

## ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH PADA LERENG SPILLWAY BENDUNGAN JLANTAH MENGGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS

**\*)Reki Arbianto<sup>1</sup>, RA Dinasty Purnomoasri<sup>2</sup>, Nur Muarif Wibisono<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

**\*) Email: reki.arbianto@lecture.utp.ac.id**

### ABSTRACT

*The Jlantah Dam is located in Jatiyoso District, Karanganyar Regency, Central Java. This dam construction has a total storage capacity of 10.97 million cubic meters, with a height of 70 meters from the riverbed, a length of 404 meters, a width of 12 meters, and a crest elevation of +690 meters. The purpose of this study is to examine the slope stability before reinforcing with retaining walls, the slope stability after reinforcement, and the sliding stability, overturning stability, and bearing capacity of the retaining walls. According to SNI 8640:2017, geotechnical design requirements define the slope safety factor. If the safety factor (SF) is more than 1.5, the slope is considered safe, whereas if the safety factor (SF) is less than 1.5, the slope is considered unsafe. The results of the slope stability analysis using PLAXIS 2D V20 software without retaining wall reinforcement show an SF = 1.253. The slope with reinforcement achieved an SF = 1.640. Using Geo5 2020 software with the Bishop method, the SF is 1.70, and with the Fellenius method, the SF is 3.36. For the retaining wall stability using the manual method, the sliding stability SF = 3.90, the overturning stability FS = 7.05, and the bearing capacity of the retaining wall FS = 12.25. Meanwhile, using Geo5 software, the sliding stability FS = 2.51, the overturning stability FS = 1.81, and the bearing capacity of the retaining wall FS = 3.36.*

**Keywords:** stability, retaining wall, plaxis software, safety factor

### ABSTRAK

Lokasi Bendungan Jlantah adalah di Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Konstruksi bendungan ini memiliki kapasitas tampungan total 10,97 juta meter kubik, dengan tinggi 70 meter dari dasar sungai, panjang 404 meter, lebar 12 meter, dan elevasi puncak +690 meter. Tujuan penelitian ini adalah untuk memeriksa stabilitas lereng sebelum diberi kekuatan dinding penahan tanah, stabilitas lereng setelah diberi kekuatan, dan stabilitas guling, geser, dan daya dukung dinding penahan tanah. Sesuai SNI 8640:2017, persyaratan perancangan geoteknik, tingkat keamanan lereng didefinisikan sebagai angka keamanan. Jika tingkat keamanan (SF) lebih dari 1,5, lereng dianggap aman, sedangkan jika tingkat keamanan (SF) kurang dari 1,5, lereng dianggap tidak aman. Hasil analisis stabilitas lereng Menggunakan softwere plaxis 2d v20 tanpa perkuatan dinding penahan tanah menggunakan Softwere plaxis 2d v20 didapatkan SF = 1,253, lereng dengan perkuatan didapatkan SF = 1,640, lereng dengan perkuatan menggunakan softwere Geo5 2020 metode bishop mendapatkan SF = 1,70, metode Fellenius mendapatkan SF = 3,36. Dan untuk hasil stabilitas dinding penahan tanah metode manual didapat stabilitas geser SF = 3,90, stabilitas guling FS = 7,05 dan FS daya dukung DPT mendapatkan FS = 12,25. Sedangkan Hasil dari Geo5 stabilitas geser didapatkan FS = 2,51, stabilitas guling didapatkan FS = 1,81, dan daya dukung DPT didapatkan FS = 3,36.

**Kata kunci:** stabilitas, dinding penahan tanah, aplikasi plaxis, faktor keamanan

### 1. PENDAHULUAN

Bendungan adalah salah satu struktur infrastruktur dalam bidang sumber daya air yang sangat penting dan membawa manfaat bagi masyarakat setempat. Saat ini, masyarakat menghadapi kenyataan bahwa ketersediaan sumber daya air telah menjadi sangat kritis akibat perubahan iklim yang fluktuatif, dengan curah hujan yang tinggi serta penurunan air yang semakin signifikan setiap harinya. Salah satu cara terbaik untuk menangani masalah ini adalah dengan menggunakan pendekatan struktural, yaitu dengan membangun wadah-wadah penampung air seperti bendungan. Bendungan Jlantah terletak di Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Bendungan dirancang dengan ketinggian 70 meter (dari dasar sungai), panjang bagian atas 404 meter, lebar bagian atas 12 meter, dan ketinggian puncak bendungan adalah +690 meter, dengan kapasitas tampungan total sebanyak 10,97 juta m<sup>3</sup>. Pelaksanaan dilapangan sering dijumpai masalah-masalah teknik yang harus dipertimbangkan sedalam-dalamnya, yakni untuk meramal dan menentukan kemampuan daya dukung tanah beserta kemungkinan adanya resiko lainnya, misalnya dalam memperhitungkan kestabilan dinding penahan tanah. Kestabilan dinding penahan tanah dianggap aman apabila faktor keselamatannya telah dihitung, serta mempertimbangkan bahaya pergeseran, bahaya pergulungan, dan kapasitas dukung tanah. Dinding penahan tanah dan perhitungan stabilitas adalah aspek yang harus mendapat perhatian serius dan tidak boleh diabaikan. Stabilitas dinding penahan tanah berdampak besar pada umur desain, keamanan bangunan, serta kondisi tanah di sekitarnya.

#### Tanah

Tanah di alam merupakan gabungan dari butiran mineral yang mungkin mengandung bahan organik atau tidak. Partikel-partikel tersebut dapat dipisahkan satu sama lain menggunakan kecocokan air. Bahan ini berasal dari

proses pelapukan batuan, baik melalui cara fisik maupun kimia. Istilah seperti kerikil, pasir, lanau, dan lempung digunakan dalam bidang teknik sipil untuk mengklasifikasikan berbagai jenis tanah. Dalam keadaan alami, tanah bisa terdiri dari dua atau lebih jenis campuran tanah yang berbeda dan kadang-kadang juga mengandung bahan organik. Bahan campurannya selanjutnya digunakan sebagai nama tambahan di akhir nama bahan utama. Sebagai ilustrasi, lempung bernalau merupakan jenis tanah lempung yang mengandung lanau, di mana material utamanya terdiri dari lempung dan lainnya (Hardiyatmo, 1996).

### Lereng

Teori lereng merujuk pada konsep dan prinsip yang digunakan untuk memahami perilaku lereng atau kemiringan tanah. Hal ini penting dalam berbagai bidang, seperti rekayasa sipil, geologi, geomorfologi, dan geoteknik. Perbedaan bentuk tanah yang menciptakan sudut ini memengaruhi semua kegiatan manusia. Kemiringan lereng dapat dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan tingkat kemiringannya, yaitu: datar (0-8%), landai (8-15%), agak curam (15-25%), curam (25-45%), dan sangat curam ( $\geq 45\%$ ). Lereng yang diperbolehkan untuk dijadikan sebagai lokasi hunian adalah lereng dengan kemiringan antara 0 hingga 25%.

**Tabel 1.**Rekomendasi nilai SF lereng

No	Nilai Kestabilan Lereng	Keterangan
1	$FK > 1,5$	Massa tanah pada lereng dianggap stabil
2	$FK < 1,5$	Massa tanah pada lereng dianggap tidak stabil
3	$FK = 1,5$	Massa tanah pada lereng dianggap kelongsoran

### Dinding penahan tanah

Dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) merupakan suatu istilah dalam bidang teknik sipil yang artinya dinding penahan. Menurut Sudarmanto (1996) konstruksi beton dinyatakan bahwa, dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemampuannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Konstruksi dinding penahan tanah memiliki peranan tanah memiliki peran yang sangat penting pada lereng, diantaranya yaitu: Menahan tekanan lateral tanah aktif yang berpotensi longsor, menahan tekanan lateral air yang berpotensi tanah runtuh akibat tekanan air yang besar, dan mencegah rembesan aliran air akibat elevasi yang cukup tinggi pada lereng.

### Stabilitas guling

Stabilitas guling merujuk pada kestabilan yang dianalisis berdasarkan kondisi tanah yang mengalami guling akibat tekanan tanah aktif. Tekanan tanah aktif yang terdapat di belakang dinding menghasilkan momen yang menyebabkan guling, dengan pusat guling berada di bawah pondasi (Hardiyatmo, 2002). Agar dapat dinyatakan aman dari stabilitas guling ini, nilai yang diperlukan harus mencapai minimal 1,5 untuk tanah granular dan 2,0 untuk tanah kohesif. Faktor keamanan terkait penggulingan ( $F_{gl}$ ) menurut Bowles (1997) didefinisikan dengan rumus berikut.

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}}$$

$$\sum M_w = Wb^1$$

$$\sum M_{gl} = m \sum pah h1 + \sum pav B$$

Dimana:  $\Sigma M_w$ = momen yang melawan penggulingan,  $\Sigma M_{gl}$ = Momen yang mengakibatkan penggulingan,  $W$  = berat tanah diatas pelat pondasi + berat DPT,  $B$  = lebar kaki dinding penahan (m),  $\Sigma pah$  = jumlah gaya-gaya horizontal,  $\Sigma pav$  =jumlah gaya-gaya vertikal.

### Stabilitas geser

Stabilitas geser berkaitan dengan gaya geser yang muncul akibat tekanan yang mendorong dinding penahan tanah. Gaya-gaya ini seimbang dengan gaya penahan yang dihasilkan oleh tekanan tanah pasif pada dinding bagian depan serta dasar tanah di bawah pondasi. Agar dapat dianggap aman dari risiko stabilitas guling ini, nilai yang diperlukan harus mencapai 1,5 untuk tanah granular dan minimal 2,0 untuk tanah kohesif. Dengan menggunakan rumus berikut.

$$F_{gs} = \frac{Vb}{Vo}$$

dimana  $F_{gs}$  = Faktor keselamatan penggeseran,  $V_b$  = Gaya vertikal,  $V_h$  = Gaya horizontal.

### Kapasitas daya dukung dinding penahan tanah

Kapasitas daya dukung tanah adalah kemampuan tanah dalam mendukung dan menahan beban dari struktur yang berada di atasnya (Hakim dan Zaika, 2015). Kapasitas daya dukung tanah digunakan dalam menghitung stabilitas dinding penahan tanah. Beberapa metode untuk menghitung daya dukung maksimum ( $q_u$ ) merujuk pada Terzaghi dan Hansen. Teori Terzaghi diterapkan pada pondasi yang mengalami beban vertikal dan terpusat, sedangkan teori Hansen digunakan untuk menghitung beban yang bersifat eksentrik dan miring:

$$F_s = \frac{q_u}{q_{max}}$$

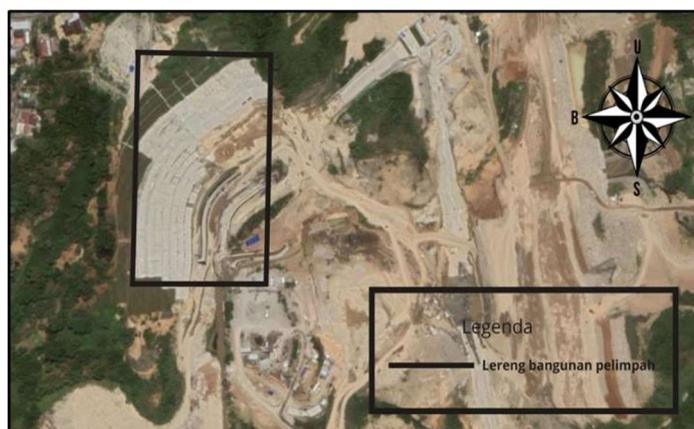
Dimana :  $F_s$  = Angka keselamatan,  $q_u$  = daya dukung pondasi dangkal,  $q_{max}$  = daya dukung pondasi maksimal

### Plaxis 2D V20

PLAXIS 2D v20 adalah perangkat lunak analisis elemen hingga yang memodelkan dan menganalisis masalah geoteknik dua dimensi. PLAXIS 2D v20, perangkat lunak yang dikembangkan oleh Bentley Systems, memiliki banyak fitur yang mendukung analisis stabilitas lereng, desain pondasi, interaksi tanah-struktur, dan analisis dinamis. Ini memungkinkan pengguna membuat model geometri 2D yang akurat, menggunakan perpustakaan material yang luas, dan menghitung faktor keamanan untuk berbagai kondisi geoteknik. PLAXIS 2D v20 adalah alat penting bagi insinyur geoteknik untuk membangun solusi konstruksi tanah yang aman dan efektif karena dapat menganalisis respons struktur terhadap beban statis dan dinamis.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Bendungan Jlantah terletak di Desa Tlobo dan Desa Karangsari, Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah, berada pada koordinat  $7^{\circ}42'39''$  S  $111^{\circ}04'40''$  E.



(Sumber: Google Earth 2024)

**Gambar 1.** Lokasi Penelitian

### Pengumpulan data

Untuk kelancaran pengerjaan penelitian ini maka diperlukan beberapa data yang digunakan sebagai sarana untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian. Data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data primer dokumentasi
- Gambar kerja
- Borlog
- Data tanah

### Tahapan penelitian

Tahapan penelitian harus dilakukan sehingga tercapai maksud dan tujuan dari studi tersebut. Seperti diketahui pada Bab I, tujuan penelitian adalah mengetahui daya dukung pondasi dalam pada RS PKU Muhammadiyah Surakarta. Dalam mencapai tujuan tersebut maka dilakukan tahapan-tahapan yang dilaksanakan adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.** Tahapan Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

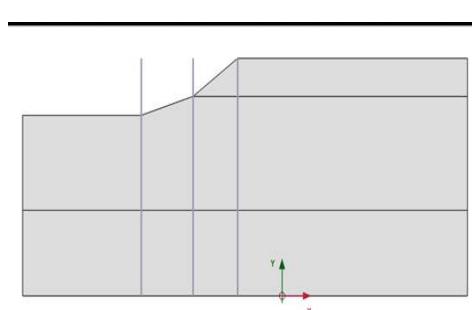
#### Data input material

Adapun data yang digunakan dalam masukan program plaxis dijelaskan pada Tabel 2.

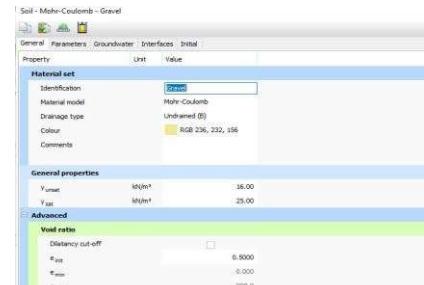
**Tabel 2.** Parameter Tanah

Parameter	Name	Sand silt	Sand	Gravel	Unit
General					
Material model	Model	Mohr-Coulomb	Hardening soil	Mohr-Coulomb	-
Drainage type	Type	Undrained (B)	Drained	Undrained (B)	-
soil unit weight above phreatic level	$\gamma_{\text{unsat}}$	15	18	16	kN/m <sup>3</sup>
soil unit weight below phreatic level	$\gamma_{\text{sat}}$	16	22	25	kN/m <sup>3</sup>
Parameter					
Young's modulus at reference level	E'	34000		60000	kN/m <sup>3</sup>
Secant stiffness in standard drained triaxial test	$E_{\text{so}}^{\text{ref}}$	-	25000	-	kN/m <sup>3</sup>
Tangent stiffness for primary oedometer loading	$E_{\text{oed}}^{\text{ref}}$	-	25000	-	kN/m <sup>3</sup>
Unloading/reloading stiffness	$E_{\text{ur}}^{\text{ref}}$	-	75000	-	kN/m <sup>3</sup>
Power for stress-level dependency of stiffness	m	-	0.5	-	kN/m <sup>3</sup>
Cohesion	C <sup>ref</sup>	-	3	-	kN/m <sup>3</sup>
undrained shear strength at reference level	$S_{u,\text{ref}}$	20	-	90	kN/m <sup>3</sup>
Friction angle	$\phi$	-	31	-	Degree
Dilatancy angle	$\phi$		1		Degree
Poisson ratio	V	0.33		0.33	Degree

#### Analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan menggunakan software plaxis

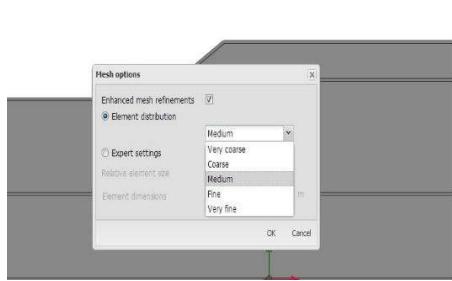


**Gambar 3.** Geometri Lereng tanpa perkuatan

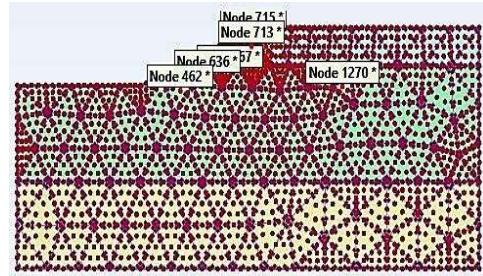


**Gambar 4.** Input material

Gambar 3 menunjukkan geometri software plaxis tanpa perkuatan lereng dan belum diinput material yang dimana nanti ada 3 lapisan tanah yang akan diinput. Gambar 4 menunjukkan input material yang digunakan software plaxis dimana data diperoleh dari hasil parameter tanah.



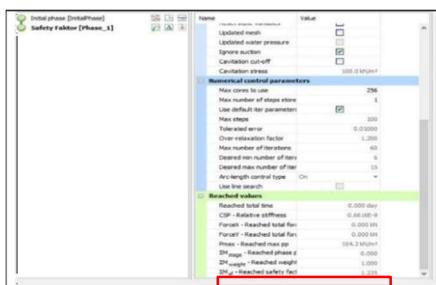
Gambar 5. Mesh



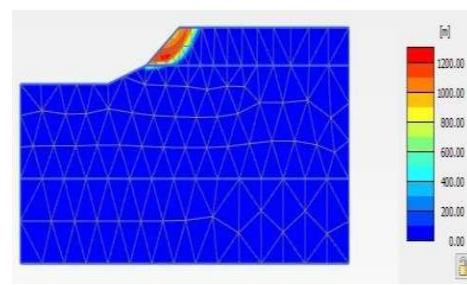
Gambar 6. Titik Node

Gambar 5 menunjukkan Menggunakan metode elemen hingga untuk setiap perhitungan mesh adalah tujuan pemodelan mesh. Jenis mesh dapat memengaruhi waktu pemrosesan dan keakuratan analisis; mesh yang lebih baik akan menghasilkan tingkat presisi yang lebih tinggi, tetapi waktu komputasi akan lebih lama. Pemodelan ini menggunakan jenis mesh yang sangat halus.

Gambar 6 titik node pada mesh berfungsi sebagai titik diskret yang digunakan untuk menentukan elemen finite pada model. Mereka sangat penting untuk menentukan geometri, menerapkan kondisi batas, menghitung distribusi gaya dan tegangan, menghubungkan elemen finite, dan optimalisasi mesh dalam analisis geoteknik menggunakan plaxis.



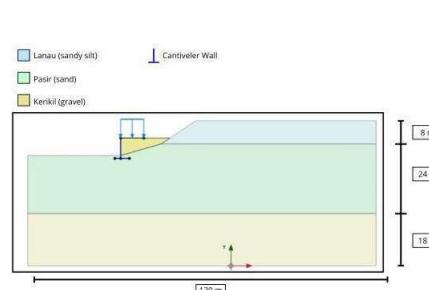
Gambar 7. Hasil Calculate



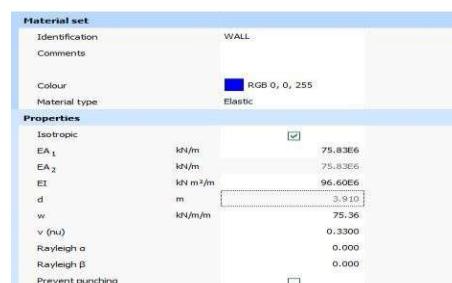
Gambar 8. Deformasi

Gambar 7 menunjukkan calculate atau proses analisis dari plaxis yang mendapatkan safety factor 1,235 dimana diartikan kurang aman karena dibawah SF = 1,5. Gambar 8 deformasi penurunan lereng dari analisis yang diperoleh adalah 0,5 dimana warna merah tinggi deformasi sedangkan biru aman.

### Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan menggunakan softwere plaxis

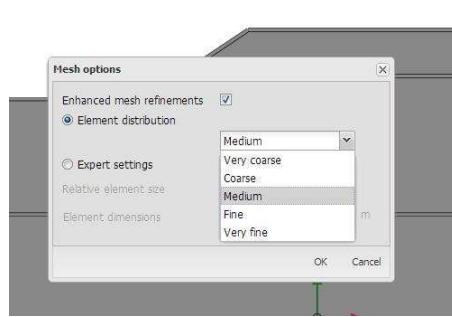


Gambar 9. Geometri perkuatan

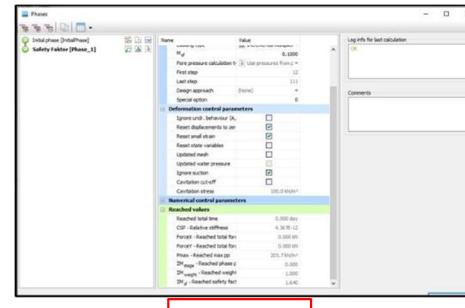


Gambar 10. Input material

Gambar 9 menunjukkan geometri yang sama dengan tanpa perkuatan yang dimana ada input baru di geometri yaitu dinding penahan tanah yang berupa T terbalik yang menandakan DPT type *canciveler*. Gambar 10. Input material DPT dari data beton K-300.



Gambar 11. Mesh



Gambar 12. Calculate

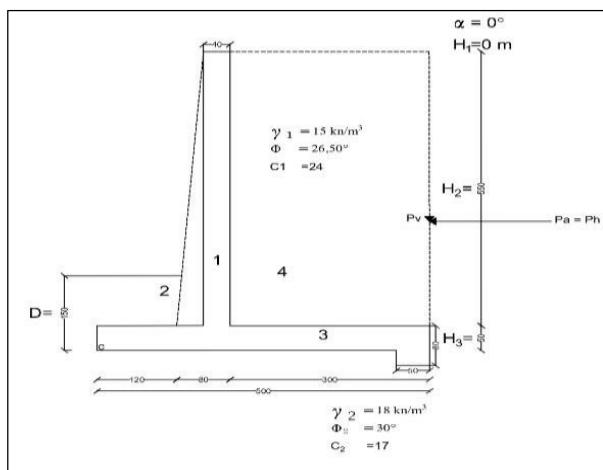
Gambar 11 mesh yang digunakan sama seperti tanpa perkuatan yaitu medium dikarenakan proses analisis safety factor sama. Gambar 12 calculate atau hasil analisis safety factor dengan perkuatan didapat 1,640 artinya lereng dengan perkuatan DPT dikatakan aman.

### Analisis stabilitas dinding penahan tanah

Analisis dinding penahan tanah dilakukan dengan perhitungan manual untuk mengetahui hasil dari stabilitas geser, stabilitas guling, dan juga daya dukung dinding penahan tanah. Data parameter dan geometri yang digunakan seperti pada Tabel 3 dan Gambar 12 seperti berikut

Tabel 3. Parameter DPT

No	Keterangan	Satuan
1	Volume Tanah ( $y_1$ )	15 kN/m <sup>3</sup>
	Kohesi Tanah ( $C_1$ )	24
	Sudut Gesek dalam( $\phi$ )	26.50°
2	Volume Tanah ( $y_2$ )	18 kN/m <sup>3</sup>
	Kohesi Tanah ( $C_2$ )	17
	Sudut Gesek dalam( $\phi$ )	30°
3	Volume Beton ( $y_b$ )	26.4
	Mutu Beton	K -300



Gambar 13. Geometri DPT

### Stabilitas guling (overturning stability)

$$FS_{Overturning} = \frac{\sum MR}{Mo} = \frac{1075,42}{275,6309} = 3,90 > 1,5 \text{ (aman)}$$

Dikatakan aman karena hasil yang diperoleh lebih dari angka keamanan yaitu 1,5.

### Stabilitas geser (*factor safety sliding*)

$$FS_{Sliding} = \frac{(\sum v) \tan(K1 \phi 2) + B \times K2 \times c2 + Pp}{P a \cos a} = \frac{971,314}{137,815} = 7,04 \text{ (aman)}$$

Dikatakan aman karena hasil yang diperoleh lebih dari angka keamanan yaitu 1,5.

### Daya dukung dinding penahan tanah (*bearing capacity*)

$$FS_{bearing capacity} = \frac{qu}{q_{max}} = \frac{989,2}{80,73} = 12,25 > 3 \text{ (aman)}$$

Dikatakan aman karena hasil yang diperoleh lebih dari angka keamanan yaitu 3.

### Rekapitulasi dinding penahan tanah

**Tabel 4.** Rekapitulasi DPT

No	Uraian	Safety Faktor	Keterangan
1	Stabilitas Geser (Sliding Stability)	3,90	Aman
2	Stabilitas Guling (Overtuning Stability)	7,05	Aman
3	Daya Dukung (Bearing Capacity)	12,535	Aman

Hasil analisis perhitungan manual stabilitas geser mendapatkan = 3,90 dan stabilitas guling = 7,05 dimana sudah memenuhi faktor keamanan = 1,5 dan daya dukung dinding penahan tanah mendapatkan 12,12 dimana faktor keamanan = 3. Hasil tersebut dinyatakan bahwa Aman. Perbandingan analisis dari kedua metode tersebut dapat dipastikan aman.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dan pembahasan mengenai analisis stabilitas lereng akibat beban sendiri dan menggunakan perkuatan Dinding Penahan Tanah dapat diambil kesimpulan diantaranya:

1. Analisis stabilitas lereng sebelum penerapan perkuatan Dinding Penahan Tanah menggunakan Software Plaxis 2D V20 didapatkan Safety Factor (SF) = 1,235 dapat disimpulkan untuk tingkat faktor keamanannya belum terpenuhi
2. Hasil analisis stabilitas lereng setelah diberi perkuatan Dinding Penahan Tanah menggunakan Software Plaxis 2D V20 didapatkan Safety Factor (SF) = 1,640 dapat disimpulkan untuk tingkat faktor keamanannya sudah terpenuhi.
3. Dalam analisis stabilitas dinding penahan tanah pada proyek konstruksi bendungan Jlantah. Analisis menggunakan perhitungan manual dengan hasil stabilitas Geser = 3,90, Stabilitas Guling = 7,05 dan daya dukung dinding penahan tanah 12,25 pada kedua analisis dapat disimpulkan untuk tingkat faktor keamanannya terpenuhi atau aman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adjil, M. E. (2021). ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN. *1,2Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. D.R. G.A. Siwabessy, Kukusan, Kecamatan, , 153-161.*
- Chayati, N. (2023). Analisis Stabilitas Lereng Bendungan terhadap Beban. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi 23, 1 (2023): 1035-1042, 8.*
- Craig, B. S. (1989). *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Mekanika Tanah II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Muhyamin, L. (2016). Desain Software Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dengan Progam Visual Basic. *ejournal Teknik Sipil, 1(1), 141-148.*
- Pradana, A. P. (2017). Rekayasa Lereng dan Perencanaan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Di Salah Satu Segmen Jalan Daerah Ciletuh. *Geoscience Journal, 1(2), 141-148.*
- Ramadhan1, R. (2020). Faktor Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Eksisting dan . *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia, 1-11.*
- Sekar Arum Pratiwi, B. P. (2023). MANAJEMEN RISIKO PADA PEKERJAAN BETON PROYEK. *Jurnal*

*Sosial dan Teknologi (SOSTECH)*, 220-226.

Yuliet, R. (2011). *Dinding Penahan Tanah (retaining wall)*.

Daniel Pasole, J. P. (2020). Analisis Stabilitas Lereng Disposal Menggunakan Metode Bishop, janbu dan ordinary . *Paulus Civil Engineering Journal*, 144-153.

Pradhana1, R. (2012). ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL. *dspace.uui.ac.id*, 1-12.

PUPR. (2017). *MODUL ANALISA STABILITAS BENDUNGAN: PERHITUNGAN STABILITAS LERENG*. Bandung: PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN SUMBER DAYA AIR DAN KONSTRUKSI.

Reza Satria Warman, S. (2019). *KUMPULAN KORELASI PARAMETER GEOTEKNIK DAN FODANSI*. Jakarta: Kementerian PUPR Direktorat bina marga.

Setyanto, A. Z. ( Agustus 2016). Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Metode Elemen Hingga Plaxis V.8.2 (Studi Kasus : Ruas Jalan Liwa – Simpang Gunung Kemala STA.263+650). *Jurnal Rekayasa*, Vol. 20, No. 2, 120-138.