

ANALISIS STABILITAS LERENG PADA BENDUNGAN JLANTAH DENGAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH PADA BANGUNAN PENGELAK

*)**Bagus Setiawan¹, Reki Arbianto¹, Erni Mulyandari¹**

¹Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta

*)Email: Bagustniau05@gmail.com

ABSTRACT

Jlantah Dam is located between 2 villages, namely Tlobo Village and Karang Sari Village, Jatiyoso District, Karanganyar Regency, Central Java. This study aims to analyze slope stability before soil retaining wall reinforcement, analyze slope stability after soil retaining wall reinforcement and analyze rolling stability, shear stability, and soil carrying capacity stability. Data processing using Microsoft Excel 2016 Software, analysis using Slope / W v.18 Software and Bishop method. Based on the results of the stability analysis of the slope slope of 90 ° with a height of 5.20 m without the reinforcement of the Soil Retaining Wall when the groundwater table recedes using Software Slope / W Analysis 2018, Safety Factor (SF) = 2.141 and the Bishop Method obtained Safety Factor (SF) = 2.69. Meanwhile, when the state of the tide groundwater table using Software Slope / W Analysis 2018 obtained Safety Factor (SF) = 2.932 and the Bishop Method obtained Safety Factor (SF) = 2.94. The results of the stability analysis of the slope slope of 90 ° and a height of 5.20 m with the reinforcement of soil retaining walls due to loads in the condition of the receding groundwater table using Software Slope / W Analysis 2018 obtained Safety Factor (SF) = 2.297 and the Bishop Method obtained Safety Factor (SF) = 2.85. Meanwhile, when the state of the tide groundwater table using Software Slope / W Analysis 2018 obtained Safety Factor (SF) = 3.126 and the Bishop Method obtained Safety Factor (SF) = 3.70.

Keywords: *Stability, soil retaining wall, Bishop, Slope/W, safety factor.*

ABSTRAK

Bendungan Jlantah terletak di antara 2 desa yaitu Desa Tlobo dan Desa Karang Sari, Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa stabilitas lereng sebelum diberi perkuatan dinding penahan tanah, menganalisa stabilitas lereng setelah diberi perkuatan dinding penahan tanah dan menganalisa stabilitas guling, stabilitas geser, dan stabilitas daya dukung tanah. Pengolahan data menggunakan *Software Microsoft Excel 2016*, analisis menggunakan *Software Slope/W v.18* dan metode *Bishop*. Berdasarkan Hasil analisis stabilitas lereng kemiringan 90° dengan ketinggian 5,20 m tanpa perkuatan Dinding Penahan Tanah saat keadaan muka air tanah surut menggunakan *Software Slope/W Analysis 2018* didapatkan *Safety Factor (SF) = 2,141* dan Metode *Bishop* didapatkan *Safety Factor (SF) = 2,69*. Sedangkan, saat keadaan muka air tanah pasang menggunakan *Software Slope/W Analysis 2018* didapatkan *Safety Factor (SF) = 2,932* dan Metode *Bishop* didapatkan *Safety Factor (SF) = 2,94*. Hasil analisis stabilitas lereng kemiringan 90° dan ketinggian 5,20 m dengan perkuatan dinding penahan tanah akibat beban dalam keadaan muka air tanah surut menggunakan *Software Slope/W Analysis 2018* didapatkan *Safety Factor (SF) = 2,297* dan Metode *Bishop* didapatkan *Safety Factor (SF) = 2,85*. Sedangkan, saat keadaan muka air tanah pasang menggunakan *Software Slope/W Analysis 2018* didapatkan *Safety Factor (SF) = 3,126* dan Metode *Bishop* didapatkan *Safety Factor (SF) = 3,70*.

Kata kunci: *Stabilitas, dinding penahan tanah, Bishop, Slope/W, safety factor.*

1. PENDAHULUAN

Bendungan Jlantah terletak di antara 2 desa yaitu Desa Tlobo dan Desa Karang Sari, Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Bendungan Jlantah rencananya akan memiliki volume tampungan efektif 8,3 juta m³ dan volume tampungan mati sebesar 2,67 juta m³ dan total keseluruhan tampungan adalah 10,97 juta m³ (Annisa). Bendungan Jlantah ini nantinya akan menghasilkan air baku sebesar 150 liter/detik, serta mampu mengairi lahan seluas 1.494 Ha di kawasan Kecamatan Jatiyoso, Jumapolo, dan Jatipuro. Stabilitas lereng mengacu pada angka keamanan sesuai SNI 8640:2017 tentang persyaratan perancangan *geoteknik* jika *safety factor (SF) > 1,5* maka lereng dalam kondisi aman sedangkan, jika *safety factor (SF) < 1,5* maka lereng dalam kondisi tidak aman (Kumalasari). Tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data berupa data sekunder dari proyek pembangunan bendungan jlantah, pemodelan lereng dengan *Software AutoCad 2009*, pengolahan data menggunakan *Software Microsoft Excel 2016*, analisis menggunakan *Software Slope/W v.18* dan metode *Bishop*, dan rekapitulasi hasil analisis.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari diadakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana stabilitas lereng sebelum diberi perkuatan dinding penahan tanah.
2. Bagaimana stabilitas lereng sebelum diberi perkuatan dinding penahan tanah.
3. Bagaimana perhitungan stabilitas guling, stabilitas geser dan daya dukung tanah.

Batasan Penelitian

Dengan luasnya ruang lingkup permasalahan yang ada, maka diperlukan batasan masalah yang akan ditinjau sebagai berikut:

1. Hanya membahas pada Bangunan saluran Pengelak proyek pembangunan Bendungan Jlantah.
2. Hanya membahas tentang dinding penahan tanah dan dinding penahan yang digunakan adalah menggunakan beton.
3. Data tanah yang digunakan data sekunder dari pihak terkait yaitu sampel asli tanah lereng Bendungan Jlantah Desa Tlobo, Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah.
4. Analisis stabilitas lereng pada Bangunan Pengelak proyek pembangunan Bendungan Jlantah menggunakan *Software Slope/W v.18*.
5. Tidak meninjau dari segi biaya berupa rencana anggaran biaya (RAB) yang akan dikeluarkan dan waktu pelaksanaan proyek.
6. Menganalisis stabilitas dinding penahan tanah akibat gaya geser, stabilitas guling, dan stabilitas daya dukung tanah.
7. Metode perhitungan pada penelitian ini menggunakan metode Bishop dan tidak mengitung beban gempa.

2. LANDASAN TEORI

Teori Lereng

Lereng merupakan sebuah bidang atau sisi tanah yang landai atau miring. Lereng biasanya ditemukan pada daerah pegunungan dan perbukitan. Perbedaan kontur tanah yang membentuk suatu sudut ini berdampak terhadap segala aktivitas manusia. Kemiringan lereng dapat dikategorikan menjadi beberapa kelas berdasarkan tingkat kemiringannya, yaitu datar (0-8%), landai (8-15%), agak curam (15-25%), curam (25-45%), dan sangat curam ($\geq 45\%$). Sedangkan lereng yang diizinkan untuk dijadikan tempat tinggal yaitu lereng dengan kemiringan 0-25% (Yuniati, 2017)

Tanah

Tanah didefinisikan sebagai agregat butiran mineral dan partikel-partikel padat dengan cairan dan gas pada ruang-ruang kosong didalamnya (*Hardiyatmo*). Tanah digunakan sebagai bahan konstruksi pada berbagai proyek teknik sipil serta sebagai pendukung fondasi struktural. Maka dari itu, insinyur sipil harus belajar sifat-sifat tanah, seperti asalnya, distribusi ukuran butir, kemampuan mengalirkan air, kompresibilitas, kekuatan geser, dan kapasitas dukung beban (Craig, 1989). Mekanika tanah adalah cabang ilmu yang berurusan dengan studi tentang sifat-sifat fisik tanah dan perilaku tanah massa mengalami berbagai jenis kekuatan.

Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) merupakan suatu istilah dalam bidang teknik sipil yang artinya dinding penahan. 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 (Jumaidi, 2018). Konstruksi dinding penahan tanah memiliki peranan 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 (Prayitno, 2016).

Stabilitas Guling

Stabilitas guling merupakan stabilitas yang ditinjau atas dasar kondisi tanah yang mengalami guling karena diakibatkan oleh tekanan tanah aktif, tekanan tanah aktif yang berada dibagian belakang dinding menghasilkan momen yang menyebabkan terjadinya guling dengan pusat penggulingan berada dibagian bawah pondasi (Hardiyatmo, 2002). Untuk dapat dinyatakan aman dari stabilitas guling ini maka nilai harus memenuhi 1,5 (tanah granular) dan $\geq 2,0$ (tanah kohesif).

Stabilitas Geser

Stabilitas terhadap geser adalah gaya geser yang diakibatkan oleh tekanan yang bersifat mendorong dinding penahan tanah tersebut, gaya-gaya tersebut diimbangi dengan gaya menahan akibat tekanan tanah pasif yang berada pada dinding bagian depan dan dasar tanah yang berada dibawah pondasi (Yuliet, 2011). Untuk dapat

dinyatakan aman dari stabilitas guling ini maka nilai harus memenuhi 1,5 (tanah granular) dan $\geq 2,0$ (tanah kohesif).

$$Fgs = \frac{Vb}{Vo} > 1,5 \quad (1)$$

dengan : Fgs = faktor keselamatan penggeseran, Vb = gaya vertikal (kN) dan Vo = gaya horizontal.

Kapasitas Daya Dukung Tanah

Kapasitas daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk mendukung dan menopang struktur yang ada di atasnya (Yuniati). Kapasitas daya dukung tanah digunakan untuk menghitung kestabilan dinding penahan tanah, beberapa metode perhitungan daya dukung *ultimit* (qu) menurut Terzaghi dan Hansen. Teori Terzaghi berlaku untuk pondasi dengan pembebanan vertikal dan sentris, sedangkan Hansen digunakan untuk menghitung beban yang eksentris dan miring.

Bendungan Pengelak

Batuan dasar pondasi bendungan pengelak tersingkap di dasar sungai berupa breksi vulkanik, tebing kiri dan kanan pada bagian atas berupa endapan lepas aluvial terdiri dari pasir, kerikil, kerakal, pebble, couple dan boulder. Batuan dasar pondasi bendungan pengelak dengan kelas CL – CM, dengan batuan dasar pondasi bendungan pengelak berkisar antara 9,23 – 12,80 Lugeon yang direpresentasikan oleh permeability di lubang bor BJ-11 dan BJ-12 (S. Jlantah).

Metode Bishop

Metode Bishop adalah metode yang diperkenalkan oleh A. W. Bishop menggunakan cara potongan, dimana metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (slip surface) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Bishop, 1955). Persamaan kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif yang dapat dikerahkan tanah, hingga tercapainya kondisi keseimbangan batas dengan memperhatikan faktor aman

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \cdot b_n + W_n \cdot \tan \phi) \frac{1}{m a_n}}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \cdot \sin a_n} \quad (2)$$

dengan : FS = factor keamanan, Wn = berat masing-masing irisan, c = kohesi, ϕ = sudut gesek, W = luas irisan dan y = berat volume tanah.

Teori Software Geostudio v.18

Software Geostudio merupakan sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan yang sifatnya terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain. (Murthy, 2016) *Software Geostudio* atau biasanya dikenal pula dengan Program *Geo-Slope* terdiri dari *Slope/W*, *Seep/W*, *Sigma/W*, *Quake/W*, *Temp/W*, *Ctran/W* dan *Air/W* dimana satu sama lainnya saling berhubungan sehingga dapat dianalisa dalam berbagai jenis permasalahan dengan memilih jenis program yang sesuai untuk tiap-tiap masalah yang berbeda.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pada Proyek Pembangunan Bendungan Jlantah terletak di Desa Tlobo dan Desa Karangari, Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah, sebagai acuan untuk perbandingan stabilitas lereng dengan menggunakan metode Bishop.

Pengumpulan Data

1. Hasil summary of laboratory test.
2. Hasil penyelidikan bor inti tahun 2013.
3. Potongan melintang bendungan jlantah.

Tahapan Penelitian

1. Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung di lapangan. Data yang diperoleh berupa data dokumentasi.
2. Data sekunder, yaitu data yang berasal dari pihak terkait yaitu sampel asli tanah lereng Bendungan Jlantah

Desa Tlobo, Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah.

3. Data tanah: Data tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer hasil pengujian sampel tanah asli dari lereng Bendungan Jlantah yang dilakukan langsung di lapangan.

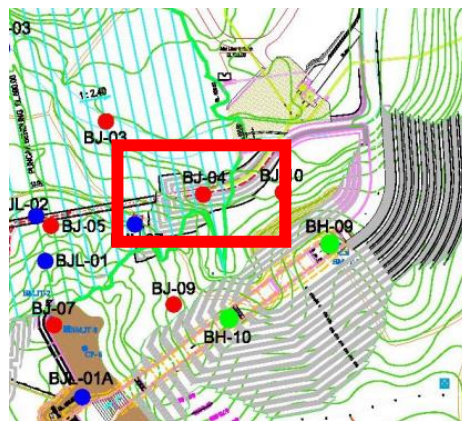
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan Analisis Stabilitas Lereng

Perhitungan stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah pada Proyek Pembangunan Bendungan Jlantah yang terletak di Desa Tlobo dan Desa Karangasari, Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah akan ditinjau berdasarkan 4 (empat) kondisi sebelum diberi perkuatan dinding penahan tanah dan 4 (empat) kondisi setelah diberi perkuatan dinding penahan tanah, analisis tersebut meliputi:

1. Kondisi tanpa perkuatan dinding penahan tanah + tanpa beban + asumsi kondisi air surut.
2. Kondisi tanpa perkuatan dinding penahan tanah + tanpa beban + asumsi kondisi air pasang.
3. Kondisi tanpa perkuatan dinding penahan tanah + dengan beban + asumsi kondisi air surut.
4. Kondisi tanpa perkuatan dinding penahan tanah + dengan beban + asumsi kondisi air pasang.
5. Kondisi dengan perkuatan dinding penahan tanah + tanpa beban + asumsi kondisi air surut.
6. Kondisi dengan perkuatan dinding penahan tanah + tanpa beban + asumsi kondisi air pasang.
7. Kondisi dengan perkuatan dinding penahan tanah + dengan beban + asumsi kondisi air surut.
8. Kondisi dengan perkuatan dinding penahan tanah + dengan beban + asumsi kondisi air pasang.

Tinjauan Analisis Stabilitas Lereng

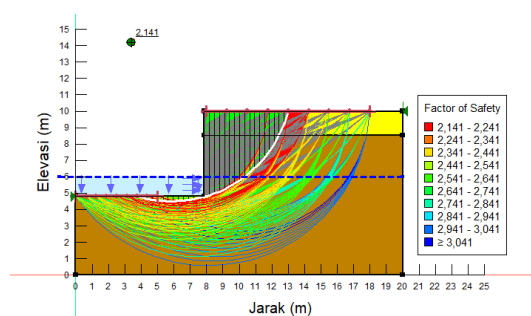


Sumber: data proyek bendungan jlantah, 2022

Gambar 1. Letak titik yang ditinjau

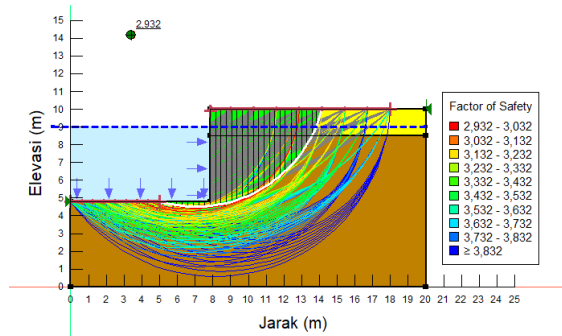
Analisis menggunakan *software slope/w analysis 2018*

Penelitian ini dilakukan perhitungan stabilitas lereng menggunakan bantuan *Softwaesre Slope/W Analysis 2018*. Pemodelan dilakukan berdasarkan kondisi eksisting yaitu dengan ketinggian 5,2 m dari permukaan tanah dasar dengan kemiringan lereng 90° yang terdiri dari 2 (satu) lapisan tanah. Pemodelan kondisi eksisting lereng pada Slope/W Analysis.



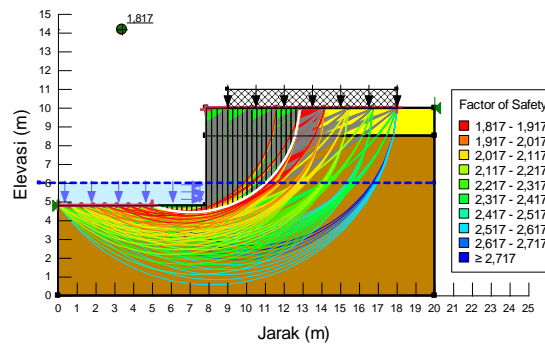
Sumber: desain pribadi, 2023

Gambar 2. Lereng tanpa perkuatan + tanpa beban + kondisi air surut



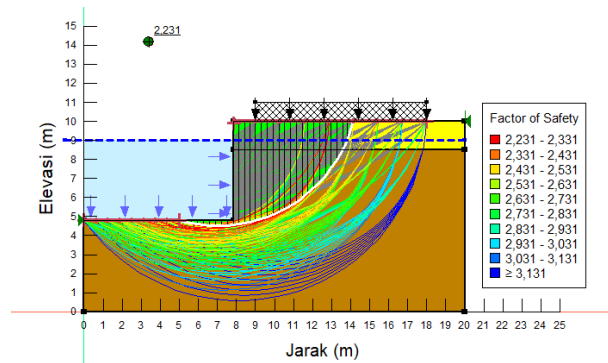
Sumber: desain pribadi, 2023

Gambar 3. Lereng tanpa perkuatan + tanpa beban + kondisi air pasang



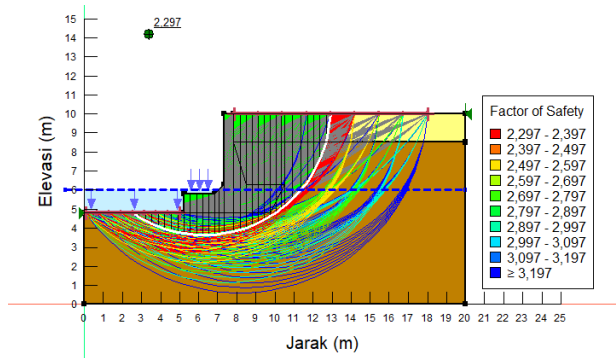
Sumber: desain pribadi, 2023

Gambar 4. Lereng tanpa perkuatan + dengan beban + kondisi air surut



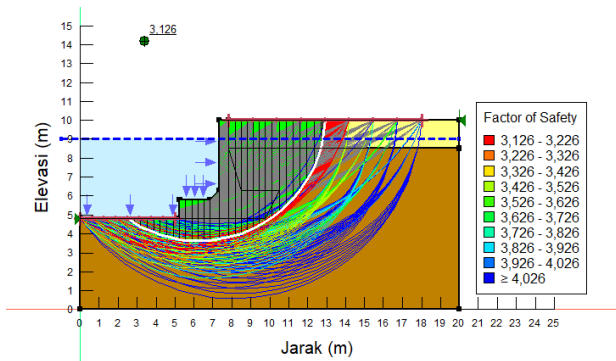
Sumber: desain pribadi, 2023

Gambar 5. Lereng tanpa perkuatan + dengan beban + kondisi air pasang



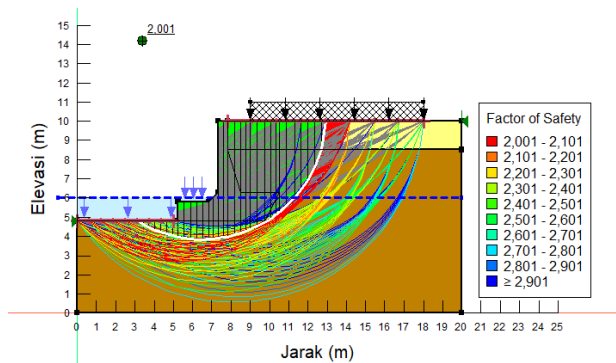
Sumber: desain pribadi, 2023

Gambar 6. Lereng dengan perkuatan + tanpa beban + kondisi air surut



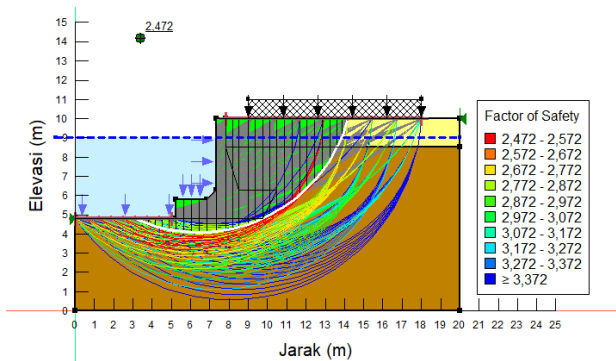
Sumber: desain pribadi, 2023

Gambar 7. Lereng dengan perkuatan + tanpa beban + kondisi air pasang



Sumber: desain pribadi, 2023

Gambar 8. Lereng dengan perkuatan + dengan beban + kondisi air surut



Sumber: desain pribadi, 2023

Gambar 9. Lereng dengan perkuatan + dengan beban + kondisi air pasang

Tabel 1. Rekapitulasi gaya dan momen

Gaya		Uraian	Notasi	Gaya (ton)	Arah Gaya
1		Tekanan aktif	ΣPa	5,39	←
2		Tekanan pasif	ΣPp	6,26	→
3		Tekanan hidrostatik	$\Sigma Pair$	4,50	→
4		Gaya <i>Uplift</i>	ΣU	6,75	↑
5		Berat sendiri	ΣW	41,8	↓
Momen				Momen (ton.m)	
6		Momen aktif	ΣMPa	8,51	↺
7		Momen pasif	ΣMPp	3,55	↻
8		Momen hidrostatik	$\Sigma mair$	4,50	↻
9		Momen Gaya <i>Uplift</i>	ΣMU	10,13	↻

Sumber: desain pribadi, 2023

Analisis menggunakan *software slope/w analysis 2018*

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan hasil dari perbandingan perhitungan *Softwaesre Slope/W Analysis 2018* dan perhitungan manual metode Bishop.

Tabel 2. Rekapitulasi gaya dan momen

No	Tipe Pemodelan	Uraian	Safety Factor		Ket
			Slope/W ($\geq 1,5$)	Bishop ($\geq 1,5$)	
1	Model 1	Lereng tanpa perkuatan tanpa beban kondisi surut	2,141	2,69	Aman
2	Model 2	Lereng tanpa perkuatan tanpa beban kondisi pasang	2,932	2,94	Aman
3	Model 3	Lereng tanpa perkuatan dengan beban kondisi surut	1,817	5,43	Aman
4	Model 4	Lereng tanpa perkuatan dengan beban kondisi pasang	2,231	2,48	Aman
5	Model 5	Lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah tanpa beban kondisi surut	2,297	2,85	Aman
6	Model 6	Lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah tanpa beban kondisi pasang	3,126	3,78	Aman
7	Model 7	Lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah dengan beban kondisi surut	2,001	2,82	Aman
8	Model 8	Lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah dengan beban kondisi pasang	2,472	3,73	Aman

Sumber: perhitungan pribadi, 2023

Tabel 3. Rekapitulasi stabilitas guling, stabilitas geser, stabilitas terhadap daya dukung tanah

No	Uraian	Safety Factor (SF)	Keterangan $\geq 1,5$
1	Perhitungan stabilitas terhadap geser	2,52 ton	Aman
2	Perhitungan stabilitas terhadap guling	6,09 ton	Aman
3	Perhitungan stabilitas terhadap kapasitas daya dukung tanah	1,70	Aman

Sumber: perhitungan pribadi, 2023

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis stabilitas lereng kemiringan 90° dengan ketinggian 5,20 m tanpa perkuatan Dinding Penahan Tanah saat keadaan muka air tanah surut menggunakan *Software Slope/W Analysis 2018* didapatkan *Safety Factor* (SF) = 2,141 dan Metode Bishop didapatkan *Safety Factor* (SF) = 2,69. Sedangkan, saat keadaan muka air tanah pasang menggunakan *Software Slope/W Analysis 2018* didapatkan *Safety Factor* (SF) = 2,932 dan Metode Bishop didapatkan *Safety Factor* (SF) = 2,94.
2. Hasil analisis stabilitas lereng kemiringan 90° dan ketinggian 5,20 m dengan perkuatan dinding penahan tanah akibat beban dalam keadaan muka air tanah surut menggunakan *Software Slope/W Analysis 2018* didapatkan *Safety Factor* (SF) = 2,297 dan Metode Bishop didapatkan *Safety Factor* (SF) = 2,85. Sedangkan, saat keadaan muka air tanah pasang menggunakan *Software Slope/W Analysis 2018* didapatkan *Safety Factor* (SF) = 3,126 dan Metode Bishop didapatkan *Safety Factor* (SF) = 3,70.
3. Pemasangan perkuatan Dinding Penahan Tanah mampu meningkatkan stabilitas lereng Desa Tlobo dan Desa Karang Sari, Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Pemasangan perkuatan Dinding Penahan Tanah dinilai tepat untuk menahan adanya dorongan yang memicu terjadi kelongsoran pada bangunan tersebut. Pemasangan Dinding Penahan Tanah dapat berfungsi untuk memperkuat kaki lereng terhadap bahaya longsor maupun gerusan akibat air sungai.
4. Perhitungan manual dengan Metode Bishop dapat digunakan pada analisis stabilitas lereng karena hasilnya mendekati dari *Software Slope/W Analysis 2018*.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan terkait dengan penelitian ini, yaitu :

1. Melakukan analisis stabilitas lereng dengan metode manual yang lain sebagai perbandingan misalnya metode *Janbu*, metode *Spencer* dan metode *Fellenius*.
2. Penggambaran pemodelan dapat menggunakan *software* geoteknik selain *Slope/W Analysis 2018* seperti *Plaxis* yang dapat menentukan kelongsoran hingga dasar lereng, agar mendapatkan nilai analisis stabilitas dinding penahan tanah yang semaksimal mungkin.
3. Perlu adanya variasi data yang lebih lengkap lagi karena agar mendapatkan hasil stabilitas dinding penahan tanah yang semaksimal mungkin.
4. Kepada mahasiswa yang ingin mempelajari judul ini atau tentang dinding penahan tanah khususnya, diharapkan untuk mencari data-data yang lebih lengkap lagi khususnya tentang dinding penahan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Annisa. (2018). *ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH DAN PERENCANAAN PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN GEOTEKSTIL PADA BANTARAN SUNGAI GAJAH PUTIH*. Yogyakarta.
- Craig, R. F. (1989). *Mekanika Tanah, Edisi 4*. Jakarta.
- Hardiyatmo. (2002). *Analisis dan Perencanaan Fondasi I*. Yogyakarta.
- hardiyatmo. (2003). *Mekanika tanah 2*. Yogyakarta.
- Jumaidi. (2018). *Perencanaan dinding penahan tanah*. Samarinda.
- Mawardi, E. (2007). *Desain Hidraulik BANGUNAN IRIGASI*. Bandung: Alfabeta.
- Murthy. (2016). new delhi. *soil Mechanics and foundation*.
- Prayitno. (2014). *Mekanika tanah 2*. Yogyakarta.
- Teguh, R. (2016). *analisis stabilitas lereng bertingkat*. jakarta.
- Yuliet, R. (2011). *dinding penahan tanah (retaining wall)*. yogyakarta.
- Yuniati, N. (2017). *Perencanaan Kestabilan Lereng Menggunakan soil Nailing di Politeknik Negeri Balikpapan*. Balikpapan.