

STUDI ALTERNATIF PERKUATAN LERENG PADA SISI PELIMPAH BENDUNGAN JLANTAH KABUPATEN KARANGANYAR

Budi Santoso¹⁾, Eko Noerhayati²⁾, Warsito³⁾

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: santsbudisantoso@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: eko.noerhayati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: warsito@unisma.ac.id

ABSTRAK

Bendungan Jlantah yang berada pada desa Tlobo dan Desa Karangsari Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah. Pelimpah bendungan berada di sebelah kanan dan bertumpuh pada bagian bukit. Kedalaman galian pada pelimpah mencapai 10-45 meter ke dalam permukaan tanah asli. Hal ini dapat menimbulkan kemungkinan longsoran yang akan terjadi dan merusak struktur pelimpah bendungan. Untuk itu penulis merencanakan alternatif struktur perkerasan tanah pada bukit di kanan pelimpah menggunakan struktur soil nailing. Hasil dari studi perencanaan ini adalah baja ulir yang digunakan memiliki diameter 40 mm dan diameter beton nail adalah 30 cm. dari pembagian 3 lereng yang dilakukan penulis, didapatkan dimensi panjang nail adalah 25 m dan memiliki kemiringan 15°. Dari hasil perhitungan stabilitas lereng menggunakan cara Baji (wedge)/perhitungan didapatkan hasil 1.505 dan dengan menggunakan aplikasi Geo-Studio 2018 sebagai aplikasi pembandingan di dapatkan hasil 1.509. dari kedua perhitungan tersebut tidak memiliki perbedaan yang cukup signifikan.

Kata Kunci: Soil Nailing, Perkerasan Lereng, Bendungan

ABSTRACT

The Jlantah Dam is located in the village of Tlobo and Karangsari Village, Jatiyoso District, Karanganyar Regency, Central Java. Spillway is on the right and rests on the hill. The depth of excavation on the spillway reaches 10-45 meters to the original soil surface. This can lead to the possibility of an avalanche that will occur and damage the spillway structure of the dam. For this reason, the authors plan an alternative structure on the hill to the right of the spillway using a soil nailing structure. The result of this study is that the steel used has a diameter of 40 mm and a concrete nail diameter of 30 cm. from dividing the 3 slopes by the author, the nail length dimensions are 25 m and have a slope of 15°. From the results of calculating slope stability using the wedge calculation method, the results are 1,505 and by using the Geo-Studio 2018 application as a comparison application, the results are obtained 1,509. those two calculations do not have a significant difference.

Keyword: Soil Nailing, Soil Stabilitation, Dam

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Lereng merupakan suatu permukaan yang menghubungkan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah dan stabilitas lereng erat kaitannya dengan longsor atau gerakan tanah yang merupakan proses perpindahan massa tanah secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah (Rahmanta, 2018)(Zaenal A & Eka A, 2005). Bangunan Pelimpah (Spillway) adalah bangunan pelengkap dari suatu bendungan yang berguna untuk mengalirkan kelebihan air ke arah hilir (Khoirudin et al., n.d.). Pada sisi kanan Pelimpah

Bendungan Jlantah terdapat lereng yang cukup tinggi dan curam. Hal ini dapat mengancam keamanan struktur pelimpah apabila terjadi kelongsoran tanah maupun pergerakan bawah tanah pada lereng tersebut. Dengan adanya faktor pergerakan tanah yang mungkin timbul, maka perlu dipertimbangkan adanya perkuatan lereng pada sisi kanan pelimpah. Perencanaan perkuatan lereng yang akan digunakan adalah Soil nailing. Soil nailing merupakan salah satu jenis perkuatan lereng dengan memasang potongan-potongan baja (nails) ke dalam tanah. Proses ini menghasilkan sebuah bagian perkuatan yang stabil dan bisa menahan tanah di belakangnya (Lazarte & Baecher, 2003)

Rumusan Masalah

1. Berapa nilai stabilitas lereng pada saat sebelum perkerasan?
2. Berapa besar nilai faktor keamanan yang didapat dari perhitungan menggunakan aplikasi Geostudio 2018?
3. Berapa hasil perhitungan stabilitas perkuatan dengan *Soil nailing* menggunakan metode Baji (*Wedge*) dan aplikasi Geostudio 2018?
4. Berapa dimensi *Soil nailing* yang digunakan?

Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk merencanakan desain alternatif yang ada pada perkuatan lereng Bendungan Jlantah menggunakan Soil Nailing untuk perkuatan Lereng dan mengetahui dimensi yang dibutuhkan sebagai alternatif untuk perkuatan lereng pada Bendungan Jlantah.

Manfaat yang ingin diperoleh dalam penulisan ini adalah untuk menambah wawasan mengenai perkerasan tanah khususnya bagi penulis agar nantinya sehingga dapat diaplikasikan di lapangan serta sebagai masukan bagi perencana maupun pihak terkait dalam perencanaan dan pengembangan-pengembangan yang akan dilakukan kedepannya. Serta menjadi sebuah referensi bagi pembaca, terutama dibidang dinding penahan tanah.

TINJAUAN PUSTAKA

Analisa Stabilitas Lereng Metode Bishop

Method Bishop adalah metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan. Methode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (slip surface) yang berbentuk lingkaran. Methode Bishop sendiri memperhitungkan komponen gaya-gaya (horizontal dan vertikal) dengan memperhatikan keseimbangan momen dari masing-masing potongan.

$$F_s = \frac{\sum (c \cdot b_n + W_n \cdot \tan \phi) \frac{1}{m \alpha_n}}{\sum W_n \cdot \sin \alpha_n} \dots \dots \dots (1)$$

$$m \alpha_n = \cos \alpha_n + \frac{\tan \phi \cdot \sin \alpha_n}{F_s} \dots \dots \dots (2)$$

Soil Nailing

Soil nailing merupakan salah satu jenis perkuatan lereng dengan memasang potongan-potongan baja (nails) ke dalam tanah. Proses ini menghasilkan sebuah bagian perkuatan yang stabil dan bisa menahan tanah di belakangnya (Rahmanta, 2018). Struktur baja merupakan material dasar rancangan konstruksi terbaru yang banyak digunakan untuk persyaratan struktur bangunan (Warsito & Rachmawati, 2021). Perkuatan yang bekerja bersifat pasif dan kinerja perkuatannya berkembang melalui interaksi antara tanah dan nails dalam deformasi tanah selama proses instruksinya.

Besarnya nilai kuat tarik yang dianjurkan oleh Federal Highway Administration (FHWA) adalah sebesar 420 MPa – 520 MPa dengan diameter bervariasi yaitu 19 mm, 22 mm, 25 mm, 29 mm, 32 mm, 36 mm, dan 43 mm, tergantung kebutuhan

$$F_s = \frac{C.Lf + W \cos \alpha + (\sum T_i \sin(\alpha + i) - \sum V_i \cos(\alpha + i)) \tan \phi}{W \sin \alpha - \sum T_i \cos(\alpha + i) - \sum V_i \sin(\alpha + i)} \dots\dots\dots (3)$$

Gaya Tarik Ijin:

$$T_i = \frac{\pi D L e f_{max}}{F_s} \dots\dots\dots (4)$$

Aman Terhadap Guling:

$$F_s = \frac{cb BL + (W + Q + PA \sin \delta) \tan \phi}{PA \cos \delta} \dots\dots\dots (5)$$

Faktor Aman Terhadap Daya Dukung Tanah

$$F_s = \frac{c.N_c + 0.5 \gamma B e N_\gamma}{H_{eq,y}} \dots\dots\dots (6)$$

Faktor aman (Fs) terhadap putus tulangan

$$F_r = \frac{(\frac{0.25 \pi x d^2 x f_y}{1000})}{\sigma_h.S_v.S_h} \dots\dots\dots (7)$$

Geostudio 2018

Slope/w adalah suatu program yang menggunakan metode kesetimbangan batas untuk memecahkan (mencari faktor keamanan) dan merupakan salah satu cabang perhitungan di dalam Geostudio 2018. Program ini dibuat oleh Geo-Slope International Ltd, Calgary, Alberta, Canada.. Software ini melingkupi slope w, seep w, sigma w, quake w, temp w, dan ctran w. Bersifat terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain. (Utomo, 2019)

METODE PERENCANAAN

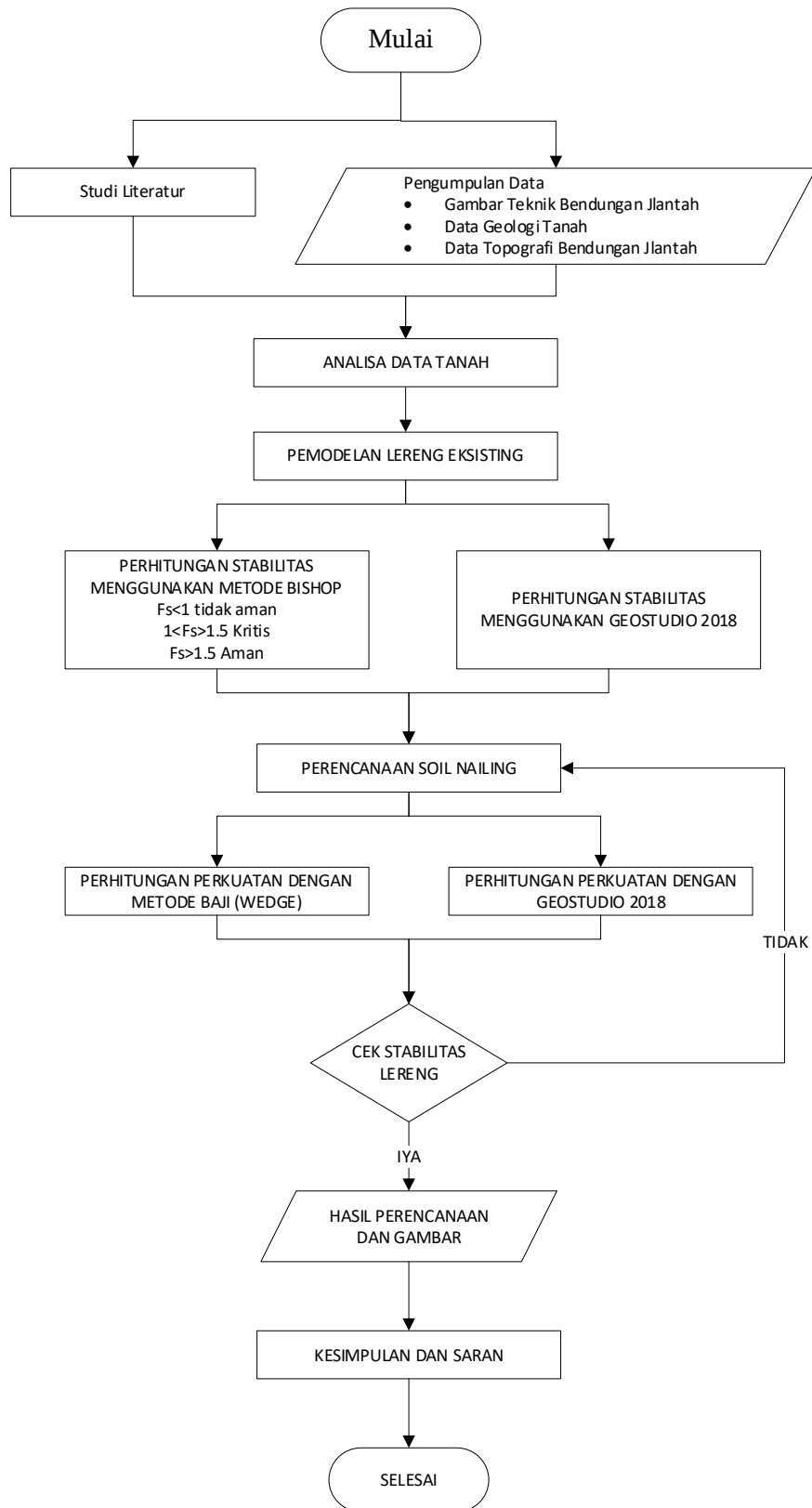
Lokasi Studi

Lokasi Studi terletak pada Bendungan Jlantah yang terletak pada Desa Tlobo dan Desa Karangsari, Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar, Propinsi Jawa Tengah. Secara geografis terletak di Kali Jlantah, yang terletak pada kordinat 111 0 4' 48" BT dan 70 42' 42" LS. Bendungan Jlantah 25 Km terletak diarah timur dari kota Karanganyar yang dapat ditempuh dengan kendaraan roda 2 maupun roda 4, melalui jalan Kabupaten.



Gambar 1. Peta Lokasi Bendungan Jlantah
(Sumber: Google Maps, 2021)

Bagan Alir

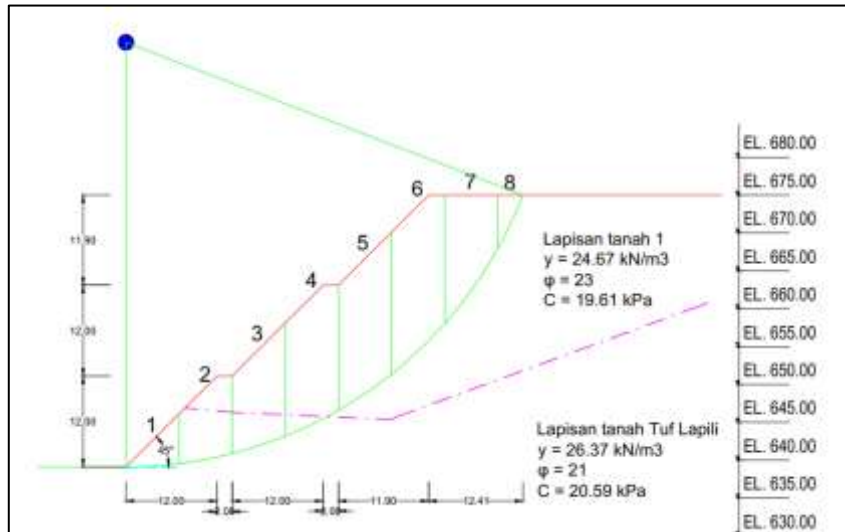


Gambar 2. Bagan Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Stabilitas Lereng Metode Bishop

Lereng pada Bendungan Jlantah diatas dibuatkan titik lingkaran untuk menggambarkan garis longsor. Kemudian dibuatkan irisan dengan lebar 7 m disetiap irisannya dan didapatkan 8 irisan.



Gambar 3. Metode Irisan Bishop
Sumber: Hasil Perencanaan

$$F_s = \frac{\sum (c \cdot b_n + W_n \cdot \tan \phi) \frac{1}{m \alpha_n}}{\sum W_n \cdot \sin \alpha_n}$$

$$F_s = \frac{(19.613 \times 7 + 2076.89 \times \tan(23^\circ)) \frac{1}{m \alpha_n}}{2076.89 \times \sin(54^\circ)}$$

$$F_s = \frac{(137.29 + 2076.89 \times 0.424) \frac{1}{m \alpha_n}}{2076.89 \times (0.809)}$$

$$F_s = \frac{(1017.89) \frac{1}{m \alpha_n}}{1680.2}$$

Untuk mendapatkan nilai $m \alpha$ menggunakan rumus dibawah ini:

$$m \alpha_n = \cos \alpha_n + \frac{\tan \phi \cdot \sin \alpha_n}{F_s}$$

$$m \alpha_n = \cos(54^\circ) + \frac{\tan(23^\circ) \cdot \sin(54^\circ)}{F_s}$$

$$m \alpha_n = 0.588 + \frac{0.424 \times (0.809)}{F_s}$$

Untuk mendapatkan nilai $m \alpha$ maka digunakan cara coba-coba, dengan mengasumsikan nilai awal $F_s = 2$, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

$$m \alpha_n = 0.588 + \frac{0.424 \times (0.809)}{2}$$

$$m \alpha_n = 0.588 + 0.171 = 0.759$$

Kemudian dimasukan ke dalam persamaan F_s sebelumnya:

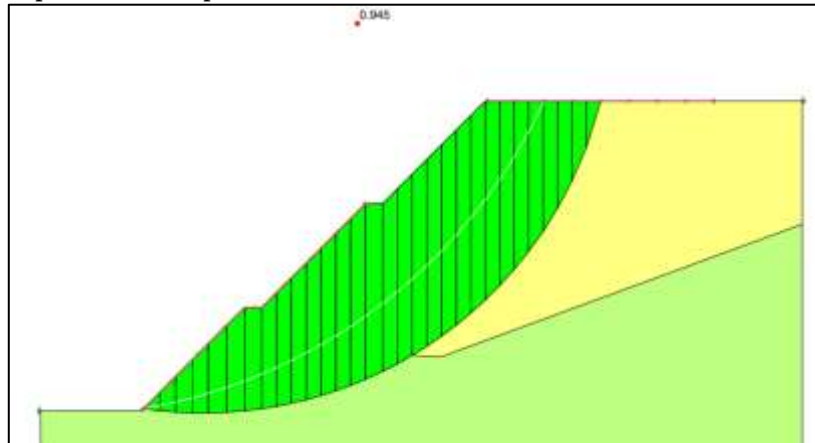
$$F_s = \frac{(1017.89) \frac{1}{0.759}}{1680.2}$$

$$F_s = \frac{1341.09}{1680.2} = 0.798$$

Dari hasil diatas nilai F_s yang didapat adalah **0.798**, hasil tersebut tidak sama dengan nilai asumsi awal yaitu $F_s = 2$. Maka diperlukan cara coba-coba dengan mengubah nilai asumsi F_s awal agar sama dengan nilai F_s akhir. Dengan menggunakan bantuan perhitungan program excel diketahui nilai dari F_s adalah **0.959** (kritis). Maka diperlukan perkuatan untuk mencegah kemungkinan longsor.

Geostudio 2018

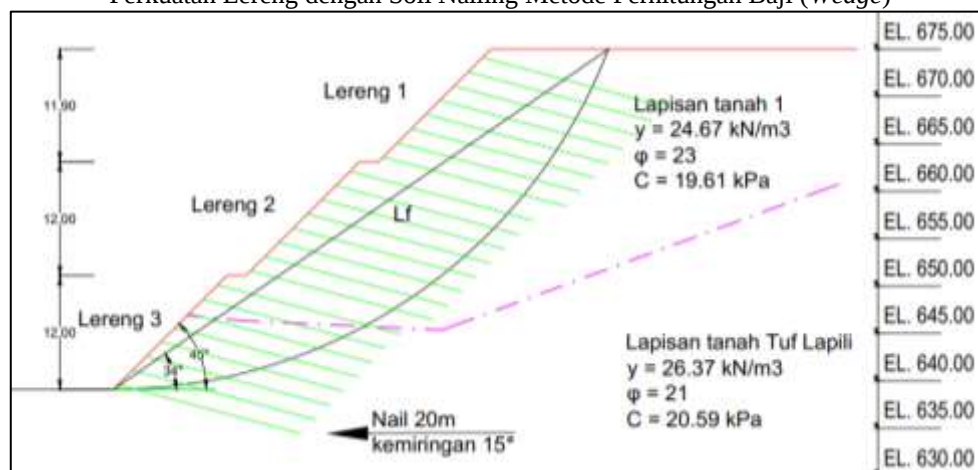
Untuk mendapatkan pembanding dalam perhitungan manual, akan dilakukan perhitungan menggunakan aplikasi Geoslope 2018.



Gambar 4. F_s Kritis Pada Pemodelan Geostudio 2018
Sumber: Hasil Perencanaan

Dari hasil perhitungan manual ($F_s = 0.959$) dan geoslope ($F_s = 0.945$) nilai F kurang dari batas aman 1,5, sehingga diperlukan kembali perencanaan perkuatan kestabilan lereng.

Perkuatan Lereng dengan Soil Nailing Metode Perhitungan Baji (Wedge)



Gambar 5. F_s Kritis Pada Pemodelan Geostudio 2018
Sumber: Hasil Perencanaan

- Menghitung berat tanah yang akan longsor per meter

$$W_t = (\gamma_1 \times A_1) + (\gamma_2 \times A_2)$$

$$= (24.67 \times 535.21) + (26.37 \times 104.23)$$

$$= (13203.63) + (2748.55)$$

$$= 15952.18 \text{ kN}$$
- Cek Terhadap Gaya Tarik dan Ijin Geser
 - Daya dukung Tarik tulangan (menggunakan besi ulir d 40 mm BjTS 420b dan $F_y = 420 \text{ Mpa} = 420 \text{ N/mm}^2$) (SNI 2052:2017, n.d.)

$$\begin{aligned}
 R_n &= F_y \times \text{Luas Tulangan} \\
 &= 420 \times (1/4 \times \pi \times 402) \\
 &= 527520 \text{ N} \\
 &= 527.52 \text{ kN} \\
 R_c &= 0.5 \times R_n \\
 &= 263.76 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Gaya Geser Ijin Tulangan

$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{R_n}{2\sqrt{1+4\tan^2(90-(\alpha+i))}} \\
 &= \frac{527.52}{2\sqrt{1+4\tan^2(41)}} \\
 &= 131.22
 \end{aligned}$$

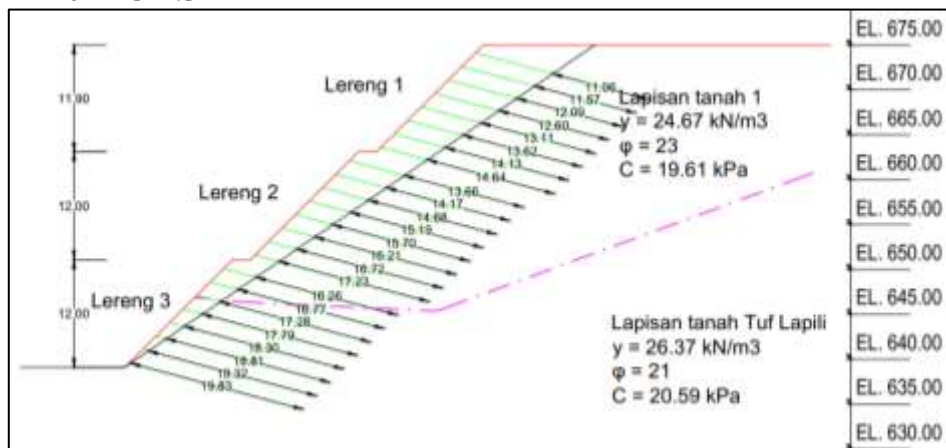
3. Gaya Geser Ijin Dari Tanah

$$\begin{aligned}
 L_o &= \sqrt[4]{\frac{4EI}{KsD}} \\
 &= \sqrt[4]{\frac{4EI}{KsD}} \\
 &= \sqrt[4]{\frac{4 \times 2.10^8 \times 1.25e-7}{48000 \times 0.04}} \\
 &= 0.478 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= P_p \times D/2 \times L_o \\
 &= 195.045 \times 0.04/2 \times 0.478 \\
 &= 1.86 \text{ kN} < V_n
 \end{aligned}$$

Karena $V_s < V_n$, maka gaya geser ijin global (V_{max}) yang digunakan adalah sebesar 1.86 kN. Adanya pembatasan gaya geser ijin, maka Tarik ijin dari *nail* bar harus dikoreksi menjadi:

$$\begin{aligned}
 \frac{V_{max}^2}{R_c^2} + \frac{T_{max}^2}{R_n^2} &= 1 \\
 \frac{1.864^2}{263.76^2} + \frac{T_{max}^2}{527.52^2} &= 1 \\
 T_{max} &= 527.51 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 6. Fs Kritis Pada Pemodelan Geostudio 2018
Sumber: Hasil Perencanaan

Misal perhitungan untuk nail ke-1

$$\begin{aligned}
 T_1 &= \frac{\pi D L_e f_{max}}{F_s} \\
 T_1 &= (\pi \times 0.04 \times 6.08 \times 125)/F_s
 \end{aligned}$$

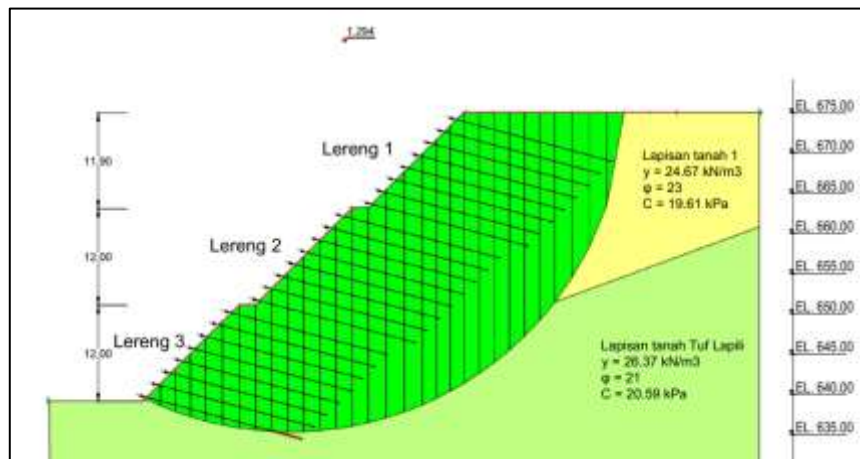
Sedangkan untuk mencari nilai F_s adalah

$$F_s = \frac{C.Lf + W \cos \alpha \tan \phi + (\sum T_i \sin(\alpha + i) - \sum V_i \cos(\alpha + i)) \tan \phi}{W \sin \alpha - \sum T_i \cos(\alpha + i) - \sum V_i \sin(\alpha + i)}$$

Pada perhitungan ini nilai faktor keamanan didapatkan dengan cara coba-coba. Perhitungan coba-coba nilai F_s ini dibantu dengan Ms Excel. Nilai coba-coba harus sama dengan nilai hasil perhitungan akhir. Dalam penelitian ini proses trial dilakukan dengan menggunakan program Ms.Excel, dan memberikan nilai $F_s = 1.505 > F_s$ Aman = 1.5, maka dengan panjang nail 25 m pada kemiringan nail 150 dan diameter besi 40 mm Mampu memperkuat lereng hingga batas aman.

Perkuatan Lereng dengan Soil Nailing Menggunakan Aplikasi Geostudio 2018

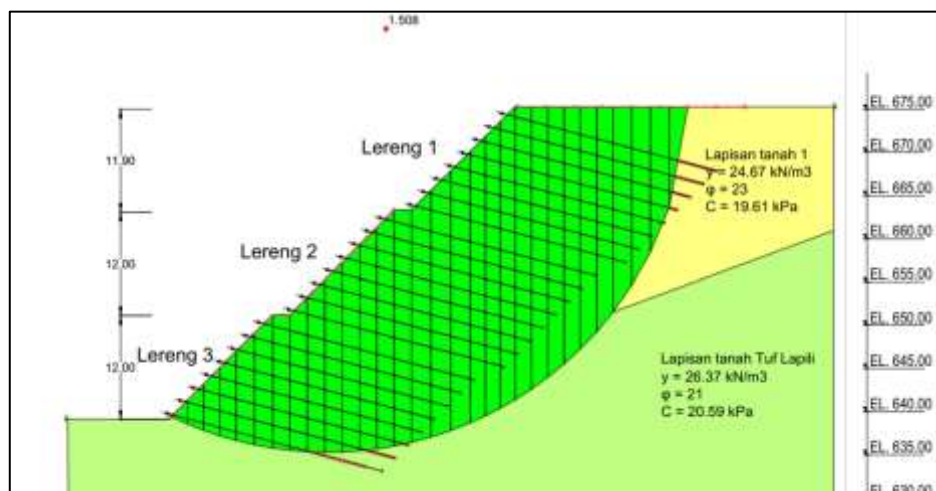
Analisis menggunakan program Geostudio dilakukan sebagai pembandingan antara perhitungan hasil aplikasi dengan analisis manual menggunakan metode baji (wedge).



Gambar 7. Soil Nailing Pemodelan Geostudio 2018

Sumber: Hasil Pemodelan Geostudio

Pada analisis diatas terlihat $F_s = 1.294$ ($F_s < 1.5$) dimana angka tersebut masih belum aman, dikarenakan panjang nail yang dibutuhkan masih belum memenuhi garis longsor yang diperkirakan. Maka akan dilakukan perhitungan ulang dengan menggunakan pemodelan nail yang baru



Gambar 8. Soil Nailing Pemodelan Geostudio 2018

Sumber: Hasil Pemodelan Geostudio

Setelah panjang nail dirubah menjadi 25m didapat angka $F_s = 1.508$ ($F_s > 1.5$), maka telah memenuhi angka aman dari longsor. Dengan diameter baja 40mm, panjang nail 25m, kemiringan 15° , telah mampu memperkuat lereng tersebut.

Tabel 1. Jumlah Nail pada Perkuatan Lereng

	Jumlah Nail	Panjang Nail (m)	Kemiringan Nail	Jarak Antar Nail (m)
Lereng 1	8	25	15	1.5
Lereng 2	8	25	15	1.5
Lereng 3	8	25	15	1.5
Total Nail	24			

Sumber: Hasil Perencanaan

Hasil Analisis dan Pembahasan

Analisis perhitungan Faktor Safety terhadap lereng di bukit kanan Pelimpah Bendungan Jlantah, Kabupaten Karanganyar menggunakan cara perhitungan manual dan analisis dengan program Geostudio 2018.

Tabel 2. Tabel Perbandingan Angka Keamanan Lereng Eksisting Perhitungan Manual dengan Metode Bishop dengan Aplikasi Geostudio

	Metode Bishop	Aplikasi Geostudio
Stabilitas Lereng	0.959	0.945

Sumber: Hasil Pehitungan

Tabel 3. Tabel Perbandingan Angka Keamanan Perkuatan Menggunakan *Soil nailing* dengan Metode Baji (*Wedge*) dan Aplikasi Geostudio

	Metode Baji (<i>Wedge</i>)	Aplikasi Geostudio
Stabilitas Perkuatan Lereng	1.505	1.508

Sumber: Hasil Pehitungan

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan studi kasus dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil analisis stabilitas lereng menggunakan perhitungan manual dengan metode Bishop didapatkan nilai faktor keamanan 0.959. nilai faktor keamanan tersebut kurang dari 1.5 yang berarti lereng dalam keadaan rawan terhadap longsor jika tidak ada perkuatan.
2. Hasil analisis menggunakan aplikasi Geostudio didapatkan 0.945. Nilai faktor keamanan tersebut kurang dari 1.5 yang berarti lereng dalam keadaan rawan terhadap longsor jika tidak ada perkuatan.
3. Hasil analisis stabilitas lereng dengan perkuatan *Soil nailing* menggunakan metode baji (*wedge*) didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1.505. Sedangkan analisis perkuatan lereng dengan *Soil nailing* menggunakan aplikasi Geostudio didapatkan 1.508. Nilai faktor keamanan telah memenuhi dari 1.5 yang berarti lereng sudah aman terhadap longsor. Dari kedua hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa perhitungan manual metode baji (*wedge*) dan aplikasi Geostudio 2018 tidak memiliki selisih yang cukup besar
4. Dimensi soil nailing adalah 25 m, kemiringan nail 15^0 dan jarak antar nail 1.5 m. Menggunakan baja ulir berdiameter 40 mm dengan diameter soil nailing 30 cm

Saran

Berdasarkan hasil studi kasus yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya diperlukan dengan variasi yang lebih banyak terkait sudut pemasangan nail, jarak antar nail, dimensi besi baja yang digunakan.

2. Diperlukan lagi analisis menggunakan metode lain dan aplikasi yang dipergunakan dalam analisa perkuatan lereng selanjutnya
3. Adanya pembebanan tambahan seperti bangunan di atas lereng ataupun jalan untuk mengetahui pengaruh besaran dimensi nail yang diperlukan

DAFTAR PUSTAKA

- Khoirudin, A., Noerhayati, E., & Suprpto, B. (n.d.). *Studi Perencanaan Bangunan Pelimpah (Spillway) Pada Bendungan Greneng Kabupaten Blora*. 11.
- Lazarte, C., & Baecher, G. B. (2003). *LRFD for soil nailing design and specifications*. LSD2003: International Workshop on Limit State design in Geotechnical Engineering Practice.
- Rahmanta, L. M. (2018). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Metode Perhitungan Fellenius Dan Taylor Serta Program Geoslope (Analysis Of Slope Stability Reinforced With Soil Nailing Using Fellenius And Taylor Methods And Geoslope Program) Studi Kasus Desa Srimartani, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul*.
- SNI 2052:2017, B. S. N. (n.d.). *Baja Tulangan Beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- Utomo, B. P. (2019). *Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Soil Nailing dengan Menggunakan Program Geoslope (Analysis of Slope Stability Reinforced with Soil Nailing Using Geoslope Program)*.
- Warsito, W., & Rachmawati, A. (2021). Studi Alternatif Perencanaan Struktur Gedung RSI UNISMA Menggunakan Struktur Baja. *Jurnal Rekayasa Sipil (e-Journal)*, 10(2), 66–80.