

Optimalisasi Material Strength Properties Timbunan untuk Kestabilan Lereng Timbunan PT Putra Perkasa Abadi, Site Job PT Makmur Lestari Primatama, Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara

Maya Almaniar Zulhi Wibiyana*, Yuliadi, Elfida Moralista

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*mayaalmaniar@gmail.com, yuliadibejo@gmail.com, elfidamoralista95@gmail.com

Abstract. This research was conducted to determine the value of the actual rock strength (strength material), runoff water management in the form of determining the dimensions of the drains, sump dimensions, the number and specifications of the pump to be used, and the value of the safety factor (FK) on the slopes. The research method used is the geotechnical analysis of slope stability with the Finite Element Method and the Limit Equilibrium Method and is simulated with Phase2 and Slide software. The study was conducted in the disposal area divided into 5 sections (A-E). The input material parameters used are the internal shear angle (ϕ), cohesion (c) and the density of the embankment material (γ) which are obtained based on the results of testing the physical and mechanical properties of the bulk and core samples. Runoff water management is carried out by hydrological analysis using the Gumbel distribution method and the Mononobe equation, while the planning of the dimensions of the water channel uses the Manning formula and the sump dimension. The test results show the lowest cohesion (c) value is 0.22 kg/m² and the lowest internal shear angle (ϕ) is 15.30°. Hydrological analysis for recommendations for the dimensions of waterways in the management of runoff water outside the pit, namely the width of the base (B) 0.4 meters; optimal water height (h) 0.21 meters; channel height (H) 0.45 meters and top length (L) 0.90 meters. The dimensions of the sump in the management of runoff and groundwater in the pit are 26 meters long, 19 meters wide and 6 meters high with a volume capacity of 2,964 m³, and the pump used is Multiflo® RF-420EXHV.

Keywords: *Slope Stability, Limit Equilibrium Method, Finite Element Method.*

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan batuan (strength material), pengelolaan air limpasan berupa penentuan dimensi saluran air, dimensi sump, jumlah dan spesifikasi pompa yang akan digunakan, serta nilai faktor keamanan (FK) pada lereng. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis geoteknik kestabilan lereng dengan metode elemen hingga (Finite Element Method) dan metode kesetimbangan batas (Limit Equilibrium Method) serta disimulasikan dengan software Phase2 dan Slide. Penelitian dilakukan pada area disposal yang dibagi menjadi 5 section (A-E). Input parameter material yang digunakan adalah sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c) dan berat jenis material timbunan (γ) yang diperoleh berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik pada bulk dan core sample. Pengelolaan air limpasan dilakukan dengan analisis hidrologi menggunakan metode Distribusi Gumbel dan persamaan Mononobe, sedangkan perencanaan dimensi saluran air menggunakan rumus Manning dan dimensi sump. Hasil pengujian menunjukkan nilai kohesi (c) terendah sebesar 0,22 kg/m² dan nilai sudut geser dalam (ϕ) terendah sebesar 15,30°. Analisis hidrologi untuk rekomendasi dimensi saluran air dalam pengelolaan air limpasan di luar pit yaitu lebar dasar (B) 0,4 meter; tinggi air optimal (h) 0,21 meter; tinggi saluran (H) 0,45 meter dan panjang atas (L) 0,90 meter. Dimensi sump dalam pengelolaan air limpasan dan air tanah di dalam pit yaitu panjang 26 meter, lebar 19 meter dan tinggi 6 meter dengan kapasitas volume 2.964 m³, serta pompa yang digunakan adalah Multiflo® RF-420EXHV.

Kata Kunci: *Kestabilan Lereng, Metode Kesetimbangan Batas, Metode Elemen Hingga.*

A. Pendahuluan

PT Putra Perkasa Abadi (PT PPA) saat ini sedang melakukan kegiatan penambangan dengan sistem tambang terbuka dan pembangunan infrastruktur penunjang pada area disposal penambangan sebelumnya di site job PT Makmur Lestari Primatama (PT MLP) wilayah Kecamatan Langgikima Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara.

Sistem penambangan yang diterapkan adalah metode tambang terbuka open cut mining, dengan cara memotong bagian sisi bukit dari puncak ke bawah sesuai dengan garis kontur dengan kedalaman penggalian dangkal. Pengupasan bukit yang dibuat dalam bentuk jenjang (bench) (Ashray, 2015). Setiap sistem penambangan memiliki potensi permasalahan air tambang yang berdampak dengan masuknya air kedalam bukaan tambang sehingga mempengaruhi kondisi kerja, cepat rusaknya peralatan tambang, ketidakstabilan lereng dan lain sebagainya. Begitupun pada area disposal, air mengakibatkan terjadinya penurunan kekuatan batuan dengan variabel tambahan berupa pembebanan infrastruktur diatasnya.

Berdasarkan dampak yang ditimbulkan, maka perlu adanya evaluasi sistem penyaliran air tambang dengan analisis hidrologi dan hidrogeologi, serta evaluasi kestabilan lereng dengan analisis geoteknik. Analisis hidrologi dilakukan untuk mencegah masuknya air (mine drainage) dan penanganan air yang sudah masuk kedalam area penambangan (mine dewatering) yang dilakukan melalui penentuan dimensi sump dan saluran air (paritan), spesifikasi pompa yang digunakan dan jumlah pompa dengan perhitungan metode Distribusi Gumbel.

Analisis geoteknik dilakukan dengan metode kesetimbangan batas untuk mengetahui nilai faktor keamanan (FK) dan metode elemen hingga untuk mengetahui nilai total pergerakan (displacement) material disposal melalui pemodelan lereng. Rekomendasi geometri lereng optimal dikerjakan dengan cara simulasi pelandaian dan pengurangan ketinggian lereng hingga batas aman, yang mengacu pada KEPMEN 1827 ESDM.

B. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan menggunakan analisis geoteknik berupa simulasi pemodelan lereng disposal dan pit. Kemudian dilakukannya analisis hidrologi dan hidrogeologi berupa peta catchment area berdasarkan kondisi topografi dan data curah hujan di daerah penelitian.

1. Pengambilan dan Pengujian Sampel
Kegiatan pengambilan data yang meliputi sifat fisik dan sifat mekanik material timbunan dilakukan dengan bulk dan core sampling. Kemudian dilakukan pengujian sifat fisik dan sifat mekanik untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) yang dijadikan sebagai input parameter analisis geoteknik.
2. Analisis Geoteknik pada Area Timbunan
Analisis geoteknik kestabilan lereng area timbunan dilakukan dengan metode elemen hingga (Finite Element Method) dan metode kesetimbangan batas (Limit Equilibrium Method) yang disimulasikan dengan software Phase2 dan Slide dengan penambahan gaya statis yang berasal dari pembangunan infrastruktur diatasnya.
3. Analisis Hidrologi dan Hidrogeologi
Perolehan nilai intensitas curah hujan maupun periode ulang curah hujan dilakukan dengan Distribusi Gumbel dan Persamaan Mononobe. Kemudian penentuan nilai catchment area yang diperoleh dari hasil deliniasi berdasarkan peta water divide dengan bantuan software AutoCad 2017. Data tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai debit air limpasan, sedangkan nilai debit air tanah diperoleh dari data penelitian sebelumnya.
4. Pengelolaan Air Limpasan di Luar Pit dan di Dalam Pit.
Pengelolaan air limpasan di luar pit dilakukan dengan rekomendasi saluran air menggunakan rumus Manning yang mengacu pada penampang saluran air ekonomis menurut Suripin, 2004, sedangkan pengelolaan air limpasan di dalam pit dilakukan dengan rekomendasi dimensi sump dengan trial and error berdasarkan jumlah debit air yang masuk ke dalam pit yang selanjutnya menentukan spesifikasi dan jumlah pompa

sesuai kebutuhan.

5. Analisis Geoteknik pada Area Pit

Analisis geoteknik kestabilan lereng area pit dilakukan dengan metode kesetimbangan batas (Limit Equilibrium Method) yang disimulasikan dalam kondisi jenuh dan kondisi pada jumlah debit air yang masuk.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Input Parameter Analisis Geoteknik

Berikut adalah hasil pengujian sifat mekanik yang selanjutnya digunakan sebagai *input* parameter dalam simulasi lereng

Tabel 1. *Input* Parameter Analisis Geoteknik

No	Sample Code	Natural Density (gr/cm ³)	Saturated Density (gr/cm ³)	Cohesion (C) (kg/cm ²)	Internal Friction Angle (Ø)
1	Core PPA-1	1,826	2,009	0,23	15,72
2	Core PPA-2	1,888	2,077	0,24	16,04
3	Core PPA-3	1,691	1,860	0,22	15,30
4	Core PPA-4	1,839	2,023	0,25	15,93
5	Core PPA-5	2,026	2,228	0,32	16,82

Sumber: Data Penelitian Hasil Pengujian, 2022.

Simulasi Geoteknik Area Timbunan

Simulasi lereng area timbunan dilakukan dengan Metode Elemen Hingga dan Metode Kesetimbangan Batas menggunakan *software Phase2* dan *Slide*. Analisis geoteknik dilakukan dengan 5 *section* dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Rekapitulasi Pemodelan Lereng Timbunan dengan Nilai Total Displacement dan FK

Section	Lereng	Tinggi (m)	Sudut (°)	Displacement (m)	Displacement (cm)	FK	FK 0,05 g
A	(a)	12	17	0,075	7,5	1,477	1,117
		20	26	0,225	22,5	1,333	1,169
	(b)	20	24	0,085	8,5	1,378	1,21
		20	22	0,034	3,4	1,457	1,264
B	(a)	14	26	0,075	7,5	1,269	1,108
		12	26	0,036	3,8	1,398	1,217
	(b)	20	27	0,225	22,5	1,325	1,155
		22	24	0,11	11	1,341	1,166
C	-	22	22	0,095	9,5	1,413	1,22
		29	15	0,45	45	1,42	1,187
		27	15	0,225	22,5	1,46	1,217
		25	15	0,2	20	1,528	1,259
D	-	23	15	0,1	10	1,614	1,323
		31	21	0,31	31	1,384	1,05
		29	21	0,11	11	1,42	1,16
		27	21	0,9	9	1,51	1,29
E	-	29	19	0,36	36	1,43	1,08
		27	19	0,13	13	1,46	1,16
		25	19	0,8	8	1,52	1,21

Ketinggian dan sudut yang direkomendasikan

Tabel 3. Rekapitulasi FK Lereng Tunggal

Tinggi (m)	Sudut (°)	FK	FK 0,05 g
5	40	1,206	1,088
	35	1,357	1,214
	30	1,384	1,233
10	35	1,21	1,085
	30	1,319	1,177
	25	1,449	1,268
15	30	1,233	1,096
	25	1,318	1,152
	20	1,436	1,227
Ketinggian dan sudut yang direkomendasikan			

Pengelolaan Air Limpasan

Pengelolaan air limpasan dilakukan dengan merekomendasikan dimensi saluran air limpasan dan sump. Rekomendasi saluran air dilakukan dengan perhitungan dimensi penampang ekonomis (Suripin, 2004) dengan parameter sebagai berikut:

Kemiringan dinding (Θ) = 60°

Kemiringan Talut (z) = $1\sqrt{3}$

Luas Penampang (A) = $(B + z h)h$

Jari-Jari Hidrolik (R) = $0,5h$

Rumus yang digunakan yaitu berdasarkan Manning dengan sketsa yang dapat dilihat pada Gambar 1.

1. Perhitungan Tinggi Air Optimal (h)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0,03} \times (0,5h)^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$V = 33,33 (0,5 h)^{2/3} \times (I)^{1/2}$$

$$I = 125/JD$$

$$I = 125 / 667,5096$$

$$I = 0,1872$$

$$Q = A \times V$$

$$0,354 = 2,3163 h^2 \times 20,99 \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$0,354 = 2,3163 m^2 \times 20,99 \times (h)^{2/3} \times (I)^{1/2}$$

$$0,354 = 48,6191 h^{8/3} \times 0,1872^{1/2}$$

$$h^{8/3} = 0,354 / 21,03583896$$

$$h^{8/3} = 0,016828$$

$$h = 0,2142 m$$

2. Perhitungan Lebar Alas (B)

$$B = 1,7389 h$$

$$B = 1,7389 \times 0,2161$$

$$B = 0,3758$$

$$B = 0,4 m$$

3. Perhitungan Tinggi (H)

$$H = 1,2 h$$

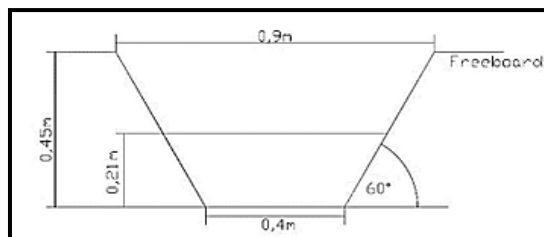
$$H = 1,2 (0,2161m)$$

$$H = 0,4321 m$$

$$H = 0,45 m$$

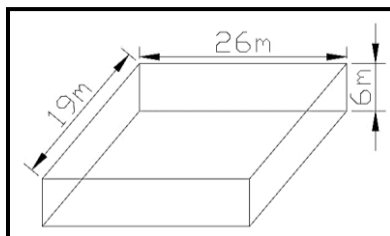
4. Perhitungan Lebar Atas (L)

$$\begin{aligned}
 L &= B + (2.Z.H) \\
 L &= 0,4 \text{ m} + 2(0,557)(0,45\text{m}) \\
 L &= 0,90 \text{ m}
 \end{aligned}$$



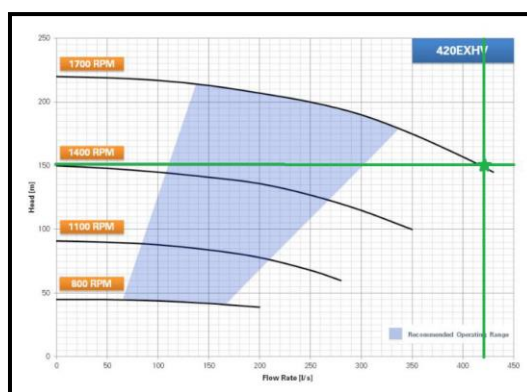
Gambar 1. Dimensi Saluran Air Limpasan Segmen 1 dan 2

Jumlah serta spesifikasi pompa yang akan digunakan sesuai jumlah debit air yang masuk ke dalam sump yaitu sebesar 0,81 m³/s atau 2.916 m³/jam sehingga berdasarkan trial and error diperoleh volume sump 2.964 m³.



Gambar 2. Dimensi Sump

Penentuan pompa untuk masalah air tambang, tidak mempertimbangkan nilai viskositas karena air yang akan dipompakan dianggap sama seperti air biasa dalam suhu 21,11° dengan nilai viskositas 0,98 Kg/m.s menurut Merle C. Potter dan David C. Wiggert, (2008). Pompa yang digunakan yaitu jenis Multiflo® RF-420EXHV, dengan menggunakan kecepatan putaran maksimal dan kemampuan pemompaan 420 l/s atau 0,42 m³/s (Gambar 3) maka diperoleh waktu pemompaan air pada sump hingga kering yaitu selama 1,92 jam dengan jumlah pompa sebanyak 1 buah.



Gambar 3. Performance Curve

Simulasi Geoteknik Area Pit

Simulasi lereng area timbunan dilakukan dengan Metode Kesetimbangan Batas menggunakan software Slide dengan dua kondisi.

Tabel 4. Nilai FK Lereng Pit Kondisi Jenuh

Section	Tinggi (m)	Sudut (°)	FK	FK 0,05 g
X	16	25	1,308	1,09
Y	19,26	21	1,01	0,89
	19,26	19	1,29	1,09
	19,26	17	1,41	1,19

 Ketinggian dan sudut yang direkomendasikan

Tabel 5. Nilai FK Lereng Pit Sesuai Debit

Section	Tinggi (m)	Sudut (°)	FK	FK 0,05 g
X	16,17	25	1,844	1,54
Y	18,80	26	1,427	1,30

Upaya yang perlu dilakukan untuk mengurangi nilai total displacement dengan menambahkan atau men-dumping material timbunan pada area toe lereng sehingga ketinggian lereng menjadi lebih rendah dan beban kaki lereng akan berkurang. Nilai total displacement yang diijinkan ≤ 10 cm, sedangkan upaya untuk menaikkan nilai FK hingga $\geq 1,3$ (sesuai KEPMEN 1827 ESDM) dilakukan dengan pelandaian kemiringan lereng. Pengelolaan air limpasan dengan penggunaan kecepatan putaran maksimal pada pompa sebesar 420 l/s atau 0,42 m³/s dilakukan untuk memperoleh waktu sesingkat mungkin untuk mengeluarkan air dalam sump hingga kering.

D. Kesimpulan

Hasil dari kegiatan penelitian terhadap kemandapan lereng yang dipengaruhi oleh air limpasan ini, maka dapat disimpulkan nilai kekuatan batuan yang dipengaruhi oleh air limpasan diperoleh nilai kekuatan terendah sebesar 0,22 kg/m², tertinggi sebesar 0,32 kg/m². Rekomendasi dimensi saluran air dalam pengelolaan air limpasan di luar pit yaitu lebar dasar (B) 0,4 meter; tinggi air optimal (h) 0,21 meter; tinggi saluran (H) 0,45 meter dan panjang atas (L) 0,90 meter dengan kemiringan dinding 60°. Rekomendasi dimensi sump dalam pengelolaan air limpasan dan air tanah di dalam pit yaitu panjang 26 meter, lebar 19 meter dan tinggi 6 meter dengan kapasitas volume 2.964 m³, serta pompa yang digunakan adalah Multiflo® RF-420EXHV sebanyak 1 buah dengan spesifikasi kecepatan putaran maksimal 1700 rpm, head 250 meter dan kemampuan pemompaan 450 l/s, serta ilai faktor keamanan (FK) lereng pit dalam yakni 1,844 pada section X dan 1,427 pada section Y.

Acknowledge

1. Dosen dan Staff Prodi Teknik Pertambangan Universitas Islam Bandung. kepada Bapak Dr. Ir. Yunus Ashari, M.T. selaku Ketua Prodi, Bapak Noor Fauzi Isnarno, S.Si., S.Pd., M.T. selaku Sekretaris Prodi, Bapak Ir. Yuliadi, S.T, M.T. selaku Pembimbing sekaligus wali dosen, Ibu Elfida Moralista. S.Si., M.T. selaku Co-Pembimbing serta semua Dosen dan Staf yang senantiasa memberikan membimbing dan memberikan arahan serta dukungan kepada penyusun.
2. Orang Tua dan Keluarga Penyusun Ibu Ana Syahbaniarwati dan Bapak Yayan Suryana serta kakak laki-laki Moch. Arieftha R. Wibiyana yang senantiasa memberikan dukungan, bantuan, motivasi serta doanya.

Daftar Pustaka

- [1] Arif, Irwandy, 2014, "Geoteknik Tambang", Institut Teknologi Bandung.
- [2] Albab J. U., Setiadi, E. 2020. Kajian Geoteknik Untuk Optimasi Lereng Disposasi Di PT. BOSS (Borneo Olah Sarana Sukses) Di Desa Dasaq Kutai Barat Kalimantan Timur.

- Jurnal Ulul Albab, Universitas Muhammadiyah Mataram, Volume 24, Nomor 1, Halaman 34–40.
- [3] Anonim. 2018. "Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik".
 - [4] Anonim. 2022. "Kabupaten Konawe Dalam Angka 2012-2022" Badan Pusat Statistik Kabupaten Konawe.
 - [5] Fathan Hidayatullah, Krispian. 2021. Kestabilan Lereng Tambang Terbuka pada Tambang Emas di PT X Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Jurnal Riset Teknik Pertambangan, Volume 1 No. 2.
 - [6] Anonim. 2018. Multiflo RF-420EXHV Dewatering Pump Unit.
 - [7] Ashray, A.Doshi, Adam J.Postula. 2015. Development Of Micro-Uav With Integrated Motion Planning For Open-Cut Mining Surveillance. Microprocessors And Microsistems, Volume 39, Part 8, Pages 829–835.
 - [8] Fetter, C.W. 1994, "Applied Hydrogeology", Third Edition, Prentice-Hall Inc., USA,.
 - [9] Hartono, E. T., Andy, R., Wijaya, E., & Putra, B. P. (2020). Kajian Kestabilan Lereng Disposal Untuk Overall Slope Optimum Pada Tambang Batubara Di Pt Adaro Indonesia Maburai Kecamatan Murung Pundak Kabupaten Tabalong Kalimantan Selatan. In Mining Insight Vol. 01, Nomor 01.
 - [10] Hoek, E and Bray, J.W. 1981. Rock Slope Engineering. The Instituions Of Mining Metallurgy 3rd Edition; London.
 - [11] Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Yogyakarta: CV. Andi Offset. Jalan Beo 38-40 Yogyakarta 5538. Hal. 20 -21: 50 -54; 80 - 81.