

BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Pendahuluan

Analisis stabilitas lereng dilakukan pada titik lereng T3 dan T4. Masing-masing titik dianalisis menggunakan *software Rocscience Slide* dan perhitungan manual dengan metode fellenius. Pemodelan stabilitas lereng pertama dilakukan dalam kondisi tanpa perkuatan, kemudian kondisi dengan perkuatan *bored pile*, lalu kondisi dengan perkuatan *sheet pile*. Pemodelan lereng dilakukan berdasarkan geometri lereng eksisting seperti pada gambar di lembar lampiran. Adapun karakteristik dan parameter tanah yang digunakan didapat dari data proyek hasil uji pada titik BH 11.2 seperti pada tabel berikut.

Tabel 5.1 Parameter Data Tanah

<i>Material</i>	<i>Depth (m)</i>	<i>Strength Type</i>	<i>Unit Wight (kN/m³)</i>	<i>Cohesion</i>	ϕ
Material 1	1	Mohr-Coulomb	18,44	12	15,2
Material 2	2	Mohr-Coulomb	18,44	12	15,2
Material 3	9	Mohr-Coulomb	23	0	35

(Sumber: Data Penyelidikan Tanah, 2019)

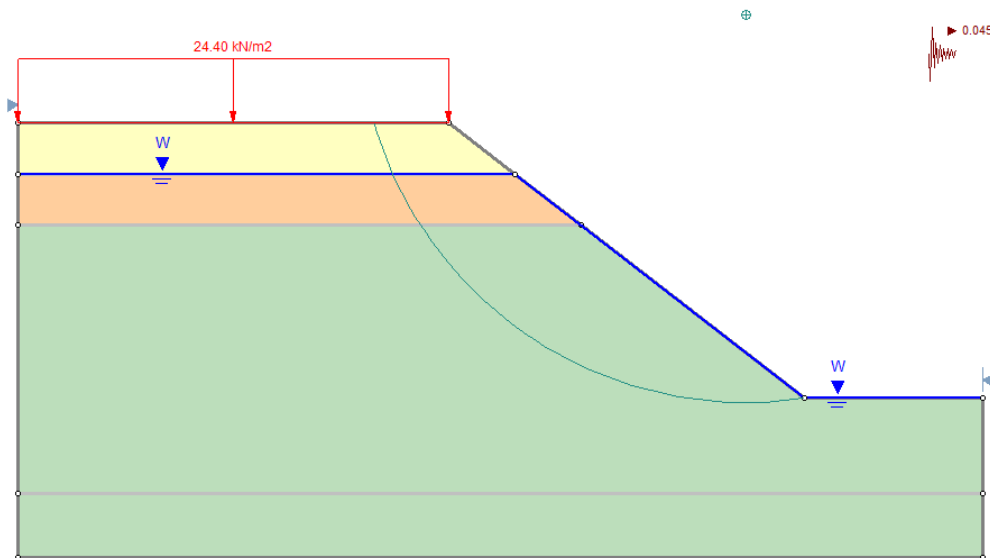
5.2 Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

Analisis stabilitas lereng yang dilakukan pada titik lereng T3 dan T4, masing-masing titik dianalisis menggunakan *software Rocscience Slide* dan perhitungan manual dengan metode fellenius. Pemodelan stabilitas lereng dilakukan dalam kondisi tanpa perkuatan.

5.2.1 Analisis Software Menggunakan *Rocscience Slide*

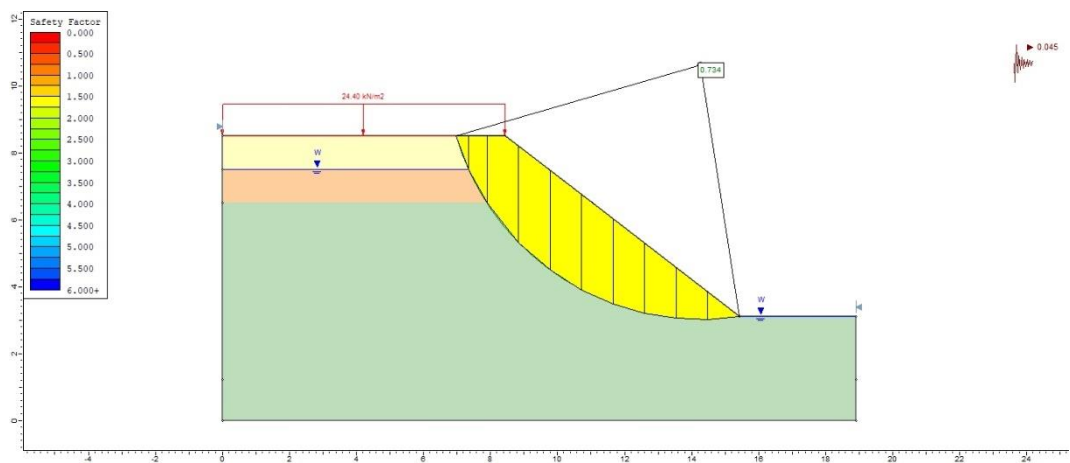
a. Lereng T3

Berikut adalah pemodelan kondisi lereng T3 tanpa perkuatan.



Gambar 5.1 Pemodelan Lereng T3 Tanpa Perkuatan
(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berikut adalah hasil analisis *software* berupa bidang longsor dan faktor keamanan.

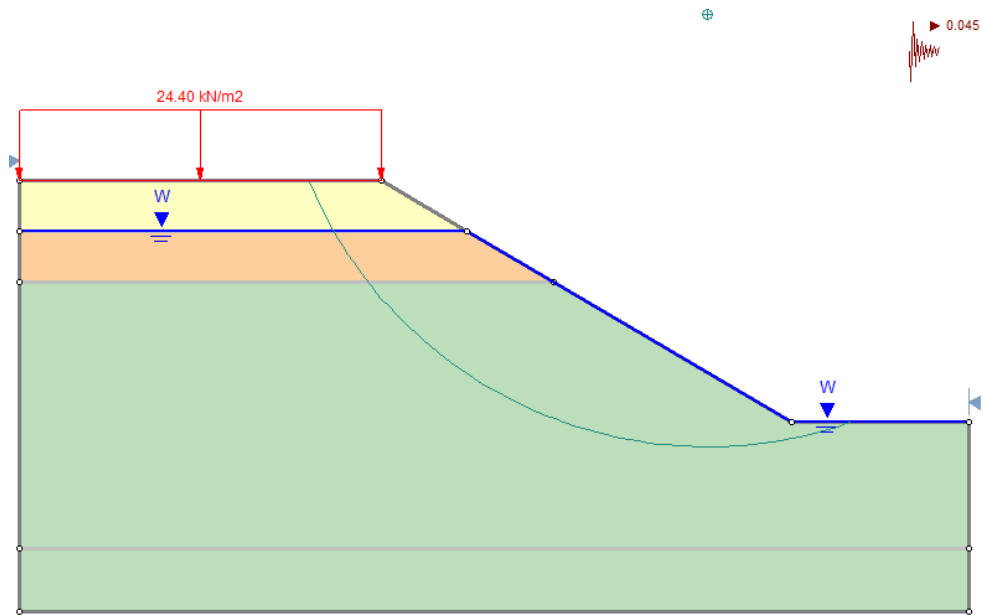


Gambar 5.2 Hasil Analisis Lereng T3 Tanpa Perkuatan
(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 0,734. Nilai faktor aman tersebut lebih kecil dari nilai faktor aman yang direncanakan yaitu sebesar 1,25. Artinya lereng dalam kondisi labil dan kemungkinan kelongsoran dapat terjadi. Oleh karena itu, lereng harus dilakukan perkuatan agar hasil nilai faktor aman dapat lebih besar dari nilai faktor aman rencana.

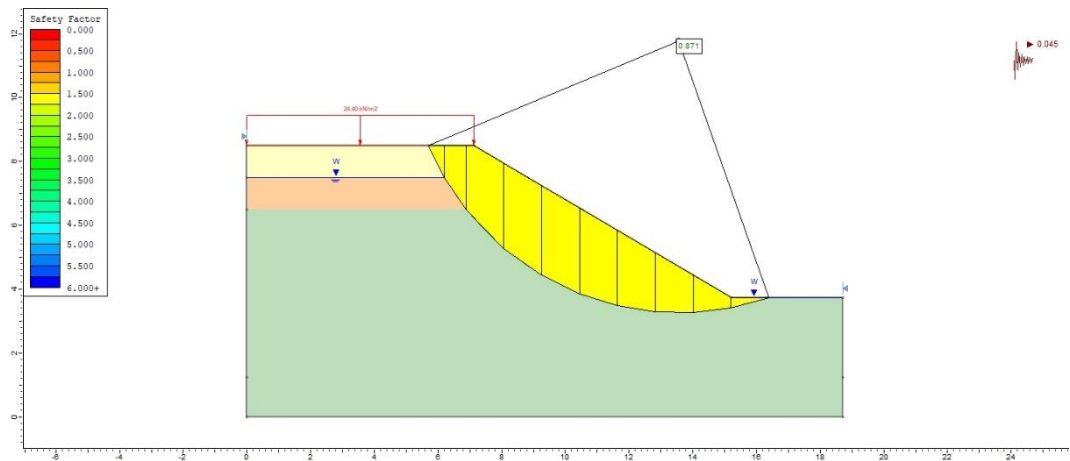
b. Lereng T4

Berikut adalah pemodelan kondisi lereng T4 tanpa perkuatan.



Gambar 5.3 Pemodelan Lereng T4 Tanpa Perkuatan
(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berikut adalah hasil analisis *software* berupa bidang longsor dan faktor keamanan.



Gambar 5. 4 Hasil Analisis Lereng T4 Tanpa Perkuatan
(Sumber: Data Penulis, 2022)

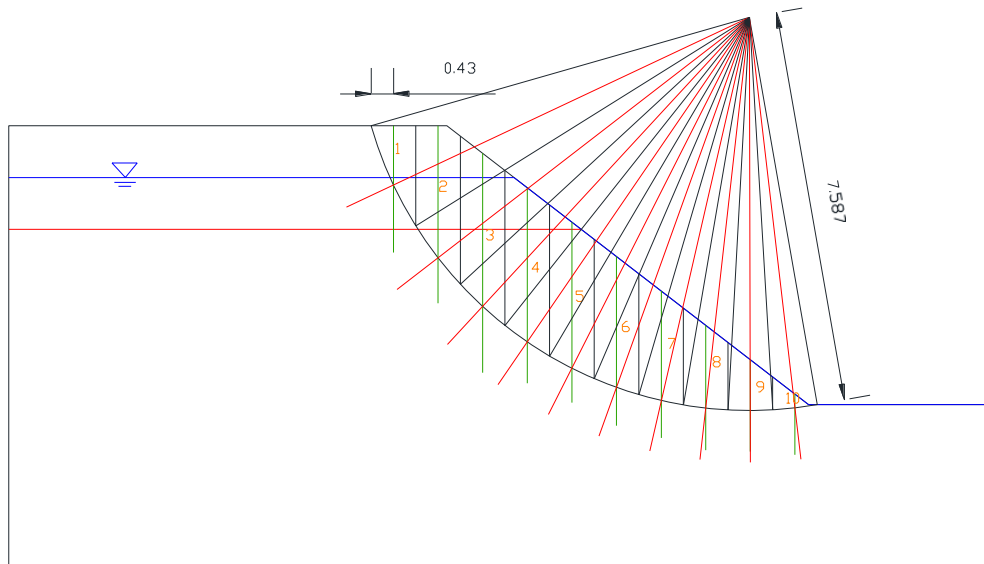
Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 0,871. Nilai faktor aman tersebut lebih kecil dari nilai faktor aman yang direncanakan yaitu sebesar 1,25. Artinya lereng dalam

kondisi labil dan kemungkinan kelongsoran dapat terjadi. Oleh karena itu, lereng harus dilakukan perkuatan agar hasil nilai faktor aman dapat lebih besar dari nilai faktor aman rencana.

5.2.2 Analisis Manual Menggunakan Metode Fellenius

a. Lereng T3

Untuk menghitung faktor keamanan lereng secara manual menggunakan metode fellenius, titik ataupun kordinat yang ditinjau berdasarkan hasil dari *software* Rocscience Slide. Kemudian data yang diperoleh ditinjau dan diukur menggunakan bantuan *software* Autocad untuk mendapatkan nilai sudut dan luasan yang tepat. Area kelongsoran dibagi secara vertikal menjadi 10 irisan.



Gambar 5.5 Tinjauan Lereng T3 Tanpa Perkuatan

(Sumber: Data Penulis, 2022)

Dari hasil peninjauan dan pengukuran, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan Microsoft Excel seperti tabel berikut.

Tabel 5.2 Perhitungan Tiap Irisan Lereng T3 Tanpa Perkuatan

irisan	W (kN/m)	θ	W.cos θ (kN)	W.sin θ (kN)	θ ai	ai (m)	Ha	U = ui.ai	W.cos θ - U (kN)
1	16,707	65	7,061	15,141	16	2,118	0,107	2,228	4,833
2	41,573	52	25,595	32,760	11	1,456	1,162	16,592	9,003
3	52,366	43	38,298	35,714	9	1,191	1,865	21,787	16,511

4	55,453	34	45,973	31,009	8	1,059	2,231	23,176	22,797
5	65,468	27	58,333	29,722	7	0,926	2,819	25,621	32,712
6	39,941	20	37,532	13,661	7	0,926	2,526	22,958	14,575
7	33,413	13	32,557	7,516	7	0,926	2,112	19,195	13,362
8	25,226	6	25,088	2,637	7	0,926	1,597	14,514	10,573
9	15,453	0	15,453	0,000	6	0,794	0,980	7,634	7,818
10	4,315	-7	4,283	-0,526	7	0,926	0,265	2,408	1,874
Σ	349,916			167,634	85				134,058

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Cara perhitungan (contoh irisan ke-5):

$$\begin{aligned}
 W_5 &= (\gamma_1 \times A_{5.1}) + ((\gamma_2 \times A_{5.2})) \\
 &= (18,44 \times 0,144) + (23 \times 2,731) \\
 &= 65,468 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ai_5 &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai_5}}{180} \\
 &= 3,14 \times 7,587 \times \frac{7}{180} \\
 &= 0,926 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_5 &= ui_5 \times ai_5 \\
 &= Ha_5 \times 9,81 \times ai_5 \\
 &= 2,819 \times 9,81 \times 0,926 \\
 &= 25,621 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{5.1} &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai_{5.1}}}{180} \\
 &= 3,14 \times 1,587 \times \frac{17}{180} \\
 &= 2,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{5.2} &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai_{5.2}}}{180} \\
 &= 3,14 \times 1,587 \times \frac{67}{180} \\
 &= 8,868 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_f &= \Sigma[c'b + (Wt \cos\theta - U) \tan\phi] \\
 &= [(12 \times 2,25) + (0 \times 8,868) + (134,058) \times (\tan 15,2 + \tan 35)] \\
 &= 157,295
 \end{aligned}$$

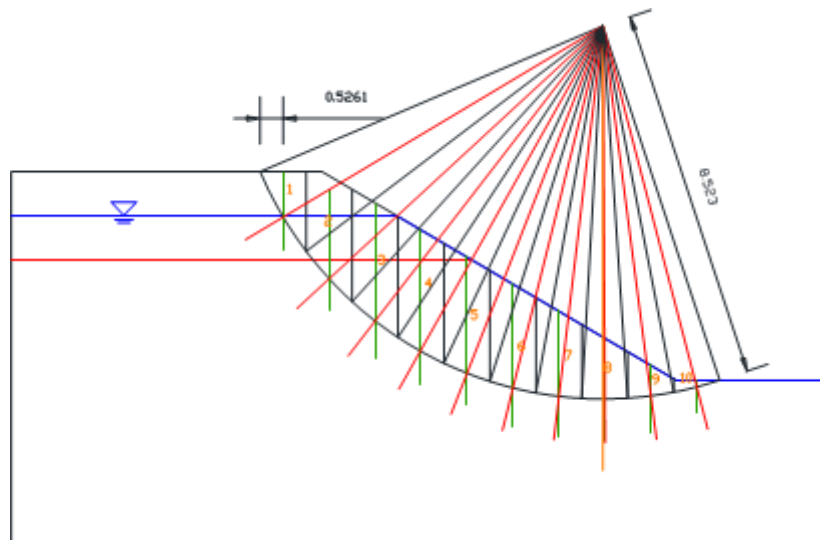
$$\begin{aligned}
 \tau_d &= \Sigma Wt \sin\theta + q \times A_1 + K_h \times W_{tot} \\
 &= 167,634 + 24,4 \times 0,906 + 0,045 \times 349,916
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 205,487 \\
 \text{SF} &= \frac{\text{resistance force } (\tau_f)}{\text{driving force } (\tau_d)} \\
 &= \frac{157,295}{205,487} \\
 &= 0,765
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan manual di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 0,765. Nilai faktor aman tersebut lebih kecil dari nilai faktor aman yang direncanakan yaitu sebesar 1,25. Artinya lereng dalam kondisi labil dan kemungkinan kelongsoran dapat terjadi. Oleh karena itu, lereng harus dilakukan perkuatan agar hasil nilai faktor aman dapat lebih besar dari nilai faktor aman rencana.

b. Lereng T4

Untuk menghitung faktor keamanan lereng secara manual menggunakan metode fellenius, titik ataupun kordinat yang ditinjau berdasarkan hasil dari *software* Rocscience Slide. Kemudian data yang diperoleh ditinjau dan diukur menggunakan bantuan *software* Autocad untuk mendapatkan nilai sudut dan luasan yang tepat. Area kelongsoran dibagi secara vertikal menjadi 10 irisan.



Gambar 5.6 Tinjauan Lereng T4 Tanpa Perkuatan

(Sumber: Data Penulis, 2022)

Dari hasil peninjauan dan pengukuran, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan Microsoft Excel seperti tabel berikut.

Tabel 5.3 Perhitungan Tiap Irisan Lereng T4 Tanpa Perkuatan

irisan	W (kN/m)	θ	W.cos θ (kN)	W.sin θ (kN)	θ ai	ai (m)	Ha	U = ui.ai	W.cos θ - U (kN)
1	18,864	59	9,716	16,170	14	2,082	0,037	0,756	8,960
2	46,566	47	31,758	34,056	11	1,635	1,446	23,200	8,558
3	58,764	38	46,307	36,179	9	1,338	2,411	31,649	14,658
4	63,729	29	55,739	30,896	8	1,189	2,779	32,426	23,312
5	63,567	21	59,345	22,780	8	1,189	2,659	31,026	28,319
6	45,916	14	44,552	11,108	7	1,041	2,376	24,258	20,293
7	37,673	7	37,392	4,591	7	1,041	1,950	19,909	17,483
8	26,849	0	26,849	0,000	7	1,041	1,391	14,202	12,647
9	13,461	-7	13,361	-1,641	7	1,041	0,703	7,177	6,183
10	2,858	-15	2,761	-0,740	7	1,041	0,155	1,583	1,178
	378,247			153,400	85				141,593

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Cara perhitungan (contoh irisan ke-5):

$$\begin{aligned} W_5 &= (\gamma_1 \times A_{5.1}) + ((\gamma_2 \times A_{5.2})) \\ &= (18,44 \times 0,112) + (23 \times 2,674) \\ &= 63,567 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{i5} &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai5}}{180} \\ &= 3,14 \times 8,523 \times \frac{8}{180} \\ &= 1,189 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_5 &= u_{i5} \times a_{i5} \\ &= H_{a5} \times 9,81 \times a_{i5} \\ &= 2,659 \times 9,81 \times 1,189 \\ &= 31,026 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{5.1} &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai5.1}}{180} \\ &= 3,14 \times 8,523 \times \frac{16}{180} \\ &= 2,379 \text{ m} \end{aligned}$$

$$b_{5.2} = \pi \times R \times \frac{\theta_{ai5.2}}{180}$$

$$\begin{aligned}
&= 3,14 \times 8,523 \times \frac{70}{180} \\
&= 10,408 \text{ m} \\
\tau_f &= \Sigma[c'b + (Wt \cos\theta - U) \tan\phi] \\
&= [(12 \times 2,379) + (0 \times 10,408) + (141,593) \times (\tan 15,2 + \tan 35)] \\
&= 166,233 \\
\tau_d &= \Sigma Wt \sin\theta + q \times A_1 + K_h \times W_{tot} \\
&= 153,4 + 24,4 \times 1,023 + 0,045 \times 378,247 \\
&= 195,383 \\
SF &= \frac{\text{resistance force } (\tau_f)}{\text{driving force } (\tau_d)} \\
&= \frac{166,233}{195,383} \\
&= 0,850
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan manual di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 0,850. Nilai faktor aman tersebut lebih kecil dari nilai faktor aman yang direncanakan yaitu sebesar 1,25. Artinya lereng dalam kondisi labil dan kemungkinan kelongsoran dapat terjadi. Oleh karena itu, lereng harus dilakukan perkuatan agar hasil nilai faktor aman dapat lebih besar dari nilai faktor aman rencana.

Tabel 5.4 Perbandingan Faktor Keamanan Lereng Tanpa Perkuatan

Titik Lereng	Metode	Galat	Faktor Keamanan	Keterangan
T3	<i>Rocscience Slide</i>	4,109%	0,734	Lereng labil
	Manual		0,765	Lereng labil
T4	<i>Rocscience Slide</i>	2,361%	0,871	Lereng labil
	Manual		0,850	Lereng labil

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

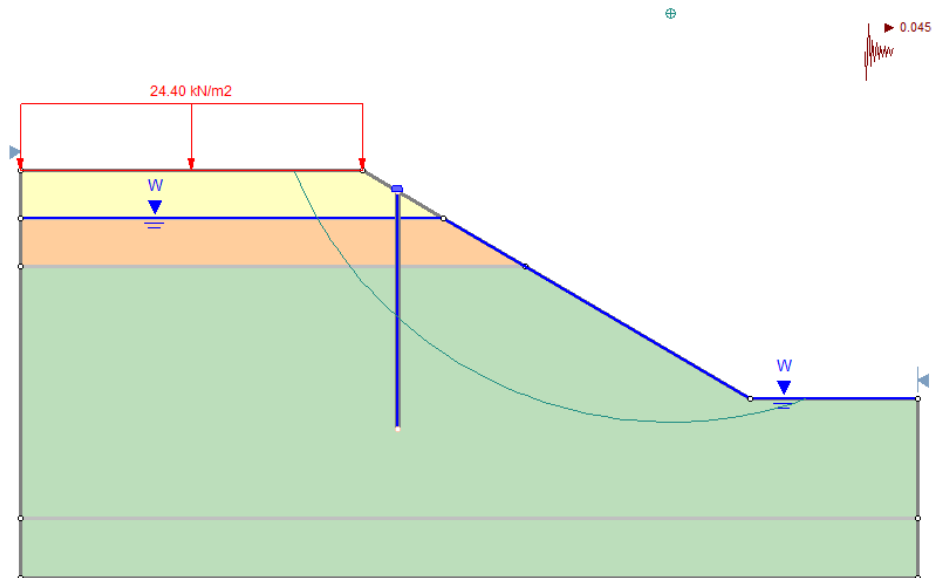
5.3 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan *Bored Pile*

Analisis stabilitas lereng yang dilakukan pada titik lereng T3 dan T4, masing-masing titik dianalisis menggunakan *software Rocscience Slide* dan perhitungan manual dengan metode fellenius. Pemodelan stabilitas lereng dilakukan dalam kondisi perkuatan *bored pile* dengan spesifikasi seperti pada subbab 4.4.

5.3.1 Analisis *Software* Menggunakan *Rocscience Slide*

a. Lereng T3

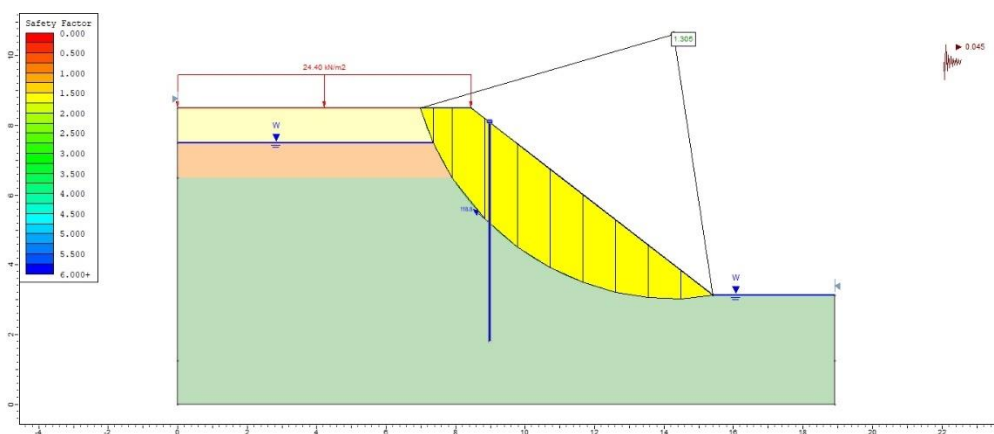
Berikut adalah pemodelan kondisi lereng T3 dengan perkuatan *bored pile*.



Gambar 5.7 Pemodelan Lereng T3 Dengan Perkuatan *Bored Pile*

(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berikut adalah hasil analisis *software* berupa bidang longsor dan faktor keamanan.



Gambar 5.8 Hasil Analisis Lereng T3 Dengan Perkuatan *Bored Pile*

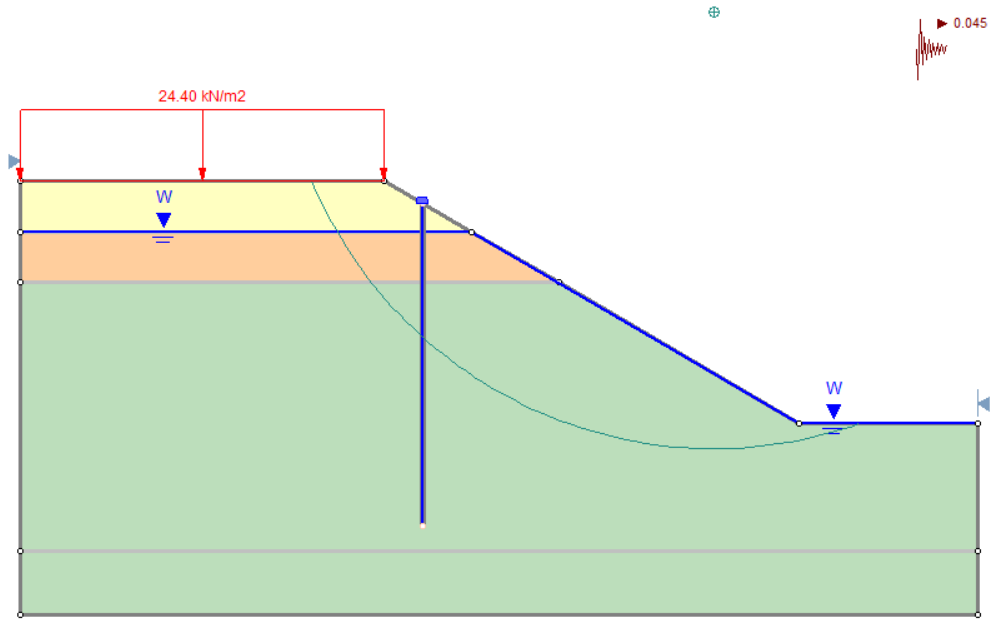
(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 1,305. Nilai faktor aman tersebut lebih besar dari

nilai faktor aman yang direncanakan yaitu sebesar 1,25. Artinya lereng dalam kondisi stabil dan kemungkinan kelongsoran jarang terjadi.

b. Lereng T4

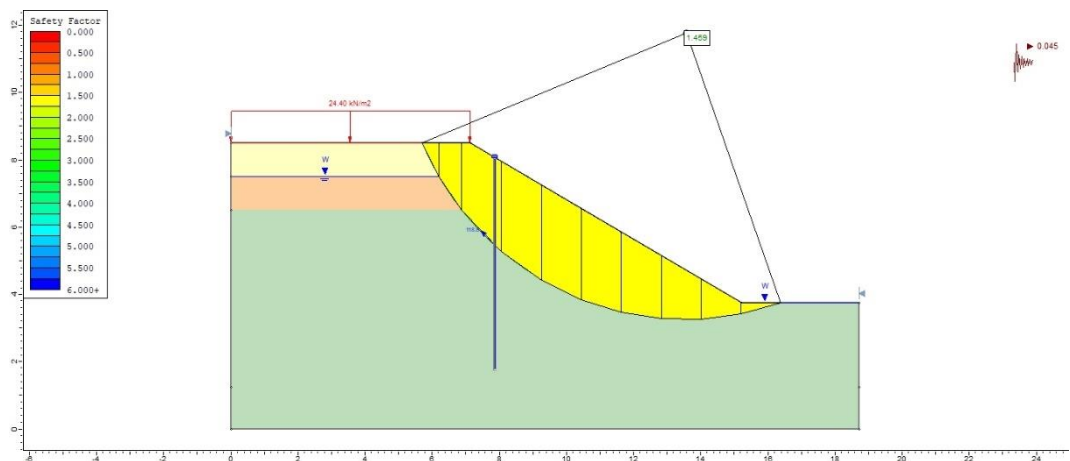
Berikut adalah pemodelan kondisi lereng T4 dengan perkuatan *bored pile*.



Gambar 5.9 Pemodelan Lereng T4 Dengan Perkuatan *Bored Pile*

(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berikut adalah hasil analisis *software* berupa bidang longsor dan faktor keamanan.



Gambar 5.10 Hasil Analisis Lereng T4 Dengan Perkuatan *Bored Pile*

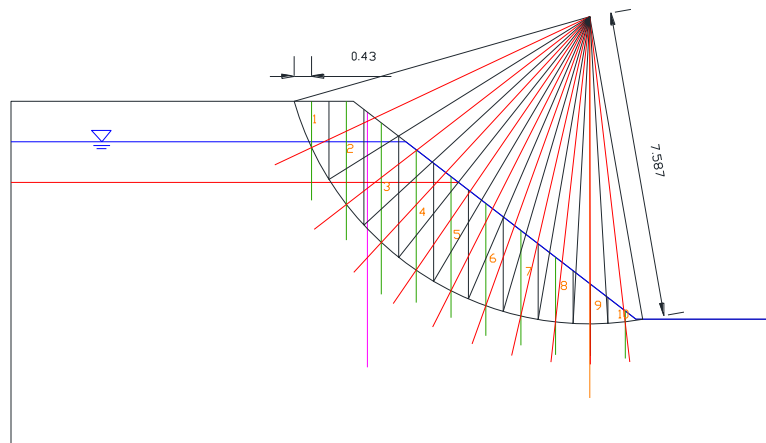
(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 1,459. Nilai faktor aman tersebut lebih besar dari nilai faktor aman yang direncanakan yaitu sebesar 1,25. Artinya lereng dalam kondisi stabil dan kemungkinan kelongsoran jarang terjadi.

5.3.2 Analisis Manual Menggunakan Metode Fellenius

a. Lereng T3

Untuk menghitung faktor keamanan lereng secara manual menggunakan metode fellenius, titik ataupun kordinat yang ditinjau berdasarkan hasil dari *software* Rocscience Slide. Kemudian data yang diperoleh ditinjau dan diukur menggunakan bantuan *software* Autocad untuk mendapatkan nilai sudut dan luasan yang tepat. Area kelongsoran dibagi secara vertikal menjadi 10 irisan.



Gambar 5.11 Tinjauan Lereng T3 Dengan Perkuatan *Bored Pile*

(Sumber: Data Penulis, 2022)

Dari hasil peninjauan dan pengukuran, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan Microsoft Excel seperti tabel berikut.

Tabel 5.5 Perhitungan Tiap Irisan Lereng T3 Dengan Perkuatan *Bored Pile*

irisan	W (kN/m)	θ	W.cos θ (kN)	W.sin θ (kN)	θ ai	ai (m)	Ha	U = ui.ai	W.cos θ - U (kN)
1	16,707	65	7,061	15,141	16	2,118	0,107	2,228	4,833
2	41,573	52	25,595	32,760	11	1,456	1,162	16,592	9,003
3	52,366	43	38,298	35,714	9	1,191	1,865	21,787	16,511
4	55,453	34	45,973	31,009	8	1,059	2,231	23,176	22,797
5	65,468	27	58,333	29,722	7	0,926	2,819	25,621	32,712

6	39,941	20	37,532	13,661	7	0,926	2,526	22,958	14,575
7	33,413	13	32,557	7,516	7	0,926	2,112	19,195	13,362
8	25,226	6	25,088	2,637	7	0,926	1,597	14,514	10,573
9	15,453	0	15,453	0,000	6	0,794	0,980	7,634	7,818
10	4,315	-7	4,283	-0,526	7	0,926	0,265	2,408	1,874
Σ	349,916			167,634	85				134,058

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Cara perhitungan (contoh irisan ke-5):

$$\begin{aligned}
 W_5 &= (\gamma_1 \times A_{5.1}) + ((\gamma_2 \times A_{5.2})) \\
 &= (18,44 \times 0,144) + (23 \times 2,731) \\
 &= 65,468 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_{i5} &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai5}}{180} \\
 &= 3,14 \times 7,587 \times \frac{7}{180} \\
 &= 0,926 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_5 &= u_{i5} \times a_{i5} \\
 &= H_{a5} \times 9,81 \times a_{i5} \\
 &= 2,819 \times 9,81 \times 0,926 \\
 &= 25,621 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{5.1} &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai5.1}}{180} \\
 &= 3,14 \times 1,587 \times \frac{17}{180} \\
 &= 2,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{5.2} &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai5.2}}{180} \\
 &= 3,14 \times 1,587 \times \frac{67}{180} \\
 &= 8,868 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_f &= \Sigma [c'b + (Wt \cos\theta - U) \tan\phi] \\
 &= [(12 \times 2,25) + (0 \times 8,868) + (134,058) \times (\tan 15,2 + \tan 35)] \\
 &= 157,295
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_d &= \Sigma Wt \sin\theta + q \times A_1 + K_h \times W_{tot} \\
 &= 167,634 + 24,4 \times 0,906 + 0,045 \times 349,916 \\
 &= 205,487
 \end{aligned}$$

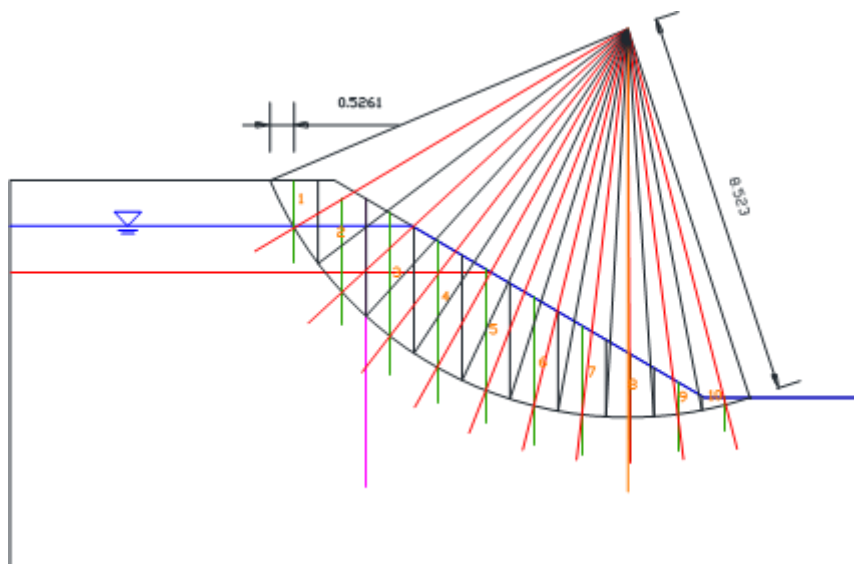
Support = gaya dari *pile* x jarak *pile* x SF tanpa perkuatan

$$\begin{aligned}
&= 118,8 \times 1 \times 0,829 \\
&= 99,198 \\
\text{SF} &= \frac{\text{resistance force } (\tau_f) + \text{support force}}{\text{driving force } (\tau_d)} \\
&= \frac{157,295 + 98,458}{205,487} \\
&= 1,245
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan manual di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 1,245. Nilai faktor aman tersebut berada pada rentang 1,07-1,25. Artinya lereng dalam kondisi kritis dan kemungkinan kelongsoran sesekali terjadi.

b. Lereng T4

Untuk menghitung faktor keamanan lereng secara manual menggunakan metode fellenius, titik ataupun kordinat yang ditinjau berdasarkan hasil dari *software* Rocscience Slide. Kemudian data yang diperoleh ditinjau dan diukur menggunakan bantuan *software* Autocad untuk mendapatkan nilai sudut dan luasan yang tepat. Area kelongsoran dibagi secara vertikal menjadi 10 irisan.



Gambar 5.12 Tinjauan Lereng T4 Dengan Perkuatan *Bored Pile*

(Sumber: Data Penulis, 2022)

Dari hasil peninjauan dan pengukuran, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan Microsoft Excel seperti tabel berikut.

Tabel 5.6 Perhitungan Tiap Irisan Lereng T4 Dengan Perkuatan *Bored Pile*

irisan	W (kN/m)	θ	W.cos θ (kN)	W.sin θ (kN)	θ ai	ai (m)	Ha	U = ui.ai	W.cos θ - U (kN)
1	18,864	59	9,716	16,170	14	2,082	0,037	0,756	8,960
2	46,566	47	31,758	34,056	11	1,635	1,446	23,200	8,558
3	58,764	38	46,307	36,179	9	1,338	2,411	31,649	14,658
4	63,729	29	55,739	30,896	8	1,189	2,779	32,426	23,312
5	63,567	21	59,345	22,780	8	1,189	2,659	31,026	28,319
6	45,916	14	44,552	11,108	7	1,041	2,376	24,258	20,293
7	37,673	7	37,392	4,591	7	1,041	1,950	19,909	17,483
8	26,849	0	26,849	0,000	7	1,041	1,391	14,202	12,647
9	13,461	-7	13,361	-1,641	7	1,041	0,703	7,177	6,183
10	2,858	-15	2,761	-0,740	7	1,041	0,155	1,583	1,178
	378,247			153,400	85				141,593

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Cara perhitungan (contoh irisan ke-5):

$$\begin{aligned} W_5 &= (\gamma_1 \times A_{5.1}) + ((\gamma_2 \times A_{5.2})) \\ &= (18,44 \times 0,112) + (23 \times 2,674) \\ &= 63,567 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ai_5 &= \pi \times R \times \frac{\theta ai_5}{180} \\ &= 3,14 \times 8,523 \times \frac{8}{180} \\ &= 1,189 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_5 &= ui_5 \times ai_5 \\ &= Ha_5 \times 9,81 \times ai_5 \\ &= 2,659 \times 9,81 \times 1,189 \\ &= 31,026 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{5.1} &= \pi \times R \times \frac{\theta ai_{5.1}}{180} \\ &= 3,14 \times 8,523 \times \frac{16}{180} \\ &= 2,379 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{5.2} &= \pi \times R \times \frac{\theta ai_{5.2}}{180} \\ &= 3,14 \times 8,523 \times \frac{70}{180} \\ &= 10,408 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\tau_f = \Sigma[c'b + (Wt \cos\theta - U) \tan\phi]$$

$$\begin{aligned}
&= [(12 \times 2,379) + (0 \times 10,408) + (141,593) \times (\tan 15,2 + \tan 35)] \\
&= 166,233 \\
\tau_d &= \Sigma W_t \sin\theta + q \times A_1 + K_h \times W_{tot} \\
&= 153,4 + 24,4 \times 1,023 + 0,045 \times 378,247 \\
&= 195,383 \\
\text{Support} &= \text{gaya dari pile} \times \text{jarak pile} \times \text{SF tanpa perkuatan} \\
&= 118,8 \times 1 \times 0,932 \\
&= 110,721 \\
\text{SF} &= \frac{\text{resistance force } (\tau_f) + \text{support force}}{\text{driving force } (\tau_d)} \\
&= \frac{166,233 + 110,721}{195,383} \\
&= 1,417
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan manual di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 1,417. Nilai faktor aman tersebut lebih besar dari nilai faktor aman yang direncanakan yaitu sebesar 1,25. Artinya lereng dalam kondisi stabil dan kemungkinan kelongsoran jarang terjadi.

Tabel 5.7 Perbandingan Faktor Keamanan Lereng Diperkuat *Bored Pile*

Titik Lereng	Metode	Galat	Faktor Keamanan	Keterangan
T3	<i>Rocscience Slide</i>	4,619%	1,305	Lereng stabil
	Manual		1,245	Lereng kritis
T4	<i>Rocscience Slide</i>	2,887%	1,459	Lereng stabil
	Manual		1,417	Lereng stabil

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

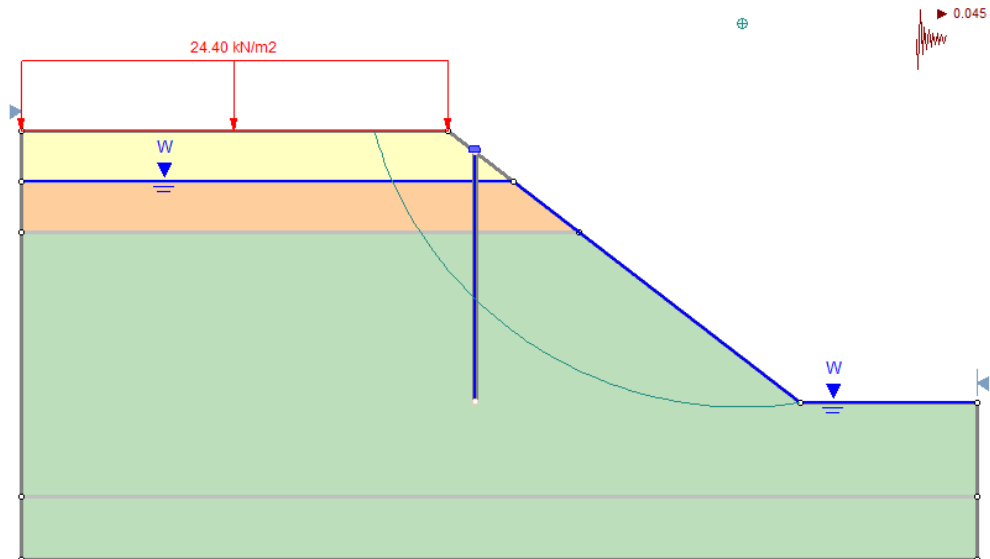
5.4 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan *Sheet Pile*

Analisis stabilitas lereng yang dilakukan pada titik lereng T3 dan T4, masing-masing titik dianalisis menggunakan *software Rocscience Slide* dan perhitungan manual dengan metode fellenius. Pemodelan stabilitas lereng dilakukan dalam kondisi perkuatan *sheet pile* dengan spesifikasi W-325 A 1000 yang memiliki momen *cracking* sebesar 11,4 Tm seperti pada subbab 4.4.

5.4.1 Analisis *Software* Menggunakan *Rocscience Slide*

a. Lereng T3

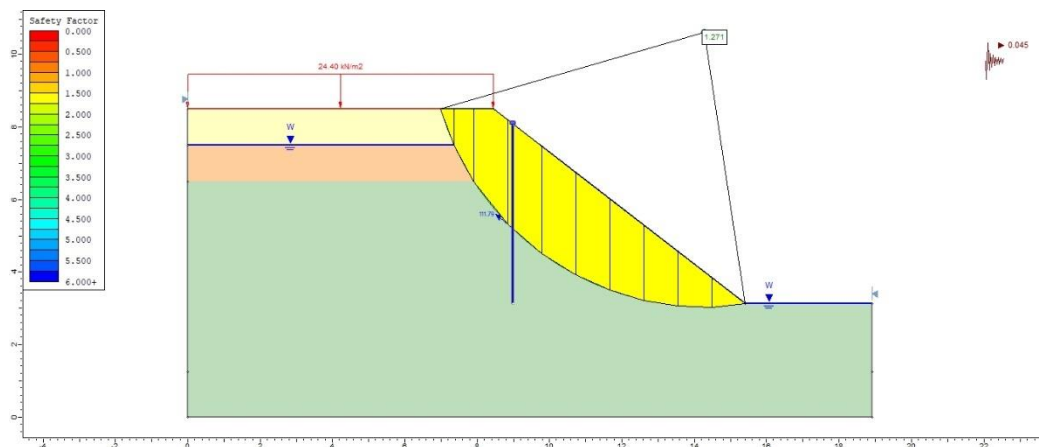
Berikut adalah pemodelan kondisi lereng T3 dengan perkuatan *sheet pile*.



Gambar 5.13 Pemodelan Lereng T3 Dengan Perkuatan *Sheet Pile*

(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berikut adalah hasil analisis *software* berupa bidang longsor dan faktor keamanan.



Gambar 5.14 Hasil Analisis Lereng T3 Dengan Perkuatan *Sheet Pile*

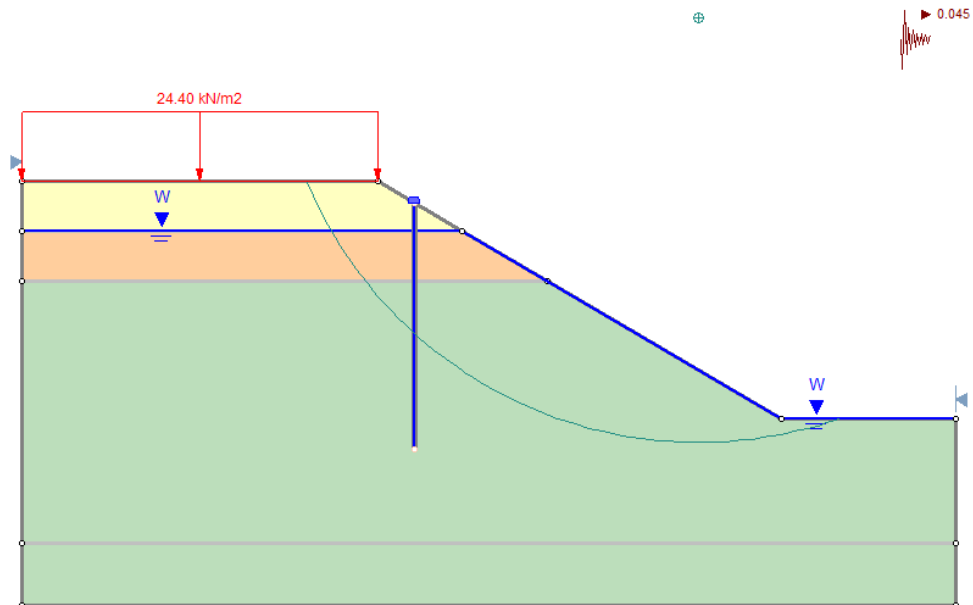
(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 1,271. Nilai faktor aman tersebut lebih besar dari

nilai faktor aman yang direncanakan yaitu sebesar 1,25. Artinya lereng dalam kondisi stabil dan kemungkinan kelongsoran jarang terjadi.

b. Lereng T4

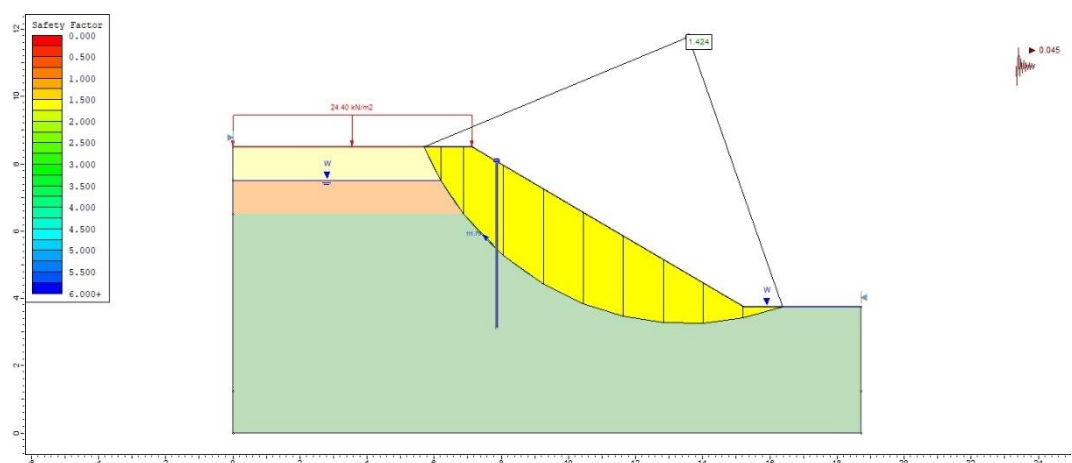
Berikut adalah pemodelan kondisi lereng T4 dengan perkuatan *sheet pile*.



Gambar 5.15 Pemodelan Lereng T4 Dengan Perkuatan *Sheet Pile*

(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berikut adalah hasil analisis *software* berupa bidang longsor dan faktor keamanan.



Gambar 5.16 Hasil Analisis Lereng T4 Dengan Perkuatan *Sheet Pile*

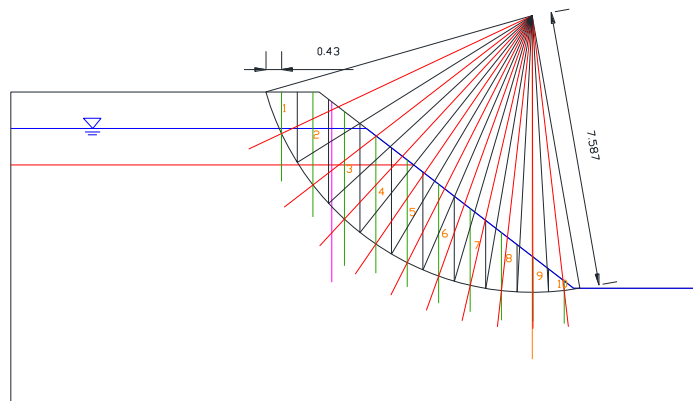
(Sumber: Data Penulis, 2022)

Berdasarkan hasil analisis menggunakan *software* di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 1,424. Nilai faktor aman tersebut lebih besar dari nilai faktor aman yang direncanakan yaitu sebesar 1,25. Artinya lereng dalam kondisi stabil dan kemungkinan kelongsoran jarang terjadi.

5.4.2 Analisis Manual Menggunakan Metode Fellenius

a. Lereng T3

Untuk menghitung faktor keamanan lereng secara manual menggunakan metode fellenius, titik ataupun kordinat yang ditinjau berdasarkan hasil dari *software* Rocscience Slide. Kemudian data yang diperoleh ditinjau dan diukur menggunakan bantuan *software* Autocad untuk mendapatkan nilai sudut dan luasan yang tepat. Area kelongsoran dibagi secara vertikal menjadi 10 irisan.



Gambar 5.17 Tinjauan Lereng T3 Dengan Perkuatan *Sheet Pile*

(Sumber: Data Penulis, 2022)

Dari hasil peninjauan dan pengukuran, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan Microsoft Excel seperti tabel berikut.

Tabel 5.8 Perhitungan Tiap Irisan Lereng T3 Dengan Perkuatan *Bored Pile*

irisan	W (kN/m)	θ	W.cos θ (kN)	W.sin θ (kN)	θ ai	ai (m)	Ha	U = ui.ai	W.cos θ - U (kN)
1	16,707	65	7,061	15,141	16	2,118	0,107	2,228	4,833
2	41,573	52	25,595	32,760	11	1,456	1,162	16,592	9,003
3	52,366	43	38,298	35,714	9	1,191	1,865	21,787	16,511
4	55,453	34	45,973	31,009	8	1,059	2,231	23,176	22,797
5	65,468	27	58,333	29,722	7	0,926	2,819	25,621	32,712
6	39,941	20	37,532	13,661	7	0,926	2,526	22,958	14,575

7	33,413	13	32,557	7,516	7	0,926	2,112	19,195	13,362
8	25,226	6	25,088	2,637	7	0,926	1,597	14,514	10,573
9	15,453	0	15,453	0,000	6	0,794	0,980	7,634	7,818
10	4,315	-7	4,283	-0,526	7	0,926	0,265	2,408	1,874
Σ	349,916			167,634	85				134,058

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Cara perhitungan (contoh irisan ke-5):

$$\begin{aligned}
 W_5 &= (\gamma_1 \times A_{5.1}) + (\gamma_2 \times A_{5.2}) \\
 &= (18,44 \times 0,144) + (23 \times 2,731) \\
 &= 65,468 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_{i5} &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai5}}{180} \\
 &= 3,14 \times 7,587 \times \frac{7}{180} \\
 &= 0,926 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_5 &= u_{i5} \times a_{i5} \\
 &= H_{a5} \times 9,81 \times a_{i5} \\
 &= 2,819 \times 9,81 \times 0,926 \\
 &= 25,621 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{5.1} &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai5.1}}{180} \\
 &= 3,14 \times 1,587 \times \frac{17}{180} \\
 &= 2,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{5.2} &= \pi \times R \times \frac{\theta_{ai5.2}}{180} \\
 &= 3,14 \times 1,587 \times \frac{67}{180} \\
 &= 8,868 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_f &= \Sigma [c'b + (Wt \cos\theta - U) \tan\phi] \\
 &= [(12 \times 2,25) + (0 \times 8,868) + (134,058) \times (\tan 15,2 + \tan 35)] \\
 &= 157,295
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_d &= \Sigma Wt \sin\theta + q \times A_1 + K_h \times W_{tot} \\
 &= 167,634 + 24,4 \times 0,906 + 0,045 \times 349,916 \\
 &= 205,487
 \end{aligned}$$

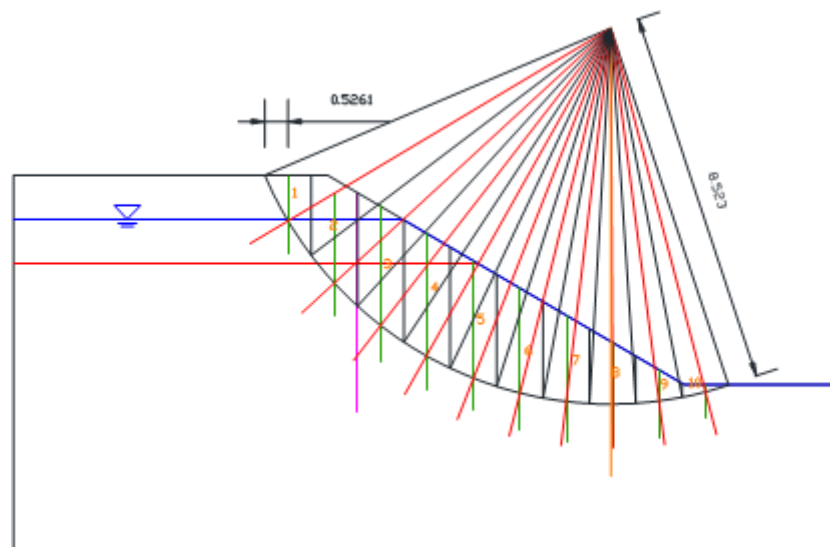
$$\begin{aligned}
 \text{Support} &= \text{gaya dari pile} \times \text{jarak pile} \times \text{SF tanpa perkuatan} \\
 &= 111,79 \times 1 \times 0,828
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 92,562 \\
 \text{SF} &= \frac{\text{resistance force } (\tau_f) + \text{support force}}{\text{driving force } (\tau_d)} \\
 &= \frac{157,295 + 92,561}{205,487} \\
 &= 1,216
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan manual di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 1,216. Nilai faktor aman tersebut berada pada rentang 1,07-1,25. Artinya lereng dalam kondisi kritis dan kemungkinan kelongsoran sesekali terjadi.

b. Lereng T4

Untuk menghitung faktor keamanan lereng secara manual menggunakan metode fellenius, titik ataupun kordinat yang ditinjau berdasarkan hasil dari *software* Rocscience Slide. Kemudian data yang diperoleh ditinjau dan diukur menggunakan bantuan *software* Autocad untuk mendapatkan nilai sudut dan luasan yang tepat. Area kelongsoran dibagi secara vertikal menjadi 10 irisan.



Gambar 5.18 Tinjauan Lereng T4 Dengan Perkuatan *Sheet Pile*

(Sumber: Data Penulis, 2022)

Dari hasil peninjauan dan pengukuran, kemudian dilakukan perhitungan menggunakan Microsoft Excel seperti tabel berikut.

Tabel 5.9 Perhitungan Tiap Irisan Lereng T4 Dengan Perkuatan *Sheet Pile*

irisan	W (kN/m)	θ	W.cos θ (kN)	W.sin θ (kN)	θ ai	ai (m)	Ha	U = ui.ai	W.cos θ - U (kN)
1	18,864	59	9,716	16,170	14	2,082	0,037	0,756	8,960
2	46,566	47	31,758	34,056	11	1,635	1,446	23,200	8,558
3	58,764	38	46,307	36,179	9	1,338	2,411	31,649	14,658
4	63,729	29	55,739	30,896	8	1,189	2,779	32,426	23,312
5	63,567	21	59,345	22,780	8	1,189	2,659	31,026	28,319
6	45,916	14	44,552	11,108	7	1,041	2,376	24,258	20,293
7	37,673	7	37,392	4,591	7	1,041	1,950	19,909	17,483
8	26,849	0	26,849	0,000	7	1,041	1,391	14,202	12,647
9	13,461	-7	13,361	-1,641	7	1,041	0,703	7,177	6,183
10	2,858	-15	2,761	-0,740	7	1,041	0,155	1,583	1,178
	378,247			153,400	85				141,593

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Cara perhitungan (contoh irisan ke-5):

$$\begin{aligned}
 W_5 &= (\gamma_1 \times A_{5.1}) + ((\gamma_2 \times A_{5.2})) \\
 &= (18,44 \times 0,112) + (23 \times 2,674) \\
 &= 63,567 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ai_5 &= \pi \times R \times \frac{\theta ai_5}{180} \\
 &= 3,14 \times 8,523 \times \frac{8}{180} \\
 &= 1,189 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_5 &= ui_5 \times ai_5 \\
 &= Ha_5 \times 9,81 \times ai_5 \\
 &= 2,659 \times 9,81 \times 1,189 \\
 &= 31,026 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{5.1} &= \pi \times R \times \frac{\theta ai_{5.1}}{180} \\
 &= 3,14 \times 8,523 \times \frac{16}{180} \\
 &= 2,379 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_{5.2} &= \pi \times R \times \frac{\theta ai_{5.2}}{180} \\
 &= 3,14 \times 8,523 \times \frac{70}{180} \\
 &= 10,408 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau_f &= \Sigma[c'b + (Wt \cos\theta - U) \tan\phi] \\
 &= [(12 \times 2,379) + (0 \times 10,408) + (141,592) \times (\tan 15,2 + \tan 35)]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 166,233 \\
\tau_d &= \Sigma Wt \sin\theta + q \times A_1 + K_h \times W_{tot} \\
&= 153,4 + 24,4 \times 1,023 + 0,045 \times 378,247 \\
&= 195,383 \\
\text{Support} &= \text{gaya dari pile} \times \text{jarak pile} \times \text{SF tanpa perkuatan} \\
&= 111,79 \times 1 \times 0,932 \\
&= 104,188 \\
\text{SF} &= \frac{\text{resistance force } (\tau_f) + \text{support force}}{\text{driving force } (\tau_d)} \\
&= \frac{166,233 + 104,188}{195,383} \\
&= 1,383
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan manual di atas, didapatkan nilai faktor aman lereng sebesar 1,383. Nilai faktor aman tersebut lebih besar dari nilai faktor aman yang direncanakan yaitu sebesar 1,25. Artinya lereng dalam kondisi stabil dan kemungkinan kelongsoran jarang terjadi.

Tabel 5.10 Perbandingan Faktor Keamanan Lereng Diperkuat *Sheet Pile*

Titik Lereng	Metode	Galat	Faktor Keamanan	Keterangan
T3	<i>Rocscience Slide</i>	4,293%	1,271	Lereng stabil
	Manual		1,216	Lereng kritis
T4	<i>Rocscience Slide</i>	2,847%	1,424	Lereng stabil
	Manual		1,383	Lereng stabil

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

5.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa nilai faktor keamanan lereng dengan perkuatan *bored pile* lebih besar dibandingkan dengan perkuatan *sheet pile*. Pada analisis lereng T3 dengan perkuatan *bored pile*, nilai faktor keamanan lereng dari perhitungan manual didapat sebesar 1,245 dan melalui *software* didapat sebesar 1,305 dengan selisih galat 4,619%. Sedangkan pada analisis lereng T3 dengan perkuatan *sheet pile*, nilai faktor keamanan lereng dari perhitungan manual didapat sebesar 1,216 dan melalui *software* didapat sebesar 1,271 dengan selisih galat

4,293%. Adapun pada analisis lereng T4 dengan perkuatan *bored pile*, nilai faktor keamanan lereng dari perhitungan manual didapat sebesar 1,417 dan melalui *software* didapat sebesar 1,459 dengan selisih galat 2,887%. Sedangkan pada analisis lereng T4 dengan perkuatan *sheet pile*, nilai faktor keamanan lereng dari perhitungan manual didapat sebesar 1,383 dan melalui *software* didapat sebesar 1,424 dengan selisih galat 2,847%.

Dengan demikian, berdasarkan nilai faktor keamanan yang diperoleh dari hasil penelitian ini, perkuatan *bored pile* dinilai lebih aman dibandingkan dengan perkuatan *sheet pile*. Sebagaimana kelebihan dan kekurangan dari masing-masing perkuatan yang telah dijelaskan pada bab 3, maka penggunaan *bored pile* sebagai perkuatan pada lereng eksisting dianggap sudah sesuai.