

ANALISIS DESAIN *BUND WALL* UNTUK MENAHAN GAYA LONGSOR TIMBUNAN PADA TANAH LUNAK

ANALYSIS OF *BUND WALL* DESIGN TO RESIST THE LANDSLIDE OF EMBANKMENT ON SOFT SOIL

¹Angelia Mutyaraharjo, ²Stephanus Alexsander, ³Fatma Sarie

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya,

¹mutyaraangelia19@gmail.com, ²stephanus@eng.upr.ac.id, ³fatmasarie@jts.upr.ac.id

Abstrak

Pada penambangan terbuka membutuhkan kegiatan galian, material galian dipindahkan dan disimpan di waste dump. Untuk mencegah terjadinya perpindahan material oleh air akibat adanya limpasan dan longsor maka dilakukan upaya untuk menahan perpindahan tanah yang ada di stock pile, salah satunya dengan membangun bund wall pada lereng. Bund wall dikatakan stabil jika nilai safety factor (SF) > 1. Pada kasus ini, terdapat lapisan tanah lunak di lokasi rencana pembangunan bund wall karena dapat mengganggu kestabilan pada bund wall. Tujuan penelitian ini untuk menentukan ketinggian maksimum timbunan, sehingga tidak terjadi longsor (internal stability dan overall stability) agar bund wall dapat bekerja dengan baik. Metode yang digunakan untuk melakukan analisis kestabilan lereng pada bund wall dengan menggunakan metode ϕ -c reduction (Based on Finite Element Analysis). Hasil penelitian didapat bahwa desain bund wall dengan tinggi 4,5 meter, lebar bagian atas 12 meter dan kemiringan 1:6 tanpa perkuatan memiliki nilai safety factor (SF) sebesar 1,018 (kritis) dan desain bund wall dengan perkuatan geotekstil memiliki nilai safety factor (SF) sebesar 1,455 (aman).

Kata kunci: Stabilitas lereng, bund wall, elemen hingga, geotekstil, tanah lunak.

Abstract

An open-pit mining requires excavation activities, in which the excavated material is moved and stored in the waste dump. To prevent the movement of material in the waste dump from water due to runoff and landslides, efforts are made to withstand the displacement of soil in the stockpile, one of which is by building a bund wall on the slope. A bund wall is considerably stable if the safety factor (SF) value achieves > 1. In this case, when a soft soil layer is found at the location of the bund wall construction plan, it able to disrupt the stability of the bund wall. This research aims to determine the maximum height of the embankment, therefore no deep landslides (internal stability and overall stability) occur until the bund wall is capable of working properly. This research utilized the ϕ -c reduction (Based on Finite Element Analysis) to analyze the slope stability of the bund wall. The results indicated that the bund wall design with a height 4,5 meters, top width 12 meters and splay 1:6 without reinforcement depicted a safety factor (SF) of 1,018 (critical) and the bund wall design with geotextile reinforcement show a safety factor (SF) of 1,455 (safe).

Keywords: Slope stability, bund wall, finite element, geotextile, soft soil.

PENDAHULUAN

Pada penambangan terbuka membutuhkan kegiatan galian, material galian dipindahkan dan disimpan di *waste dump*. *Waste dump* merupakan tempat untuk membuang tanah penutup (*overburden*), material *waste dump* dikumpulkan pada daerah *stock pile*. Untuk mencegah terjadinya perpindahan material oleh air akibat adanya limpasan dan longsor maka dilakukan upaya untuk menahan perpindahan tanah yang ada di *stock pile*. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dengan membuat *bund wall* pada lereng. *Bund wall* dikatakan stabil jika nilai *safety factor* (SF) > 1. Namun pada kasus ini, terdapat lapisan tanah lunak di lokasi rencana pembangun *bund wall*. Untuk menjadi perhatian karena dapat mengganggu kestabilan pada *bund wall* yang dibangun di atas tanah lunak, selain itu pada penelitian ini mendesain tinggi maksimum timbunan *bund wall* di atas tanah lunak di daerah penelitian. Berdasarkan latar belakang di atas tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan ketinggian maksimum timbunan di lokasi *waste dump*, sehingga tidak terjadi longsor (*internal stability* dan *overall stability*) agar *bund wall* dapat bekerja dengan baik. Maka perlu dilakukan analisis kestabilan lereng pada *bund wall*. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan metode ϕ -c *reduction* (*Based on Finite Element Analysis*).

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral padat yang tidak dapat tersedimentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan berasal dari bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das et al., 1995). Pada analisis lereng dibutuhkan parameter tanah yang digunakan untuk menggambarkan kondisi tanah asli. Parameter tanah dapat ditentukan melalui pengujian

lapangan, seperti *Standard Penetration Test* (SPT), *Cone Penetration Test* (CPT) dan pengujian laboratorium. Pengambilan sampel tanah tidak terganggu banyak memiliki keterbatasan, sehingga menyebabkan banyak uji laboratorium yang tidak dapat dilakukan. Oleh karena itu, data-data yang tidak bisa didapatkan dicari dengan menggunakan korelasi baik dengan uji *in-situ* atau uji laboratorium dengan menggunakan sampel terganggu. Ketepatan korelasi perlu diperhatikan apabila digunakan untuk mendapatkan parameter-parameter geoteknik (SNI 8460:2017, 2017).

Lereng Timbunan (*Embankment*)

Kestabilan timbunan akan turun-naik selama proses konstruksi dikerjakan. Hal ini terjadi karena terdapat perubahan kekuatan geser pada material timbunan yang disebabkan oleh perubahan tekanan air pori dan perubahan beban yang bekerja pada timbunan. Kestabilan lereng timbunan akan berkurang apabila tinggi timbunan dinaikan sehingga beban pada fondasi juga bertambah.

Ketika dilakukan penimbunan maka terjadi kenaikan air pori, setelah timbunan selesai maka air pori berangsur-angsur menurun sejalan dengan bertambahnya waktu. Tekanan air pori akan berkurang sehingga kekuatan geser tanah di bawah timbunan akan bertambah karena adanya gaya *overburden* pada timbunan. Kelongsoran terjadi akibat berat tanah sendiri, ditambah dengan pengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng (Wesley, L.D., 2012). Pada keruntuhan timbunan di atas tanah lunak dapat diperhitungkan dengan stabilitas daya dukung, stabilitas rotasi dan pergeseran horizontal (Holtz et al., 1998).

Stabilitas Lereng dan *Finite Element Method*

Analisis stabilitas lereng bertujuan untuk menentukan faktor keamanan dari

bidang longsor yang potensial. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor (Hardiyatmo, 2003). *Safety factor* (SF) ijin berdasarkan SNI 8460-2017 untuk kondisi tanpa pengaruh gempa (statis) adalah $SF \geq 1,25$ dan untuk kondisi ada pengaruh gempa (dinamis) adalah $SF \geq 1,1$. Untuk mendapatkan lereng stabil maka $SF \geq 1,0$.

Perhitungan faktor keamanan dengan metode elemen hingga untuk analisis stabilitas dapat dilakukan dengan mereduksi kekuatan dari tanah yang disebut ϕ -c reduction. Dengan cara tersebut parameter kuat geser dan kohesi tanah dikurangi secara menerus sehingga keruntuhan pada struktur terjadi.

Faktor pengali total (ΣM_{SF}) digunakan untuk mendefinisikan parameter kekuatan tanah pada suatu tahapan tertentu dalam analisis dapat dilihat pada persamaan (1).

$$\sum M_{SF} = \frac{\tan \phi_{input}}{\tan \phi_{reduksi}} = \frac{c_{input}}{c_{reduksi}} \quad (1)$$

Nilai faktor pengali total (ΣM_{SF}) diatur ke 1,0 pada awal perhitungan agar seluruh kekuatan material diatur ke nilai yang belum direduksi. Sehingga *safety factor* (SF) stabilitas lereng dapat ditulis pada persamaan (2).

$$SF = \frac{\text{kekua tan yang tersedia}}{\text{kekua tan saat longsor}} \quad (2)$$

Keterangan:

c_{input} = kohesi tanah
[kN/m²]

ϕ_{input} = sudut geser dalam tanah
[°]

$c_{reduksi}$ = kohesi tanah tereduksi
[kN/m²]

$\phi_{reduksi}$ = sudut geser dalam tereduksi
[°]

Geotekstil

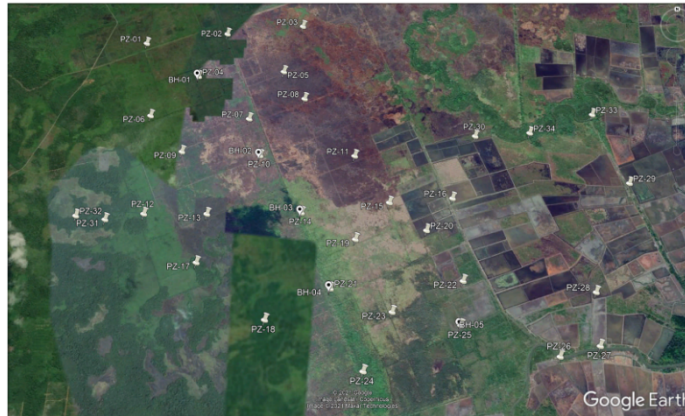
Geotekstil digunakan untuk perkuatan timbunan sebagai *separator* (pemisah) dan *reinforcement* (perkuatan) untuk menaikkan kapasitas dukung tanah dasar oleh kekuatan komposit tanah dengan geotekstil (Hatmoko & Suryadharma, 2020). Timbunan yang dibangun pada tanah lunak cenderung bergerak ke arah lateral disebabkan dari tekanan tanah horizontal yang bekerja pada timbunan tersebut. Tekanan tersebut menyebabkan timbulnya tegangan geser pada dasar timbunan yang harus ditahan oleh tanah dasar lunak agar tidak mengalami keruntuhan. Oleh karena itu, pada dasar timbunan dapat dipasang geotekstil dengan kuat tarik tinggi yang berguna untuk menambah nilai stabilitas timbunan tersebut.

Pemilihan geotekstil dipengaruhi beberapa faktor seperti durabilitas, ketersediaan bahan, biaya dan konstruksi (Fauzi & Hamdhan, 2019). Pada Tabel 1 menunjukkan nilai-nilai sifat geotekstil berdasarkan jenisnya. Penelitian ini menggunakan geotekstil tak teranyam (*non-woven*).

Tabel 1. Rentang Umum Sifat-Sifat Geotekstil

No	Jenis geotekstil	Kuat tarik (kN/m)
1	Geotekstil tak teranyam	
	- Diikat dengan pemanasan	3 – 25
	- <i>Needle punched</i>	7 – 90
2	Geotekstil teranyam	
	- Monofilamen	20 – 80
	- Multifilamen	40 – 1200
3	Geotekstil rajutan	
	- Arah melintang mesin	2 – 5
	- Arah mesin	20 – 800

Sumber: Dinas Pekerja Umum, 2009



Gambar 1. Denah Lokasi Uji Penelitian

Sumber: PT.Sebuku Sejaka Coal,2021

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada proyek *Soil Investigation* di PT.Sebuku Sejaka Coal (lihat Gambar 1). Dalam menganalisis kestabilan pada *bund wall* diperlukan parameter tanah. Data tanah yang digunakan adalah hasil pengujian lapangan. Data tanah uji lapangan yaitu dari hasil pengujian *Cone Penetration Test with Pore Pressure Measurement* (CPTu) dan *Standard Penetration Test* (SPT).

Dalam melakukan analisis stabilitas lereng timbunan pada *bund wall* dilakukan dengan menggunakan metode ϕ -*c reduction* (*finite element analysis*) menggunakan program Plaxis 2D. Program Plaxis merupakan suatu program yang dibuat berdasarkan perhitungan metode elemen hingga yang digunakan untuk menganalisis deformasi dan stabilitas struktur geoteknik. Pada program ini terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluar dan kurva.

Kondisi pada lapangan disimulasikan ke dalam program Plaxis yang bertujuan untuk mengimplementasikan tahapan pelaksanaan di lapangan ke dalam tahapan pengerjaan pada program, sehingga hasil dari program dapat diasumsikan dari kondisi yang sebenarnya terjadi di lapangan. Akurasi dari keadaan yang sebenarnya sangat bergantung dari pengguna terhadap pemodelan permasalahan, pemahaman terhadap model-model tanah serta keterbatasannya, penentuan parameter-parameter model dan kemampuan untuk melakukan interpretasi dari hasil program Plaxis. Beberapa model yang direkomendasikan oleh Plaxis untuk menyesuaikan kasus di lapangan dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada model *Hardening Soil* telah mengikutsertakan modulus kekakuan yang bergantung pada tegangan. Beberapa parameter yang digunakan dalam model *Hardening Soil* dalam penelitian ini (lihat Tabel 3).

Tabel 2. Model Tanah dan Kasus Pada Software Plaxis

<i>Soil Constitutive Model</i>								
<i>(Application Of Soil Model – Type Of Cases)</i>								
<i>Consedering Different Types Of Applications (Consider Also Type Of Soil)</i>								
<i>Model</i>	<i>Foundatio</i>	<i>Excavatio</i>	<i>Tunne</i>	<i>Embankme</i>	<i>Slop</i>	<i>Da</i>	<i>Offshor</i>	<i>Othe</i>
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>l</i>	<i>nt</i>	<i>e</i>	<i>m</i>	<i>e</i>	<i>r</i>
Linear elastic			C					
Mohr-coulomb	C	C	C	C	C	C	C	C
Hardenin g soil	B	B	B	B	B	B	B	B
HS small	A	A	A	A	A	A	A	A
Soft soil creep	B	B	B	A	A	B	B	B
Soft soil	B	B	B	A	A	B	B	B
Jointed rock	B	B	B	B	B	B	B	B
Modified cam-clay	B	B	B	B	B	B	B	B
NGI-ADP	B	B	B	A	A	B	A	B
Hoek-brown	B	B	B	B	B	B	B	B

Sumber: Plaxis, 2015

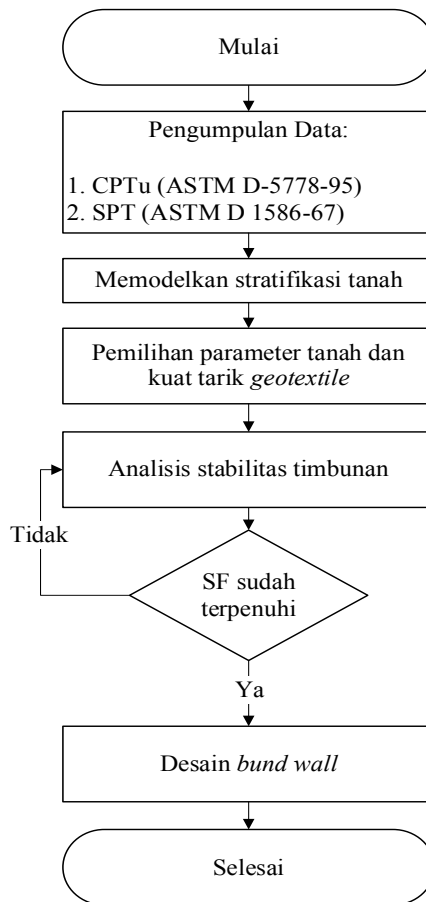
Keterangan:

- A = *the best standard model*
- B = *reasonable modelling*
- C = *first order (crude) approximation*

Tabel 3. Parameter Hardening Soil Model

Simbol	Deskripsi	Satuan
Parameter Keruntuhan		
c	Kohesi	(kN/m ²)
φ	Sudut Geser	(°)
ψ	Sudut Dilatasi	(°)
Parameter dasar untuk kekakuan tanah		
E ₅₀ ^{ref}	Kekakuan dari uji triaksial tak terdrainase	(kN/m ²)
E _{oed} ^{ref}	Kekakuan tangensial untuk pembebanan primer	(kN/m ²)
m	Eksponen ketergantungan terhadap tegangan	(-)
Parameter tingkat lanjut		
E _{ur} ^{ref}	Kekakuan untuk pengurangan/pembebanan kembali (pra-pilih : E _{ur} ^{ref} = 3 · E ₅₀ ^{ref})	(kN/m ²)
ν _{ur}	Angka Poisson untuk pengurangan/pembebanan kembali (pra-pilih : ν _{ur} = 0,2)	(-)
p ^{ref}	Tegangan referensi untuk modulus	(kN/m ²)
K ₀ ^{NC}	Nilai K ₀ untuk tanah terkonsolidasi normal (pra-pilih : K ₀ = 1 – sin φ)	(-)
R _f	Rasio keruntuhan q _f /q _a (pra-pilih : R _f 0,9)	(-)
σ _{tension}	Kuat tarik (pra-pilih : σ _{tension} = 0 dimensi tegangan)	(kN/m ²)
C _{increment}	Seperti dalam model Mohr-Coulomb (pra-pilih : C _{increment} = 0)	(kN/m ²)

Sumber: Plaxis, 2015



Gambar 2. Flow Chart Penelitian
Sumber: Penelitian, 2023

Kesimpulan dan saran merupakan tahap akhir dalam melakukan penelitian ini. Pada tahap ini peneliti akan menyimpulkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Berikut ini *flow chart* yang merupakan gambaran singkat mengenai penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2.

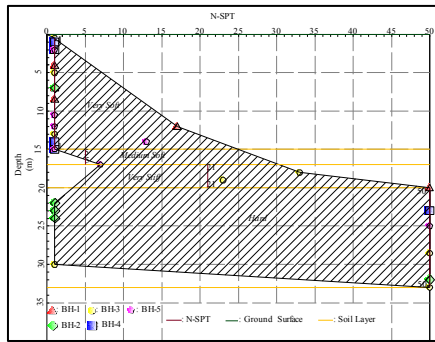
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Parameter Tanah

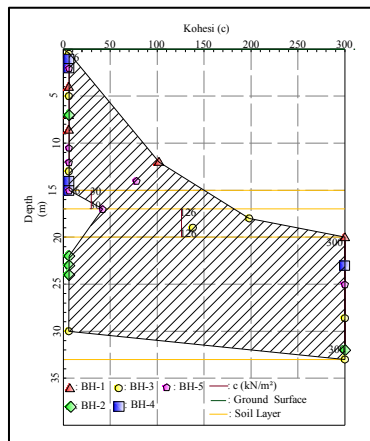
Analisis parameter tanah dilakukan untuk mengidentifikasi lapisan tanah sepanjang kedalaman dan mengetahui nilai konsistensi tanah. Pengolahan data tanah dilakukan dengan data N-SPT dari *bore log*

(BH-01 sampai BH-05) untuk membentuk stratifikasi tanah. Parameter tanah dikelompokkan sesuai dengan konsistensi dominan dalam beberapa lapisan tertentu untuk mendapatkan gambaran besar dari lapisan tanah yang ditinjau.

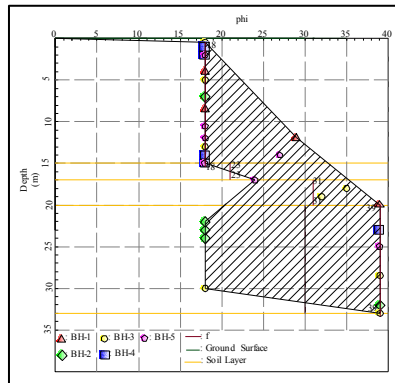
Nilai parameter tanah didapat dari hasil bor yang dimuat dalam suatu grafik. Pada grafik terbentuk dengan menggunakan data kedalaman dan parameter geoteknik. Parameter geoteknik pada setiap lapisan memiliki sifat yang berbeda sementara kedalaman menjadi komponen yang tetap. Nilai parameter geoteknik diolah dengan menggunakan nilai yang mendominasi dalam suatu kumpulan data.



Gambar 3. Grafik Kedalaman dan N-SPT



Gambar 4. Grafik Kedalaman dan Kohesi (c)



Gambar 5. Grafik Kedalaman dan Sudut Geser Dalam (ϕ)

Pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan hasil lapisan tanah pada setiap kedalaman menggunakan *derivation of soil*. *Derivation of soil* merupakan teknik interpretasi yang dapat dilakukan untuk membantu mengumpulkan parameter tanah

yang digunakan. Pada penentuan parameter ini dibuat penggambaran dari parameter N-SPT, kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) terhadap kedalaman. Untuk rangkuman nilai *derivation of soil bore log* dari kelima titik pengujian tanah dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rangkuman Nilai Parameter Tanah

No	Depth (m)	N-SPT	Consistency	Kohesi (c) (kN/m ²)	Sudut Geser (φ) (°)
1	0 - 15	1	<i>Very soft</i>	6	18
2	15 - 17	5	<i>Medium soft</i>	30	23
3	17 - 20	21	<i>Very stiff</i>	126	31
4	20 - 33	50	<i>Hard</i>	300	39

Pada Tabel 4 menunjukkan hasil konsistensi tanah dengan menggunakan *derivation of soil*. Hasil SPT yang didapat dari pengujian di lapangan, kemudian dilakukan korelasi SPT terhadap konsistensi tanah, kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ). Parameter kohesi (c) diperlukan dalam proses analisis kestabilan tanah berbutir halus seperti tanah lempung.

Untuk mendapatkan nilai kohesi (c) pada setiap lapisan tanah dapat menggunakan korelasi yang dicetuskan oleh Terzaghi dan Peck (1967) dan Korelasi yang digunakan untuk mencari sudut geser dalam (φ) berdasarkan metode N-SPT mengikuti korelasi oleh Kishida (1967).

$$c = 6 \times N - SPT \quad (3)$$

$$\phi = \sqrt{20 \times N - SPT} + 15 \leq 45 \quad (4)$$

Pada Tabel 4 konsistensi tanah ditentukan dengan menggunakan *derivation of soil* yang memperhatikan nilai N-SPT disetiap kedalaman. Pada lapisan pertama berada pada 0 – 15 meter dimana N-SPT sebesar 1 dengan konsistensi tanah *very soft*, lapisan kedua berada pada kedalaman antara 15 – 17 meter dimana N-SPT sebesar 5 dengan konsistensi tanah *medium soft*, lapisan ketiga berada pada kedalaman 17 – 20 meter dimana N-SPT sebesar 21 dengan konsistensi tanah *very stiff* dan lapisan keempat berada pada kedalaman antara 20 – 23 meter dimana N-SPT sebesar 50 dengan konsistensi tanah *hard*.

Setelah didapat N-SPT dan konsistensi tanah maka dapat mengetahui nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ) dari Persamaan (3) dan Persamaan (4). Pada lapisan pertama dengan kedalaman 0 – 15 meter didapat nilai c = 6 kN/m² dan φ = 18°, lapisan kedua dengan kedalaman 15 – 17 meter didapat nilai c = 30 kN/m² dan φ = 27°, lapisan ketiga dengan kedalaman 17 – 20 meter didapat nilai c = 126 kN/m² dan φ = 31° dan lapisan keempat dengan kedalaman 20 – 33 meter didapat nilai c = 300 kN/m² dan φ = 39°.

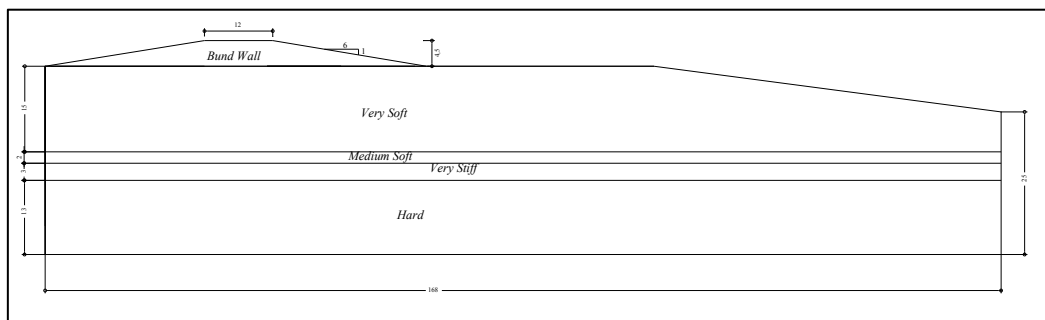
Analisis Stabilitas Bund Wall

Konstruksi *Bund wall* dipasang mengelilingi area Pit untuk mengamankan area Pit dari resiko masuknya air dari luar dengan jumlah yang besar sehingga dapat mengakibatkan galian tergenang. Pembuatan *bund wall* bertujuan untuk menahan besar perpindahan material yang terjadi pada lereng. *Bund wall* didesain dengan tinggi 4,5 meter, lebar bagian atas 12 meter dan kemiringan yang cukup landai yaitu 1:6. Analisis diawali dengan menggunakan model *constitutive hardening soil*. Parameter tanah yang digunakan untuk analisis *bund wall* dapat dilihat pada Tabel 5.

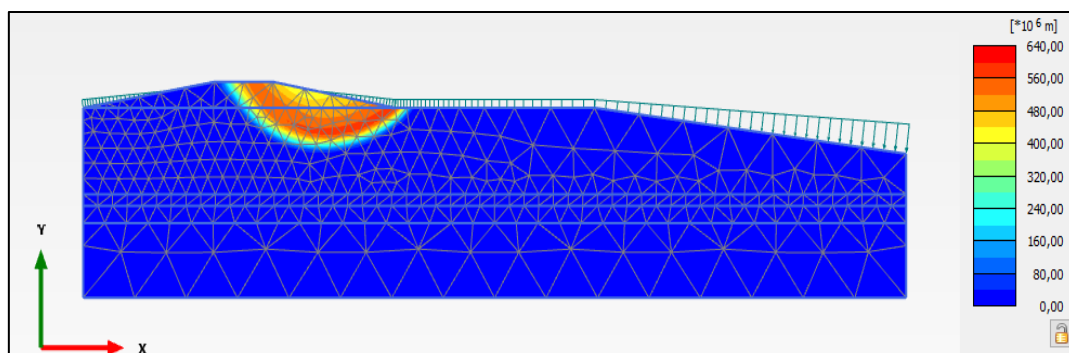
Analisis stabilitas *bund wall* dilakukan dengan melakukan desain dan menggunakan asumsi ketebalan tanah lunak 25 meter yang merupakan lapisan tanah lunak yang paling dalam. Setelah menentukan parameter tanah dilakukan pemodelan pada *bund wall* seperti pada Gambar 6.

Tabel 5. Parameter Tanah Untuk Analisis Timbunan Bund Wall

Parameter	<i>Bund Wall</i>	<i>Very Soft</i>	<i>Medium Soft</i>	<i>Very Stiff</i>	<i>Hard</i>	Satuan
Material model	<i>Hardening soil</i>	<i>Hardening soil</i>	<i>Hardening soil</i>	<i>Hardening soil</i>	<i>Hardening soil</i>	-
Type	<i>Drained</i>	<i>Undrained (A)</i>	<i>Undrained (A)</i>	<i>Undrained (A)</i>	<i>Undrained (A)</i>	-
γ_{unsar}	15	15	15	17	20	kN/m ³
γ_{sat}	16	16	16	18	21	kN/m ³
E_{50}	1035	1035	5175	21735	51750	kN/m ²
E_{oed}	1035	1035	5175	21735	51750	kN/m ²
E_{ur}	3105	3105	15525	65205	155250	kN/m ²
c	6	1,69	8,469	35,57	84,69	kN/m ²
ϕ	19	5	7	10	13	°
ψ	0	0	0	0	0	°
ν	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-
K_o determination	<i>Automatic</i>	<i>Automatic</i>	<i>Automatic</i>	<i>Automatic</i>	<i>Automatic</i>	-
OCR	1	1	1	1	1	-
POP	0	0	0	0	0	kN/m ²



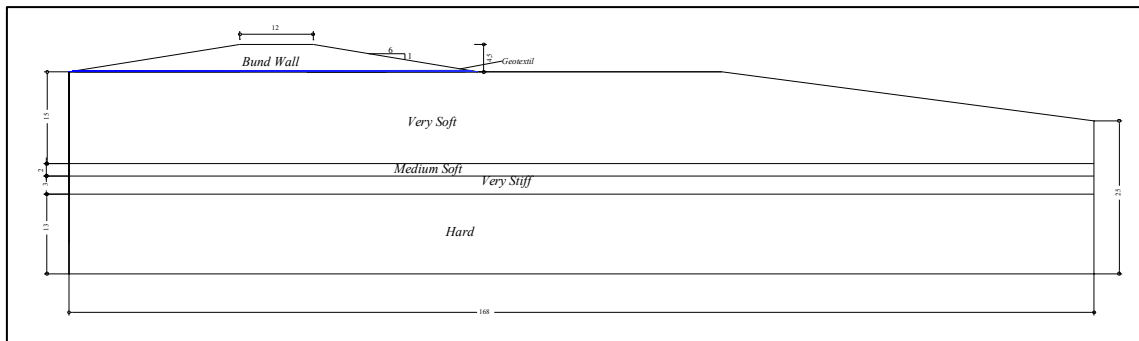
Gambar 6. Desain Bund Wall



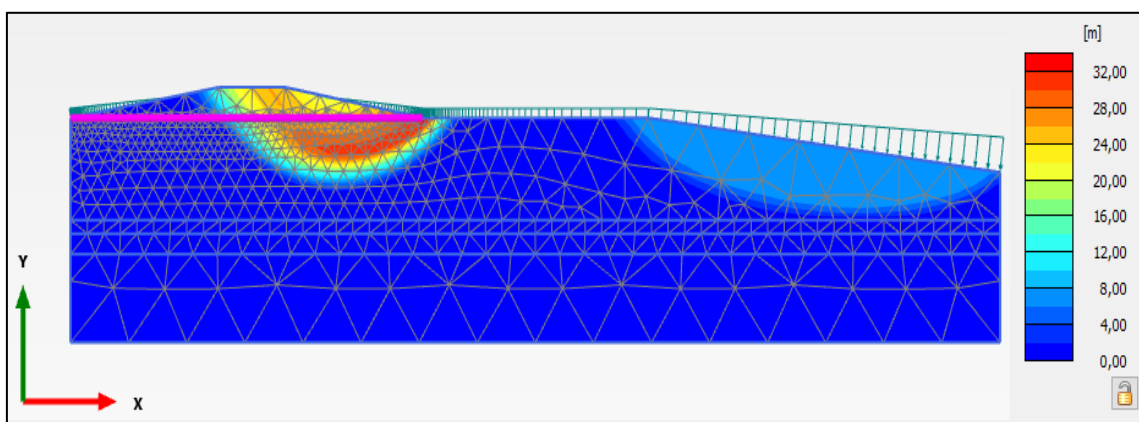
Gambar 7. Bidang Longsor Bund Wall

Dari desain *bund wall* didapat hasil analisis kestabilan pada *bund wall* yang dapat dilihat pada Gambar 7. Hasil analisis kestabilan *bund wall* didapat nilai *safety factor* (SF) = 1,018 (kritis). Untuk meningkatkan

kapasitas dukung tanah dasar pada *bund wall* maka dilakukan perkuatan dengan menggunakan geotekstil. Geotekstil yang digunakan untuk perkuatan adalah geotekstil *non-woven* dengan kuat tarik 75 kN/m.



Gambar 8. Desain Bund Wall dengan Perkuatan Geotekstil



Gambar 9. Bidang Longsor Bund Wall dengan Perkuatan Geotekstil

Dari desain *bund wall* dengan perkuatan geotekstil *non-woven* (lihat Gambar 8) maka didapat hasil analisis stabilitas dengan perkuatan geotekstil (lihat Gambar 9). Dari analisis *bund wall* dengan perkuatan geotekstil didapat nilai *safety factor* (SF) sebesar 1,455 (aman), sehingga *bund wall* termasuk dalam kategori aman karena $SF > 1,25$.

SIMPULAN

Hasil analisis pada *bund wall* dengan tidak menggunakan geotekstil didapat *safety factor* (SF) sebesar 1,018 (kritis) sehingga dibutuhkan perbaikan dengan menggunakan geotekstil. Hasil perbaikan *bund wall* dengan geotekstil menghasilkan nilai *safety factor* (SF) sebesar 1,455 (aman). Untuk desain *bund wall* pada tanah lunak bisa ditentukan dengan tinggi 4,5 meter, lebar bagian atas 12 meter dan kemiringan 1:6 untuk memenuhi kriteria nilai

keamanan lereng yang diisyaratkan ($SF \geq 1,25$). Untuk mendapatkan desain *bund wall* yang aman dan memenuhi *safety factor* yang stabil maka direkomendasikan untuk menambahkan geotekstil, karena saat desain *bund wall* tidak menggunakan geotekstil *safety factor* mendekati kritis dan saat *bund wall* ditambahkan geotekstil *safety factor* aman.

SARAN

Dalam menentukan dimensi timbunan yang dapat diperhatikan yaitu menentukan ketinggian dan lebar timbunan yang didesain agar mendapatkan hasil yang optimal dan tidak mengakibatkan *deep sliding*.

DAFTAR PUSTAKA

Ameratunga, J., Sivakugan, N. & Das, B.M., 2016. *Correlations of Soil and Rock*

- Properties in Geotechnical Engineering*. New Delhi: Springer.
- Das, B.M., Endah, N. & Mochtar, I.B., 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Dinas Pekerja Umum, 2009. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Geosintetik*. Jakarta Selatan.
- Dwinagara, B., 2013. Desain Bundwall Untuk Menahan Perpindahan Material Pada Lereng Tambang. In *Seminar Nasional Geomekanika II*. Bandung, 2013. Nasional Geomekanika II.
- Fauzi, I.M. & Hamdhan, I.N., 2019. Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan GEotekstil Woven Akibat Pengaruh Termal Menggunakan Metode Elemen Hingga. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil Iteas*, pp.61-72.
- Hamdhan, I.N. & Iskandar, F.F., 2019. Analisis Perkuatan Timbunan Di Atas Tanah Lunak Menggunakan dinding Turap dengan Pendekatan Model Numerik. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25, pp.48-58.
- Hardiyatmo, H.C., 2003. *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hatmoko, J.T. & Suryadharma, H., 2020. *Teknologi Perbaikan Tanah*. Yogyakarta: ANDI.
- Holtz, R.D., Cristopher, B.R. & Berg, R.R., 1998. *Geosynthetic Design and Construction Guidelines*. Washington, D.C.: National Highway Institute.
- Lestari, M.I., Rondonuwu, S. & Manoppo, F.J., 2018. Analisis Kestabilan Tanah Timbunan (Embankment) Pada Tanah Rawa Dengan Menggunakan Bambu (Studi Kasus: Jalan Toll Manado-Bitung). *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 8, pp.1078-91.
- Muchlisin, T. & Roestaman, 2019. Analisis Stabilitas Timbunan Dengan Geotextile Woven. *Jurnal Konstruksi*, 17.
- Plaxis, 2015. *Material Models Manual*. Inggris: Bentley.
- SNI 8460:2017, 2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Utami, T., Hamdhan, I.N. & Suwitaatmadja, K., 2019. Analisis Stabilitas pada Perbaikan Tanah Lunak Metode Preloading dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 5, pp.1-9.
- Wesley, L.D., 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. Yogyakarta: ANDI.