

ANALISIS KESTABILAN LERENG TIMBUNAN JALAN INSPEKSI PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN BENER PURWOREJO

Muhammad Taufiq Fadhillah¹, Gurawan Jati Wibowo²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Surakarta, Jawa Tengah

¹ taufiqfadhillah08@gmail.com

Abstrak

kelongsoran dapat terjadi pada lereng alami ataupun lereng buatan. Analisis kestabilan lereng bertujuan untuk mengetahui nilai Safety Factor dari lereng timbunan Jalan Inspeksi menggunakan Software Rocscience Slide 6 untuk membandingkan antara dua metode yaitu metode Fellenius dan metode Bishop Simplified, serta mengetahui selisih antara dua metode tersebut. Dari analisis yang dilakukan di Jalan Inspeksi Proyek Pembangunan Bendungan Bener Purworejo dengan menggunakan Software Rocscience Slide 6 didapatkan nilai Safety Factor metode Fellenius sebesar 1,655 dan nilai Safety Factor metode Bishop Simplified sebesar 1,717. Dari dua metode tersebut terdapat selisih sebesar 3,68%. Hasil perbandingan dari dua metode tersebut menunjukkan lereng dalam kondisi stabil.

Kata Kunci: Fellenius, Bishop Simplified, Rockscience Slide 6

Abstract

Failures can occur on natural slopes or artificial slopes. Slope stability analysis aims to determine the Safety Factor value of the Inspeki Road embankment slope using Rocscience Slide 6 Software to compare the two methods, namely the Fellenius method and the Bishop Simplified method, and to determine the difference between the two methods. From the analysis carried out on the Inspection Road for the Bener Purworejo Dam Development Project using Rocscience Slide 6 Software, the Fellenius method's Safety Factor value was 1.655 and the Bishop Simplified method's Safety Factor value was 1.717. Of the two methods there is a difference of 3.68%. The results of the comparison of the two methods show that the slope is in a stable condition.

Keywords: Fellenius, Bishop Simplified, Rockscience Slide 6

1. PENDAHULUAN

Musim penghujan sering terjadi bencana tanah longsor. Tanah longsor terjadi pada lereng alami maupun lereng buatan. Lereng dibagi menjadi dua yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami merupakan lereng yang terbentuk dari proses alam, contohnya lereng pegunungan. Lereng buatan merupakan lereng yang terbentuk dari proses kegiatan manusia yang dilakukan untuk kepentingan tertentu. Contohnya lereng galian bendungan, lereng timbunan jalan (Pangemanan dkk., 2014). Lereng (slope) merupakan bidang miring yang menyambung dari dua permukaan material sehingga dapat membentuk sudut kemiringan dengan elevasi berbeda (Amri dkk., 2021).

Stabilitas lereng yaitu faktor yang menentukan aman tidaknya bidang longsor. Faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng yaitu besar kecilnya nilai kuat geser yang mengalami keruntuhan geser.

Terjadinya kelongsoran akan mendapatkan kemantapan lereng yang mengakibatkan gaya penahan lebih besar dari gaya penggerakannya. Kemantapan dari sebuah lereng juga dikenal dengan "Faktor Keamanan" (*safety factor*). Faktor keamanan adalah hal yang sangat penting untuk menganalisis dan merencanakan struktur secara keseluruhan.

Analisis kestabilan lereng diperlukan dalam perencanaan sebuah lereng. Lereng yang tidak stabil akan membahayakan lingkungan disekitarnya (Pangemanan dkk., 2014). Maka dari itu analisis kestabilan lereng diperlukan untuk mengantisipasi terjadinya kelongsoran.

Analisis kestabilan lereng umumnya membutuhkan waktu yang panjang dan berulang-ulang karena dilakukan dengan cara manual sehingga berakibat pada waktu perhitungan yang lama. Sehingga untuk memudahkan perhitungan dari

analisis kestabilan lereng diperlukan bantuan *Software Rockscience Slide 6*. *Software Rockscience Slide 6* yaitu *software* stabilitas lereng 2 dimensi yang berfungsi untuk menganalisis kestabilan lereng (Pangemanan dkk., 2014).

Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan nilai SF dari dua metode, yaitu metode *Fellenius* dan metode yaitu *Bishop Simplified* dengan bantuan *Software Rockscience Slide 6*.

2. METODOLOGI

2.1 Tahap Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dibutuhkan data primer dan data sekunder. Berikut ini data penelitian yang dibutuhkan:

2.1.1. Data Primer

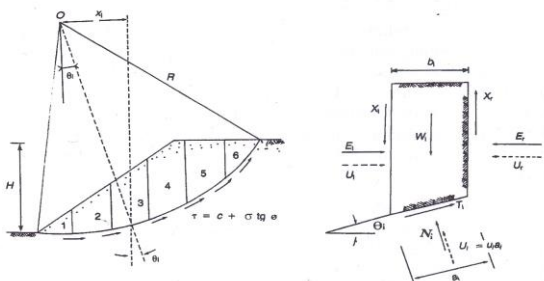
Data primer merupakan data yang di ambil dilapangan dengan cara melakukan observasi langsung untuk pengambilan data-data yang diperlukan pada penelitian ini. Dari pengumpulan data dilapangan didapatkan hasil sebagai berikut:

- 1) γ = 14,8 KN/m³
- 2) c = 27 KN/m²
- 3) ϕ = 23,6 °
- 4) Tinggi lereng = 15 m
- 5) Berm = 2 m
- 6) Sudut slope ke-1 = 45 °
- 7) Sudut slope ke-2 = 51 °
- 8) Sudut slope ke-3 = 63 °

2.1.2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari literatur berupa buku, jurnal ilmiah yang berkaitan langsung dengan kestabilan lereng.

Metode *Fellenius* dikenalkan oleh Fellenius tahun 1927. Metode *Fellenius* yaitu metode yang mengasumsikan bahwa gaya-gaya yang bekerja dari sisi kanan-kiri pada irisan mempunyai resultan nol dari arah tegak lurus pada bidang longsoran (Meutia dkk., 2018). Gaya-gaya irisan yang bekerja dari metode *Fellenius* sebagai berikut:



Gambar.1. Gaya-gaya irisan yang bekerja

Keterangan:

- X_i, X_r = efektif dari gaya geser pada sisi irisan.
- E_i, E_r = efektif dari gaya normal pada sisi irisan.
- T_i = efektif dari gaya geser pada resultan yang bekerja sepanjang dasar irisan.
- N_i = efektif dari gaya normal pada resultan yang bekerja sepanjang irisan.
- U_i, U_r = tekanan air pori bekerja dari sisi irisan.
- U_i = tekanan air pori bekerja dari dasar irisan.

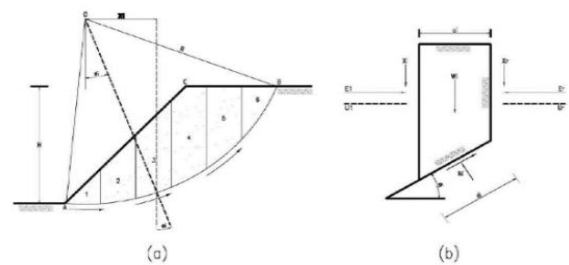
Untuk mencari nilai *Safety Factor* dengan metode *Fellenius* sebagai berikut:

$$F = \frac{c \cdot \Sigma L + \tan \phi \cdot \Sigma W_i \cdot \cos \alpha}{\Sigma W_i \cdot \sin \alpha} \quad (1)$$

dengan:

- F : faktor keamanan
- ΣL : Panjang dari total irisan
- c : kohesi
- ϕ : sudut geser
- α : sudut setiap irisan
- W_i : berat massa tanah pada irisan

Metode *Bishop Simplified* dikenalkan oleh A.W. Bishop tahun 1955. Metode *Bishop Simplified* merupakan metode yang mengasumsikan bahwa gaya-gaya yang bekerja dari sisi-sisi irisan yang mempunyai resultan nol pada arah vertikal. (Agnes dkk, 2019)



Gambar 2 Gaya-gaya permukaan bidang yang bekerja

Keterangan:

- W = berat total dari irisan.
- E_i, E_r = gaya horizontal yang bekerja dari penampang kiri dan kanan irisan.
- X_i, X_r = gaya vertikal yang bekerja dari penampang kiri dan kanan irisan.
- P = gaya normal dari total irisan.

- T = gaya geser dari dasar irisan.
b = lebar keseluruhan irisan.
l = Panjang keseluruhan irisan.

Untuk mencari nilai *Safety Factor* dengan metode *Bishop* sebagai berikut:

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n [c b_i + (W_i - U_i b_i) \tan \phi_i] \left(\frac{1}{\cos \theta_i + (\sin \theta_i \tan \phi_i / F)} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \quad (2)$$

dengan:

- F_s = faktor keamanan
C = kohesi
 ϕ = sudut geser
 b_i = lebar dari irisan
 W_i = berat irisan pada tanah
 θ_i = sudut yang diasumsikan dari Gambar 1.2
 U_i = tekanan air pori pada irisan

Timbunan yaitu perbedaan ketinggian antara muka tanah asli dengan ketinggian muka tanah rencana, yang disebabkan oleh pemindahan volume tanah dari suatu tempat ke tempat tertentu. Timbunan tanah dibedakan menjadi beberapa yaitu timbunan tanggul sungai, timbunan bendungan tanah, timbunan tanah jalan dan timbunan jalan kereta api. Timbunan tanah pada jalan berfungsi untuk meningkatkan kemampuan memikul beban yang lebih besar dari kendaraan, sehingga kendaraan dapat melaju lebih cepat. Material yang digunakan pada timbunan jalan berupa butiran kecil yang sifatnya stabil. (Sadikin dkk., 2018). Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng timbunan antara lain tekanan dari air pori, geometri lereng, sifat geoteknik dari material, pembebanan dan getaran.

Faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dilihat dari kondisi air tanah, karakteristik tanah, bentuk lereng, metode pengalihan dan timbunan pembuatan lereng (Panjaitan dkk., 2020). Untuk menentukan nilai aman SF minimum yaitu $SF \geq 1,25$. Faktor keamanan di klasifikasikan menjadi tiga yaitu labil, kritis, dan stabil, dengan menentukan besarnya nilai hasil perhitungan dari *safety factor* (Bowles). Berikut ini nilai dari klasifikasi kestabilan lereng:

Tabel 1
Nilai *Safety Factor* Lereng dan Intensitas Kelongsoran

<i>Safety Factor</i>	Kondisi Lereng
<1,07	Labil (terjadi longsoran)
1,07 – 1,25	Kritis (dapat terjadi longsoran)
>1,25	Stabil (tidak terjadi longsoran)

Penyebab dari keruntuhan lereng biasanya terjadi akibat adanya perubahan topografi, aliran air tanah, perubahan tegangan, kehilangan kekuatan, perubahan musim, iklim dan cuaca (Rajagukguk dkk.,2014).

Meskipun lereng dalam kondisi stabil namun ada faktor-faktor yang mempengaruhi dari kestabilan lereng. Berikut ini merupakan penyebab lereng tidak stabil, antara lain:

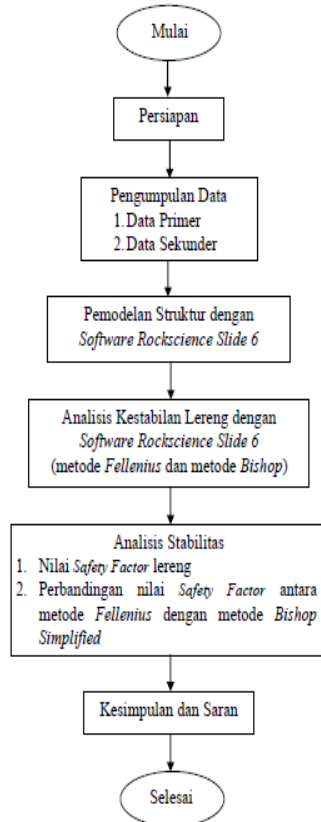
- 1) Keadaan dari jenis tanah atau batuan yang membentuk lereng.
- 2) Penambahan kadar air yang ada di dalam tanah.
- 3) Tinggi dan sudut kemiringan lereng.
- 4) Berat distribusi dari beban.
- 5) Getaran atau gempa

Berikut ini cara-cara menstabilkan lereng supaya tidak terjadi kelongsoran dan lereng tetap dalam kondisi setabil, antara lain:

- 1) Merubah sudut kemiringan pada lereng.
- 2) Merubah ketinggian lereng.
- 3) Merubah lereng menjadi lereng bertingkat.

2.2 Bagan Alur Penelitian

Tahapan dari penelitian ini tertuang dalam diagram alur pada gambar dibawah ini:



Tahap pertama dari analisis kestabilan lereng setelah didapatkan data adalah melakukan pemodelan menggunakan *Rockscience Slide 6* sesuai dengan data geometri yang didapatkan di lapangan.

Setelah desain geometri lereng selesai dibuat selanjutnya masuk ke identifikasi metode dengan parameter perhitungan yang digunakan. Pada analisis kestabilan lereng ini digunakan dua metode yaitu metode *Fellenius* dan metode *Bishop Simplified* untuk mengetahui berapa nilai SF dan mengetahui selisih SF dari dua metode tersebut.

Selanjutnya masuk ke identifikasi material untuk menginput data-data yang dibutuhkan dalam menganalisis kestabilan lereng. Data yang di butuhkan yaitu data berat jenis tanah, data kohesi dan data sudut geser. Kemudian menempatkan material pada gambar geometri lereng yang telah dibuat.

Setelah itu menentukan bidang gelincir yang akan terjadi pada lereng sehingga penentuan bidang gelincir harus disesuaikan dengan kemungkinan bidang longsornya.

Selanjutnya masuk ke running atau kalkulasi untuk melakukan perhitungannya. Selanjutnya masuk ke Interpretasi untuk melakukan analisis kestabilan dari sebuah lereng. Dalam menganalisis kestabilan

sebuah lereng akan didapatkan nilai SF dari masing masing metode, sehingga nilai SF dari kedua metode tersebut dapat mengetahui apakah lereng dalam kondisi stabil atau tidak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisis kestabilan lereng timbunan Jalan Inspeksi digunakan metode *Fellenius* dan metode *Bishop Simplified*. Hasil dari perhitungan ini menggunakan *Software Rockscience Slide 6* sehingga diperoleh nilai SF dan r yang tertera pada table berikut ini:

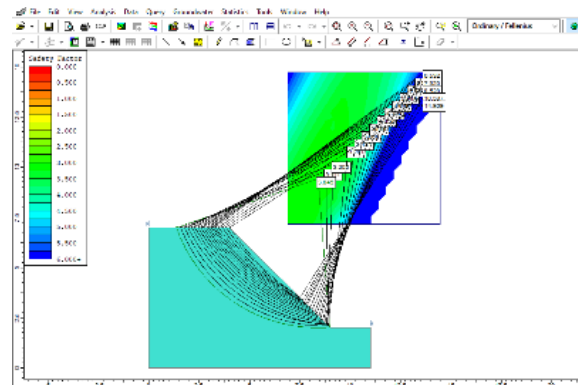
3.1 Metode *Fellenius*

3.1.1 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 45° Metode *Fellenius*

Hasil dari menganalisis kestabilan lereng timbunan sudut 45° metode *Fellenius* sebagai berikut:

Table 2. Hasil dari Analisis Lereng Sudut 45° Metode *Fellenius*

SF dengan Sudut 45°								
Metode Fellenius								
SF	3.045	3.814	4.328	5.014	5.941	7.320	10.597	14.929
r	7.449	10.003	10.802	11.644	12.520	12.604	11.877	11.515



Gambar 3. Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 45° Metode *Fellenius*

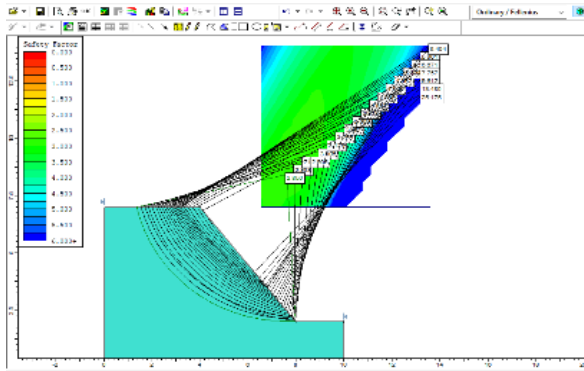
Hasil dari analisis kestabilan lereng timbunan sudut 45° metode *Fellenius* didapatkan nilai SF terbesar yaitu 14,929 pada nilai r 11,515, sedangkan nilai SF terkecil yaitu 3,045 pada nilai r 7,449.

3.1.2 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 51° Metode *Fellenius*

Hasil dari menganalisis kestabilan lereng timbunan sudut 51° metode *Fellenius* sebagai berikut:

Table 3
Hasil dari Analisis Lereng Sudut 51° Metode *Fellenius*

SF dengan Sudut 51°								
Metode <i>Fellenius</i>								
SF	2.850	3.005	3.609	4.560	5.961	6.671	9.612	25.175
r	6.147	7.436	8.821	10.402	12.103	11.770	11.107	10.448



Gambar 4 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 51° Metode *Fellenius*

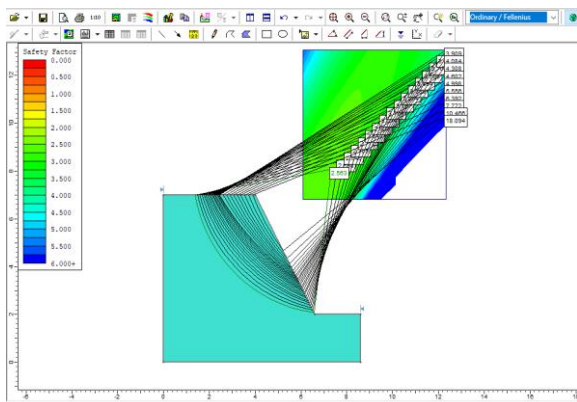
Hasil dari menganalisis kestabilan lereng timbunan sudut 51° metode *Fellenius* didapatkan nilai SF terbesar yaitu 25,175 pada nilai r 10,448, sedangkan nilai SF terkecil yaitu 2,850 pada nilai r 6,127.

3.1.3 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 63° Metode *Fellenius*

Hasil dari menganalisis kestabilan lereng timbunan sudut 63° metode *Fellenius* sebagai berikut:

Table 4. Hasil dari Analisis Lereng Sudut 63° Metode *Fellenius*

SF dengan Sudut 63°								
Metode <i>Fellenius</i>								
SF	2.563	2.847	3.596	3.804	4.998	6.392	10.446	18.094
r	5.465	6.596	9.448	10.226	10.448	9.881	9.320	9.041

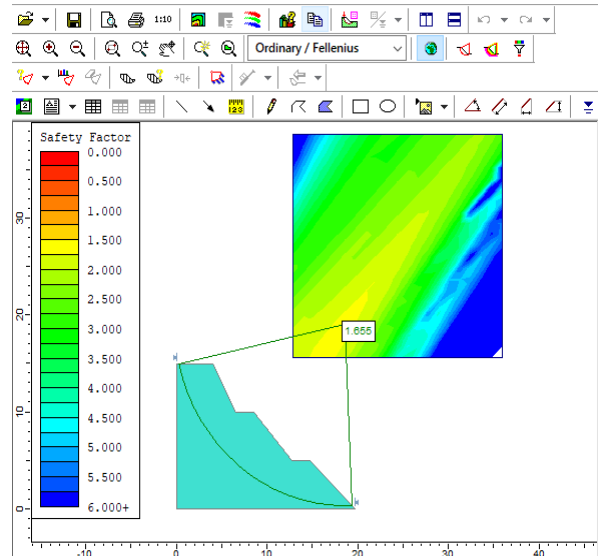


Lereng Timbunan Jalan Inspeksi Sudut 63°

Hasil dari menganalisis kestabilan lereng timbunan sudut 63° metode *Fellenius* didapatkan nilai SF terbesar yaitu 18,094 pada nilai r 9,041, sedangkan nilai SF terkecil yaitu 2,563 pada nilai r 6,319.

3.1.4 Hasil dari Keseluruhan Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Metode *Fellenius*

Hasil dari keseluruhan menganalisis kestabilan lereng timbunan menggunakan metode *Fellenius* sebagai berikut:



Gambar 6 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Jalan Inspeksi Metode *Fellenius*

Hasil dari perhitungan kestabilan lereng metode *Fellenius* mendapatkan nilai SF keseluruhan sebesar 1.655. Berdasarkan nilai dari hasil menganalisis mendapatkan nilai SF 1,655 > 1,25, menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi stabil.

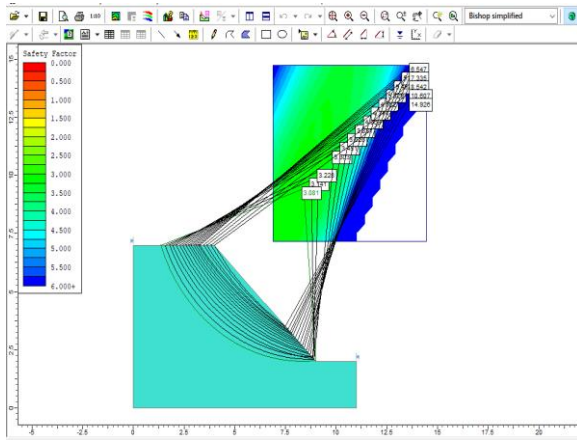
3.2 Metode *Bishop Simplified*

3.2.1 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 45° *Bishop Simplified*

Hasil dari menganalisis kestabilan lereng timbunan sudut 45° metode *Bishop Simplified* sebagai berikut:

Table 5
Hasil dari Analisis Lereng Sudut 45° Metode *Bishop Simplified*

SF dengan Sudut 45°								
Metode <i>Bishop Simplified</i>								
SF	3.081	3.831	4.344	5.029	5.957	7.335	10.607	14.926
r	7.449	10.003	10.802	11.644	12.520	12.604	11.877	11.515



Gambar 7 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 45° Metode Bishop Simplified

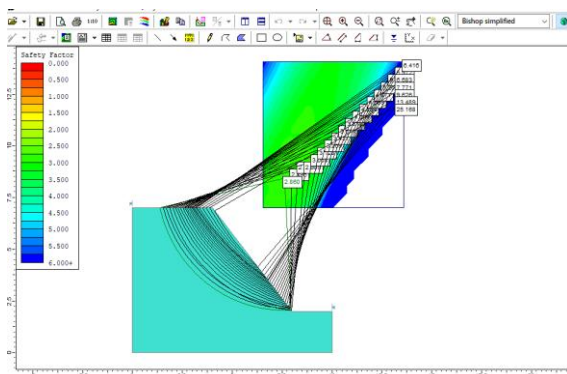
Hasil dari menganalisis kestabilan lereng timbunan sudut 45° metode *Bishop Simplified* didapatkan nilai SF terbesar yaitu 14,926 pada nilai r 11,515, sedangkan nilai SF terkecil yaitu 3,081 pada nilai r 7,449.

3.2.2 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 51° Metode Bishop Simplified

Hasil dari menganalisis kestabilan lereng timbunan sudut 51° metode *Bishop Simplified* sebagai berikut:

Tabel 6 Hasil dari Analisis Lereng Sudut 51° Metode Bishop Simplified

SF dengan Sudut 51°		Metode Bishop Simplified							
SF	2.860	3.008	3.614	4.569	5.972	6.683	9.629	25.168	
r	6.147	7.436	8.821	10.402	12.103	12.739	11.107	10.448	



Gambar 8 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 51° Metode Bishop Simplified

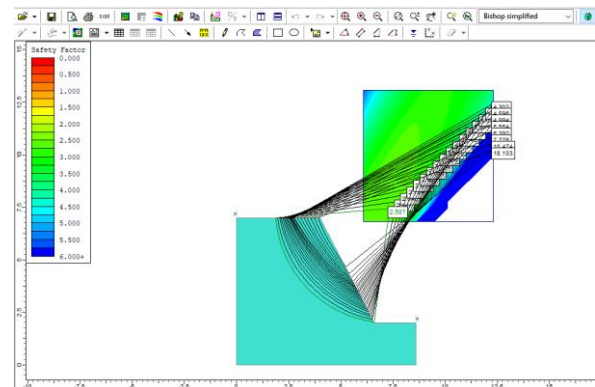
Dari hasil analisis kestabilan lereng timbunan sudut 51° metode *Bishop Simplified* didapatkan nilai SF terbesar yaitu 25,168 pada nilai r 10,448, sedangkan nilai SF terkecil yaitu 2,860 pada nilai r 6,147.

3.2.3 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 63° Metode Bishop Simplified

Hasil dari menganalisis kestabilan lereng timbunan sudut 63° metode *Bishop Simplified* adalah sebagai berikut:

Table 7 Hasil dari Analisis Lereng Sudut 63° Metode Bishop Simplified

SF dengan Sudut 63°		Metode Bishop Simplified							
SF	2.507	2.818	3.773	4.037	4.994	6.392	10.474	18.103	
r	5.465	6.596	9.448	10.226	10.448	9.881	9.320	9.041	

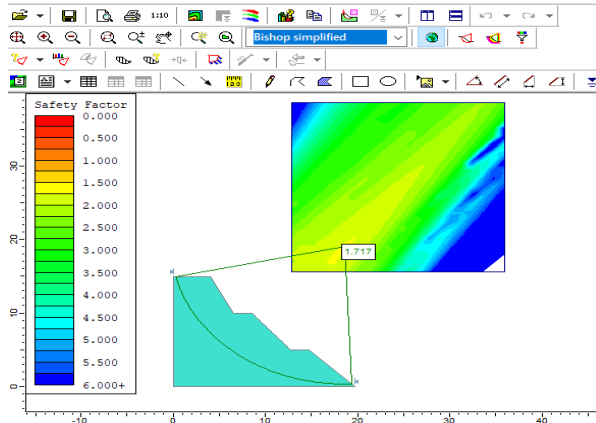


Gambar 9 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Sudut 63° Metode Bishop Simplified

Dari hasil menganalisis kestabilan lereng timbunan sudut 63° metode *Bishop Simplified* didapatkan nilai SF terbesar yaitu 18,103 pada nilai r 9,041, sedangkan nilai SF terkecil yaitu 2,507 pada nilai r 5,465.

3.2.4 Hasil Keseluruhan Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Metode Fellenius

Hasil dari keseluruhan menganalisis kestabilan lereng timbunan menggunakan metode *Bishop Simplified* sebagai berikut:



Gambar 10 Hasil dari Analisis Kestabilan Lereng Timbunan Jalan Inspeksi dengan Bishop Simplified

Hasil dari perhitungan kestabilan lereng metode *Bishop Simplified* mendapatkan nilai SF keseluruhan sebesar 1,717. Berdasarkan nilai dari hasil menganalisis mendapatkan nilai SF 1,717 > 1,25, menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi stabil.

3.3 Selisih Perbandingan Metode Fellenius dan Metode Bishop Simplified

Hasil dari menganalisis kestabilan lereng timbunan dengan menggunakan *Software Rockscience Slide 6* terdapat selisih antara metode *Fellenius* dan metode *Bishop Simplified*, yang ditunjukkan pada table berikut ini:

Table 8 Hasil Selisih SF Minimum Antara Metode Fellenius dan Metode Bishop Simplified

Sudut (°)	Jari - jari (r)	SF		Selisih
		Metode Fellenius	Metode Bishop	
45	7.449	3.045	3.081	1.18%
51	6.147	2.850	2.860	0.35%
63	5.465	2.563	2.507	2.21%

Dari hasil analisis selisih minimum metode *Fellenius* dengan SF 3,045 dan metode *Bishop Simplified* dengan SF 3,081, sudut 45°, r 7,449 terdapat selisih 1,18%. Selisih minimum metode *Fellenius* dengan SF 2,850 dan metode *Bishop Simplified* dengan SF 2,860, sudut 51°, r 6,147 terdapat selisih 0,35%. Dan selisih minimum metode *Fellenius* dengan SF 2,563 dan metode *Bishop Simplified* dengan SF 2,507, sudut 63°, r 5,455 terdapat selisih 2,21%.

Table 9

Hasil Selisih SF Maksimum Metode Antara Fellenius dan Metode Bishop Simplified

Sudut (°)	Jari - jari (r)	SF		Selisih
		Metode Fellenius	Metode Bishop	
45	11.515	14.929	14.926	0.02%
51	10.448	25.175	25.168	0.03%
63	9.041	18.094	18.103	0.05%

Dari hasil analisis selisih maksimum metode *Fellenius* dengan SF 14,929 dan metode *Bishop Simplified* dengan SF 14,926, sudut 45°, r 11,515 terdapat selisih 0,002%. Selisih minimum metode *Fellenius* dengan SF 25,175 dan metode *Bishop Simplified* dengan SF 25,168, sudut 51°, r 10,488 terdapat selisih 0,03%. Dan selisih minimum metode *Fellenius* dengan SF 18,094 dan metode *Bishop Simplified* dengan SF 18.103, sudut 63°, r 9,041 terdapat selisih 0,05%.

Table 10 Hasil Selisih SF Keseluruhan Antara Metode Fellenius dan Metode Bishop Simplified

Jari - jari (r)	SF		Selisih
	Metode Fellenius	Metode Bishop	
18.807	1.655	1.717	3.68%

Dari hasil analisis selisih keseluruhan metode *Fellenius* dengan SF 1,655 dan metode *Bishop Simplified* dengan SF 1,717, r 11,515 terdapat selisih 3,68%.

4. KESIMPULAN

Hasil dari menganalisis lereng timbunan jalan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Hasil dari analisis sudut 45° didapatkan nilai SF minimum metode *Fellenius* sebesar 3,045 dan *Bishop Simplified* sebesar 3,081 terdapat selisih 1,18%. Analisis sudut 51° didapatkan nilai SF minimum metode *Fellenius* sebesar 2,860 dan *Bishop Simplified* sebesar 2,850 terdapat selisih 0,35%. Dan analisis sudut 63° didapatkan nilai SF minimum metode *Fellenius* sebesar 2,860 dan *Bishop Simplified* sebesar 2,507 terdapat selisih 2,21%.
- 2) Hasil dari menganalisis lereng dengan menggunakan *Software Rockscience Slide 6* mendapatkan nilai SF keseluruhan lereng timbunan metode *Fellenius* sebesar 1,655 dan metode *Bishop Simplified* sebesar 1,717.
- 3) Hasil dari menganalisis kestabilan lereng menggunakan *Software Rockscience Slide*

6 terdapat selisih hasil SF antara metode *Fellenius* dengan metode *Bishop Simplified* sebesar 3,68%.

- 4) Hasil keseluruhan dari analisis kestabilan lereng timbunan metode *Fellenius* dan metode *Bishop Simplified* menunjukkan bahwa lereng dalam kondisi stabil, dikarenakan nilai $SF > 1,25$.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnes, T. M., Turangan, A. E., 2019. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Software Slide 6.0 (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado-Tomohon)*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Amir, N., Dharmawansyah, D., Hermansyah., 2021. *Perbandingan Metode Bishop dan Janbu dalam Analisis Stabilitas Lereng pada Oprit Jembatan Labu Sawo Sumbawa*. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teknologi Sumbawa.
- Bowles, E. J., 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Meutia Corphylia Frianvonsa Ratag Agnes Mandagi, C.T., Legrans, R. R. I., 2018. *Analisis Dinding Mechanically Stabilized Earth (Mse) (Studi Kasus: Ruas Jalan Tol Manado Bitung Sta 6+475)*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Pangemanan, T., Turangan, A. E., Sompie, O. B.A., 2014. *Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland)*. Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Panjaitan, A., Sompie, O. B. A. Agnes, S., Mandagi, T., 2020. *Analisis Perhitungan Stabilitas Lereng Metode Fellenius Menggunakan Program Php*. Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Rajagukguk, O. C., Turangan, A. E., Monintja, S., 2014. *Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus : Kawasan Citraland sta . 1000m)*. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sadikin, D.A., Komarudin., 2018. *Studi Stabilitas Lereng Timbunan Jalan Terhadap Variasi Kemiringan*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Wiralodra, Indramayu.