55	360,35
	OBD	185,69	28,91	25,71	54,90
Sudut Gesek Dalam ( $^{\circ}$ )	OBG	28,37	4,99	9,41	6,12
	OBF	25,01	7,86	19,00	20,81
	OBE	28,26	5,06	13,32	10,76
	OBEL	29,92	7,33	9,01	14,68
	OBD	31,70	2,84	3,96	3,20
Unit Weight ( $\text{kN/m}^3$ )	OBG	16,97	1,35	2,26	2,60
	OBF	17,52	1,57	2,45	4,86
	OBE	18,09	1,33	2,89	3,17
	OBEL	18,39	1,01	1,51	1,15
	OBD	18,54	0,76	1,27	0,73

Tabel 4. 2 Variabel Perhitungan Simulasi Lereng *Highwall*

<i>Highwall</i>	Satuan OB	Rata-rata	Standar Deviasi	Relatif Min.	Relatif Maks.
Kohesi (KPa)	OBG	71,98	34,29	58,11	97,69
	OBF	99,31	45,94	88,44	136,55
	OBE	120,21	65,73	73,89	359,00
	OBEL	125,23	42,99	70,39	84,48
	OBD	122,09	49,53	61,36	125,51
Sudut Gesek Dalam ( $^{\circ}$ )	OBG	24,04	5,36	12,96	8,44
	OBF	26,93	3,92	15,83	6,68
	OBE	29,06	2,42	5,80	3,33
	OBEL	29,02	3,82	10,72	13,78
	OBD	29,52	3,46	7,27	5,81
Unit Weight ( $\text{kN/m}^3$ )	OBG	17,65	1,08	2,75	1,42
	OBF	17,98	0,88	1,57	2,12
	OBE	18,77	0,88	2,04	1,31
	OBEL	18,65	1,24	3,36	3,44
	OBD	19,04	0,96	1,85	1,19

##### 2. Sudut Gesek Dalam

Nilai sudut gesek dalam material pada area lereng *sidewall* berkisar pada rentang 6,01 – 45,82 $^{\circ}$ , pada area lereng *highwall* berkisar antara 11,08 – 45,33 $^{\circ}$ .

##### 3. Bobot Isi (*Unit Weight*)

Nilai bobot isi (*unit weight*) material pada area lereng *sidewall* berkisar pada rentang 14,72 – 22,83  $\text{kN/m}^3$ , pada area

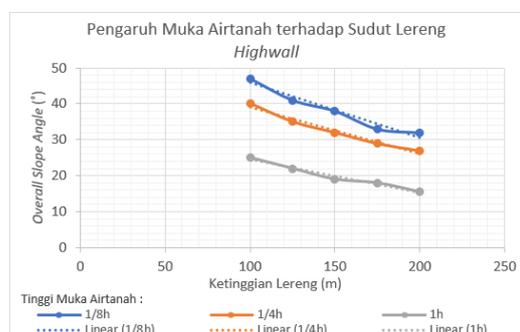
lereng *highwall* berkisar antara 14,90 – 22,08 kN/m<sup>3</sup>.

### 4.3 Pengaruh Kondisi Muka Airtanah Terhadap Sudut Lereng

Setelah dilakukan simulasi kestabilan lereng berdasarkan metode simulasi, variasi ketinggian lereng, dan ketinggian muka airtanah yang berbeda, didapatkan variasi sudut lereng keseluruhan yang diharapkan dapat menjadi salah satu acuan dalam studi perencanaan lereng tambang selanjutnya.

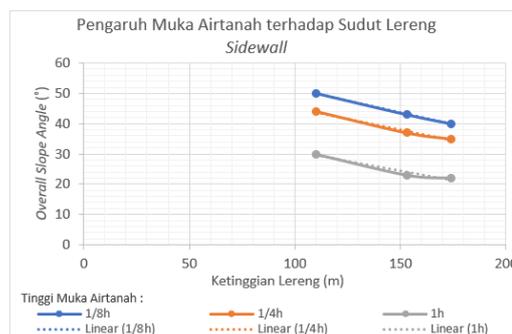
#### a. Lereng *Highwall*

Simulasi kestabilan pada lereng *highwall* menghasilkan rekomendasi sudut lereng keseluruhan paling rendah sebesar 15° pada kondisi lereng jenuh (MAT 1h) untuk ketinggian lereng 200meter dan sudut terbesar 47° pada kondisi muka airtanah 1/8 tinggi lereng dari kaki lereng untuk ketinggian lereng 100meter.



#### b. Lereng *Sidewall*

Simulasi kestabilan pada lereng *sidewall* menghasilkan rekomendasi sudut lereng keseluruhan paling rendah sebesar 22° pada kondisi lereng jenuh (MAT 1h) untuk ketinggian lereng sekitar 170m dan sudut terbesar 50° pada kondisi muka airtanah 1/8 tinggi lereng dari kaki lereng untuk ketinggian lereng sekitar 110meter.



## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Semakin tinggi lereng bukaan, maka semakin kecil sudut lereng stabil yang akan dihasilkan.
- Berkurangnya elevasi muka airtanah terhadap permukaan lereng dapat menghasilkan sudut lereng stabil yang lebih tinggi. Pada lereng *highwall*, berkurangnya elevasi muka airtanah dapat berdampak pada kenaikan rekomendasi sudut lereng stabil dari 15 hingga 22 derajat. Sedangkan pada lereng *sidewall*, didapatkan kenaikan rekomendasi sudut lereng stabil dari 18 hingga 20 derajat.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Borneo Indobara atas kesempatan dan dukungan yang telah diberikan untuk melakukan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Handayani. T, Wulandari. S, Wulan. A, 2014, *Pengaruh Muka Air Tanah Terhadap Kestabilan Lereng Menggunakan Geoslope/W 7.12*, Depok: Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Komputer dan Sistem Intelejen, Universitas Gunadarma.
- Hoek. E, 2006, *Practical Rock Engineering*. 3rd ed, Vancouver: Hoek Consulting Inc.

Read, J., Stacey, P. 2009. *Guidelines for Open Pit Slope Design*. Australia: CSIRO Publishing.

Wyllie D. C., Mah. C. W. 2004. *Rock Slope Engineering Civil and Mining 4<sup>th</sup> Edition*. New York: Spon Press.

Zakaria. Z, 2011, *Analisis Kestabilan Lereng Tanah*, Bandung: Fakultas Teknik Geologi Universitas Padjadjaran.