

## Studi Geoteknik untuk Mendukung Desain Timbunan Material *Bottom Ash, Fly Ash dan Slag* di Tambang Nikel PT Harita Nikel Provinsi Maluku Utara

<sup>1</sup>Yuditia Permana, <sup>2</sup>Maryanto, <sup>3</sup>Dono Guntoro

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,  
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116  
Email: <sup>1</sup>yuditia.permana223@gmail.com

**Abstract.** PT Harita Nikel is a company operating in the field of nickel mining and ore processing into nickel products. PT Harita Nikel is located in Kawasi Village, Obi District, South Halmahera Regency of North Maluku Province consisting of hills containing nickel ore deposits. As we know to make a product of nickel ore nickel is required by smelting with coal combustion, the result of the smelting of Nickel Ore is usually contained residual or non concentrate material that is slag, and the result of coal combustion is in the form of bottom ash and fly ash. The result of the smelting usually has a considerable volume, hence the need for a geotechnical study to support the design of the pile of material in order not to accumulate the material so that it can disrupt the running of production operations. Data required for slope analysis is obtained from laboratory testing of bottom ash, fly ash and slag materials. By testing physical and mechanical properties it will get cohesion, friction angel and weight unit. In addition to testing of embankment material, testing of the base soil is required to withstand the load, the test results are used to find the carrying capacity of the soil. This slope analysis is performed for single slopes and entire slopes using the Bishop method with Rocscience Slide 6.0 software. Single stack slope recommendation on bottom ash material is 2m height and angle 60 ° with FK result 1.635, fly ash material 4m and angle 60 ° with result of FK 1.4243, material slag 8m and angle 40 ° with result of FK 1,202, then material mix 6m and 40 ° shrinkage with result of FK 1,317. Furthermore, for overall slope recommendations on bottom ash and fly ash can not be formed the embankment geometry due to the weak material, the slag material obtained safe geometry with a height of 15m and an angle of 20 ° with a value of 1.320 FK, and the geometry of the high mixture material 15m and the angle 20 ° with value of FK 1,262.

**Keywords:** Bottom Ash, Fly Ash, Slag, Single Slope, Overall Slope, Soil Bearing Capacity

**Abstrak.** PT Harita Nikel merupakan perusahaan yang beroperasi dalam bidang penambangan nikel dan pengolahan bijih menjadi produk nikel. PT Harita Nikel terletak di Desa Kawasi, Kecamatan Obi, Kabupaten Halmahera Selatan Provinsi Maluku Utara yang terdiri dari perbukitan yang mengandung endapan bijih nikel. Seperti yang telah kita ketahui untuk menjadikan sebuah produk dari nikel bijih nikel ini diperlukan peleburan dengan pembakaran batubara, hasil dari peleburan Bijih Nikel ini biasanya terdapat material sisa atau *non concentrate* yaitu *slag*, dan hasil dari pembakaran batubara yaitu berupa *bottom ash* dan *fly ash*. Hasil peleburan tersebut biasanya mempunyai volume yang cukup banyak, maka dari itu diperlukannya sebuah studi geoteknik untuk mendukung desain timbunan material agar tidak terjadinya penumpukkan material sehingga dapat mengganggu berjalannya operasi produksi. Data yang diperlukan untuk analisis lereng didapat dari hasil pengujian laboratorium material *bottom ash*, *fly ash* dan *slag*. Dengan uji sifat fisik dan mekanik maka akan didapatkan *cohesion*, *friction angel* dan *unit weight*. Selain pengujian terhadap material timbunan, diperlukan pengujian terhadap tanah dasar untuk menahan beban timbunan, hasil pengujian tersebut digunakan untuk mencari nilai daya dukung tanah. Analisis lereng ini dilakukan untuk lereng tunggal dan lereng keseluruhan dengan menggunakan metode *Bishop* dengan *software* Rocscience Slide 6.0. Rekomendasi lereng timbunan tunggal pada material *bottom ash* yaitu tinggi 2m dan sudut 60° dengan hasil FK 1,635, material *fly ash* 4m dan sudut 60° dengan hasil FK 1,4243, material *slag* 8m dan sudut 40° dengan hasil FK 1,202, kemudian material campuran 6m dan susut 40° dengan hasil FK 1,317. Selanjutnya untuk rekomendasi lereng keseluruhan pada *bottom ash* dan *fly ash* tidak dapat dibentuk geometri timbunan karena material lemah, pada material *slag* didapat geometri yang aman dengan tinggi 15m dan sudut 20° dengan nilai FK 1,320, dan geometri material campuran tinggi 15m dan sudut 20° dengan nilai FK 1,262.

**Kata Kunci:** Bottom Ash, Fly Ash, Slag, Lereng Tunggal, Lereng Keseluruhan, Daya Dukung Tanah

## A. Pendahuluan

### Latar Belakang

Kemantapan atau stabilitas lereng merupakan faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan, bahan galian atau limbah yang tidak terpakai, karena stabilitas lereng ini menyangkut terhadap persoalan keselamatan manusia, keamanan peralatan dan juga kelancaran produksi. Keadaan tersebut berhubungan dengan terdapatnya bermacam-macam jenis pekerjaan, misalnya pembuatan jalan, bendungan, penggalian konstruksi dan penambangan.

Dalam operasi penambangan masalah kemantapan lereng ini biasanya ditemukan pada tambang terbuka, bendungan cadangan air, tempat penimbunan limbah (tailing disposal) dan penimbunan bijih (stockyard), dan apabila lereng tersebut terbentuk karena dari proses penambangan maka jika lereng tidak stabil akan mengganggu dari kegiatan produksi.

Dalam peleburan bijih nikel menggunakan batubara sebagai bahan bakar, hasil dari pembakaran batubara tersebut berupa bottom ash dan fly ash. Hasil proses peleburan bijih nikel didapatkan tiga jenis material slag, bottom ash dan fly ash, material-material tersebut nantinya akan ditimbun (waste dump). Maka dari itu diperlukan desain lereng, analisis kestabilan lereng timbunan dan juga rekomendasi geometri timbunan yang aman.

### Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik material timbunan
2. Mengetahui kestabilan geometri timbunan tunggal
3. Mengetahui kestabilan geometri timbunan keseluruhan
4. Menghitung daya dukung tanah timbunan
5. Merekomendasikan geometri timbunan

## B. Landasan Teori

Suatu kegiatan pertambangan umumnya memindahkan tanah penutup untuk mengambil bahan galian yang berada di dalam bumi. Oleh karena itu, diperlukan suatu area tertentu untuk membuang material tanah penutup tersebut sehingga tidak menutupi area yang masih mengandung bahan galian yang ekonomis. Tempat penimbunan dapat dibagi menjadi dua, yaitu waste dump/disposal dan stockpile. Waste dump/disposal adalah daerah pada suatu operasi tambang terbuka yang dijadikan tempat membuang material kadar rendah dan/atau material bukan bijih. Material tersebut perlu digali dari pit demi memperoleh bijih/material kadar tinggi, sedangkan stockpile digunakan untuk menyimpan material yang akan digunakan pada saat yang akan datang. Tipe-tipe disposal yang biasa diterapkan dalam pertambangan menggunakan jenis penambangan open cast mining terbagi atas tiga jenis, yaitu: *Finger Disposal*, *Semi Induced Disposal* dan *Induced Flow Disposal*.

Kestabilan lereng, baik lereng alami maupun lereng buatan serta lereng timbunan, dipengaruhi oleh beberapa faktor yang dapat dinyatakan secara sederhana sebagai gaya-gaya penahan dan gaya-gaya penggerak yang bertanggung jawab terhadap kestabilan lereng tersebut. Pada kondisi gaya penahan lebih besar dari gaya penggerak, lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang stabil (aman). Namun, apabila gaya penahan menjadi lebih kecil dari gaya penggerak maka lereng tersebut berada dalam keadaan yang labil (sering terjadi longsor). Analisis kestabilan lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (limit plastic equilibrium). Adapun maksud dari analisis stabilitas adalah untuk mendapatkan faktor keamanan dari bidang yang

potensial. Dibutuhkan pemahaman terhadap faktor-faktor yang berhubungan dengan keruntuhan lereng, seperti analisis lereng dan metode perkuatan lereng yang dirasa cukup efektif untuk menambah nilai faktor keamanan. Umumnya, faktor keamanan stabilitas lereng atau faktor aman terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1,2-1,5. Menurut Bowles (1989) nilai dari faktor keamanan berdasarkan intensitas kelongsorannya seperti tabel di bawah ini :

**Tabel 1.** Faktor Keamanan berdasarkan Intensitas Kelongsoran

Nilai Faktor Keamanan	Kejadian atau Intensitas Kelongsoran
$FK \leq 1,07$	Longsor bisa sangat terjadi (lereng labil)
$1,07 < FK \leq 1,25$	Longsor terjadi biasa/Longsor pernah terjadi (Lereng Kritis)
$FK > 1,25$	Longsor jarang terjadi (lereng relatif lebih stabil)

Kestabilan suatu lereng sangat bergantung pada kekuatan geser dari bahan pembentuknya. Keruntuhan geser pada tanah merupakan akibat adanya gerakan relatif antara butir-butir tanah, bukan karena butir sendirinya yang hancur. Oleh karena itu, kekuatan geser tanah tergantung dari gaya-gaya yang bekerja antar butirnya. Kekuatan geser tanah terdiri dari dua komponen, yaitu:

1. Bagian yang bersifat kohesi, tergantung dari macam tanah dan kepadatan butirnya
2. Bagian yang mempunyai sifat gesekan yang sebanding dengan tegangan normal yang bekerja pada bidang geseran.

Oleh karena itu, harus tetap ada cara pendekatan untuk menaksir atau memperkirakan parameter material waste tersebut. Penentuan parameter geoteknik material waste ini bertujuan untuk menyajikan suatu cara pendekatan dalam menentukan parameter kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) dari material waste tambang,

Data kohesi,  $c$  dan sudut geser dalam,  $\phi$  dan bobot isi,  $\gamma$  dari material waste dibutuhkan dalam menganalisis stabilitas lereng tanah timbunan (waste dumped slope). Analisis biasanya, dapat menggunakan metode kesetimbangan batas (LEM), dengan Hoeks Chart atau cara Bishop menggunakan program Slide atau sejenisnya.

Daya dukung tanah adalah kemampuan tahan mekanikal tekanan atau mealawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang disebabkan oleh tanah sepanjang bidang gesernya. Hasil penyelidikan daya dukung tanah digunakan dalam perencanaan pondasi. Secara umum dirumuskan dalam bentuk

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots (1)$$

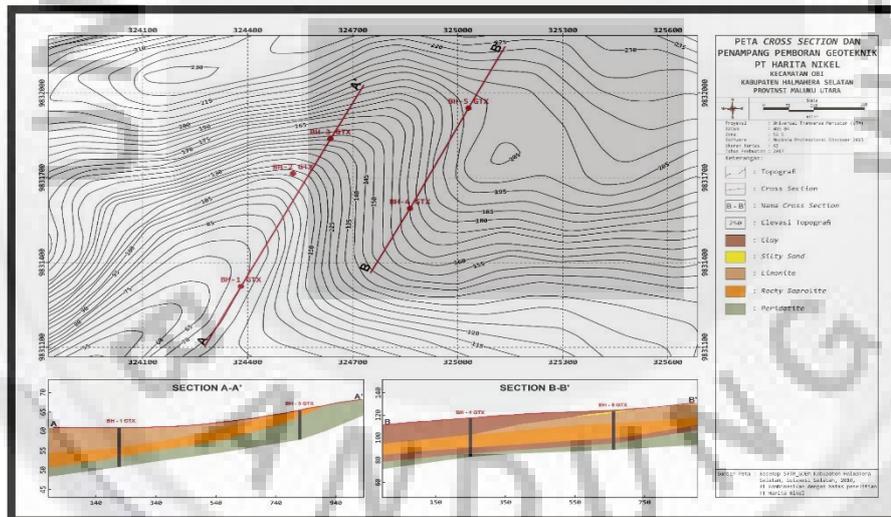
**C. Hasil Penelitian dan Pembahasan**

**Bor Geoteknik**

Dalam penelitian ini pemboran geoteknik dilakukan pada lapisan tanah, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tanah untuk menahan beban timbunan. Pemboran geoteknik dilakukan untuk pengambilan sample-sample material yang nantinya akan dilakukan pengujian laboratorium secara sifat fisik maupun sifat mekaniknya, dalam penelitian ini ada 5 titik bor geoteknik yang dianggap dapat merepresentatifkan keadaan yang sesuai dengan keadaan di lapangan, berikut ini adalah rekapitulasi hasil pemboran geoteknik .

Tabel 2. Rekapitulasi Log Bor

No	Profil Log	Coordinate		Elevation (m)	Depth (m)		Lithology
		X	Y		From	To	
1	BH-1 GTX	324381.000	9831315.000	51,923	0	4,25	ELASTIC SILT (LIMONITE)
					4,25	7,50	SILTY GRAVEL (ROCKY SAPROLITE)
					7,50	10,13	PERIDOTITE
2	BH-2 GTX	324530.000	9831715.000	96,487	0	1,05	CLAY
					1,05	7,50	SILTY GRAVEL (ROCKY SAPROLITE)
					7,50	12,04	PERIDOTITE
3	BH-3 GTX	324637.000	9831838.000	133,045	0	1,05	GRAVELLY SILT
					1,05	7,53	PERIDOTITE
4	BH-4 GTX	324864.000	9831591.000	169,471	0	14,05	CLAY
					14,05	26	SILTY GRAVEL (ROCKY SAPROLITE)
					26	31,35	CLAY
					31,35	34,04	PERIDOTITE
5	BH-5 GTX	325031.000	9831947.000	192,965	0	1	CLAY
					1	2	SILTY SAND
					2	4	ELASTIC SILT (LIMONITE)
					4	7	ELASTIC SILT (LIMONITE)
					7	9	ELASTIC SILT WITH SAND
					9	10,50	ELASTIC SILT (LIMONITE)
					10,50	15,80	SILTY GRAVEL (ROCKY SAPROLITE)
					16,43	16,56	CORE LOSS
					16,70	17	CORE LOSS
					21,53	22	CORE LOSS
					22	23	CORE LOSS
					23,45	24	CORE LOSS
					24	24,22	CORE LOSS
26	29,20	FAT CLAY WITH GRAVEL					
29,20	34,62	PERIDOTITE					



Gambar 1. Peta Cross Section dan Penampang Bor Geoteknik

**Pengujian Laboratorium Geomekanika**

Pengujian yang dilakukan terhadap material bottom ash, fly ash dan slag yaitu pengujian terhadap sifat fisik dan mekanik material, pengujian sifat fisik yang dilakukan yaitu pengujian terhadap berat bobot isi dari setiap material yang dilakukan sebanyak tiga speciment , hasil yang didapatkan yaitu berupa nilai bobot isi material ( $\gamma_n = \text{gr/cm}^3$ ) rata-rata ketiga speciment. Kemudian pengujian terhadap sifat mekanik material dilakukan dengan pengujian kuat geser (direct shear test), pengujian kuat geser ini dilakukan terhadap tiga speciment dari tiap materialnya, hasil dari pengujian kuat geser ini berupa kuat tarik antar butir yaitu cohesion (C), dan sudut yang dibentuk dari hasil perbandingan normal stress (kPa) dan shear stress (kPa) yaitu friction angel atau sudut

geser dalam ( $\phi$ ). Maka di bawah ini merupakan tabel hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik material yang dilakukan oleh Puslitbang Teknologi Mineral Dan Batubara.

**Tabel 3.** Hasil Uji Laboratorium Material Timbunan

Material	Cohesion (kPa)	Friction Angel (°)	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )
Bottom Ash	8,77	28,72	7,315
Fly Ash	12,435	30,81	7,435
Slag	25,275	25,675	16,37
Campuran	22,245	36,72	16,01

### Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tahanan mekanikal tekanan atau melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang disebabkan oleh tanah sepanjang bidang gesernya, hasil penyelidikan daya dukung tanah digunakan dalam perencanaan pondasi lereng material timbunan.

**Tabel 4.** Hasil Uji Laboratorium Tanah Dasar

Material	Cohesion	Friction Angel	Unit Weight
	(c)	(f)	(r)
	kPa	(°)	kN/m <sup>3</sup>
Tanah	20,96	36,715	14,415

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= C.N_c + \gamma b.N_q.D_f + 0,5.\gamma b.B.N_\gamma \\
 &= (20,96 \text{ kPa} \times 57,8) + (14,415 \text{ kN/m}^3 \times 41,4 \times 1\text{m}) \\
 &\quad + (0,5 \times 14,415 \text{ kN/m}^3 \times 1\text{m} \times 2,4) \\
 &= 1.211,488 \text{ kPa} + 596,781 \text{ kPa} + 17,298 \text{ kPa} \\
 &= 1.825,567 \text{ kPa} \\
 q &= q_{ult} / S_f \\
 &= 1.825,567 \text{ kPa} / 3 \\
 &= 608,522 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

Tegangan Geometri material Slag

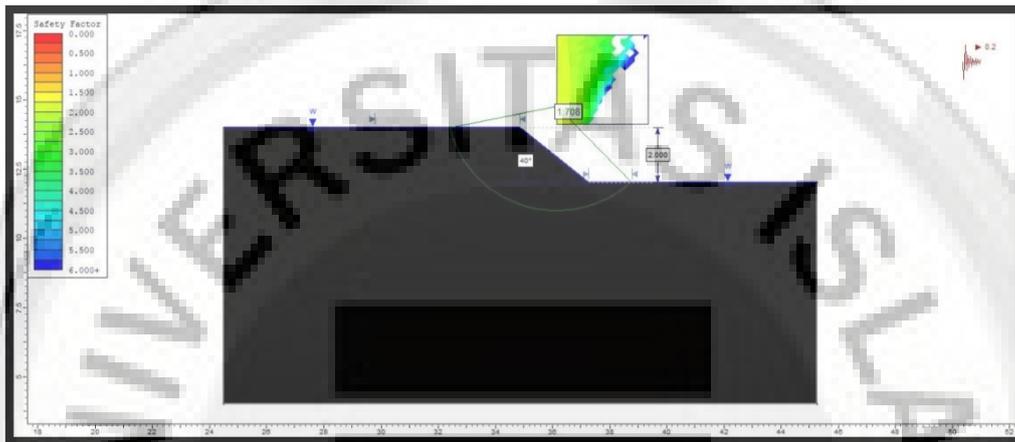
$$\begin{aligned}
 h \times \gamma &= 20 \text{ m} \times 16,37 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 327,4 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

### Analisis Stabilitas Lereng Tunggal Timbunan

Analisis stabilas lereng tunggal dilakukan pada tiga material timbunan yaitu *bottom ash*, *fly ash*, *slag* dan material campuran, analisis tersebut menggunakan bantuan *software Rocscience Slide 6.0* dengan metode Bishop. Pemodelan geometri timbunan dilakukan dengan *try and error* sampai mendapatkan geometri yang aman, setelah itu maka harus diketahui karakteristik dari setiap material yang merupakan parameter *input* dalam pemodelan geometri, timbunan yaitu sebagai berikut :

**Tabel 5.** Input Parameter Material Geometri

Material	Cohesion (kPa)	Friction Angel (°)	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )
Bottom Ash	8,77	28,72	7,315
Fly Ash	12,435	30,81	7,435
Slag	25,275	25,675	16,37
Campuran	22,245	36,72	16,01



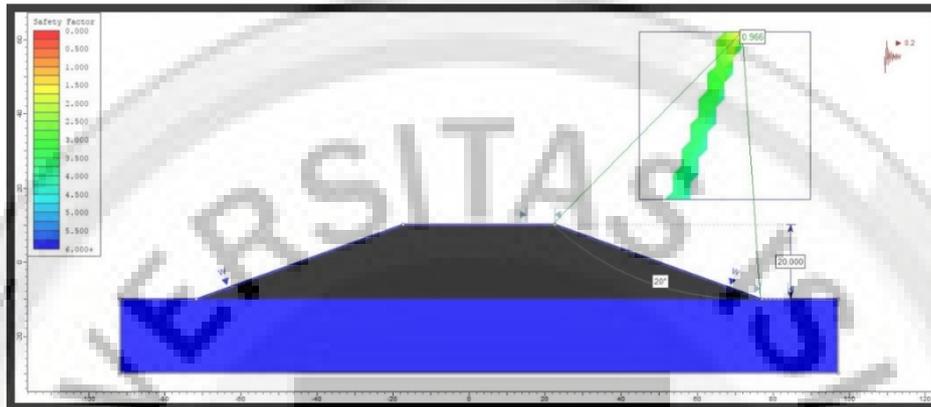
**Gambar 2.** Analisis Stabilitas Lereng Tunggal Material *Bottom Ash*

**Tabel 6.** Rekapitulasi Nilai Faktor Keamanan Lereng Tunggal

Material	Tinggi (m)	Sudut (°)	FK
Bottom Ash	2	40	1.708
		50	1.655
		60	1.635
	3	40	1.039
		50	0.962
		60	0.904
Fly Ash	4	40	0.650
		50	0.579
		60	0.482
	3	40	1.979
		50	1.915
		60	1.760
Slag	4	40	1.535
		50	1.441
		60	1.243
	6	40	0.932
		50	0.864
		60	0.761
Campuran	3	40	2.577
		50	2.447
		60	2.121
	4	40	2.043
		50	1.921
		60	1.756
Campuran	6	40	1.482
		50	1.371
		60	1.241
	3	40	2.341
		50	2.155
		60	1.939
4	40	1.837	
	50	1.658	
	60	1.454	
6	40	1.317	
	50	1.134	
	60	0.958	

### Analisis Stabilitas Lereng Keseluruhan Timbunan

Analisis stabilitas lereng keseluruhan (*overall slope*) timbunan ini dilakukan dengan menganalisis dari setiap material timbunan dengan menggunakan metode Bishop dan dibantu oleh *software Rocscience Slide 6.0*, dalam pemodelan geometri lereng keseluruhan menggunakan prinsip *try and error*, dimana geometri yang digunakan yaitu tinggi 15m, 20m, 25m, 30m, dan 40m sementara sudutnya yaitu 20<sup>0</sup>, 30<sup>0</sup> dan 40<sup>0</sup>.



**Gambar 3.** Analisis Stabilitas Lereng Keseluruhan Material *Bottom Ash*

**Tabel 7.** Rekapitulasi Nilai Faktor Keamanan Lereng Keseluruhan

Material	Tinggi (m)	Sudut (°)	FK
Bottom Ash	15	20	0,284
		25	0,233
		30	0,277
	20	20	0,160
		25	0,132
		30	0,165
	30	20	0,091
		25	0,085
		30	0,065
40	20	0,050	
	25	0,032	
	30	0,031	
Fly Ash	15	20	0,915
		25	0,484
		30	0,425
	20	20	0,423
		25	0,410
		30	0,303
	30	20	0,191
		25	0,187
		30	0,131
	40	20	0,091
		25	0,089
		30	0,074
Slag	15	20	1,320
		25	1,062
		30	0,898
	20	20	0,991
		25	0,944
		30	0,802
	30	20	0,771
		25	0,721
		30	0,608
40	20	0,660	
	25	0,606	
	30	0,526	
Campuran	15	20	1,262
		25	0,923
		30	0,819
	20	20	1,031
		25	0,867
		30	0,706
	30	20	0,777
		25	0,660
		30	0,530
	40	20	0,702
		25	0,560
		30	0,447

#### D. Kesimpulan

1. Pada penelitian ini material timbunan terdiri dari bottom ash, fly ash dan slag, material tersebut telah dilakukan pengujian laboratorium dengan uji kuat geser dengan hasil untuk material Bottom Ash dengan kohesi 8,77 kPa, sudut geser dalam 28,720 dan bobot isi 7.315 kN/m<sup>3</sup>, Fly Ash dengan kohesi 12,435 kPa, sudut geser dalam 30,810, dan bobot isi 7,435 kN/m<sup>3</sup>, Slag dengan kohesi 25,275 kPa, sudut geser dalam 16,37 kN/m<sup>3</sup>, dan material Campuran dengan kohesi 22,245 kPa, sudut geser dalam 36,720, bobot isi 16,01 kN/m<sup>3</sup>.
2. Model geometri lereng tunggal timbunan yang dibuat yaitu dengan tinggi 3m, 4m, 6m dan 8m dengan sudut 40°, 50° dan 60°.
3. Geometri yang digunakan pada lereng keseluruhan (overall slope) ini yaitu tinggi 15m, 20m, 30m dan 40m dengan sudut 20°, 25° dan 30°. Setelah dilakukan analisis maka akan keluar nilai FK overall slope yang nantinya akan direkapitulasi
4. Analisis daya dukung tanah dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai kekuatan tanah untuk menopang beban dari timbunan material di atasnya, analisis ini dilakukan dengan menguji sifat fisik dan mekanik tanah dasar. Hasil perhitungan analisis daya dukung tanah dengan rumus Terzaghi didapatkan hasil daya dukung ijin tanah yaitu 608,522 kPa dan nilai tegangan geometri material Slag yaitu 327,4 kPa.
5. Dari hasil analisis kestabilan lereng tunggal dan keseluruhan timbunan didapatkan rekomendasi model geometri lereng tunggal timbunan dan keseluruhan timbunan dengan minimal nilai Faktor Keamanan >1,2. Rekomendasi lereng timbunan tunggal pada material bottom ash yaitu tinggi 2m dan sudut 60° dengan hasil FK 1,635, material fly ash 4m dan sudut 50° dengan hasil FK 1,441, material slag 6m dan sudut 50° dengan hasil FK 1,371, kemudian material campuran 6m dan sudut 40° dengan hasil FK 1,317. Untuk material *fly ash* dan *bottom ash* tidak dapat dibuat geometri timbunan, sedangkan slag itu sendiri bisa dibentuk geometri yang aman dengan tinggi 15m dan sudut 20° dengan nilai FK 1,320 dan material campuran yang aman yaitu tinggi 15m dan sudut 20° dengan nilai FK 1,262.

#### Daftar Pustaka

- Arif, Irwandy, 2015, Geoteknik Tambang: Mewujudkan Produksi Tambang yang Kontinu Dengan Menjaga Kestabilan Lereng, ITB Bandung
- Astawa Rai Made, Suseno Karmadibrata, Ridho Kresna Wattimena, 2013, Mekanika Batuan, ITB Bandung
- Bowles, E. Joseph, 1994. Physical and Geotechnical Properties of Soil : Second Edition. New York : McGraw-Hill
- M. Das, B. 2002, Principle of Geotechnical Engineering. USA: Wadsworth Group.
- Hardiyatmo, Hary. Christady, 2006, Mekanika Tanah I. Universitas Gajah Mada
- Hoek E. & Bray J., 1981, Rock Slope Engineering, The Institution of Mining & Metallurgy. London.
- Kliche, Charles A., 1999, Rock Slope Stability, Society for Mining , Metallurgy, and Exploration, inc., USA.
- Maryanto. 2010. "Pengantar Perencanaan Tambang"., Universitas Islam Bandung., Bandung

- Nurhakim. 2004/2005. Tambang Terbuka. Program Studi Teknik Pertambangan:  
Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru
- Romana, M. R. 1993. A Geomechanical Classification for Slope: Slope Mass Rating.  
Spain : Universidad Politecnica Valencia
- Sunarno, P. 2008. Standard Job Procedure Perencanaan dan Pelaksanaan Disposal.  
Mining Departement PT. Inco TBK: Sorowako

