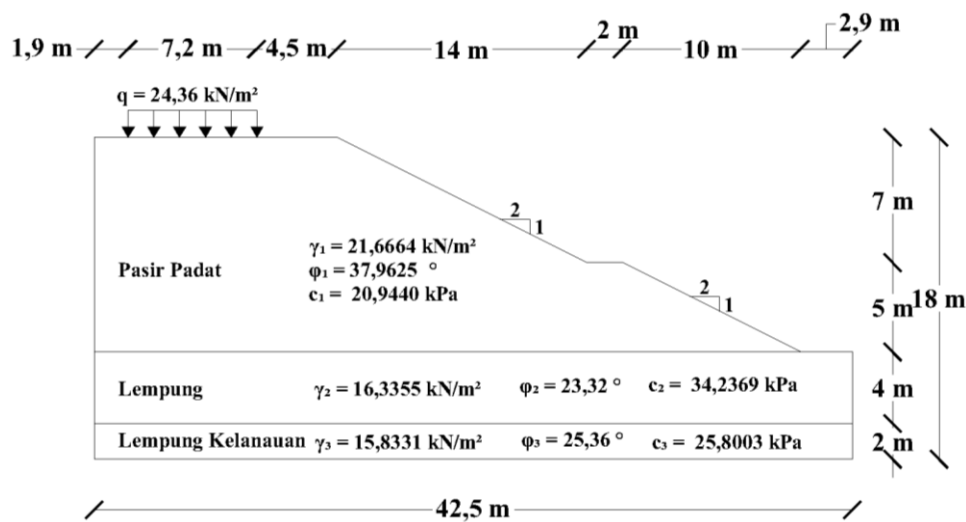


BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

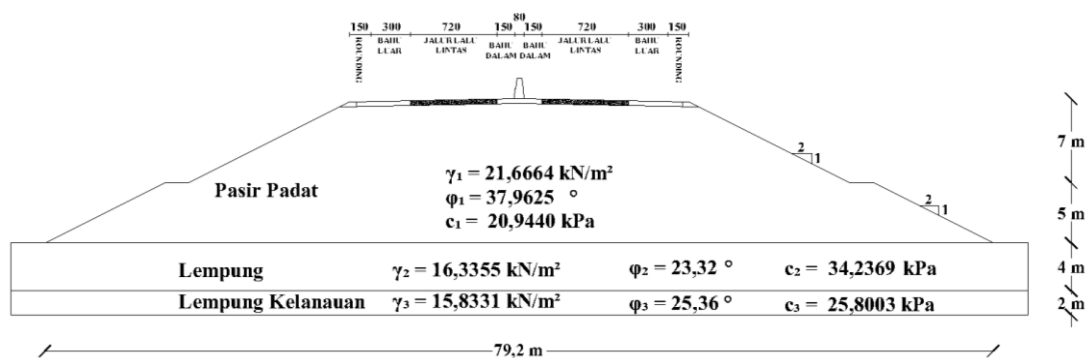
5.1 Dasar Pemodelan

Pemodelan timbunan yang akan dianalisis pada penelitian ini mencakup dimensi timbunan, parameter lapisan tanah timbunan dan tanah dasar, serta beban yang bekerja pada timbunan tersebut. Berikut ini Gambar 5.1 pemodelan timbunan.



Gambar 5.1 Pemodelan Timbunan 2 Trap

Gambar jalan secara keseluruhan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.2 sebagai berikut.



Gambar 5.2 Perencanaan Timbunan 2 Trap

5.1.1 Parameter Tanah

Data parameter tanah yang digunakan yaitu data terkait sifat fisik tanah dan sifat mekanik tanah pada tanah dasar dan timbunan. Data ini akan dijadikan data utama untuk perhitungan manual dan analisis numeris menggunakan *software Slope/W*. Data yang akan menjadi *input* ke dalam perhitungan dan analisis numeris dapat dilihat pada Tabel 4.1 di atas.

5.1.2 Beban Perkerasan dan Lalu Lintas

Beban perkerasan *rigid* dihasilkan dari perkalian tebal lapis perkerasan dengan berat jenis bahan perkerasan. Pada proyek Jalan Tol Semarang-Solo Ruas Salatiga-Kartasura ini tebal perkerasan *rigid* sebesar 39 cm dengan berat jenis bahan perkerasan *rigid* sebesar 24 kN/m^3 , sehingga dihasilkan beban perkerasan *rigid* sebesar $9,36 \text{ kN/m}^2$. Namun pada *input* data beban merata (*surchage loads*) program *Slope/W* cukup dimasukkan data berat jenis bahan perkerasan *rigid* saja, lalu digambarkan tebal dan lebarnya.

Beban lalu lintas yang digunakan untuk analisis stabilitas ini mengacu pada peraturan Panduan Geoteknik 4 (2002). Kelas jalan pada jalan tol ini adalah jalan primer arteri, sehingga besar beban lalu lintas sebesar 15 kN/m^2 . Nilai tersebut didapat dari Tabel 4.2.

Beban yang bekerja di atas timbunan adalah beban perkerasan *rigid* dan beban lalu lintas, sehingga nilai yang digunakan untuk perhitungan manual analisis stabilitas lereng yaitu penjumlahan antara beban-beban tersebut. Besar beban merata yang bekerja di atas timbunan sebesar $24,36 \text{ kN/m}^2$.

5.1.3 Beban Gempa

Gambar 5.2 di atas terdapat beban perkerasan dan beban lalu lintas, lalu untuk beban gempa yang ditambahkan dalam analisis ini sebesar 0,493 g sesuai daerah Semarang dapat dilihat pada Gambar 4.3 di atas. Beban gempa tersebut mencakup beban gempa horisontal (k_h) dan beban gempa vertikal (k_v).

5.1.4 Spesifikasi Geotekstil

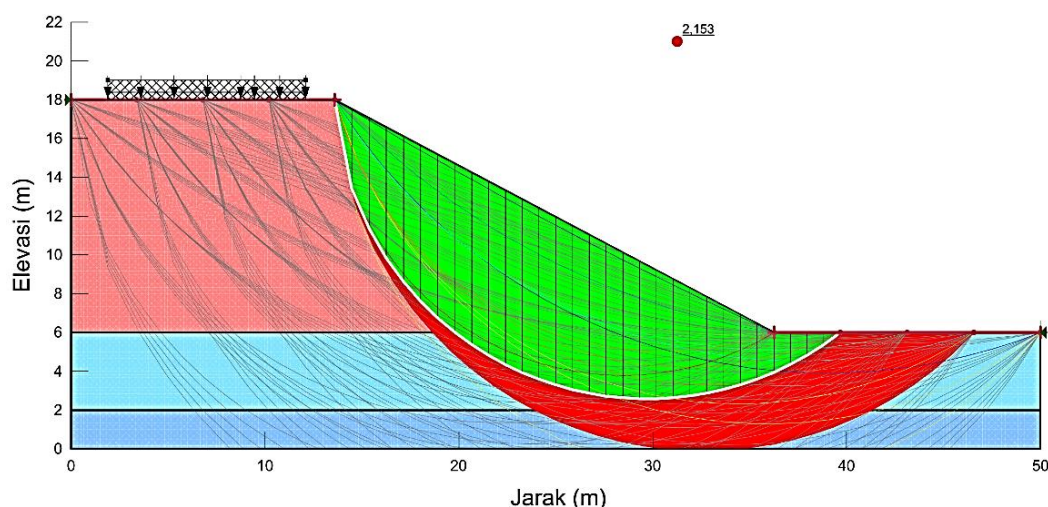
Data material geotekstil yang digunakan pada penelitian ini menggunakan hasil produksi PT. Teknindo Geosistem Unggul dapat dilihat pada Lampiran 4. Tipe geotekstil yang digunakan pada penelitian ini adalah geotekstil *woven* UW-250. Kuat tarik ijin geotekstil tipe ini yaitu sebesar 52 kN/m.

5.2 Analisis Stabilitas Timbunan Variasi Geometri Tanpa Beban Gempa

Stabilitas timbunan pada sub bab ini tidak memperhitungkan beban gempa, namun tetap memperhitungkan beban perkerasan dan beban lalu lintas yang bekerja di atasnya. Bidang longsor pada analisis ini dibagi menjadi 30 pias. Variasi geometri yang dilakukan adalah dengan menambahkan terasering pada lereng timbunan dengan tanpa trap hingga 6 trap dan variasi metode kesetimbangan batas *Fellenius*, *Janbu Simplified* dan *Morgenstern-Price*.

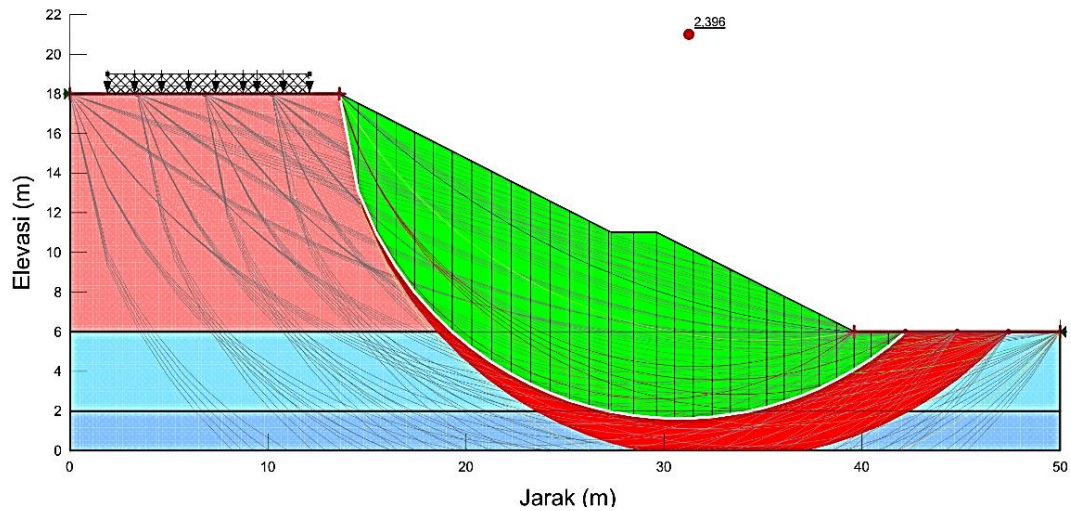
5.2.1 Analisis Stabilitas Timbunan Variasi Geometri Tanpa Beban Gempa dengan Metode *Fellenius*

Analisis stabilitas timbunan pada sub-sub bab ini menggunakan metode *Fellenius* dan memodelkan pada program *Slope/W* dengan variasi geometri penambahan trap pada lereng timbunan. Berikut ini Gambar 5.3 hasil faktor aman timbunan tanpa trap dan tanpa gempa metode *Fellenius*.



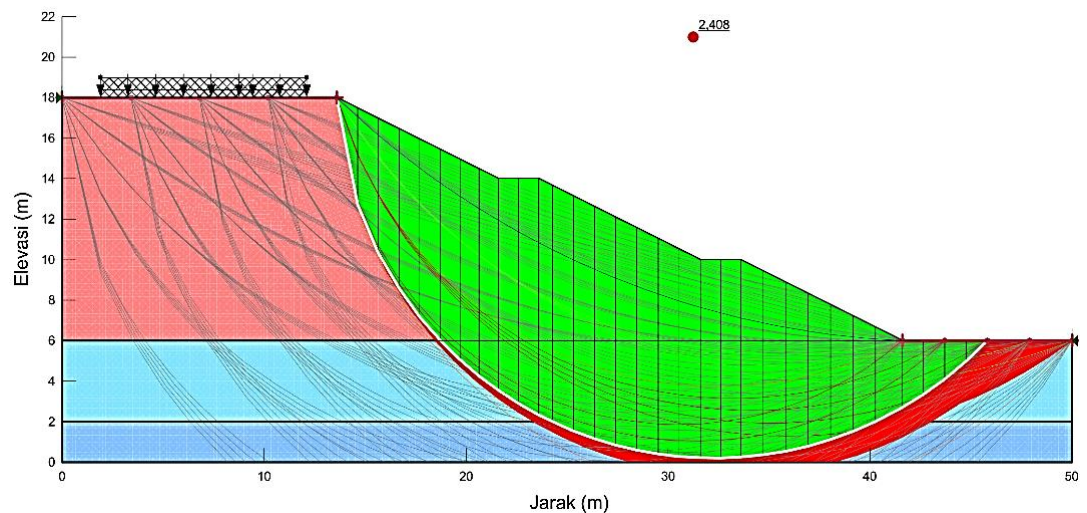
Gambar 5.3 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanpa Trap dengan Metode *Fellenius*

Berikut ini Gambar 5.4 hasil faktor aman timbunan 2 trap dan tanpa gempa metode *Fellenius*.



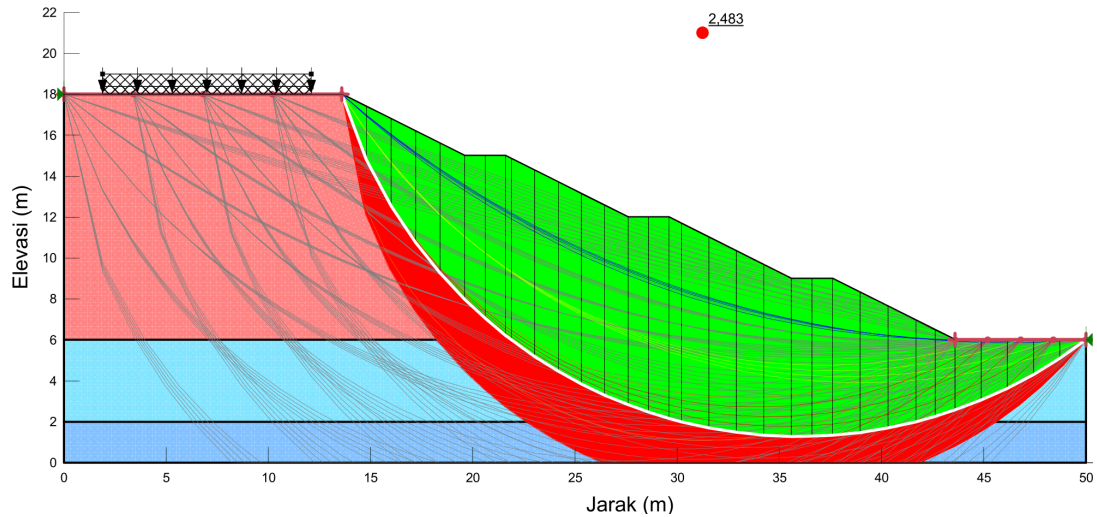
Gambar 5.4 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 2 Trap dengan Metode *Fellenius*

Berikut ini Gambar 5.5 hasil faktor aman timbunan 3 trap dan tanpa gempa metode *Fellenius*.



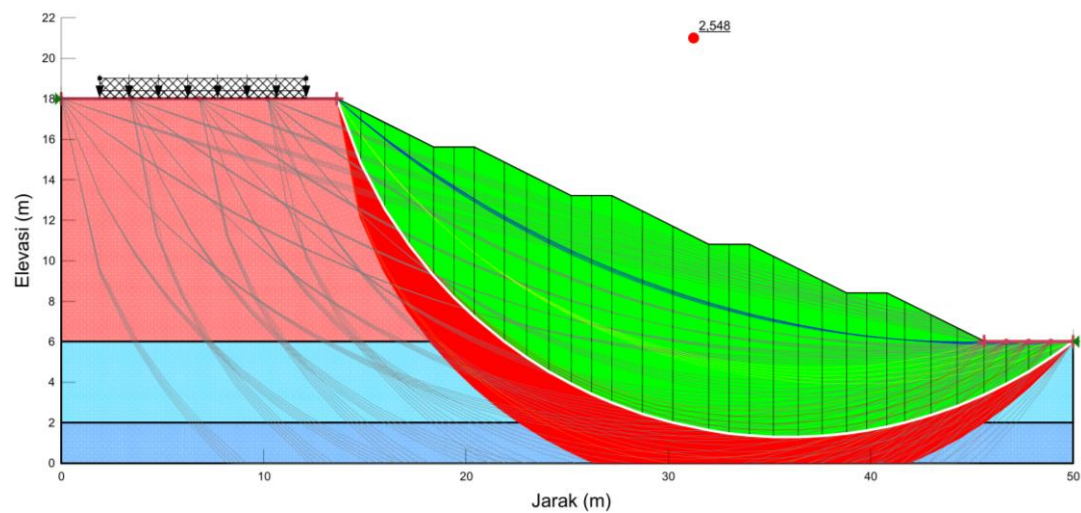
Gambar 5.5 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 3 Trap dengan Metode *Fellenius*

Berikut ini Gambar 5.6 hasil faktor aman timbunan 4 trap dan tanpa gempa metode *Fellenius*.



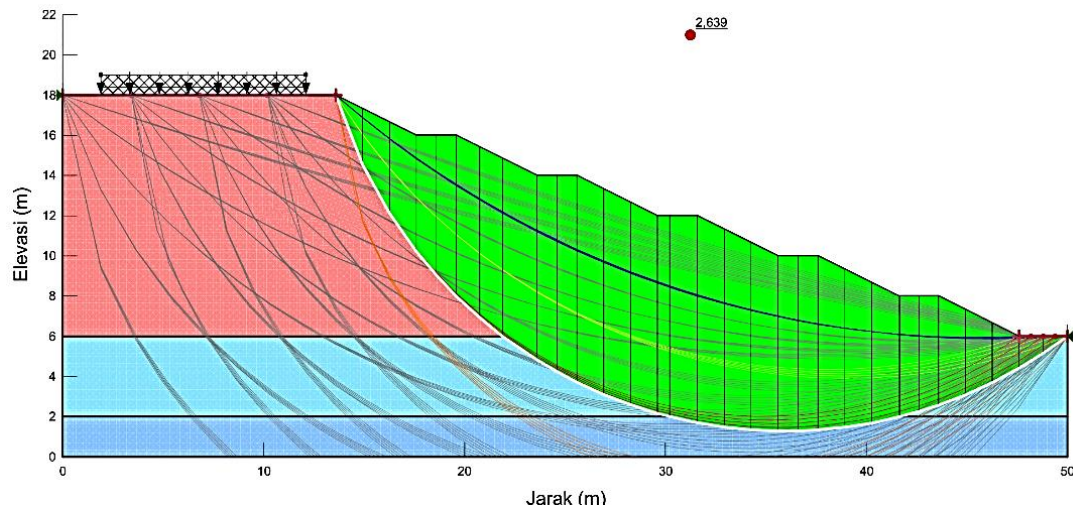
Gambar 5.6 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 4 Trap dengan Metode *Fellenius*

Berikut ini Gambar 5.7 hasil faktor aman timbunan 5 trap dan tanpa gempa metode *Fellenius*.



Gambar 5.7 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 5 Trap dengan Metode *Fellenius*

Berikut ini Gambar 5.8 hasil faktor aman timbunan 6 trap dan tanpa gempa metode *Fellenius*.



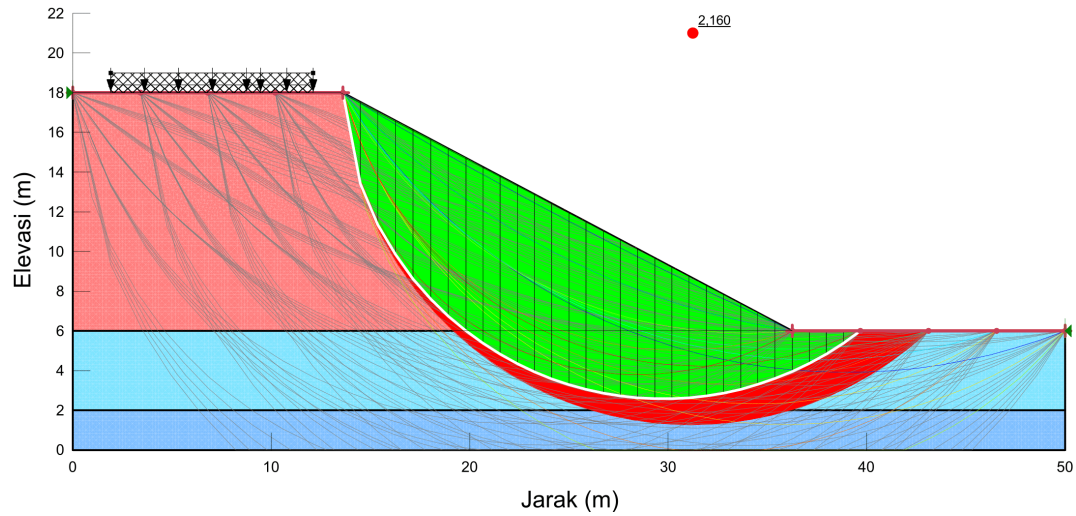
Gambar 5.8 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 6 Trap dengan Metode *Fellenius*

Dari hasil analisis *software Slope/W* dengan menggunakan metode *Fellenius* tanpa beban gempa didapatkan nilai faktor aman sebagai berikut ini.

1. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa trap sebesar 2,153.
2. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 2 trap sebesar 2,396.
3. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 3 trap sebesar 2,408.
4. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 4 trap sebesar 2,483.
5. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 5 trap sebesar 2,548.
6. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 6 trap sebesar 2,639.

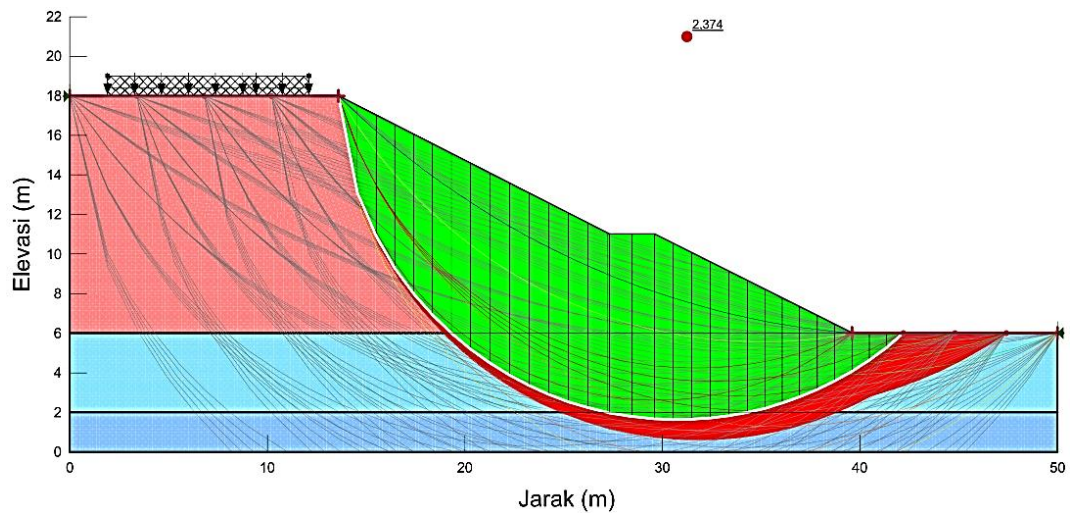
5.2.2 Analisis Stabilitas Timbunan Variasi Geometri Tanpa Beban Gempa dengan Metode *Janbu Simplified*

Analisis stabilitas timbunan pada sub-sub bab ini menggunakan metode *Janbu Simplified* dan memodelkan pada program *Slope/W* dengan variasi geometri penambahan trap pada lereng timbunan. Berikut ini Gambar 5.9 hasil faktor aman timbunan tanpa trap dan tanpa gempa metode *Janbu Simplified*.



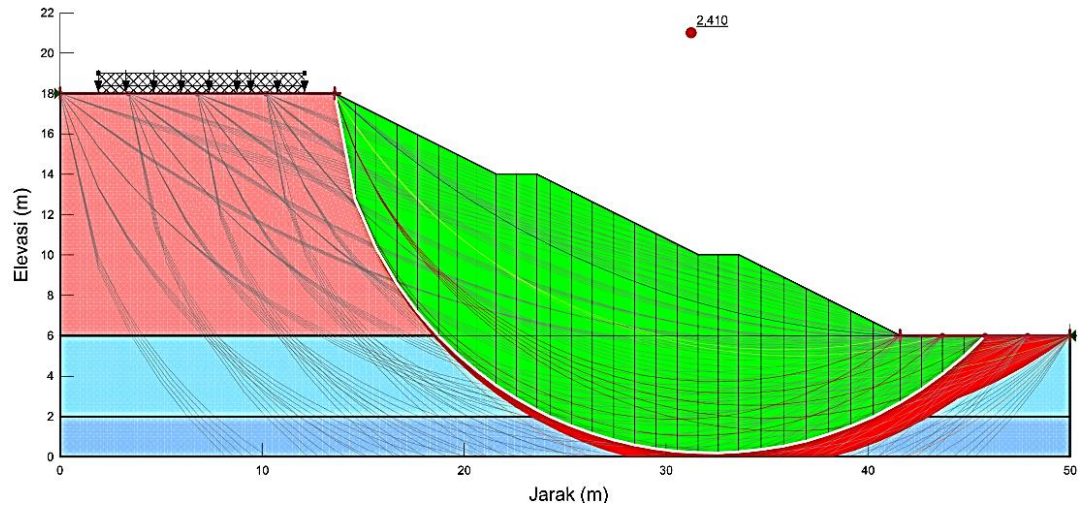
Gambar 5.9 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanpa Trap dengan Metode *Janbu Simplified*

Berikut ini Gambar 5.10 hasil faktor aman timbunan 2 trap dan tanpa gempa metode *Janbu Simplified*.



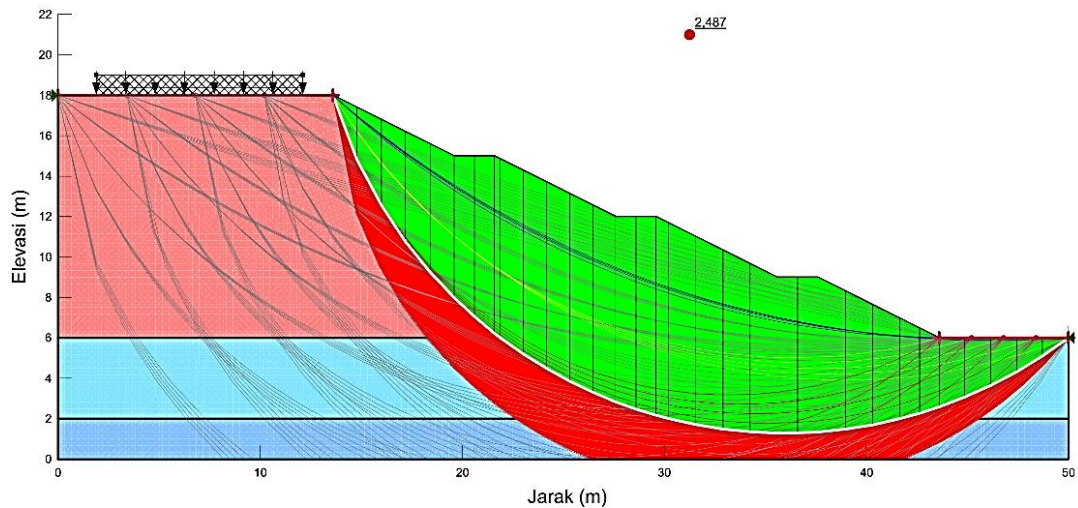
Gambar 5.10 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 2 Trap dengan Metode *Janbu Simplified*

Berikut ini Gambar 5.11 hasil faktor aman timbunan 3 trap dan tanpa gempa metode *Janbu Simplified*.



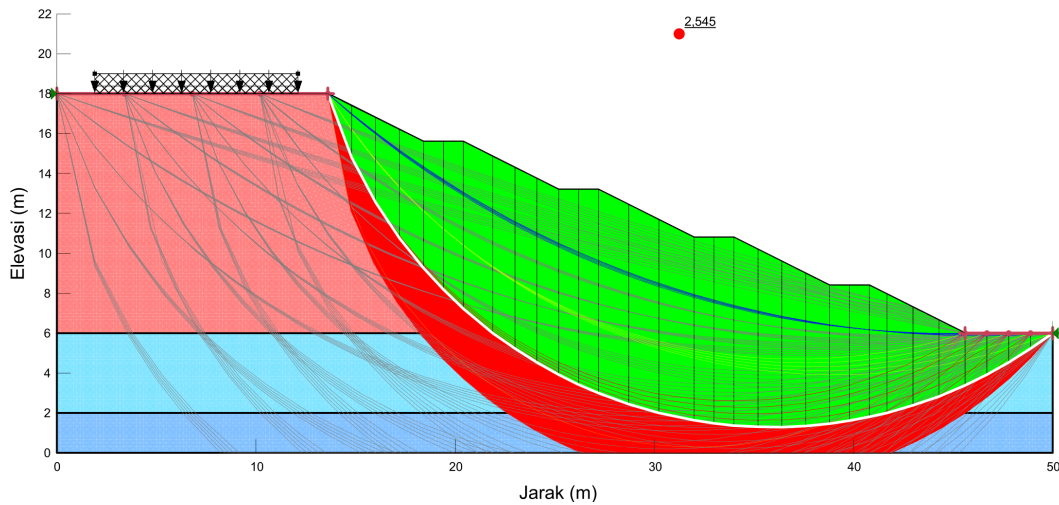
Gambar 5.11 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 3 Trap dengan Metode *Janbu Simplified*

Berikut ini Gambar 5.12 hasil faktor aman timbunan 4 trap dan tanpa gempa metode *Janbu Simplified*.



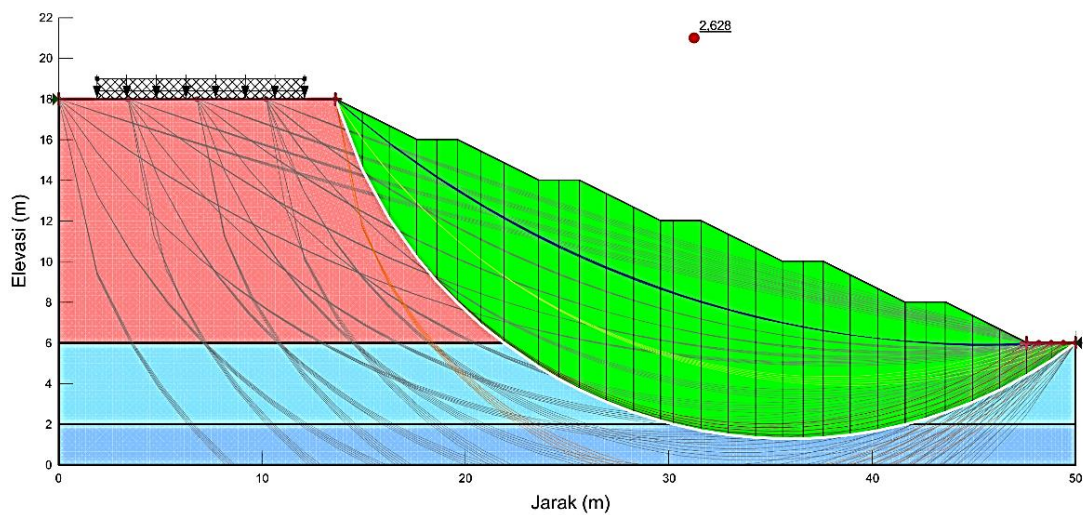
Gambar 5.12 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 4 Trap dengan Metode *Janbu Simplified*

Berikut ini Gambar 5.13 hasil faktor aman timbunan 5 trap dan tanpa gempa metode *Janbu Simplified*.



Gambar 5.13 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 5 Trap dengan Metode *Janbu Simplified*

Berikut ini Gambar 5.14 hasil faktor aman timbunan 6 trap dan tanpa gempa metode *Janbu Simplified*.



Gambar 5.14 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 6 Trap dengan Metode *Janbu Simplified*

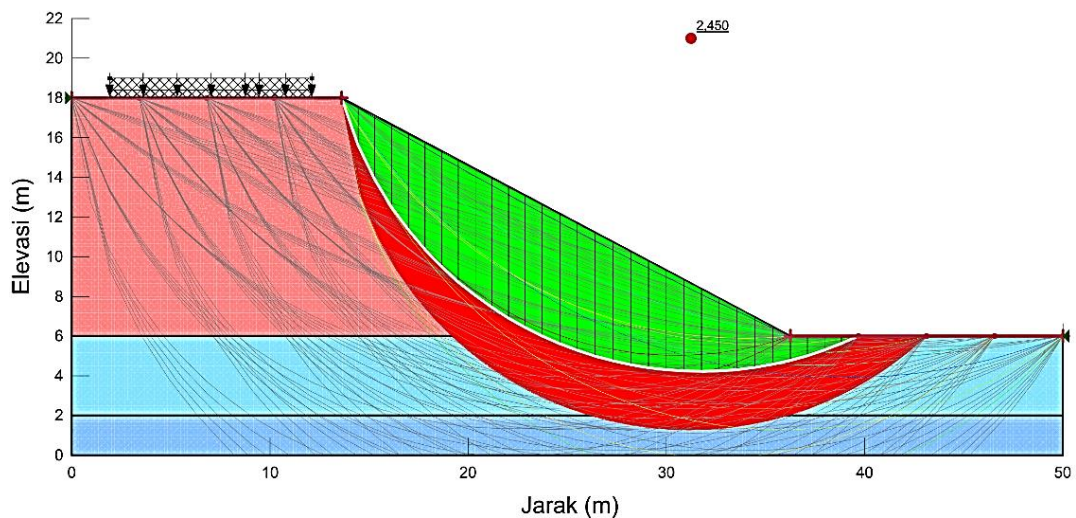
Dari hasil analisis *software Slope/W* dengan menggunakan metode *Janbu Simplified* tanpa beban gempa didapatkan nilai faktor aman sebagai berikut ini.

1. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa trap sebesar 2,16.

2. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 2 trap sebesar 2,374.
3. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 3 trap sebesar 2,41.
4. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 4 trap sebesar 2,487.
5. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 5 trap sebesar 2,545.
6. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 6 trap sebesar 2,628.

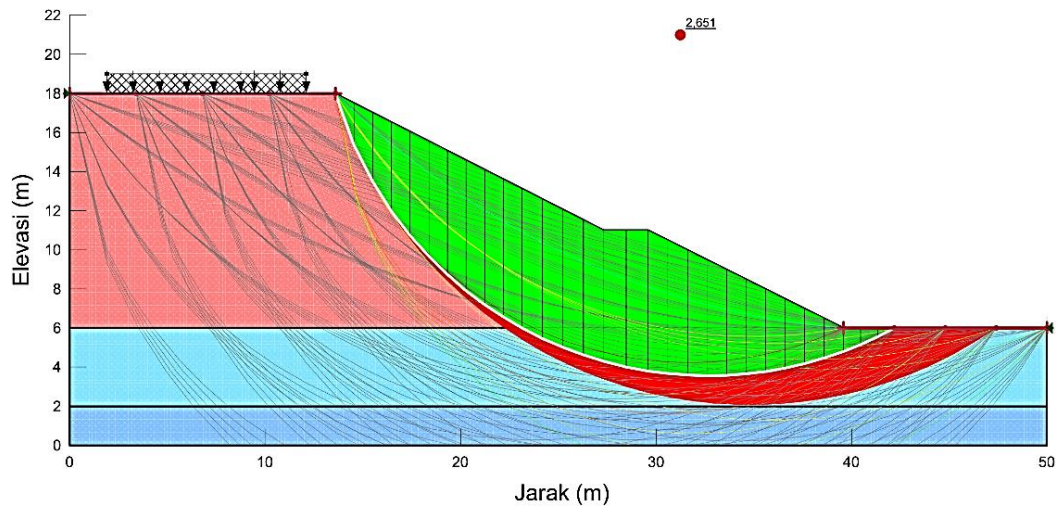
5.2.3 Analisis Stabilitas Timbunan Variasi Geometri Tanpa Beban Gempa dengan Metode *Morgenstern-Price*

Analisis stabilitas timbunan pada sub-sub bab ini menggunakan metode *Morgenstern-Price* dan memodelkan pada program *Slope/W* dengan variasi geometri penambahan trap pada lereng timbunan. Berikut ini Gambar 5.15 hasil faktor aman timbunan tanpa trap dan tanpa gempa metode *Morgenstern-Price*.



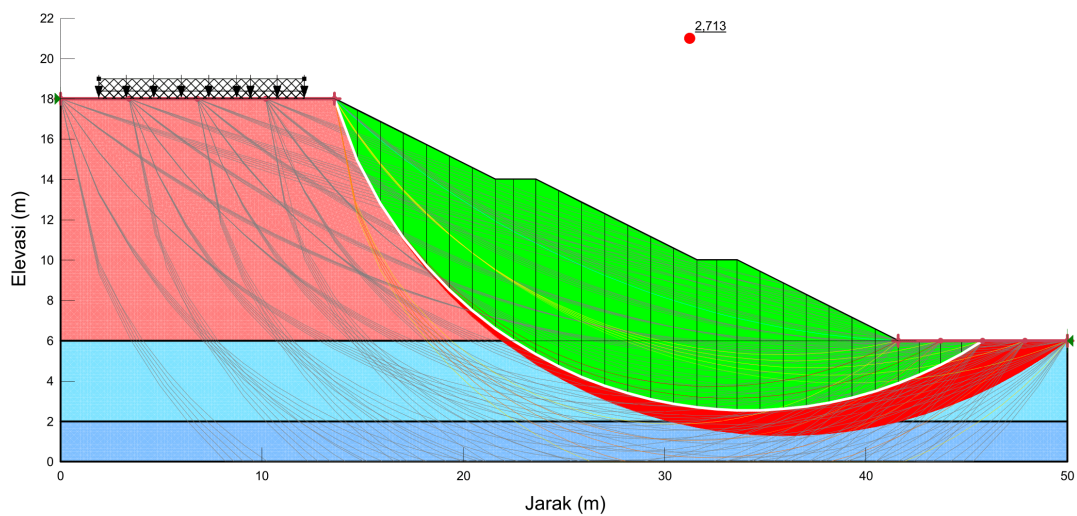
Gambar 5.15 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanpa Trap dengan Metode *Morgenstern-Price*

Berikut ini Gambar 5.16 hasil faktor aman timbunan 2 trap dan tanpa gempa metode *Morgenstern-Price*.



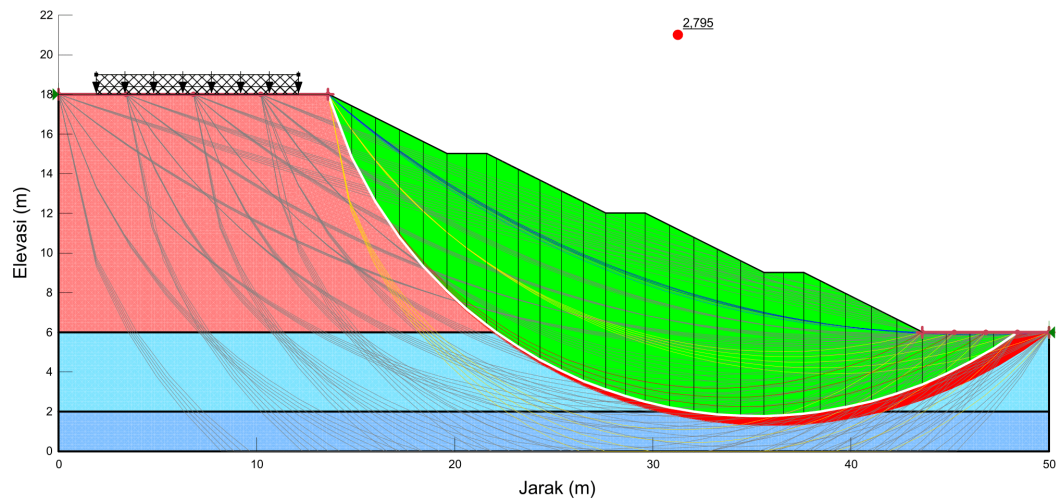
Gambar 5.16 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 2 Trap dengan Metode *Morgenstern-Price*

Berikut ini Gambar 5.17 hasil faktor aman timbunan 3 trap dan tanpa gempa metode *Morgenstern-Price*.



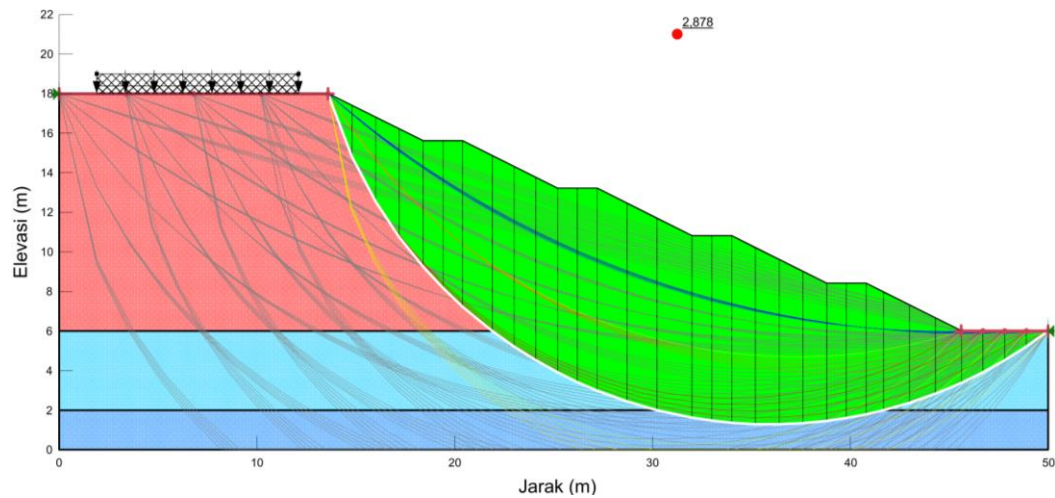
Gambar 5.17 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 3 Trap dengan Metode *Morgenstern-Price*

Berikut ini Gambar 5.18 hasil faktor aman timbunan 4 trap dan tanpa gempa metode *Morgenstern-Price*.



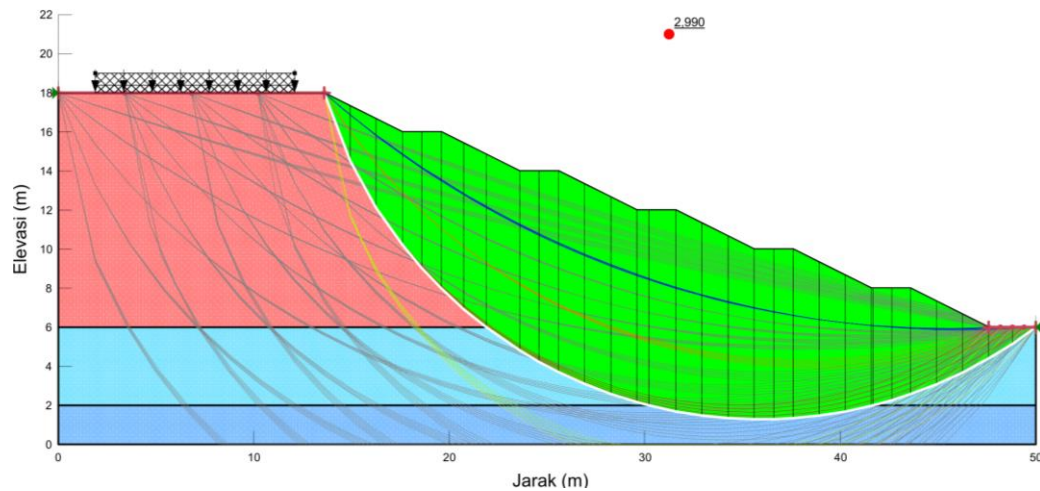
Gambar 5.18 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 4 Trap dengan Metode *Morgenstern-Price*

Berikut ini Gambar 5.19 hasil faktor aman timbunan 5 trap dan tanpa gempa metode *Morgenstern-Price*.



Gambar 5.19 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 5 Trap dengan Metode *Morgenstern-Price*

Berikut ini Gambar 5.20 hasil faktor aman timbunan 6 trap dan tanpa gempa metode *Morgenstern-Price*.



Gambar 5.20 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 6 Trap dengan Metode *Morgenstern-Price*

Dari hasil analisis *software Slope/W* dengan menggunakan metode *Morgenstern-Price* tanpa beban gempa didapatkan nilai faktor aman sebagai berikut ini.

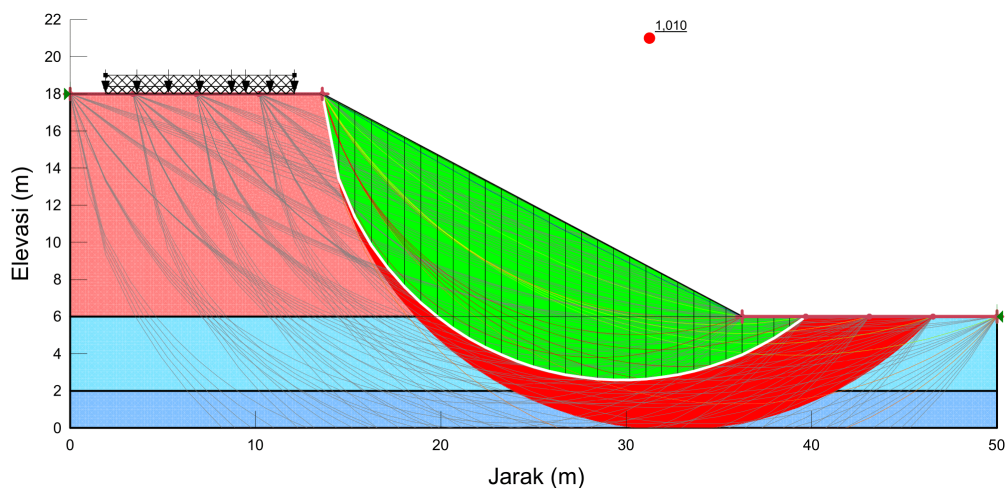
1. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa trap sebesar 2,45.
2. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 2 trap sebesar 2,651.
3. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 3 trap sebesar 2,713.
4. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 4 trap sebesar 2,795.
5. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 5 trap sebesar 2,878.
6. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 6 trap sebesar 2,99.

5.3 Analisis Stabilitas Timbunan Variasi Geometri dengan Beban Gempa

Stabilitas timbunan pada sub bab ini menambahkan beban gempa dengan koefisien gempa vertikal dan gempa horisontal sesuai dengan percepatan gempa daerah Semarang sebesar 0,493 g. Bidang longsor pada analisis ini dibagi menjadi 30 pias. Variasi geometri yang dilakukan adalah dengan menambahkan terasering pada lereng timbunan dengan tanpa trap hingga 6 trap dan variasi metode kesetimbangan batas *Fellenius*, *Janbu Simplified* dan *Morgenstern-Price*.

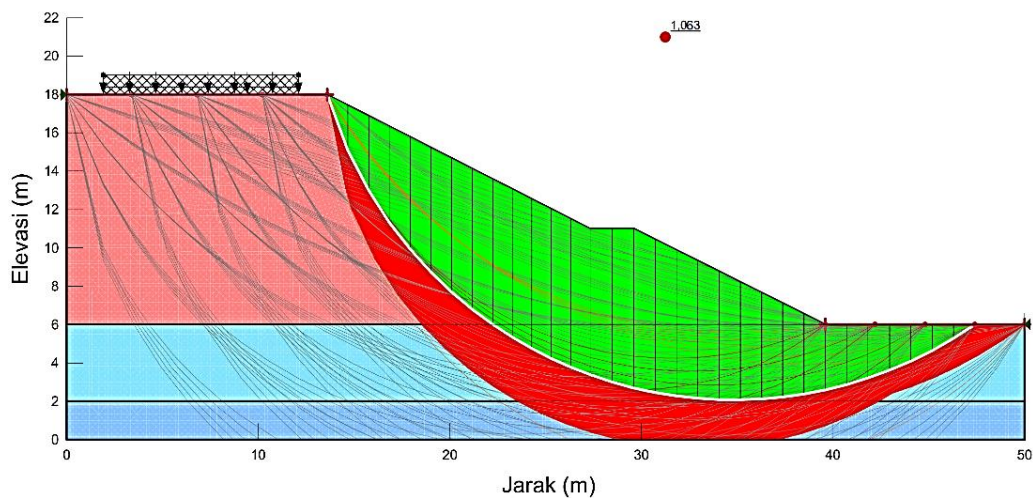
5.3.1 Analisis Stabilitas Timbunan Variasi Geometri dengan Beban Gempa Menggunakan Metode *Fellenius*

Analisis stabilitas timbunan pada sub-sub bab ini menggunakan metode *Fellenius* dan memodelkan pada program *Slope/W* dengan variasi geometri penambahan trap pada lereng timbunan dan ditambah beban gempa. Berikut ini Gambar 5.21 hasil faktor aman timbunan tanpa trap dan dengan gempa metode *Fellenius*.



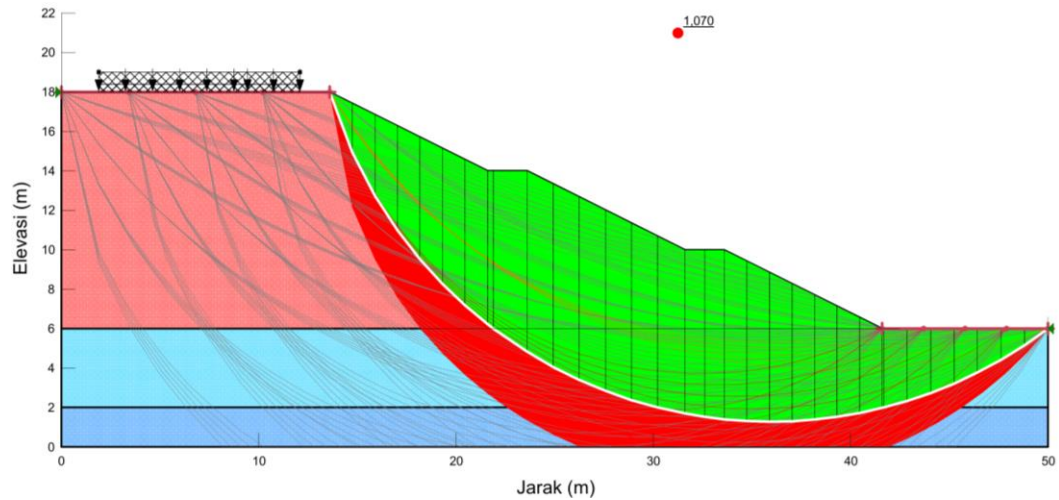
Gambar 5.21 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanpa Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Fellenius*

Berikut ini Gambar 5.22 hasil faktor aman timbunan 2 trap dan dengan gempa metode *Fellenius*.



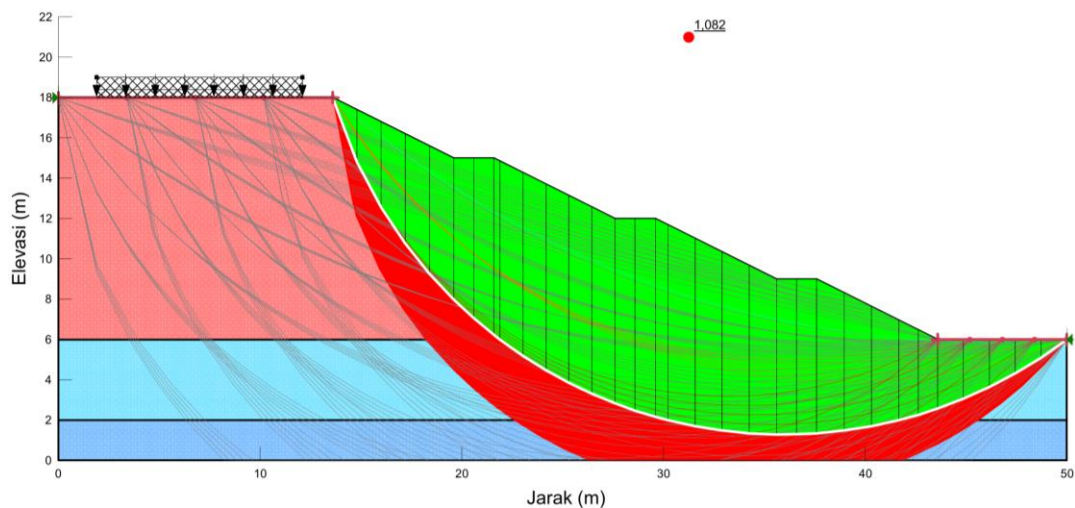
Gambar 5.22 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 2 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Fellenius*

Berikut ini Gambar 5.23 hasil faktor aman timbunan 3 trap dan dengan gempa metode *Fellenius*.



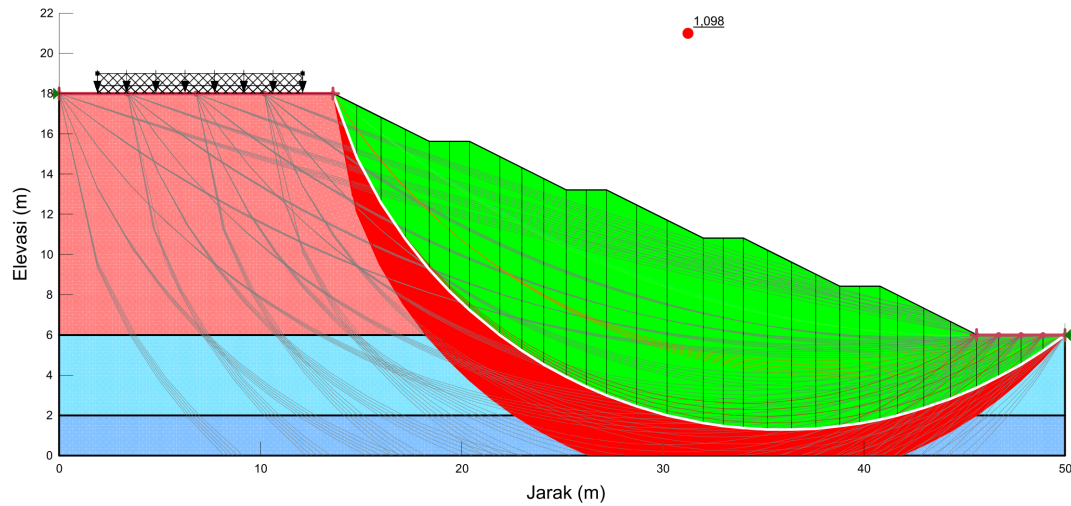
Gambar 5.23 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 3 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Fellenius*

Berikut ini Gambar 5.24 hasil faktor aman timbunan 4 trap dan dengan gempa metode *Fellenius*.



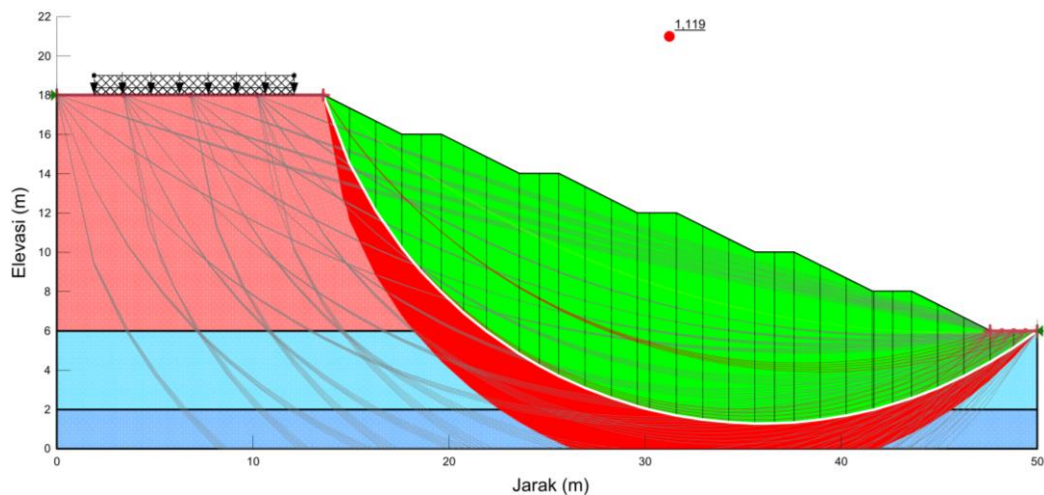
Gambar 5.24 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 4 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Fellenius*

Berikut ini Gambar 5.25 hasil faktor aman timbunan 5 trap dan dengan gempa metode *Fellenius*.



Gambar 5.25 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 5 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Fellenius*

Berikut ini Gambar 5.26 hasil faktor aman timbunan 6 trap dan dengan gempa metode *Fellenius*.



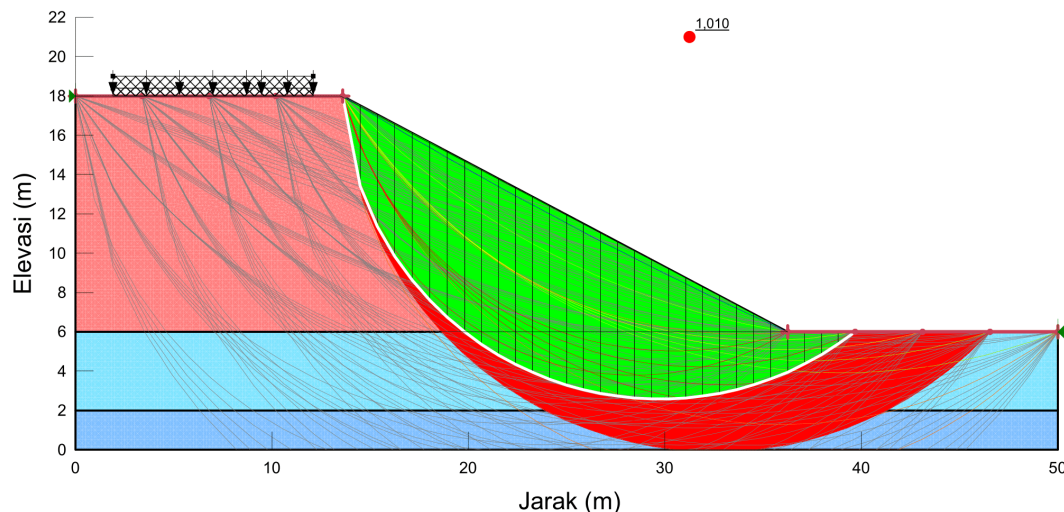
Gambar 5.26 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 6 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Fellenius*

Dari hasil analisis *software Slope/W* dengan menggunakan metode *Fellenius* dengan beban gempa didapatkan nilai faktor aman sebagai berikut ini.

1. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa trap sebesar 1,026.
2. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 2 trap sebesar 1,063.
3. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 3 trap sebesar 1,07.
4. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 4 trap sebesar 1,082.
5. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 5 trap sebesar 1,098.
6. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 6 trap sebesar 1,119.

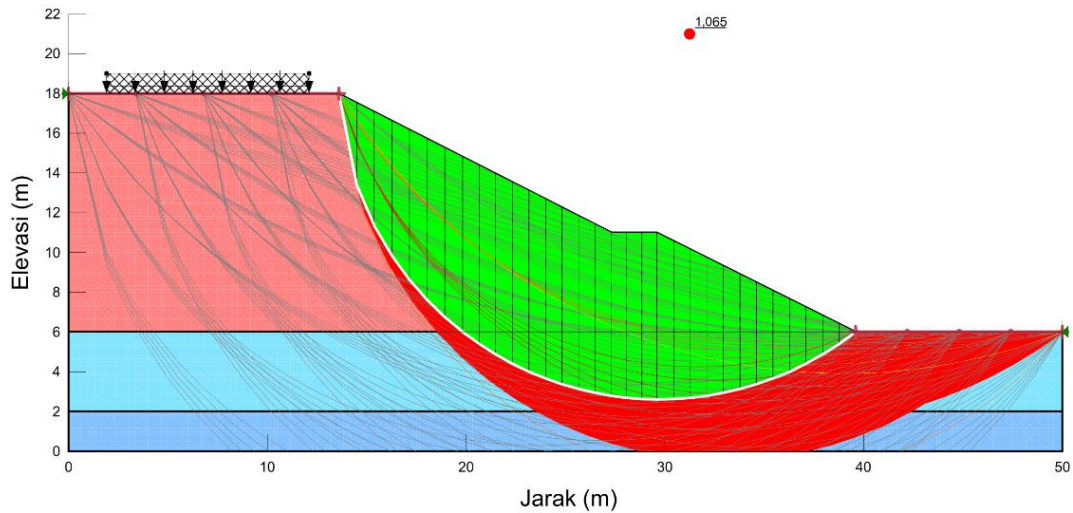
5.3.2 Analisis Stabilitas Timbunan Variasi Geometri dengan Beban Gempa Menggunakan Metode Metode *Janbu Simplified*

Analisis stabilitas timbunan pada sub-sub bab ini menggunakan metode *Janbu Simplified* dan memodelkan pada program *Slope/W* dengan variasi geometri penambahan trap pada lereng timbunan dan penambahan beban gempa. Berikut ini Gambar 5.27 hasil faktor aman timbunan tanpa trap dan dengan gempa metode *Janbu Simplified*.



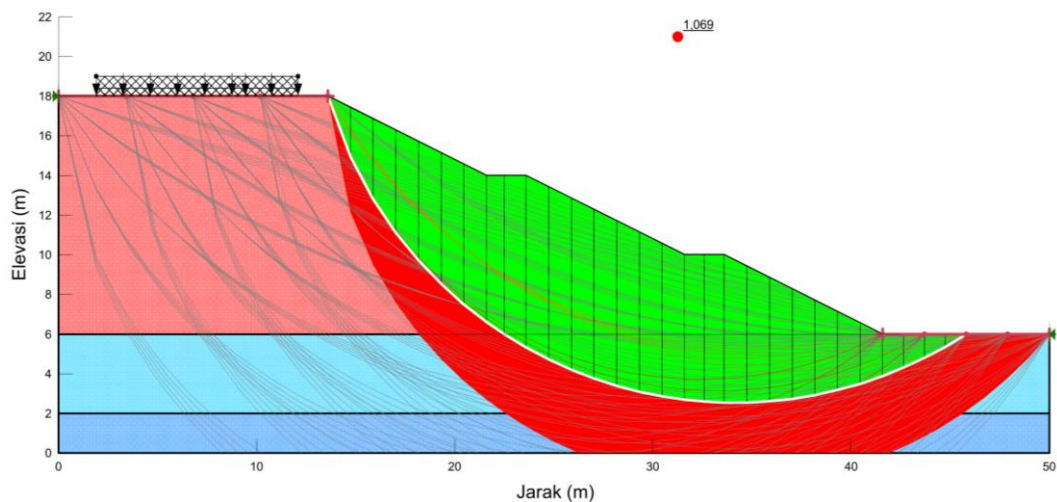
Gambar 5.27 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanpa Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Janbu Simplified*

Berikut ini Gambar 5.28 hasil faktor aman timbunan 2 trap dan dengan gempa metode *Janbu Simplified*.



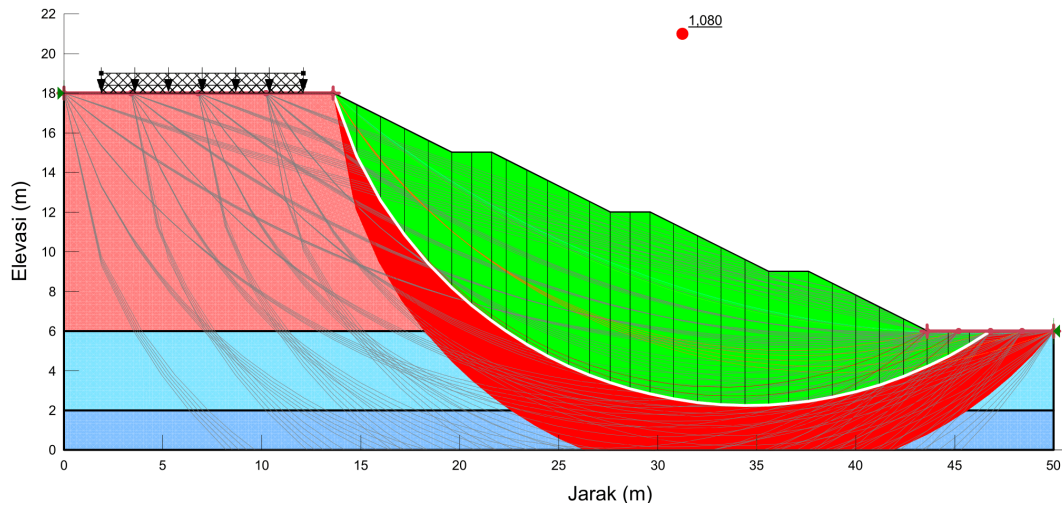
Gambar 5.28 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 2 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Janbu Simplified*

Berikut ini Gambar 5.29 hasil faktor aman timbunan 3 trap dan dengan gempa metode *Janbu Simplified*.



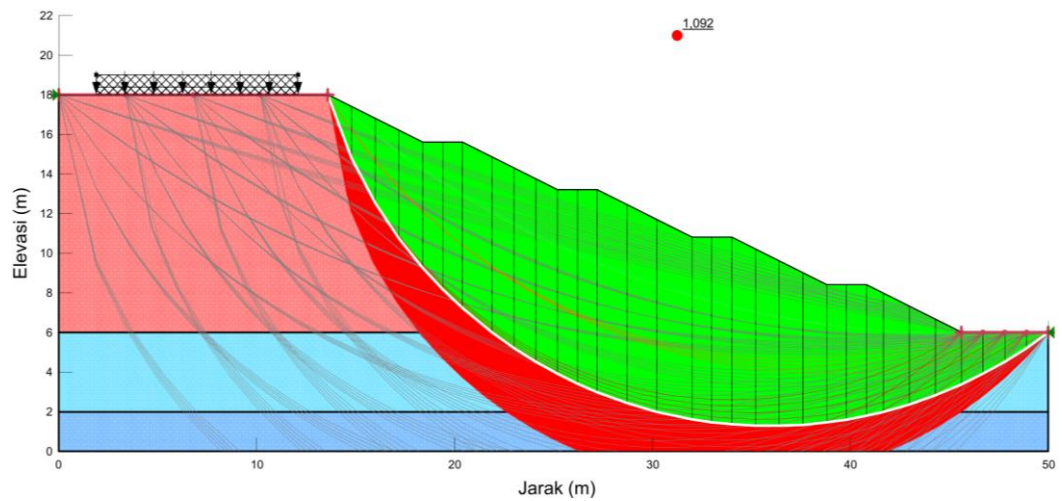
Gambar 5.29 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 3 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Janbu Simplified*

Berikut ini Gambar 5.30 hasil faktor aman timbunan 4 trap dan dengan gempa metode *Janbu Simplified*.



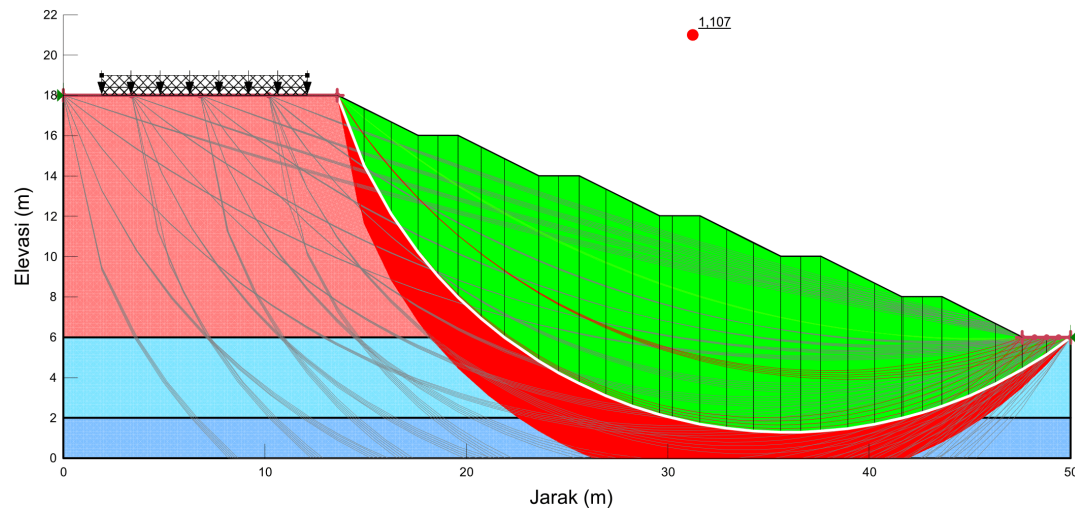
Gambar 5.30 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 4 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Janbu Simplified*

Berikut ini Gambar 5.31 hasil faktor aman timbunan 5 trap dan dengan gempa metode *Janbu Simplified*.



Gambar 5.31 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 5 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Janbu Simplified*

Berikut ini Gambar 5.32 hasil faktor aman timbunan 6 trap dan dengan gempa metode *Janbu Simplified*.



Gambar 5.32 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 6 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Janbu Simplified*

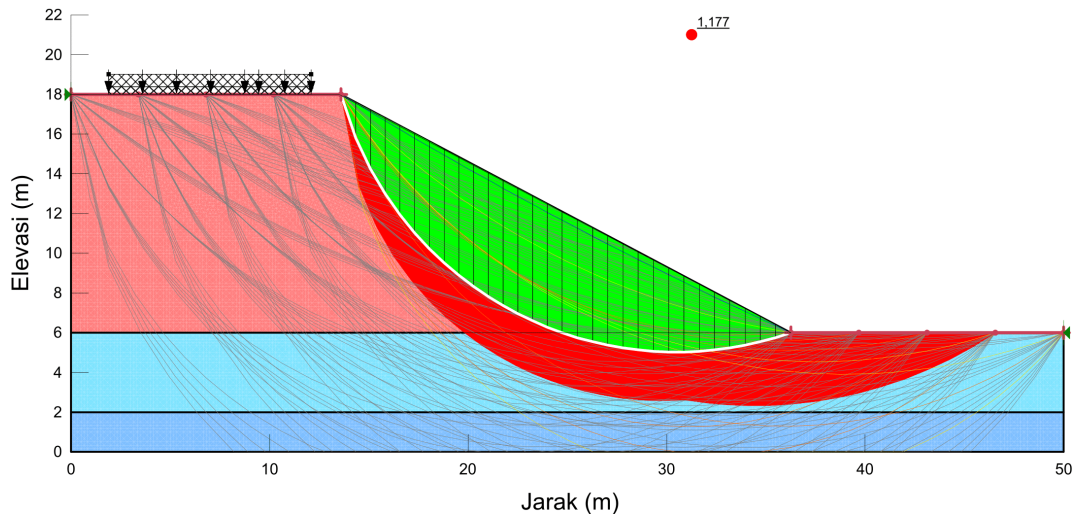
Dari hasil analisis *software Slope/W* dengan menggunakan metode *Janbu Simplified* dengan beban gempa didapatkan nilai faktor aman sebagai berikut ini.

1. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa trap sebesar 1,01.
2. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 2 trap sebesar 1,065.
3. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 3 trap sebesar 1,069.
4. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 4 trap sebesar 1,08.
5. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 5 trap sebesar 1,092.
6. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 6 trap sebesar 1,107.

5.3.3 Analisis Stabilitas Timbunan Variasi Geometri dengan Beban Gempa Menggunakan Metode *Morgenstern-Price*

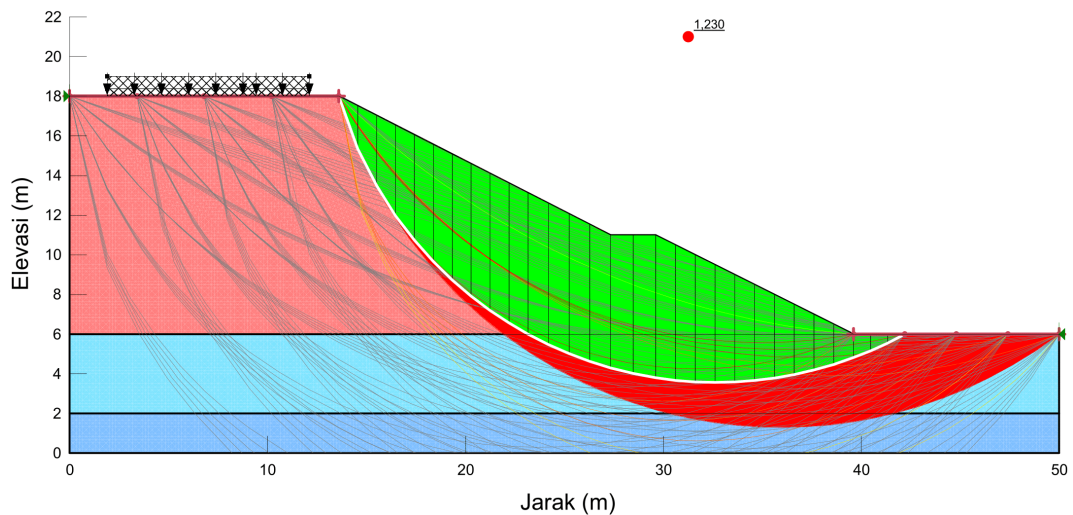
Analisis stabilitas timbunan pada sub-sub bab ini menggunakan metode *Morgenstern-Price* dan memodelkan pada program *Slope/W* dengan variasi geometri penambahan trap pada lereng timbunan dan penambahan beban gempa.

Berikut ini Gambar 5.33 hasil faktor aman timbunan tanpa trap dan dengan gempa metode *Morgenstern-Price*.



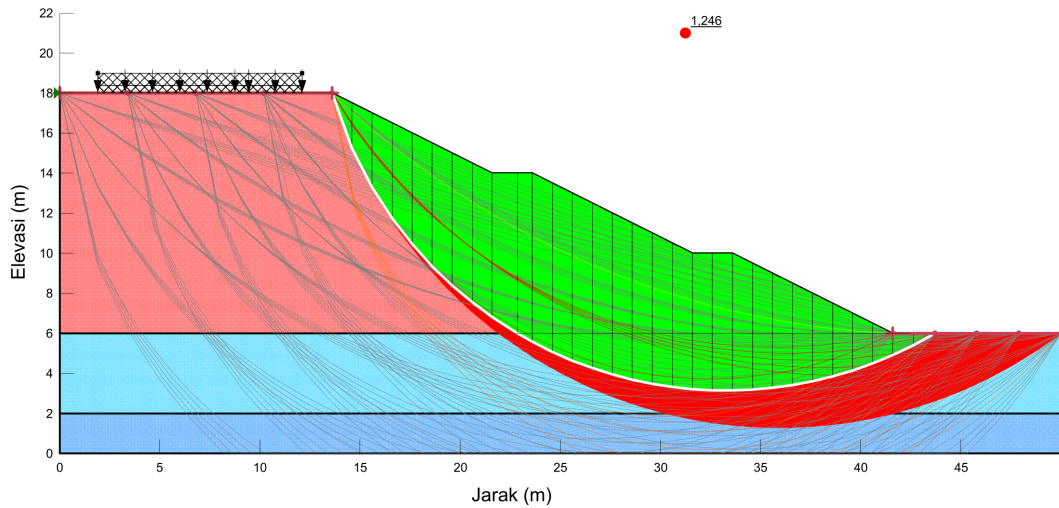
Gambar 5.33 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanpa Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Morgenstern-Price*

Berikut ini Gambar 5.34 hasil faktor aman timbunan 2 trap dan dengan gempa metode *Morgenstern-Price*.



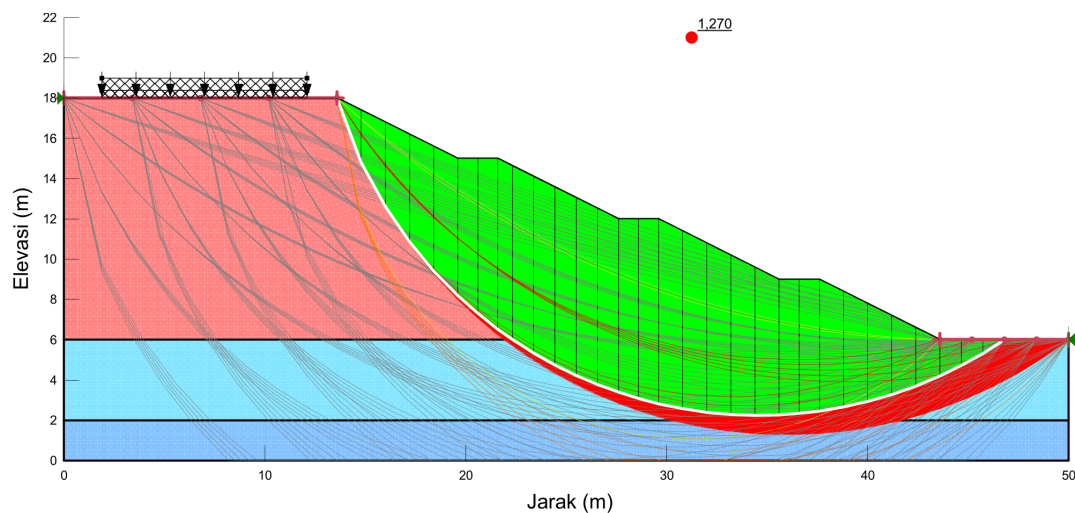
Gambar 5.34 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 2 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Morgenstern-Price*

Berikut ini Gambar 5.35 hasil faktor aman timbunan 3 trap dan dengan gempa metode *Morgenstern-Price*.



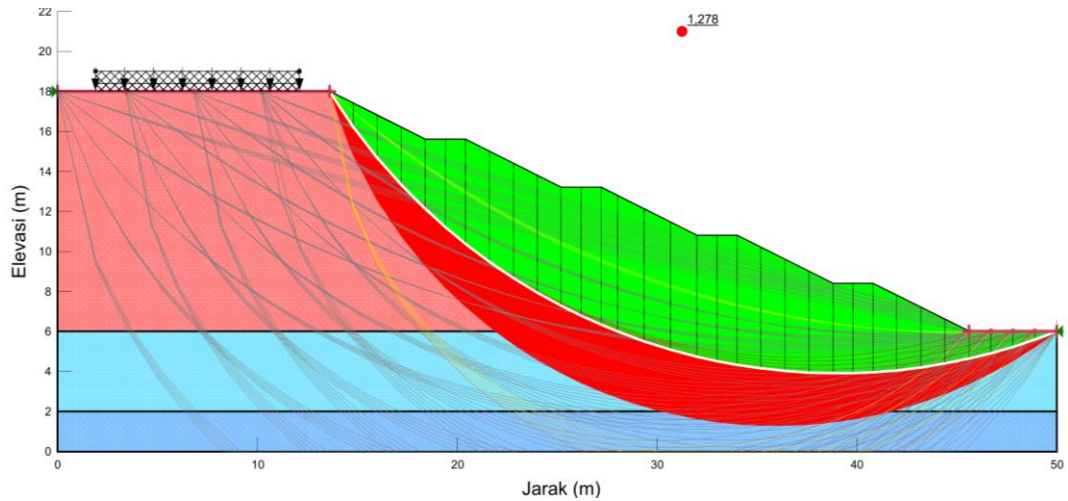
Gambar 5.35 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 3 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Morgenstern-Price*

Berikut ini Gambar 5.36 hasil faktor aman timbunan 4 trap dan dengan gempa metode *Morgenstern-Price*.



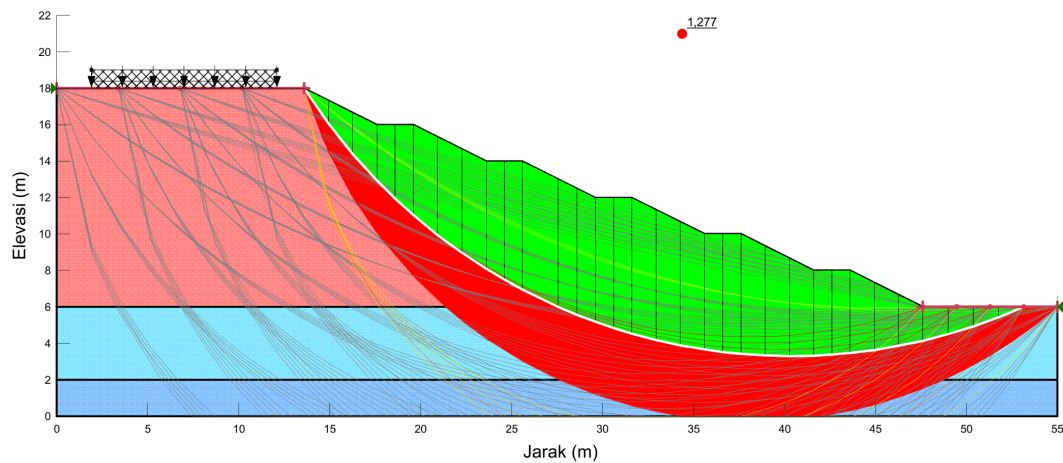
Gambar 5.36 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 4 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Morgenstern-Price*

Berikut ini Gambar 5.37 hasil faktor aman timbunan 5 trap dan dengan gempa metode *Morgenstern-Price*.



Gambar 5.37 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 5 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Morgenstern-Price*

Berikut ini Gambar 5.38 hasil faktor aman timbunan 6 trap dan dengan gempa metode *Morgenstern-Price*.



Gambar 5.38 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 6 Trap dengan Gempa Menggunakan Metode *Morgenstern-Price*

Hasil analisis *software Slope/W* dengan menggunakan metode *Morgenstern-Price* dengan beban gempa didapatkan nilai faktor aman sebagai berikut ini.

1. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa trap sebesar 1,177.
2. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 2 trap sebesar 1,23.
3. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 3 trap sebesar 1,246.
4. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 4 trap sebesar 1,27.
5. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 5 trap sebesar 1,278.
6. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 6 trap sebesar 1,277.

5.4 Perhitungan Kebutuhan Geotekstil

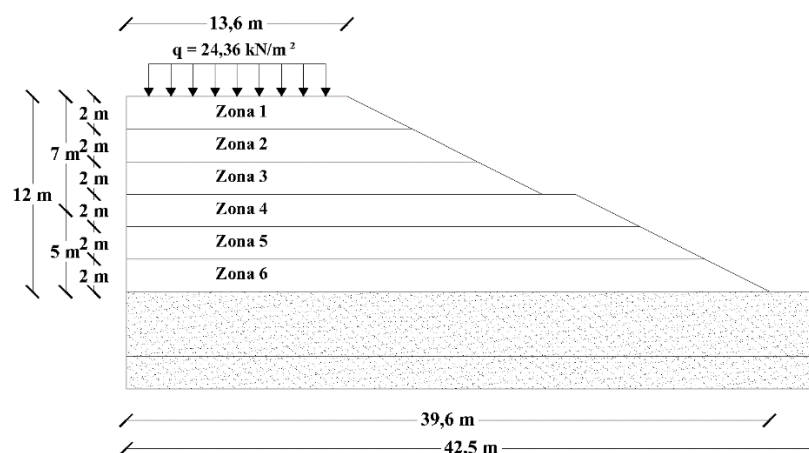
Pada penelitian ini menggunakan geotekstil dengan spesifikasi kuat tarik ultimit (*Tult*) sebesar 52 kN/m. Perhitungan geotekstil dibagi menjadi dua variasi panjang, yaitu panjang geotekstil perzona dan panjang geotekstil seragam.

5.4.1 Perhitungan Kebutuhan Geotekstil Panjang Perzona

Perhitungan ini menganalisis dengan asumsi lereng timbunan tegak vertikal dan mengabaikan nilai kohesi, hal itu dilakukan untuk memberikan keamanan yang lebih besar pada desain.

1. Jarak vertikal antar geotekstil.

Pada perhitungan ini dilakukan pembagian zona tinggi timbunan sebesar masing-masing 2 m, karena tinggi timbunan total sebesar 12 m maka dihasilkan 6 zona. Berikut ini Gambar 5.39 pembagian zona timbunan.



Gambar 5.39 Pembagian Zona Geotekstil

Berikut ini perhitungan koefisien tekanan tanah aktif.

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{37,96247}{2} \right) \\ &= 0,2383 \end{aligned}$$

Kuat tarik geotekstil (Tall) yang digunakan adalah sebesar 52 kN/m, dengan asumsi kuat tarik berfungsi sepenuhnya.

a. Analisis zona 1.

$$H_1 = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hc1} &= q \cdot K_a + K_a \cdot H_1 \cdot \gamma_b \\ &= 24,36 \cdot 0,2383 + 0,2383 \cdot 2 \cdot 21,664 \\ &= 16,1298 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned} S_{V1} &= \frac{Tall}{\sigma_{hc1} \cdot SF} \\ &= \frac{52}{16,1298 \cdot 1,5} \\ &= 2,1492 \text{ m (dipakai 1 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_1}{S_{V1}} \\ &= \frac{2}{1} \\ &= 2 \text{ lapis} \end{aligned}$$

b. Analisis zona 2.

$$H_2 = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hc2} &= q \cdot K_a + K_a \cdot H_2 \cdot \gamma_b \\ &= 24,36 \cdot 0,2383 + 0,2383 \cdot 4 \cdot 21,6664 \\ &= 26,4550 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned}
 Sv_2 &= \frac{T_{all}}{\sigma_{hc2} \cdot SF} \\
 &= \frac{52}{26,4550 \cdot 1,5} \\
 &= 1,3104 \text{ m (dipakai 1 m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_2}{Sv_2} \\
 &= \frac{2}{1} \\
 &= 2 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$

c. Analisis zona 3.

$$H_3 = 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{hc3} &= q \cdot K_a + K_a \cdot H_3 \cdot \gamma_b \\
 &= 24,36 \cdot 0,2383 + 0,2383 \cdot 6 \cdot 21,6664 \\
 &= 36,7803 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned}
 Sv_3 &= \frac{T_{all}}{\sigma_{hc3} \cdot SF} \\
 &= \frac{52}{36,7803 \cdot 1,5} \\
 &= 0,9425 \text{ m (dipakai 0,5 m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_3}{Sv_3} \\
 &= \frac{2}{0,5} \\
 &= 4 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$

d. Analisis zona 4.

$$H_4 = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{hc4} &= q \cdot K_a + K_a \cdot H_4 \cdot \gamma_b \\
 &= 24,36 \cdot 0,2383 + 0,2383 \cdot 8 \cdot 21,6664 \\
 &= 47,1056 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned}
 Sv_4 &= \frac{Tall}{\sigma_{hc4}.SF} \\
 &= \frac{52}{47,1056 \cdot 1,5} \\
 &= 0,7359 \text{ m (dipakai 0,5 m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_4}{Sv_4} \\
 &= \frac{2}{0,5} \\
 &= 4 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$

e. Analisis zona 5.

$$H_5 = 10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{hc5} &= q.Ka + Ka.H_5.\gamma_b \\
 &= 24,36 \cdot 0,2383 + 0,2383 \cdot 10 \cdot 21,6664 \\
 &= 57,4309 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned}
 Sv_5 &= \frac{Tall}{\sigma_{hc5}.SF} \\
 &= \frac{17,3333}{57,4309 \cdot 1,5} \\
 &= 0,6036 \text{ m (dipakai 0,5 m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_5}{Sv_5} \\
 &= \frac{2}{0,5} \\
 &= 4 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$

f. Analisis zona 6.

$$H_6 = 12 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{hc6} &= q.Ka + Ka.H_6.\gamma_b \\
 &= 24,36 \cdot 0,2383 + 0,2383 \cdot 12 \cdot 21,6664 \\
 &= 67,7562 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

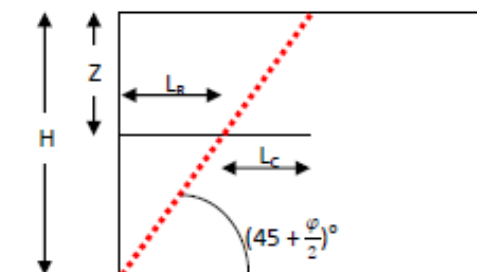
$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned}
 S_{v6} &= \frac{T_{all}}{\sigma_{hc6} \cdot SF} \\
 &= \frac{52}{67,7562 \cdot 1,5} \\
 &= 0,5116 \text{ m (dipakai 0,5 m)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_6}{S_{v6}} \\
 &= \frac{2}{0,5} \\
 &= 4 \text{ lapis}
 \end{aligned}$$

2. Panjang minimum geotekstil.

Panjang geotekstil dianalisis berdasarkan asumsi bentuk bidang longsor dengan sudut kemiringan sebesar $(45 - \frac{\phi}{2})^\circ$. Berikut bidang longsor untuk menentukan panjang geotekstil dapat dilihat pada Gambar 5.40.



Gambar 5.40 Bidang Longsor untuk Menentukan Panjang Geotekstil

(Sumber: Suryolelono, K.B., 1993)

Nilai koefisien *interface* tanah terhadap geotekstil (β) = 0,67.

Perhitungan panjang geotekstil sesuai hasil perhitungan jarak vertikal geotekstil di atas, sehingga digunakan panjang terbesar geotekstil pada masing-masing zona. Berikut ini contoh perhitungan pada Zona 1.

a. Geotekstil lapis ke 1.

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= 1 \text{ m} \\
 \sigma_{v1} &= \gamma_b \cdot Z_1 \\
 &= 21,6664 \cdot 1 \\
 &= 21,6664 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_R &= \frac{H-Z_1}{\tan\left(45+\frac{\varphi}{2}\right)} \\
 &= \frac{12-1}{\tan\left(45+\frac{37,9625}{2}\right)} \\
 &= 5,3695 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{1}{\beta} \frac{T_{\text{all}}}{2(c + \sigma_{v1} \cdot \tan \varphi)} \\
 &= \frac{1}{0,67} \frac{52}{2(20,9440 + 21,6664 \cdot \tan 37,9625)} \\
 &= 1,0253 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{tot}} &= L_R + L_c \\
 &= 5,3695 + 1,0253 \\
 &= 6,3948 \text{ m}
 \end{aligned}$$

b. Geotekstil lapis ke 2.

$$\begin{aligned}
 Z_2 &= 2 \text{ m} \\
 \sigma_{v2} &= \gamma_b \cdot Z_2 \\
 &= 21,6664 \cdot 2 \\
 &= 43,3328 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_R &= \frac{H-Z_2}{\tan\left(45+\frac{\varphi}{2}\right)} \\
 &= \frac{12-2}{\tan\left(45+\frac{37,9625}{2}\right)} \\
 &= 4,8814 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_c &= \frac{1}{\beta} \frac{T_{\text{all}}}{2(c + \sigma_{v2} \cdot \tan \varphi)} \\
 &= \frac{1}{0,67} \frac{52}{2(20,9440 + 43,3328 \cdot \tan 37,9625)} \\
 &= 0,7087 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_{\text{tot}} &= L_R + L_c \\
 &= 5,8814 + 0,7087 \\
 &= 6,3948 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan panjang geotekstil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Panjang Geotekstil

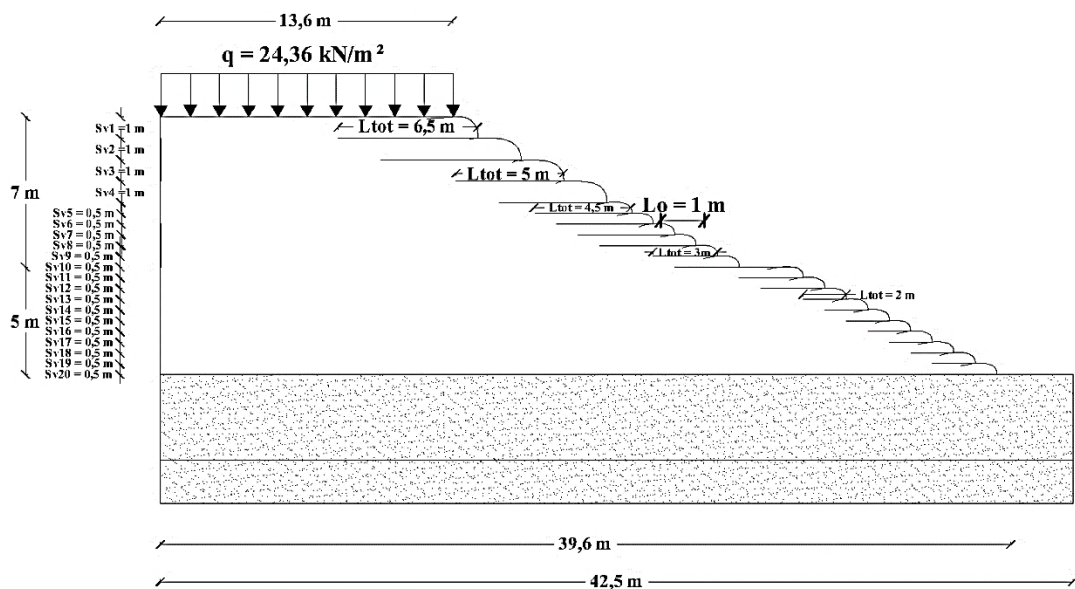
Zona	Lapis Ke-	Z (m)	Sv (m)	Sv pakai (m)	SF Tarik	L _R (m)	L _c (m)	L _{tot} min (m)	L _{tot} pakai (m)
1	1	1	3,1610	1	4,7414	5,3695	1,0253	6,3948	6,5
	2	2	2,1492	1	3,2239	4,8814	0,7087	5,5901	
2	3	3	1,6281	1	2,4422	4,3932	0,5415	4,9348	5
	4	4	1,3104	1	1,9656	3,9051	0,4382	4,3433	
3	5	4,5	1,1939	0,5	3,5817	3,6610	0,4000	4,0610	4,5
	6	5	1,0964	0,5	3,2893	3,4170	0,3679	3,7849	
	7	5,5	1,0137	0,5	3,0410	3,1729	0,3406	3,5135	
	8	6	0,9425	0,5	2,8276	2,9288	0,3171	3,2459	
4	9	6,5	0,8807	0,5	2,6422	2,6848	0,2966	2,9814	3
	10	7	0,8265	0,5	2,4796	2,4407	0,2786	2,7193	
	11	7,5	0,7786	0,5	2,3358	2,1966	0,2627	2,4593	
	12	8	0,7359	0,5	2,2078	1,9526	0,2485	2,2010	
5	13	8,5	0,6977	0,5	2,0931	1,7085	0,2357	1,9442	2
	14	9	0,6632	0,5	1,9897	1,4644	0,2242	1,6886	
	15	9,5	0,6320	0,5	1,8961	1,2203	0,2138	1,4341	
	16	10	0,6036	0,5	1,8109	0,9763	0,2043	1,1805	
6	17	10,5	0,5777	0,5	1,7330	0,7322	0,1956	0,9278	2
	18	11	0,5538	0,5	1,6615	0,4881	0,1876	0,6757	
	19	11,5	0,5319	0,5	1,5957	0,2441	0,1802	0,4243	
	20	12	0,5116	0,5	1,5349	0	0,1734	0,1734	

3. Panjang *overlapping* (lipatan) geotekstil.

Panjang *overlapping* geotekstil dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 L_0 &= \frac{1}{\beta} \frac{T_{\text{all}}}{4(c + \sigma_v \cdot \tan \phi)} \geq 1 \text{ m} \\
 &= \frac{1}{0,67} \frac{52}{4(20,9440 + 43,3328 \cdot \tan 37,9625)} \\
 &= 0,5126 \text{ m (dipaki 1 m)}
 \end{aligned}$$

Berikut ini Gambar 5.41 adalah contoh penggambaran perkuatan geotekstil dengan panjang per zona pada lereng timbunan dengan 2 trap.



Gambar 5.41 Pemasangan Geotekstil Panjang Per Zona

4. Stabilitas eksternal.

Stabilitas eksternal pada timbunan meninjau pada 3 stabilitas yaitu sebagai berikut ini.

a. Stabilitas terhadap guling.

Stabilitas terhadap guling ditinjau terhadap titik A. Berikut ini persamaan-persamaan gaya aktif.

1) Gaya aktif.

Gaya aktif akibat tanah:

$$\begin{aligned}
 E_a &= \frac{1}{2} H^2 \cdot \gamma \cdot K_a \\
 &= \frac{1}{2} 12^2 \cdot 21,6664 \cdot 0,2383 \\
 &= 371,7103 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lengan} &= \frac{H}{3} \\
 &= \frac{12}{3} \\
 &= 4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen terhadap A (M}_{\text{Atanah}}) &= E_a \cdot \text{Lengan} \\
 &= 371,7103 \cdot 4 \\
 &= 1486,8413 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Gaya aktif akibat beban:

$$\begin{aligned}
 E_q &= q \cdot H \cdot K_a \\
 &= 24,36 \cdot 12 \cdot 0,2383 \\
 &= 69,6537 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lengan} &= \frac{H}{2} \\
 &= \frac{12}{2} \\
 &= 6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen terhadap A (M}_{\text{Abeban}}) &= E_q \cdot \text{Lengan} \\
 &= 69,6537 \cdot 6 \\
 &= 417,9219 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total momen aktif } (\Sigma M_A) &= M_{\text{Atanah}} + M_{\text{Abeban}} \\
 &= 1486,8413 + 417,9219 \\
 &= 1904,7632 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

2) Gaya pasif.

Contoh perhitungan gaya dan momen pasif pada zona 1 sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} W &= L_1 \cdot H_1 \cdot \gamma \\ &= 6,5 \cdot 2 \cdot 21,6664 \\ &= 281,6632 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan} &= \frac{L_1}{2} \\ &= \frac{6,5}{2} \\ &= 3,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= W_1 \cdot \text{Lengan} \\ &= 281,6632 \cdot 3,25 \\ &= 915,4054 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Berikut ini Tabel 5.2 gaya dan momen pasif yang bekerja pada timbunan.

Tabel 5.2 Gaya dan Momen Pasif pada Timbunan

Zona	Gaya (kN)		Lengan tdp A	Momen thd A
1	$W_1 = L_1 \times H_1 \times \gamma$	281,6632	3,25	915,4054
2	$W_2 = L_2 \times H_2 \times \gamma$	433,328	2,5	1083,32
3	$W_3 = L_3 \times H_3 \times \gamma$	584,9928	2,25	1316,2338
4	$W_4 = L_4 \times H_4 \times \gamma$	519,9936	1,5	779,9904
5	$W_5 = L_5 \times H_5 \times \gamma$	433,328	1	433,328
6	$W_6 = L_6 \times H_6 \times \gamma$	519,9936	1	519,9936
	$W_{\text{total}} =$	2773,2992	$\Sigma M_p =$	5048,2712

Sehingga stabilitas timbunan terhadap guling dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\Sigma M_p}{\Sigma M_A} > 1,5 \\ &= \frac{5048,2712}{1904,7632} \\ &= 2,6503 > 1,5 \rightarrow \text{Aman} \end{aligned}$$

b. Stabilitas terhadap geser.

1) Gaya yang melawan.

$$\begin{aligned} F &= [C_g + \frac{W_{\text{total}}}{l_g} \cdot \tan \delta] l_g \\ &= [22,8246 + \frac{2773,2992}{2} \cdot 0,2782] 2 \\ &= 794,3616 \text{ kN} \end{aligned}$$

2) Gaya yang mendorong.

$$\begin{aligned} E &= E_a + E_q \\ &= 371,7103 + 69,6537 \\ &= 441,3640 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga stabilitas timbunan terhadap geser dapat dihitung sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} SF &= \frac{F}{E} > 1,5 \\ &= \frac{794,3616}{441,3640} \\ &= 1,7998 > 1,5 \rightarrow \text{Aman} \end{aligned}$$

c. Stabilitas terhadap kuat dukung.

Faktor daya dukung tanah menurut Terzaghi ($\varphi = 37,96247^\circ$)

$$N_c = 80,2555$$

$$N_q = 65,0405$$

$$N_\gamma = 76,7646$$

Berikut ini perhitungan kuat dukung ijin tanah.

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ult}} &= c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot L \cdot N_\gamma \\ &= 20,9440 \cdot 80,2555 + 24,36 \cdot 65,0405 + 0,5 \cdot 2 \cdot 21,6664 \cdot 76,7646 \\ &= 498,4689 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Berikut ini perhitungan kuat dukung tanah yang terjadi.

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{terjadi}} &= H \cdot \gamma + q \\ &= 12 \cdot 21,6664 + 24,36 \\ &= 284,3568 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga stabilitas timbunan terhadap kuat dukung adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\sigma_{ult}}{\sigma_{terjadi}} > 1,5 \\ &= \frac{4928,4689}{284,3568} \\ &= 17,3320 > 1,5 \rightarrow \text{Aman} \end{aligned}$$

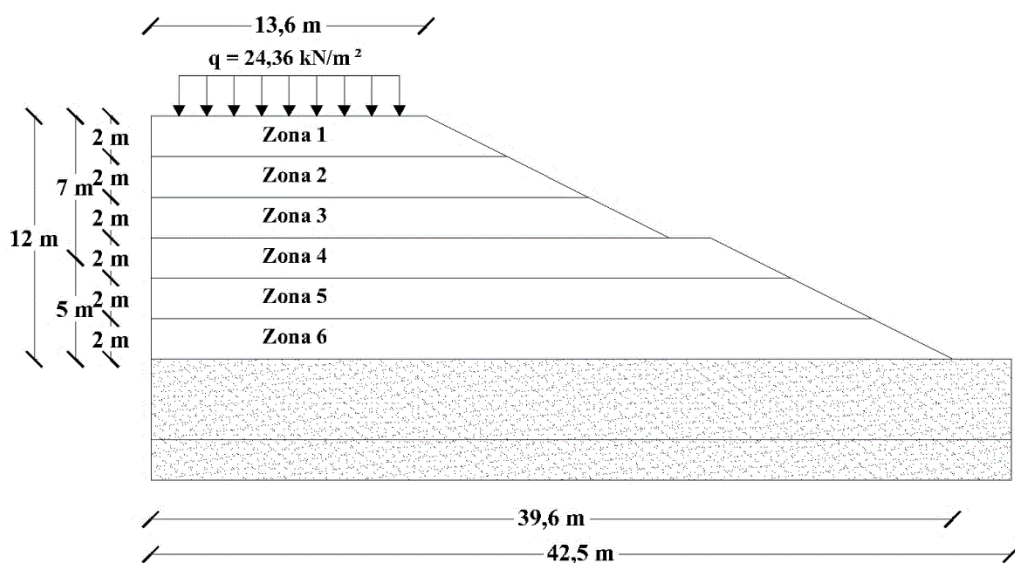
5.4.2 Perhitungan Kebutuhan Geotekstil Panjang Seragam

Berikut ini perhitungan kuat tarik *allowable* geotekstil (*Tall*).

$$\begin{aligned} Tall &= \frac{T_{ult}}{SF} \\ &= \frac{52}{3} \\ &= 17,3333 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

1. Jarak Vertikal antar Geotekstil

Perhitungan pemasangan antar lapis geotekstil arah vertikal dibagi menjadi beberapa zona. Pada penelitian ini tinggi timbunan sebesar 12 m, sehingga dibagi menjadi per 2 m dan terdapat 6 zona. Hal itu dilakukan agar kebutuhan geotekstil lebih hemat, karena sesuai dengan gaya-gaya yang bekerja pada masing-masing tinggi lapisan. Berikut ini Gambar 5.42 pembagian zona pada timbunan.



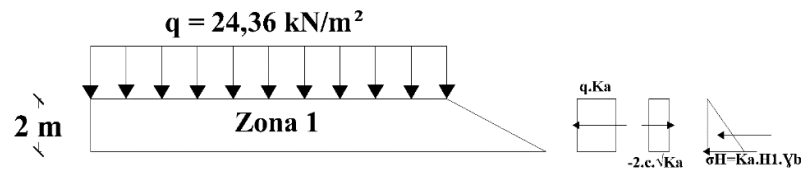
Gambar 5.42 Pembagian Zona Geotekstil

Berikut ini perhitungan koefisien tekanan tanah aktif.

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= \tan^2 \left(45^\circ - \frac{37,96247}{2} \right) \\ &= 0,2383 \end{aligned}$$

a. Analisis Zona 1.

Berikut ini Gambar 5.43 distribusi tekanan tanah lateral zona 1.



Gambar 5.43 Distribusi Tekanan Tanah Lateral Zona 1

$$H_1 = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hc1} &= q \cdot k_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} + K_a \cdot H_1 \cdot \gamma_b \\ &= 24,36 \cdot 0,2383 - 2 \cdot 20,9440 \cdot \sqrt{0,2383} + 0,2383 \cdot 2 \cdot 21,6664 \\ &= -4,3173 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

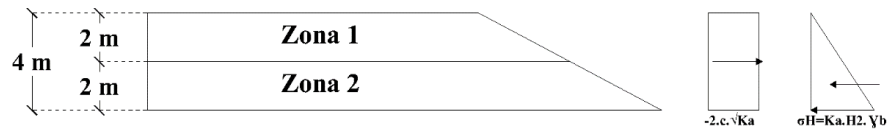
$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned} S_{v1} &= \frac{Tall}{\sigma_{hc1} \cdot SF} \\ &= \frac{17,3333}{-4,3173 \cdot 1,5} \\ &= -2,6766 \text{ m (dipakai 1 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_1}{S_{v1}} \\ &= \frac{2}{1} \\ &= 2 \text{ lapis} \end{aligned}$$

b. Analisis Zona 2.

Berikut ini Gambar 5.44 distribusi tekanan tanah lateral zona 2.



Gambar 5.44 Distribusi Tekanan Tanah Lateral Zona 2

$$H_2 = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hc2} &= -2.c.\sqrt{Ka} + Ka.H_2.\gamma_b \\ &= -2 \cdot 20,9440 \cdot \sqrt{0,2383} + 0,2383 \cdot 4 \cdot 21,6664 \\ &= 0,2035 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

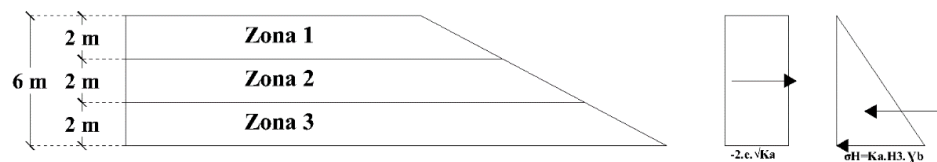
$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned} Sv_2 &= \frac{Tall}{\sigma_{hc2}.SF} \\ &= \frac{17,3333}{0,2035 \cdot 1,5} \\ &= 56,7883 \text{ m (dipakai 1 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_2}{Sv_2} \\ &= \frac{2}{1} \\ &= 2 \text{ lapis} \end{aligned}$$

c. Analisis Zona 3.

Berikut ini Gambar 5.45 distribusi tekanan tanah lateral zona 3.



Gambar 5.45 Distribusi Tekanan Tanah Lateral Zona 3

$$H_3 = 6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hc3} &= -2.c.\sqrt{Ka} + Ka.H_3.\gamma_b \\ &= -2 \cdot 20,9440 \cdot \sqrt{0,2383} + 0,2383 \cdot 6 \cdot 21,6664 \\ &= 10,5288 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

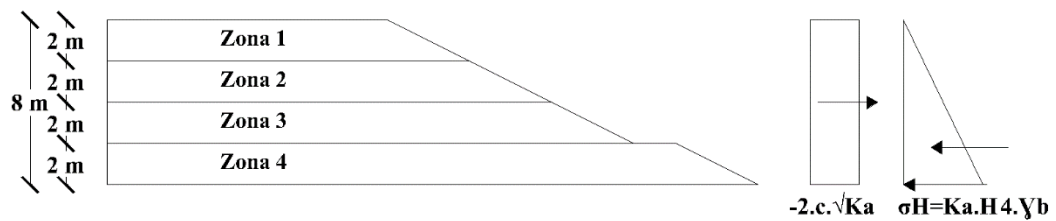
$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned} Sv_3 &= \frac{Tall}{\sigma_{hc3} \cdot SF} \\ &= \frac{17,3333}{10,5288 \cdot 1,5} \\ &= 1,0975 \text{ m (dipakai 1 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_3}{Sv_3} \\ &= \frac{2}{1} \\ &= 2 \text{ lapis} \end{aligned}$$

d. Analisis Zona 4.

Berikut ini Gambar 5.46 distribusi tekanan tanah lateral zona 4.



Gambar 5.46 Distribusi Tekanan Tanah Lateral Zona 4

$$H_4 = 8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hc4} &= -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} + K_a \cdot H_4 \cdot \gamma_b \\ &= -2 \cdot 20,9440 \cdot \sqrt{0,2383} + 0,2383 \cdot 8 \cdot 21,6664 \\ &= 20,8541 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

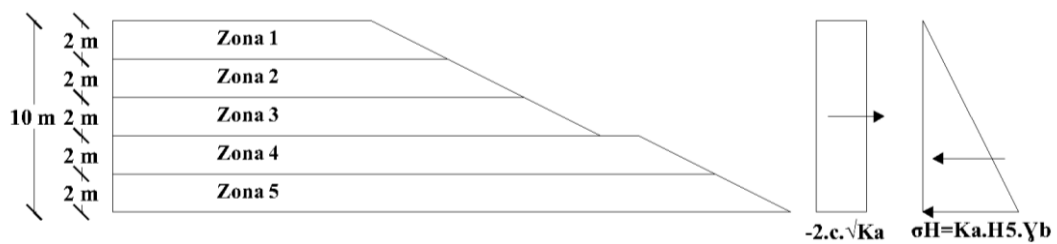
$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned} Sv_4 &= \frac{Tall}{\sigma_{hc4} \cdot SF} \\ &= \frac{17,3333}{20,8541 \cdot 1,5} \\ &= 0,5541 \text{ m (dipakai 0,5 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_2}{Sv_2} \\ &= \frac{2}{0,5} \\ &= 4 \text{ lapis} \end{aligned}$$

e. Analisis Zona 5.

Berikut ini Gambar 5.47 distribusi tekanan tanah lateral zona 5.



Gambar 5.47 Distribusi Tekanan Tanah Lateral Zona 5

$$H_5 = 10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hc_5} &= -2.c.\sqrt{K_a} + K_a.H_5.\gamma_b \\ &= -2 \cdot 20,9440 \cdot \sqrt{0,2383} + 0,2383 \cdot 10 \cdot 21,6664 \\ &= 31,1793 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

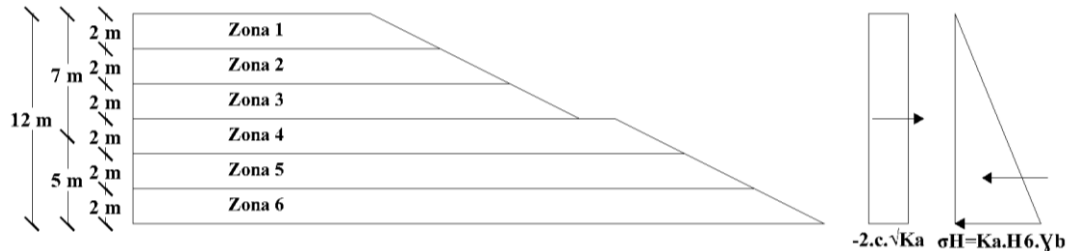
$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned} Sv_5 &= \frac{Tall}{\sigma_{hc_5}.SF} \\ &= \frac{17,3333}{31,1793 \cdot 1,5} \\ &= 0,3706 \text{ m (dipakai 0,5 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_5}{Sv_5} \\ &= \frac{2}{0,5} \\ &= 4 \text{ lapis} \end{aligned}$$

f. Analisis Zona 6.

Berikut ini Gambar 5.48 distribusi tekanan tanah lateral zona 6.



Gambar 5.48 Distribusi Tekanan Tanah Lateral Zona 6

$$H_6 = 12 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{hc6} &= -2.c.\sqrt{K_a} + K_a.H_6.\gamma_b \\ &= -2 \cdot 20,9440 \cdot \sqrt{0,2383} + 0,2383 \cdot 12 \cdot 21,6664 \\ &= 41,5046 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$SF = 1,5$$

$$\begin{aligned} S_{v6} &= \frac{T_{all}}{\sigma_{hc6}.SF} \\ &= \frac{17,3333}{41,5046 \cdot 1,5} \\ &= 0,2784 \text{ m (dipakai 0,5 m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Banyak lapis geotekstil} &= \frac{H_6}{S_{v6}} \\ &= \frac{2}{0,5} \\ &= 4 \text{ lapis} \end{aligned}$$

2. Stabilitas eksternal.

a. Stabilitas terhadap geser.

$$\begin{aligned} L &= \frac{SF[q.K_a.H + K_a.H^2.\gamma_b - 2.c.\sqrt{K_a}.H]}{(q + \gamma_b.H) \tan \phi} \\ &= \frac{1,5[24,36 \cdot 0,2383 \cdot 12 + 0,2383 \cdot 12^2 \cdot 21,6664 - 2 \cdot 20,9440 \cdot \sqrt{0,2383} \cdot 12]}{(24,36 + 21,6664 \cdot 12) \tan 37,9625} \\ &= 3,8382 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Stabilitas terhadap guling.

$$L^2 = \frac{SF \left[\frac{1}{2} \cdot q \cdot Ka \cdot H^2 + \frac{1}{6} \cdot Ka \cdot H^3 \cdot \gamma_b - c \cdot \sqrt{Ka} \cdot H^2 \right]}{\left(\frac{1}{2} \cdot q + \frac{1}{2} \cdot \gamma_b \cdot H \right)}$$

$$= \frac{1,5 \left[\frac{1}{2} \cdot 24,36 \cdot 0,2383 \cdot 12^2 + \frac{1}{6} \cdot 0,2383 \cdot 12^3 \cdot 21,6664 - 20,9440 \cdot \sqrt{0,2383} \cdot 12^2 \right]}{\left(\frac{1}{2} \cdot 24,36 + \frac{1}{2} \cdot 21,6664 \cdot 12 \right)}$$

$$= 2,1242 \text{ m}$$

c. Stabilitas terhadap eksentrisitas.

$$\frac{1}{6} L \geq \frac{SF \left[\frac{1}{2} \cdot q \cdot Ka \cdot H^2 + \frac{1}{6} \cdot Ka \cdot H^3 \cdot \gamma_b - c \cdot \sqrt{Ka} \cdot H^2 \right]}{(q \cdot L + \gamma_b \cdot H \cdot L)}$$

$$\frac{1}{6} L \geq \frac{1,5 \left[\frac{1}{2} \cdot 24,36 \cdot 0,2838 \cdot 12^2 + \frac{1}{6} \cdot 0,2838 \cdot 12^3 \cdot 21,6664 - 20,9440 \cdot \sqrt{0,2838} \cdot 12^2 \right]}{(24,36 \cdot L + 21,6664 \cdot 12 \cdot L)}$$

$$\frac{1}{6} L \geq \frac{641,5338}{47,3928 \cdot L}$$

$$L \geq 3,6792 \text{ m}$$

d. Stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah.

Faktor daya dukung tanah menurut Terzaghi ($\varphi = 37,96247^\circ$)

$$N_c = 80,2555$$

$$N_\gamma = 76,7646$$

$$q_{ult} = c \cdot N_c + 0,5 \cdot L \cdot \gamma_b \cdot N_\gamma$$

$$= 20,9440 \cdot 80,2555 + 0,5 \cdot L \cdot 21,6664 \cdot 76,7646$$

$$= 1680,8685 + 831,6068 \cdot L$$

$$\sigma_{ult} = q_{ult} \cdot SF$$

$$= (1680,8685 + 831,6068 \cdot L) \cdot 1,5$$

$$= 2521,3027 + 1247,4102 \cdot L$$

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{H \cdot \gamma_b + q}$$

$$\leq \frac{2521,3027 + 1247,4102 \cdot L}{12 \cdot 21,6664 + 24,36}$$

$$L = 3,0743 \text{ m}$$

Panjang geotekstil yang akan pakai, dipilih dari panjang geotekstil hasil perhitungan stabilitas eksternal yang paling panjang. Panjang geotekstil terpanjang ada pada hasil perhitungan stabilitas terhadap geser (L) = 3,8382 m dan hasil tersebut merupakan panjang geotekstil minimal yang harus dipasang, namun pada penelitian ini dipakai panjang geotekstil $L = 24$ m.

3. Stabilitas internal.

Perhitungan stabilitas internal ini dicontohkan pada geotekstil zona 1.

a. Panjang *overlapping* geotekstil (L_o)

$$\begin{aligned} L_o &= \frac{\sigma_{hc1} \cdot S_{v1} \cdot SF}{2 \cdot H_1 \cdot \gamma_b \cdot \tan \varphi} \\ &= \frac{-4,3173 \cdot 1 \cdot 1,5}{2 \cdot 2 \cdot 21,6664 \cdot \tan 37,96247} \\ &= -0,2771 \text{ m (dipakai 1 m)} \end{aligned}$$

b. Panjang efektif geotekstil (L_e)

$$\begin{aligned} L_e &= \frac{SF \cdot S_{v1} \cdot K_a \cdot \gamma_b \cdot H_1}{2 \cdot H_1 \cdot \gamma_b \cdot \tan \varphi} \\ &= \frac{1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,2838 \cdot 21,6664 \cdot 2}{2 \cdot 2 \cdot 21,6664 \cdot \tan 37,96247} \\ &= 0,2290 \text{ m (dipakai 0,5 m)} \end{aligned}$$

c. Panjang total geotekstil (L_{tot})

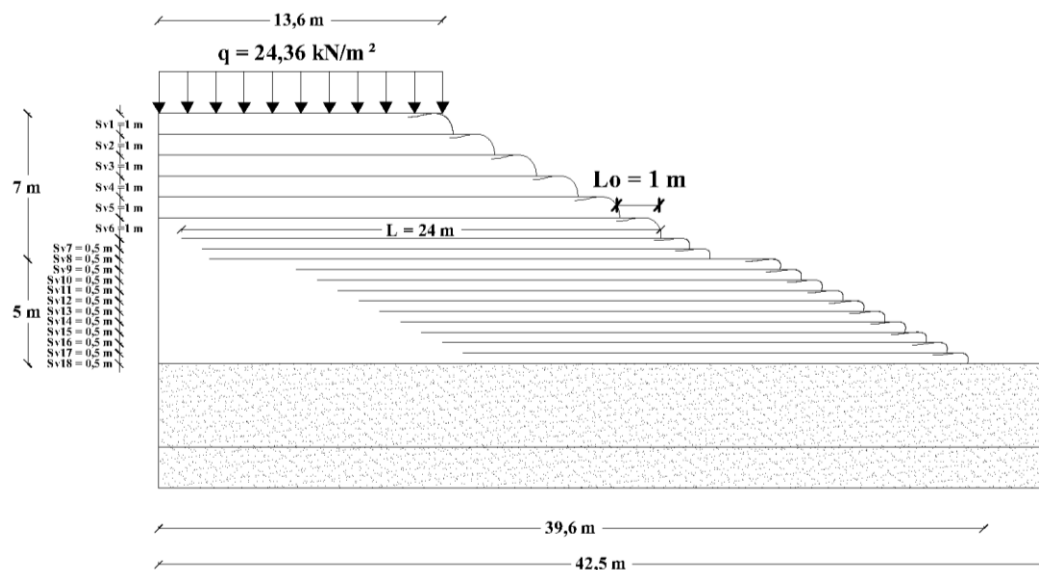
$$\begin{aligned} L_{tot} &= S_{v1} + L + L_o \\ &= 1 + 24 + 1 \\ &= 26 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan stabilitas internal selengkapnya untuk geotekstil yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Stabilitas Internal

Zona	Geotekstil ke-	S _{vi} (m)	Z _i (m)	L _o (m)	L _e (m)	L _{tot} (m)
Zona 1	1	1	1	1	0,5	26
	2	1	2			
Zona 2	3	1	3	1	0,5	26
	4	1	4			
Zona 3	5	1	5	1	0,5	26
	6	1	6			
Zona 4	7	0,5	6,5	1	0,5	25,5
	8	0,5	7			
	9	0,5	7,5			
	10	0,5	8			
Zona 5	11	0,5	8,5	1	0,5	25,5
	12	0,5	9			
	13	0,5	9,5			
	14	0,5	10			
Zona 6	15	0,5	10,5	1	0,5	25,5
	16	0,5	11			
	17	0,5	11,5			
	18	0,5	12			

Berikut ini Gambar 5.49 adalah contoh penggambaran perkuatan geotekstil dengan panjang seragam pada lereng timbunan dengan 2 trap.



Gambar 5.49 Pemasangan Geotekstil Panjang Seragam

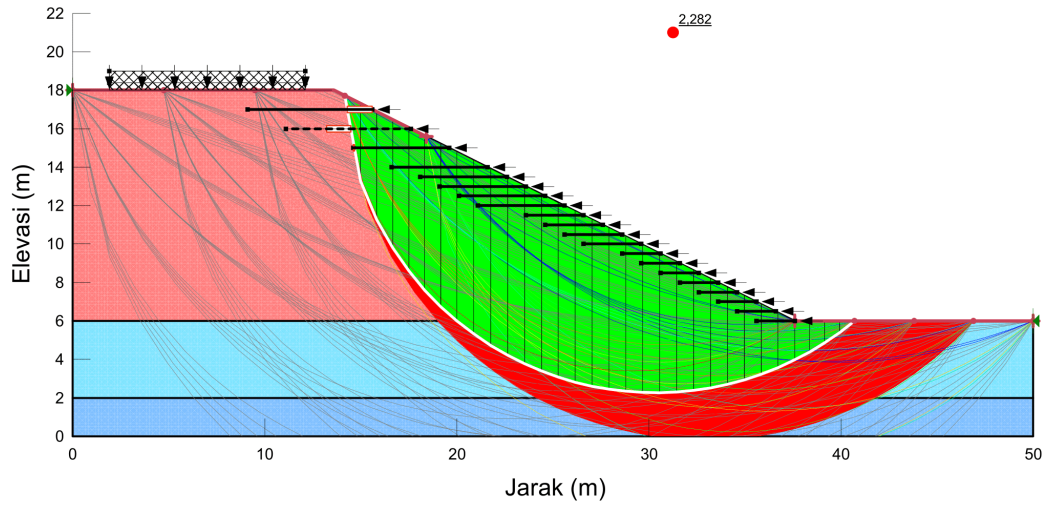
5.5 Analisis Stabilitas Timbunan dengan Perkuatan Geotekstil

Pada analisis stabilitas dengan perkuatan geotekstil ini digunakan hasil analisis stabilitas timbunan dengan metode *Janbu Simplified*, karena hasil angka aman kritis yang dikeluarkan memiliki hasil yang paling minimum dibandingkan dengan metode kesetimbangan batas lainnya. Hal tersebut dipilih agar kondisi stabilitas timbunan akan lebih aman jika akan diperhitungkan dengan metode selainnya.

Timbunan yang diperkuat dengan geotekstil yaitu timbunan yang menghasilkan angka faktor aman (SF) $\leq 1,5$ untuk timbunan tanpa beban gempa dan angka faktor aman (SF) $\leq 1,1$ untuk timbunan dengan beban gempa, atau dengan kata lain timbunan yang tidak stabil dan belum aman terhadap longsor.

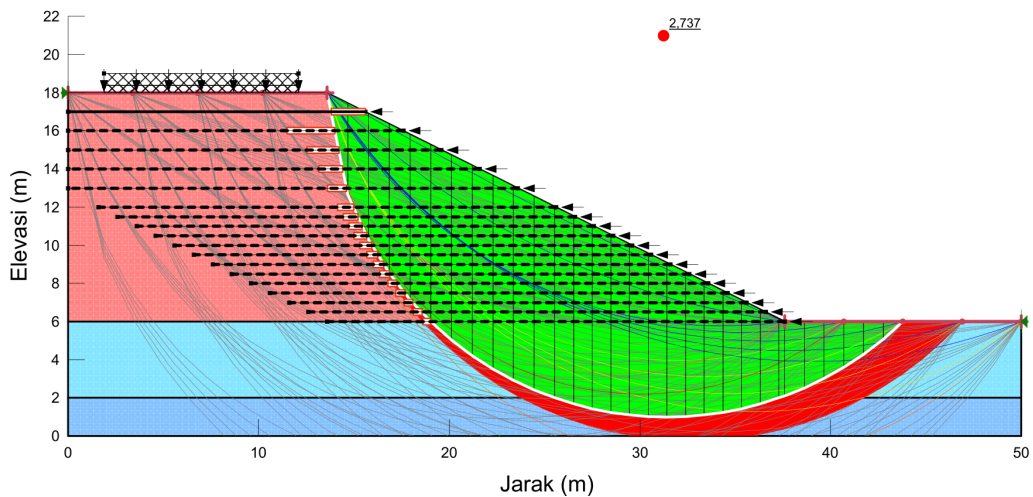
5.5.1 Analisis Stabilitas Timbunan dengan Perkuatan Geotekstil Tanpa Beban Gempa

Stabilitas timbunan yang memiliki kondisi tidak stabil dan tidak aman membutuhkan suatu perlakuan untuk memperbaiki kondisi tersebut. Salah satu perlakuan perbaikan lereng timbunan pada penelitian ini menggunakan perkuatan geotekstil jenis *woven*. Pemasangan geotekstil menggunakan dua variasi panjang, yaitu dengan variasi panjang geotekstil perzona dan panjang geotekstil seragam. Timbunan pada sub-sub bab ini dianalisis tanpa pengaruh beban gempa. Berikut ini Gambar 5.50 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan tanpa trap dengan perkuatan geotekstil panjang perzona tanpa beban gempa.



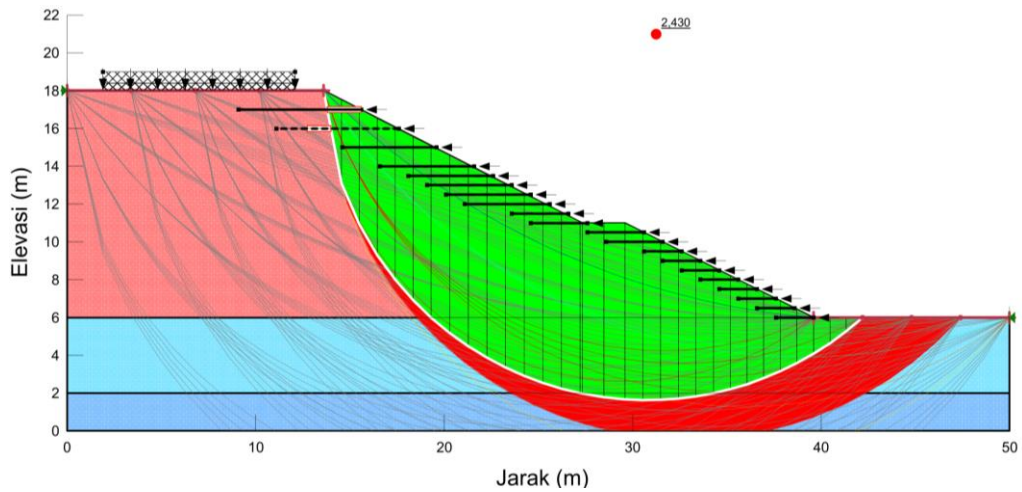
Gambar 5.50 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanpa Trap dengan Perkuatan Geotekstil Tidak Seragam

Berikut ini Gambar 5.51 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan tanpa trap dengan perkuatan geotekstil panjang seragam 24 m tanpa beban gempa.



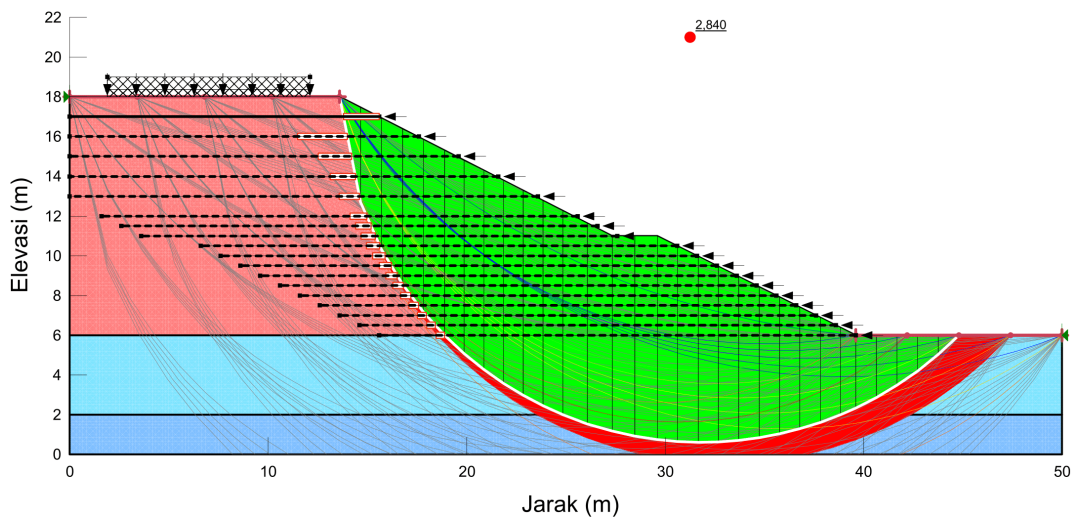
Gambar 5.51 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanpa Trap dengan Perkuatan Geotekstil Seragam

Berikut ini Gambar 5.52 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 2 trap dengan perkuatan geotekstil panjang perzona tanpa beban gempa.



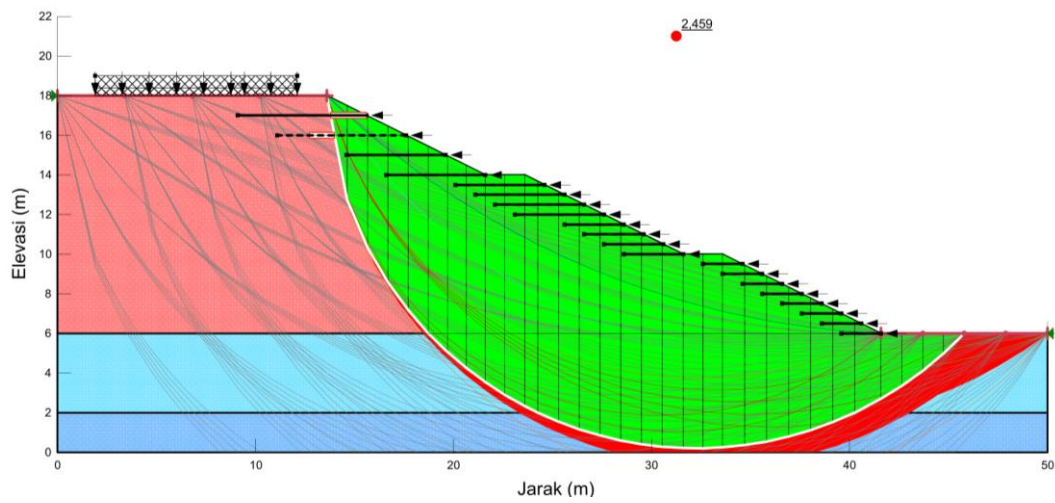
Gambar 5.52 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 2 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Tidak Seragam

Berikut ini Gambar 5.53 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 2 trap dengan perkuatan geotekstil panjang seragam 24 m tanpa beban gempa.



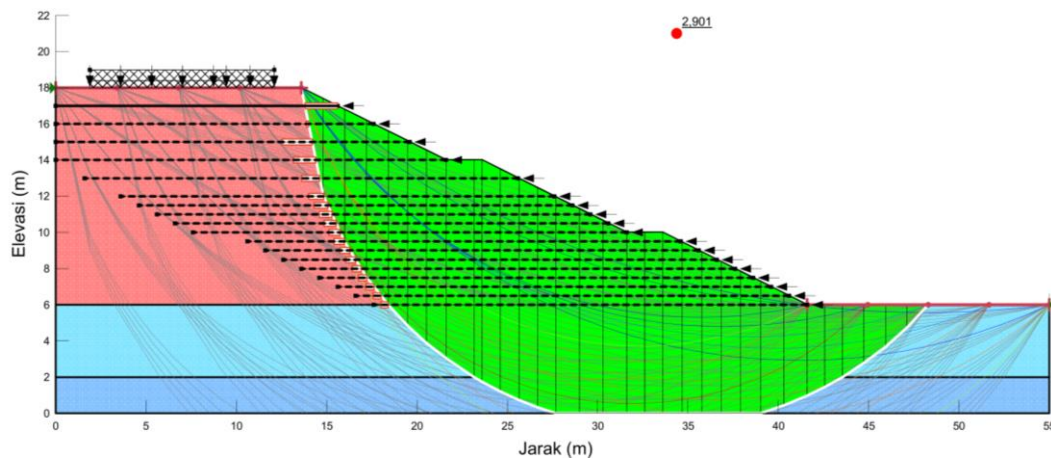
Gambar 5.53 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 2 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Seragam

Berikut ini Gambar 5.54 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 3 trap dengan perkuatan geotekstil panjang perzona tanpa beban gempa.



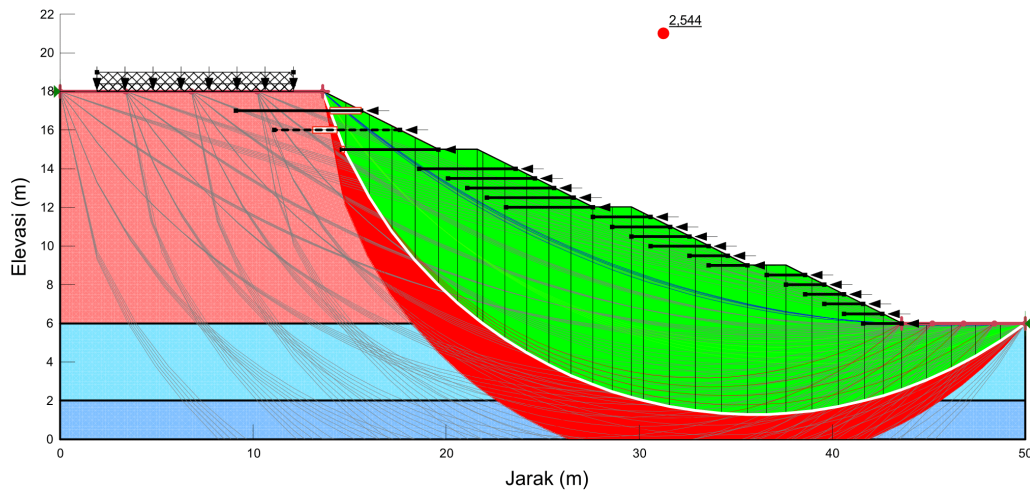
Gambar 5.54 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 3 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Tidak Seragam

Berikut ini Gambar 5.55 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 3 trap dengan perkuatan geotekstil panjang seragam 24 m tanpa beban gempa.



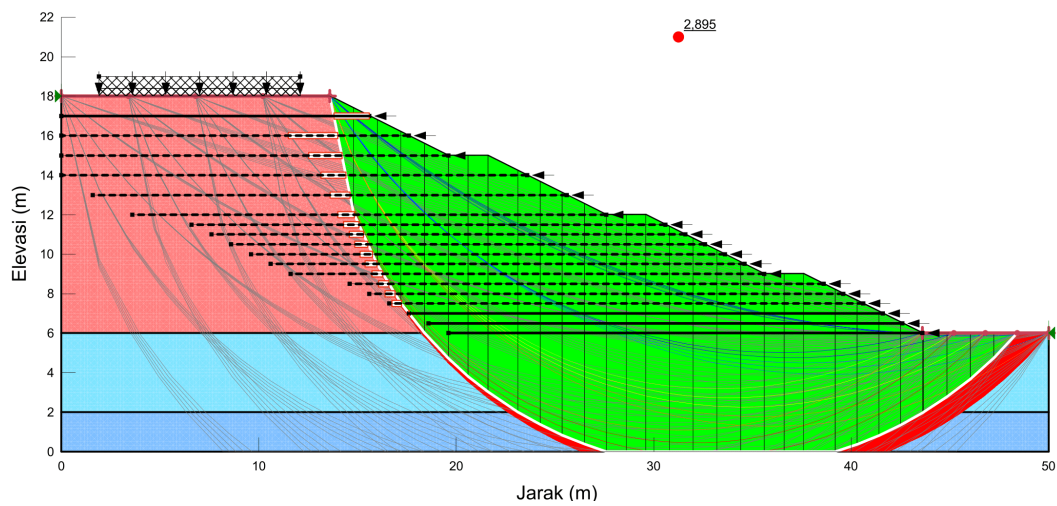
Gambar 5.55 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 3 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Seragam

Berikut ini Gambar 5.56 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 4 trap dengan perkuatan geotekstil panjang perzona tanpa beban gempa.



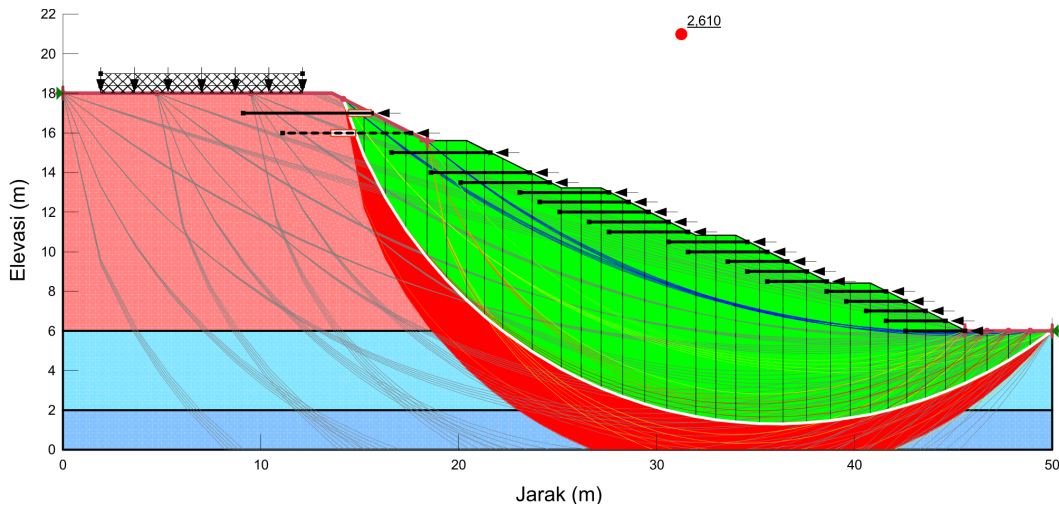
Gambar 5.56 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 4 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Tidak Seragam

Berikut ini Gambar 5.57 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 4 trap dengan perkuatan geotekstil panjang seragam 24 m tanpa beban gempa.



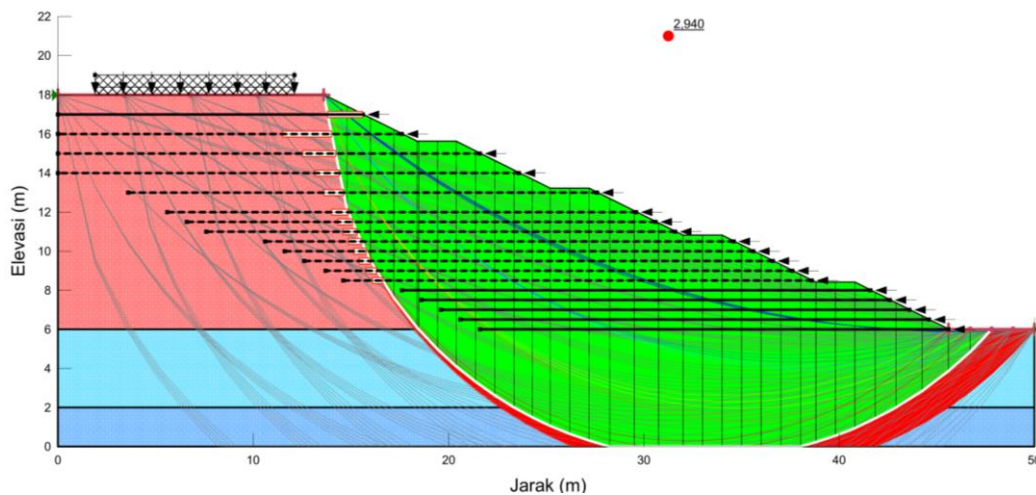
Gambar 5.57 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 4 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Seragam

Berikut ini Gambar 5.58 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 5 trap dengan perkuatan geotekstil panjang perzona tanpa beban gempa.



Gambar 5.58 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 5 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Tidak Seragam

Berikut ini Gambar 5.59 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 5 dengan perkuatan geotekstil panjang seragam 24 m tanpa beban gempa.



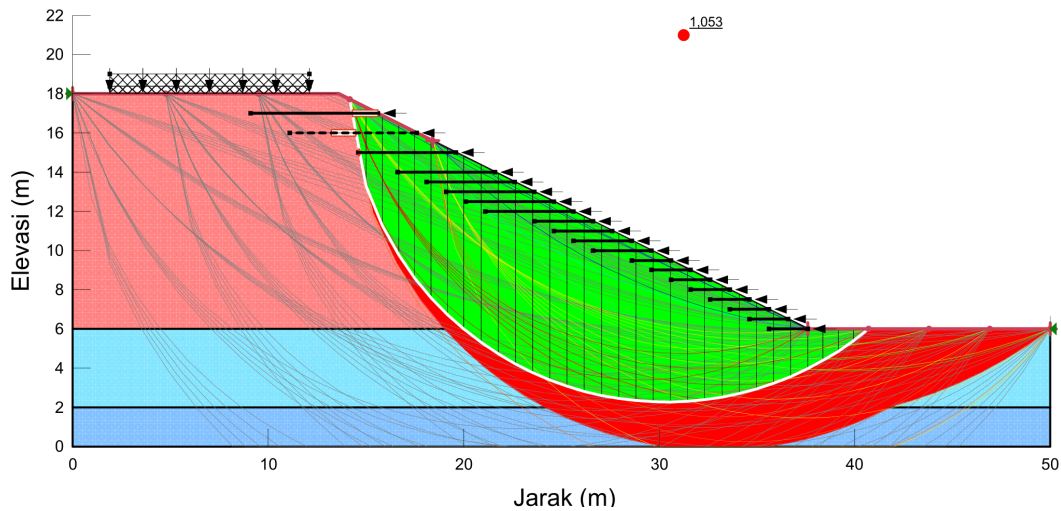
Gambar 5.59 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 5 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Seragam

Dari hasil analisis *software Slope/W* dengan menggunakan metode *Janbu Simplified* dengan perkuatan geotekstil tanpa pengaruh beban gempa didapatkan nilai faktor aman sebagai berikut ini.

1. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa trap dengan panjang geotekstil per zona sebesar 2,282.
2. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa trap dengan panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 2,737.
3. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 2 trap dengan panjang geotekstil per zona sebesar 2,43.
4. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 2 trap dengan panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 2,84.
5. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 3 trap dengan panjang geotekstil per zona sebesar 2,459.
6. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 3 trap dengan panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 2,89.
7. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 4 trap dengan panjang geotekstil per zona sebesar 2,544.
8. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 4 trap dengan panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 2,895.
9. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa 5 dengan panjang geotekstil per zona sebesar 2,61.
10. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa 5 dengan panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 2,94.

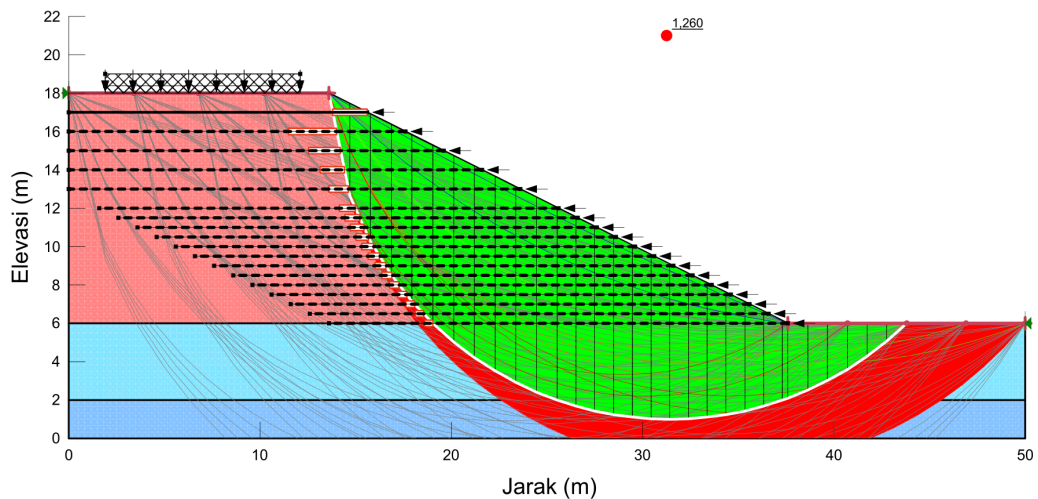
5.5.2 Analisis Stabilitas Timbunan dengan Perkuatan Geotekstil dengan Beban Gempa

Stabilitas pada sub-sub bab ini menambahkan pengaruh beban gempa pada stabilitas timbunan yang sudah diperkuat dengan geotekstil. Berikut ini Gambar 5.60 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan tanpa trap dengan perkuatan geotekstil panjang perzona dengan beban gempa.



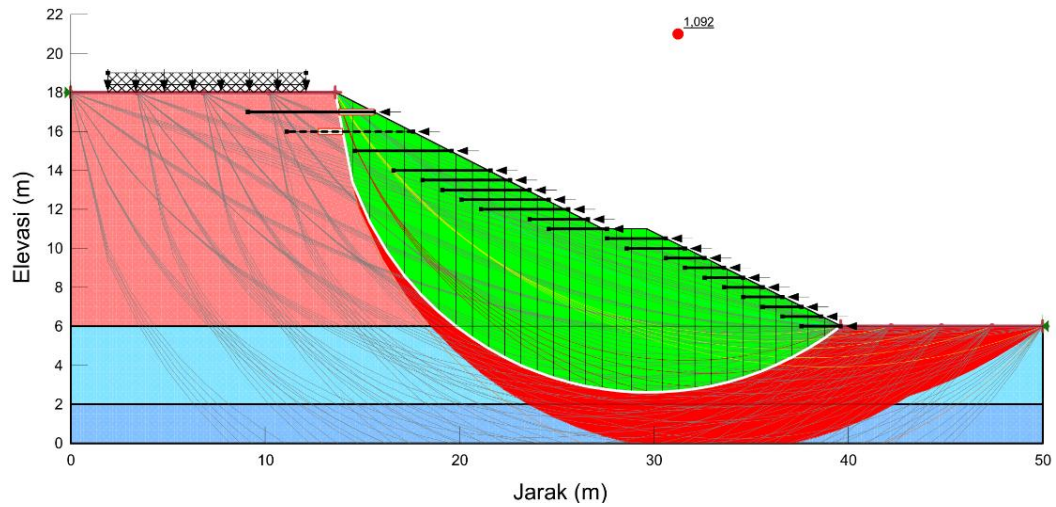
Gambar 5.60 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanpa Trap dengan Perkuatan Geotekstil Tidak Seragam dan Beban Gempa

Berikut ini Gambar 5.61 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan tanpa trap dengan perkuatan geotekstil panjang seragam 24 m dengan beban gempa.



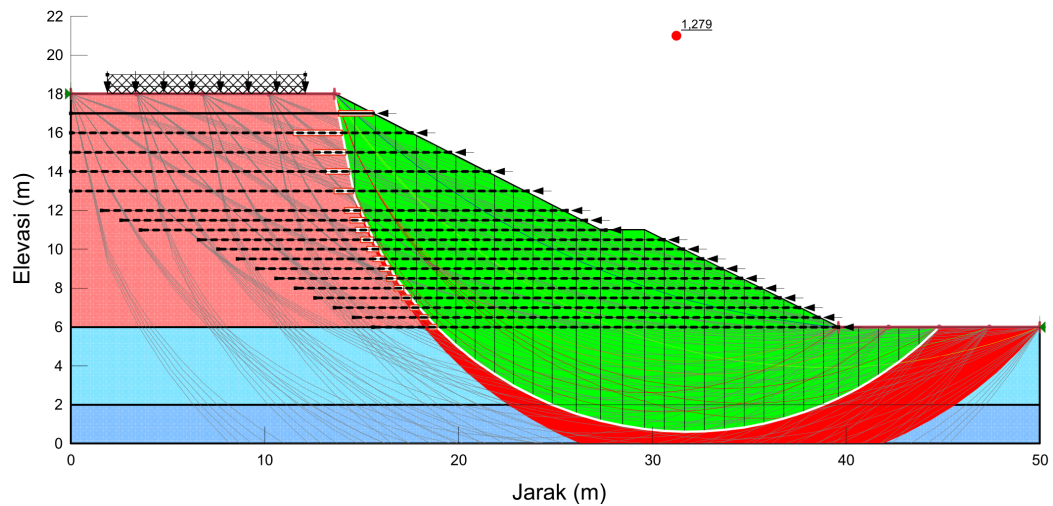
Gambar 5.61 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan Tanpa Trap dengan Perkuatan Geotekstil Seragam dan Beban Gempa

Berikut ini Gambar 5.62 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 2 trap dengan perkuatan geotekstil panjang perzona dengan beban gempa.



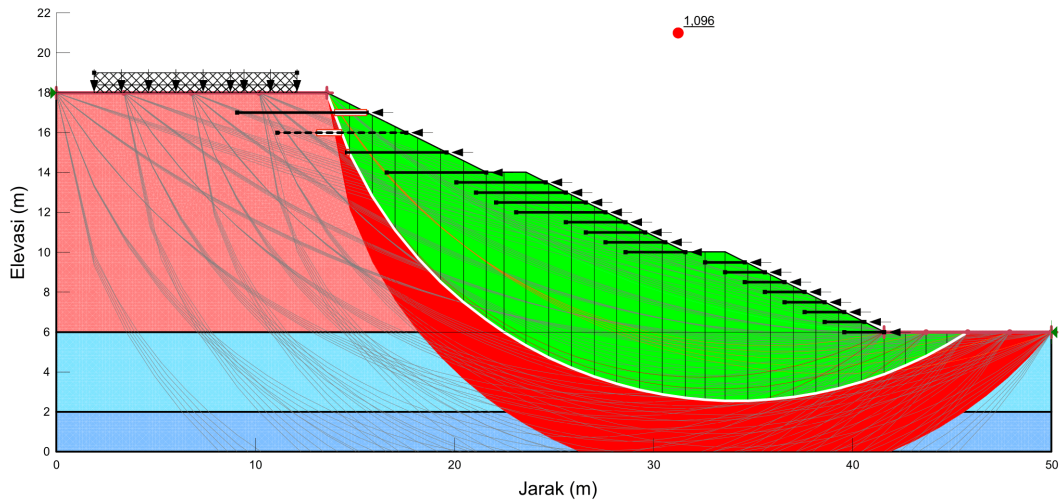
Gambar 5.62 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 2 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Tidak Seragam dan Beban Gempa

Berikut ini Gambar 5.63 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 2 trap dengan perkuatan geotekstil panjang seragam 24 m dengan beban gempa.



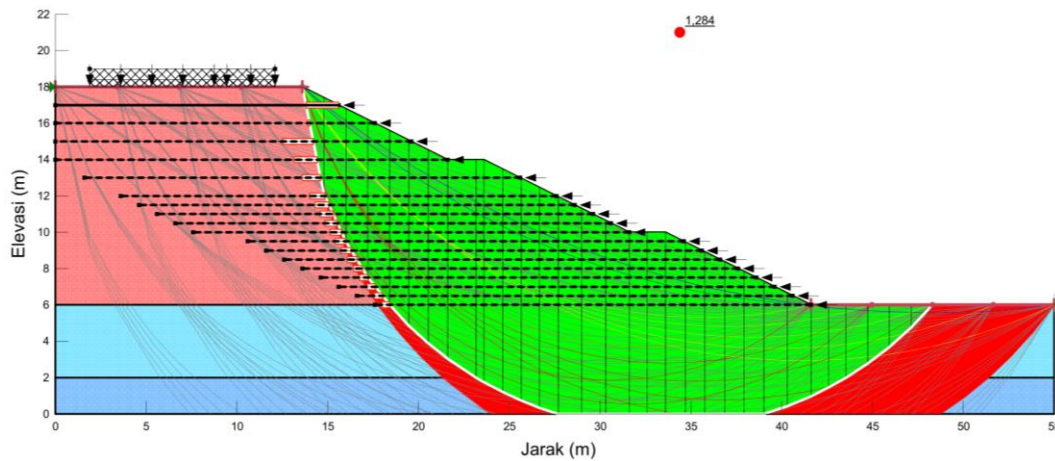
Gambar 5.63 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 2 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Seragam dan Beban Gempa

Berikut ini Gambar 5.64 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 3 trap dengan perkuatan geotekstil panjang perzona dengan beban gempa.



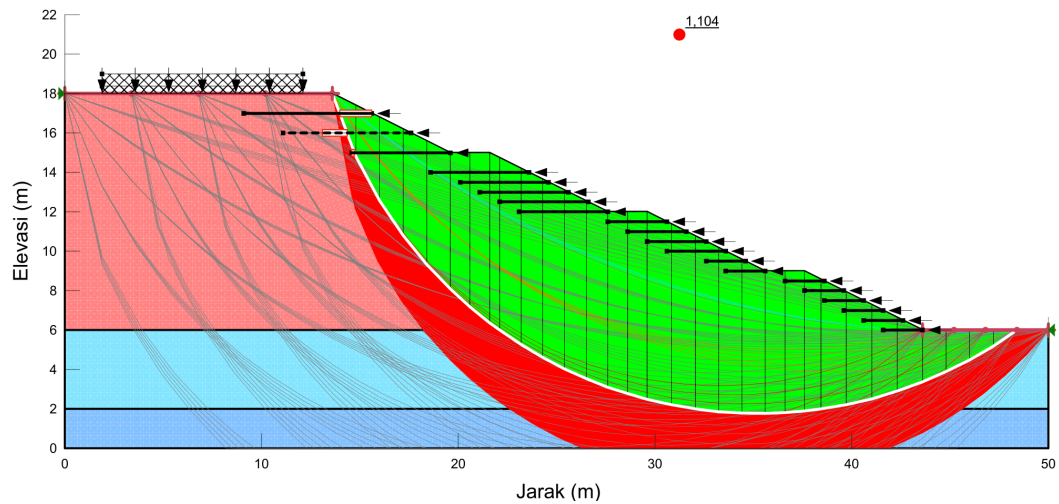
Gambar 5.64 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 3 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Tidak Seragam dan Beban Gempa

Berikut ini Gambar 5.65 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 3 trap dengan perkuatan geotekstil panjang seragam 24 m dengan beban gempa.



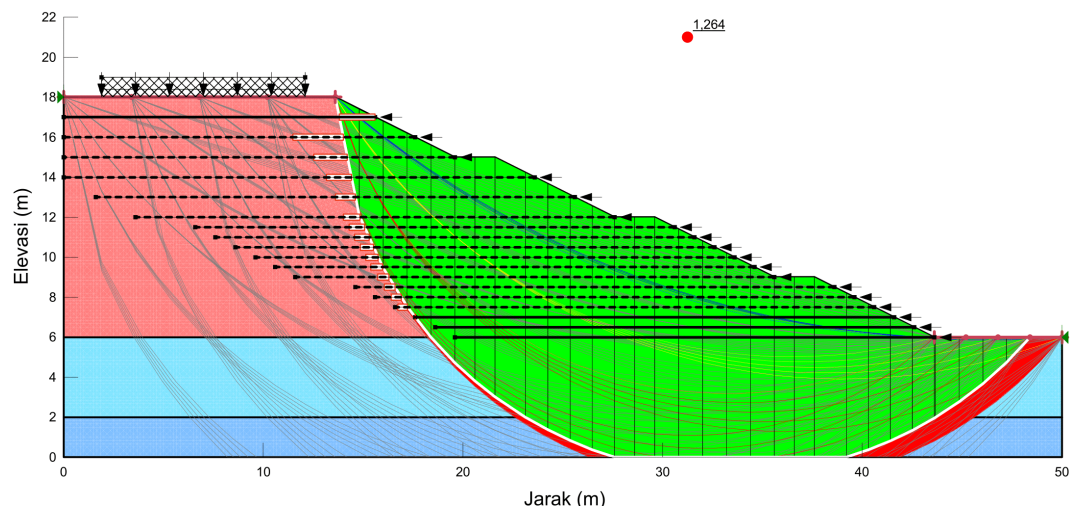
Gambar 5.65 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 3 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Seragam dan Beban Gempa

Berikut ini Gambar 5.66 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 4 trap dengan perkuatan geotekstil panjang perzona dengan beban gempa.



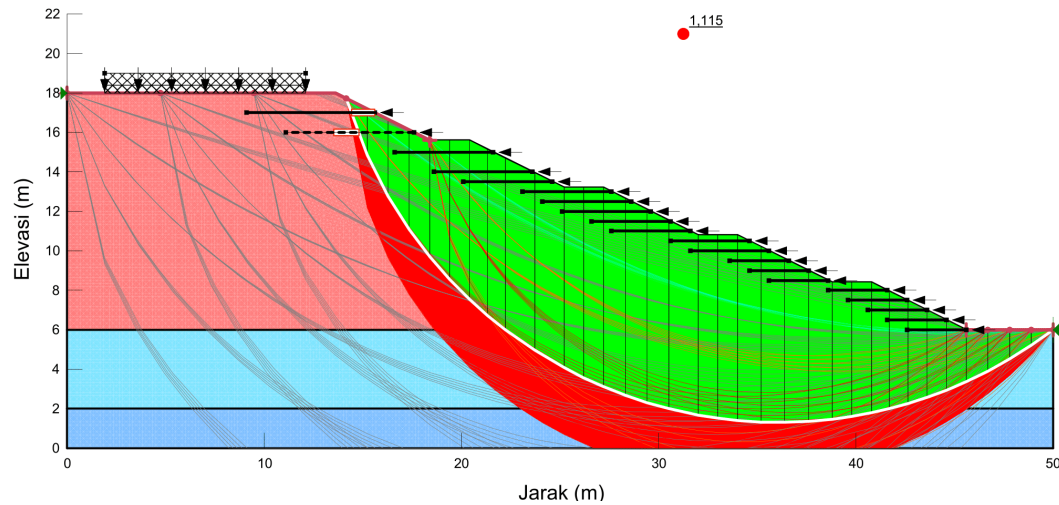
Gambar 5.66 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 4 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Tidak Seragam dan Beban Gempa

Berikut ini Gambar 5.67 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 4 trap dengan perkuatan geotekstil panjang seragam 24 m dengan beban gempa.



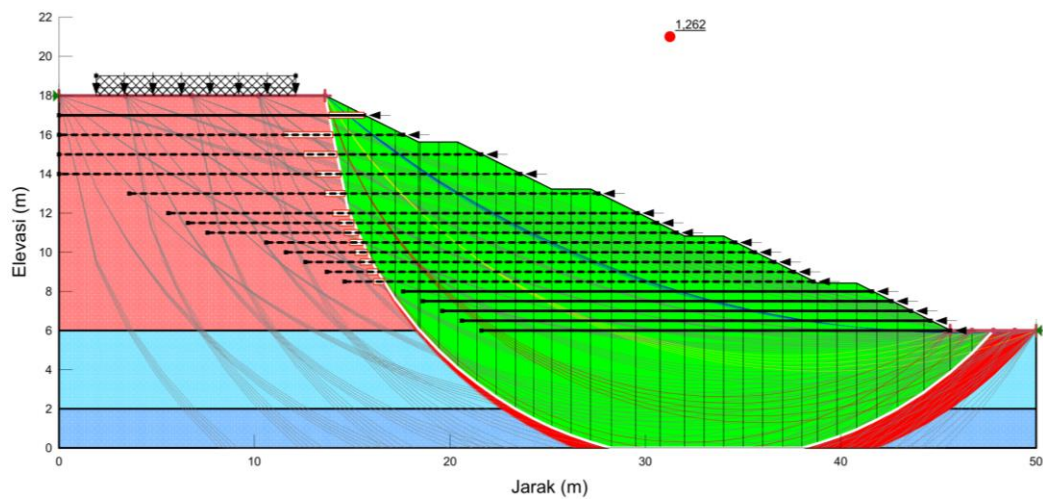
Gambar 5.67 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 4 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Seragam dan Beban Gempa

Berikut ini Gambar 5.68 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 5 trap dengan perkuatan geotekstil panjang perzona dengan beban gempa.



Gambar 5.68 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 5 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Tidak Seragam dan Beban Gempa

Berikut ini Gambar 5.69 merupakan hasil analisis stabilitas timbunan 5 trap dengan perkuatan geotekstil panjang seragam 24 m dengan beban gempa.



Gambar 5.69 Hasil Analisis Kelongsoran Timbunan 5 Trap dengan Perkuatan Geotekstil Seragam dan Beban Gempa

Dari hasil analisis *software Slope/W* dengan menggunakan metode *Janbu Simplified* dengan perkuatan geotekstil dengan pengaruh beban gempa didapatkan nilai faktor aman sebagai berikut ini.

1. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa trap dengan panjang geotekstil perzona sebesar 1,053.
2. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa trap dengan panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 1,26.
3. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 2 trap dengan panjang geotekstil perzona sebesar 1,092.
4. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 2 trap dengan panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 1,279.
5. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 3 trap dengan panjang geotekstil perzona sebesar 1,096.
6. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 3 trap dengan panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 1,284.
7. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 4 trap dengan panjang geotekstil perzona sebesar 1,104.
8. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan 4 trap dengan panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 1,264.
9. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa 5 dengan panjang geotekstil perzona sebesar 1,115.
10. Nilai faktor aman (SF) pada timbunan tanpa 5 dengan panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 1,262.

Analisis stabilitas timbunan tanpa pengaruh beban gempa dikatakan aman dan stabil jika angka aman (SF) $\geq 1,5$ dan untuk stabilitas timbunan dengan pengaruh beban gempa dikatakan stabil jika lereng memiliki SF $\geq 1,1$. Hasil analisis stabilitas lereng dengan variasi geometri penambahan trap, variasi metode kesetimbangan dan variasi beban gempa dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Timbunan Tanpa Perkuatan

Variasi	Fellenius				Janbu				Morgenstern-Price			
	Tanpa Gempa		Dengan Gempa		Tanpa Gempa		Dengan Gempa		Tanpa Gempa		Dengan Gempa	
Tanpa Trap	2,153	Aman	1,026	Tidak Aman	2,16	Aman	1,01	Tidak Aman	2,45	Aman	1,177	Aman
2 Trap	2,396	Aman	1,063	Tidak Aman	2,374	Aman	1,065	Tidak Aman	2,651	Aman	1,23	Aman
3 Trap	2,408	Aman	1,07	Tidak Aman	2,41	Aman	1,069	Tidak Aman	2,713	Aman	1,246	Aman
4 Trap	2,483	Aman	1,082	Tidak Aman	2,487	Aman	1,08	Tidak Aman	2,795	Aman	1,27	Aman
5 Trap	2,548	Aman	1,098	Tidak Aman	2,545	Aman	1,092	Tidak Aman	2,878	Aman	1,278	Aman
6 Trap	2,639	Aman	1,119	Aman	2,628	Aman	1,107	Aman	2,99	Aman	1,277	Aman

Tabel di atas menunjukkan hasil analisis stabilitas timbunan dengan variasi geometri terasering, variasi beban dan variasi metode kesetimbangan batas. Dapat dilihat di atas bahwa angka aman timbunan tanpa beban gempa pada semua variasi terasering dan variasi metode kesetimbangan batas melebihi batas minimum angka aman yang berarti timbunan tanpa beban gempa tersebut aman dan stabil. Namun ketika timbunan tersebut terkena pengaruh beban gempa, angka aman menjadi lebih kecil dan ada beberapa variasi timbunan yang memiliki angka aman kurang dari batas minimum angka aman yang berarti timbunan tersebut tidak aman atau tidak stabil.

Pada rekapitulasi angka aman di atas juga menunjukkan metode kesetimbangan batas yang menghasilkan angka aman yang paling kritis atau paling minimum. Hasil angka aman yang paling kritis yaitu pada analisis dengan metode *Janbu Simplified* yang hanya memperhitungkan kesetimbangan gaya saja, tanpa memperhitungkan kesetimbangan momen lereng timbunan tersebut.

Berikut ini Tabel 5.5 merupakan rekapitulasi hasil analisis stabilitas timbunan dengan pekuatan geotekstil *woven*.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Timbunan dengan Perkuatan Geotekstil

Variasi	Panjang Geotekstil Per Zona				Panjang Geotekstil Seragam 24 m			
	Tanpa Gempa		Dengan Gempa		Tanpa Gempa		Dengan Gempa	
Tanpa Trap+Geotekstil	2,282	Aman	1,053	Tidak Aman	2,737	Aman	1,26	Aman
2 Trap+Geotekstil	2,43	Aman	1,092	Tidak Aman	2,84	Aman	1,279	Aman
3 Trap+Geotekstil	2,459	Aman	1,096	Tidak Aman	2,89	Aman	1,284	Aman
4 Trap+Geotekstil	2,544	Aman	1,104	Aman	2,895	Aman	1,264	Aman
5 Trap+Geotekstil	2,61	Aman	1,115	Aman	2,94	Aman	1,262	Aman

Pemasangan geotekstil pada timbunan tanpa ada pengaruh beban gempa pada semua variasi geometri dan variasi panjang geotekstil menghasilkan timbunan yang aman dan stabil. Namun, pada timbunan yang ditambahkan pengaruh beban gempa pada pemasangan panjang geotekstil perzona ada yang tidak aman dan labil. Pada timbunan dengan pemasangan panjang geotekstil seragam 24 m tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada semua variasi geometrinya menghasilkan stabilitas yang aman dan stabil.

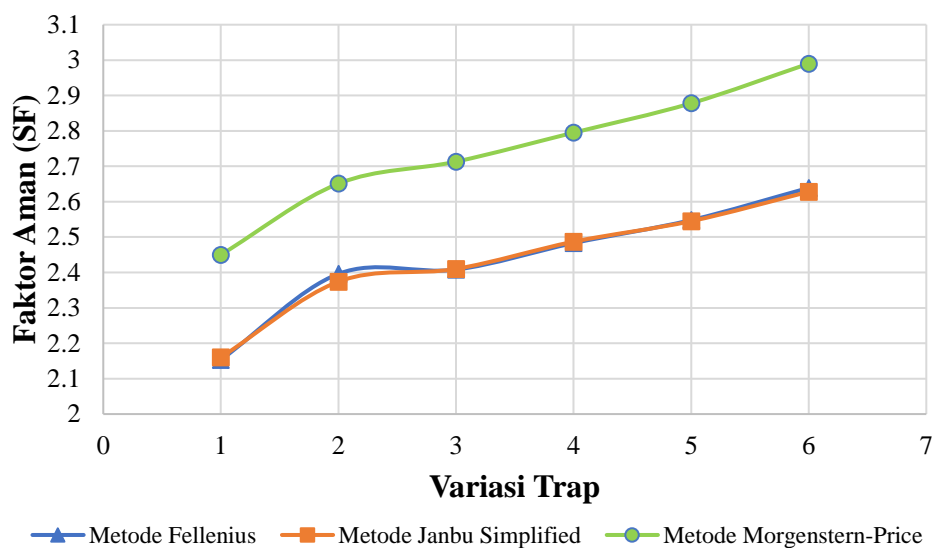
Penggunaan geotekstil dengan panjang perzona menghasilkan faktor aman relatif lebih kecil dibandingkan dengan faktor aman dengan panjang geotekstil seragam 24 m, bahkan hasil stabilitas timbunan masih dalam kondisi tidak aman atau labil. Sehingga lebih efektif jika timbunan diberi perkuatan geotekstil dengan panjang seragam 24 m yang akan menghasilkan kestabilan timbunan yang aman dan stabil.

5.6 Pembahasan

Pada penelitian ini akan membahas tentang perbandingan faktor aman (SF) pada variasi geometri terasering, variasi metode kesetimbangan batas, variasi beban dan variasi panjang geotekstil menggunakan program *Slope/W*.

5.6.1 Perbandingan Hasil Analisis Stabilitas Timbunan dengan Variasi Geometri dan Variasi Metode Kesetimbangan

Nilai faktor aman (SF) yang dihasilkan dari program *Slope/W* ini akan dibandingkan dengan penggunaan jenis-jenis metode kesetimbangan yang tersedia pada program tersebut, serta variasi penambahan trap pada timbunan. Perbandingan faktor aman (SF) hasil analisis program *Slope/W* dapat dilihat pada Gambar 5.70 berikut ini.



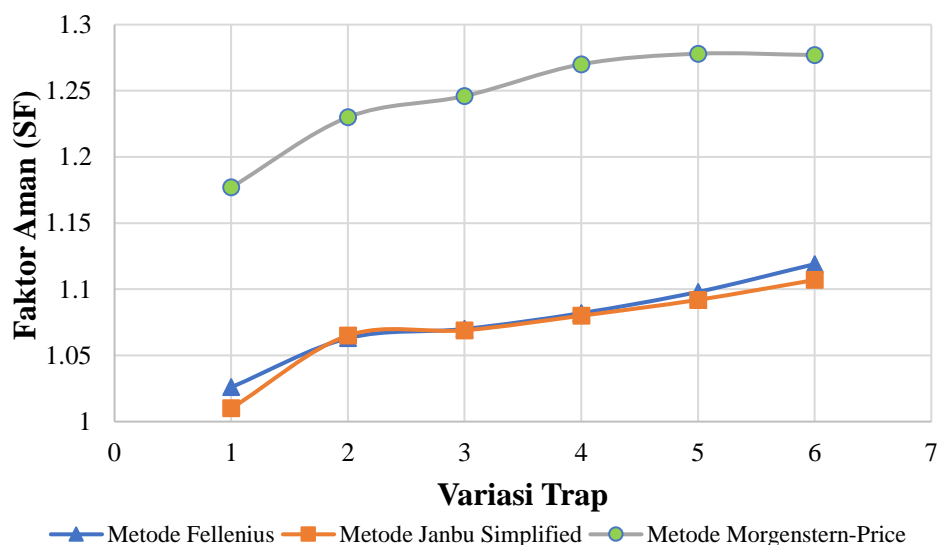
Gambar 5.70 Grafik Perbandingan Faktor Aman Timbunan dengan Variasi Geometri Tanpa Beban Gempa

Dapat dilihat pada grafik di atas bahwa semakin banyak jumlah pemotongan lereng dengan trap, maka semakin tinggi nilai faktor amannya. Hal tersebut diakibatkan karena bidang longsor yang seharusnya terjadi tersebut terpotong, sehingga massa tanah yang mengakibatkan longsor tersebut berkurang. Semakin

banyak jumlah trap juga kecepatan aliran air hujan yang melewati lereng timbunan akan semakin lambat, sehingga lereng tidak mudah tergerus air hujan tersebut.

Pada timbunan dengan penambahan trap dan berbagai metode kesetimbangan tanpa pengaruh beban gempa, terlihat faktor aman (SF) yang lebih dari 1,5 yang berarti lereng timbunan tersebut aman dan stabil sehingga tidak memerlukan perkuatan tambahan. Peningkatan rata-rata nilai faktor aman (SF) pada penambahan jumlah trap dengan metode *Fellenius*, *Janbu Simplified* dan *Morgenstern-Price* berturut-turut sebesar 9,72%, 9,36% dan 10,8%. Sehingga penambahan trap pada timbunan dapat dilakukan untuk menambah faktor aman.

Berikut ini Gambar 5.71 hasil perbandingan faktor aman (SF) timbunan dengan variasi geometri dan metode dengan penambahan pengaruh beban gempa.



Gambar 5.71 Grafik Perbandingan Faktor Aman Timbunan dengan Variasi Geometri dan Beban Gempa

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah pemotongan lereng dengan trap, maka semakin tinggi nilai faktor amannya. Sebabnya bidang longsor yang seharusnya terjadi tersebut terpotong menjadi beberapa trap, sehingga massa tanah yang mengakibatkan longsor dapat berkurang. Semakin banyak jumlah

trap juga kecepatan aliran air hujan pada lereng timbunan akan semakin lambat, sehingga lereng tidak mudah tergerus air hujan tersebut.

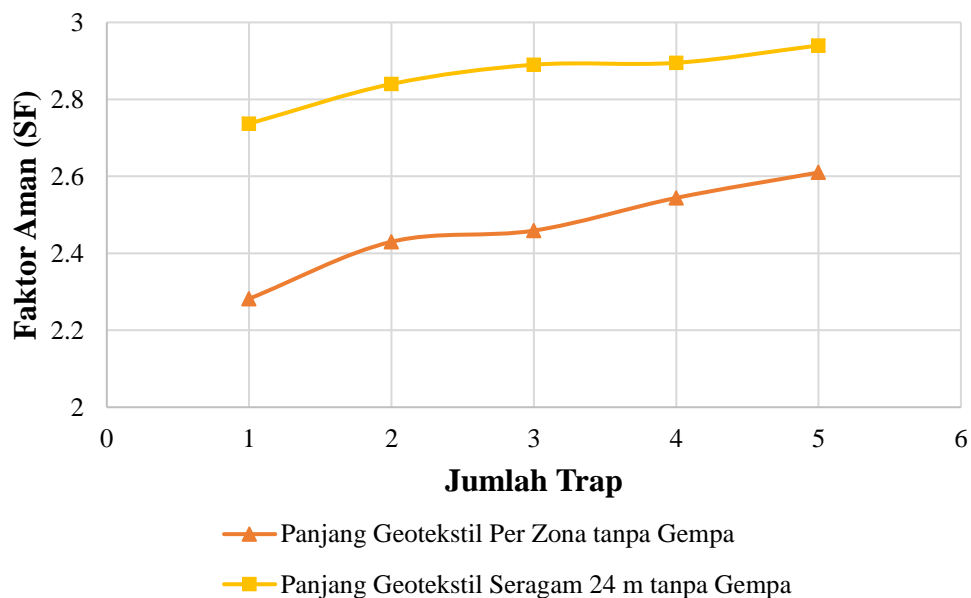
Pada timbunan dengan pengaruh beban gempa menghasilkan kondisi stabilitas yang berbeda-beda pada setiap penambahan trap dan metodenya. Pada timbunan dengan variasi tanpa trap sampai dengan 5 trap menggunakan metode *Fellenius* dan *Janbu Simplified* menghasilkan SF kurang dari 1,1 yang berarti lereng timbunan tersebut tidak aman dan labil, sehingga memerlukan perkuatan tanah tambahan. Sedangkan pada timbunan 6 trap dengan metode *Fellenius* dan *Janbu Simplified*, serta seluruh SF dengan metode *Morgenstern-Price* menghasilkan SF lebih dari 1,1 yang berarti timbunan pada variasi tersebut masih aman jika diberikan beban lalu lintas, beban perkerasan dan beban gempa. Peningkatan faktor aman (SF) pada penambahan jumlah trap dengan metode *Fellenius*, *Janbu Simplified* dan *Morgenstern-Price* berturut-turut sebesar 1,86%, 1,94% dan 2%, peningkatan tersebut relatif lebih kecil dibandingkan dengan peningkatan faktor aman (SF) pada timbunan tanpa pengaruh beban gempa.

Nilai faktor aman yang paling minimum jika dibandingkan dengan berbagai metode kesetimbangan lainnya adalah pada metode *Janbu Simplified*, metode yang hanya mempertimbangkan kesetimbangan gaya tanpa mempertimbangkan kesetimbangan momen yang bekerja pada timbunan tersebut. Oleh karena itu penelitian ini merekomendasikan analisis stabilitas lereng timbunan dengan metode *Janbu Simplified*, agar dapat mengakomodir hasil stabilitas yang dihasilkan oleh metode kesetimbangan batas lainnya. Selain itu, pada analisis stabilitas timbunan yang diperkuat dengan geotekstil juga akan menggunakan metode *Janbu Simplified* agar menghasilkan angka aman yang paling kritis.

Timbunan yang direkomendasikan sebagai alternatif desain perubahan geometri terasering jika terdapat pengaruh beban gempa yaitu pada lereng timbunan dengan jumlah 6 trap yang dianalisis menggunakan metode *Janbu Simplified* dengan hasil faktor aman lebih dari 1,1 yaitu sebesar 1,107, artinya lereng tersebut aman dan stabil dari longsoran.

5.6.2 Perbandingan Hasil Analisis Stabilitas Timbunan dengan Variasi Panjang Perkuatan Geotekstil

Timbunan dengan variasi panjang geotekstil akan dikorelasikan dengan semakin bertambahnya trap pada lereng timbunan tersebut, untuk mengetahui peningkatan atau penurunan faktor aman (SF) yang dihasilkan dan pemilihan rekomendasi alternatif perbaikan timbunan yang lebih efektif dan efisien. Berikut ini Gambar 5.72 merupakan perbandingan faktor aman (SF) timbunan dengan variasi panjang geotekstil tanpa pengaruh beban gempa.



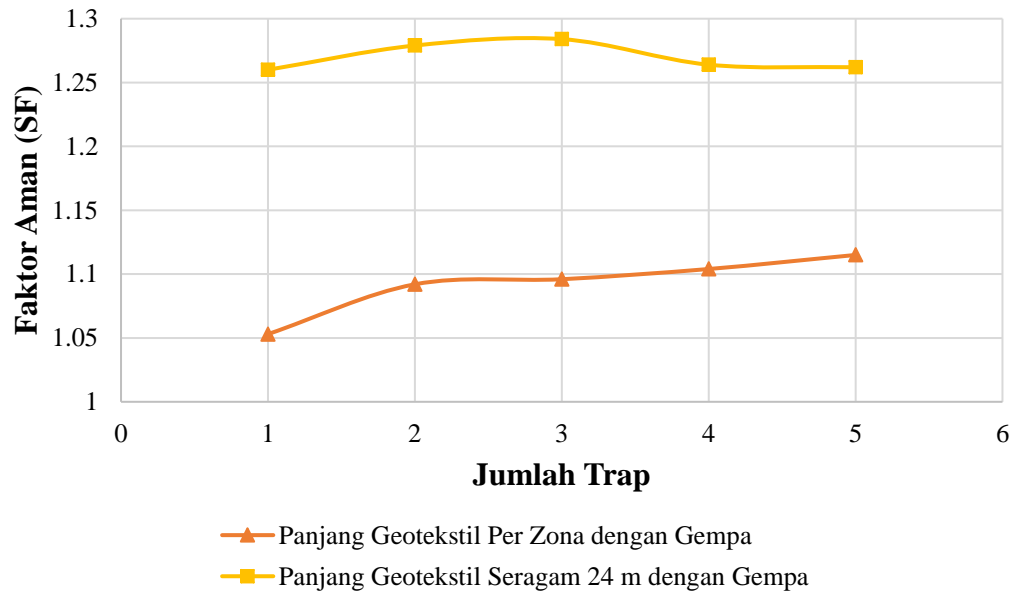
Gambar 5.72 Grafik Perbandingan Faktor Aman Timbunan dengan Variasi Panjang Geotekstil Tanpa Beban Gempa

Pada timbunan tanpa pengaruh beban gempa dengan perkuatan geotekstil, semakin bertambahnya jumlah trap maka nilai faktor aman (SF) yang dihasilkan meningkat. Peningkatan faktor aman (SF) tersebut mencapai 8,2% dan 5,075% untuk hasil berturut-turut dari panjang geotekstil perzona dan panjang geotekstil seragam 24 m. Dapat dilihat dari hasil peningkatan tersebut bahwa peningkatan SF yang lebih besar atau drastis yaitu pada penambahan perkuatan geotekstil dengan panjang perzona. Walaupun tidak selalu menghasilkan kondisi stabilitas timbunan

menjadi aman, tetapi dengan penambahan geotekstil dapat meningkatkan faktor aman suatu timbunan.

Hasil faktor aman timbunan tanpa beban gempa lebih besar yang dihasilkan oleh pemasangan panjang geotekstil seragam 24 m daripada panjang geotekstil perzona yang relatif lebih pendek. Hal tersebut disebabkan pemasangan geotekstil dengan panjang perzona pada lapisan geotekstilnya tidak terpasang sampai belakang bidang longsor, sehingga tidak ada tanah yang mengikat dan menahan geotekstil pada bidang longsor tersebut. Sedangkan pada pemasangan geotekstil dengan panjang seragam 24 m pada beberapa variasi trapnya menghasilkan panjang geotekstil yang mencapai belakang bidang longsor. Hal itu mengakibatkan geotekstil pada bidang longsor dapat tertahan atau terikat oleh tanah di belakang bidang longsor tersebut.

Berikut ini Gambar 5.73 adalah perbandingan faktor aman (SF) dengan variasi panjang geotekstil jika ditambah pengaruh beban gempa.



Gambar 5.73 Grafik Perbandingan Faktor Aman Timbunan dengan Variasi Panjang Geotekstil dengan Beban Gempa

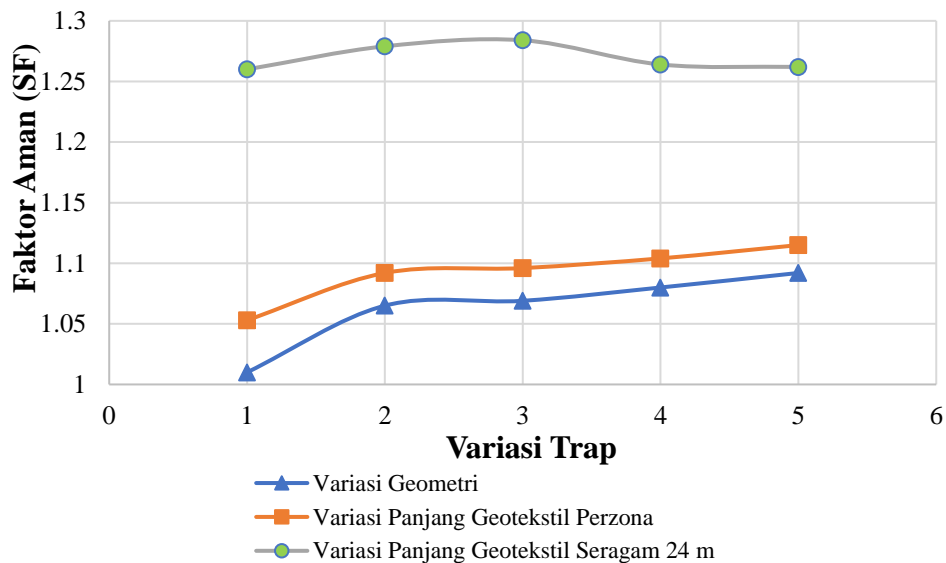
Pada timbunan dengan pengaruh beban gempa dan dengan perkuatan geotekstil, semakin bertambahnya jumlah trap maka nilai faktor aman (SF) yang

dihasilkan umumnya akan semakin meningkat. Hal tersebut terjadi pada faktor aman (SF) pemasangan geotekstil panjang perzona dengan peningkatan sebesar 1,55%. Namun berbeda dengan pemasangan geotekstil panjang seragam 24 m, pada variasi ini dihasilkan faktor aman (SF) meningkat sebesar 1,2% dan maksimum pada lereng timbunan 3 trap, serta setelahnya faktor aman (SF) menurun sebesar 1,1%. Hal tersebut terjadi karena pada timbunan 4 trap dan 5 trap, peran geotekstil tidak bekerja secara penuh karena panjang geotekstil tidak mencapai belakang bidang longsor yang berarti geotekstil tersebut tidak ada tanah yang menahan ketika terjadi longsor.

Hasil faktor aman timbunan dengan pengaruh beban gempa jika dibandingkan dengan variasi panjang geotekstil, hasil nilai faktor aman lebih besar yang dihasilkan oleh pemasangan panjang geotekstil seragam 24 m daripada panjang geotekstil perzona yang relatif lebih pendek. Hal tersebut disebabkan pemasangan geotekstil dengan panjang perzona pada seluruh lapisan geotekstinya tidak terpasang sampai belakang bidang longsor, sehingga tidak adanya tanah penahan geotekstil pada bidang longsor tersebut. Sedangkan pada pemasangan geotekstil dengan panjang seragam 24 m, beberapa panjang geotekstinya mencapai belakang bidang longsor. Hal tersebut mengakibatkan geotekstil pada bidang longsor dapat tertahan atau terikat oleh tanah di belakang bidang longsor tersebut, sehingga pemasangan geotekstil 24 m tersebut tidak menjadi penambah beban pada bidang longsonya. Walaupun demikian, pemasangan panjang geotekstil seragam 24 m dapat menjadi rekomendasi solusi untuk menjadikan timbunan tersebut menjadi aman dan stabil pada semua variasi trapnya.

5.6.3 Perbandingan Hasil Analisis Stabilitas Timbunan dengan Variasi Geometri dan Variasi Panjang Perkuatan Geotekstil

Pada sub-sub bab ini akan membahas perbandingan hasil analisis stabilitas timbunan terhadap variasi geometri penambahan trap dengan variasi panjang geotekstil. Berikut ini Gambar 5.74 grafik perbandingan faktor aman timbunan terhadap variasi trap dengan variasi panjang perkuatan geotekstil.



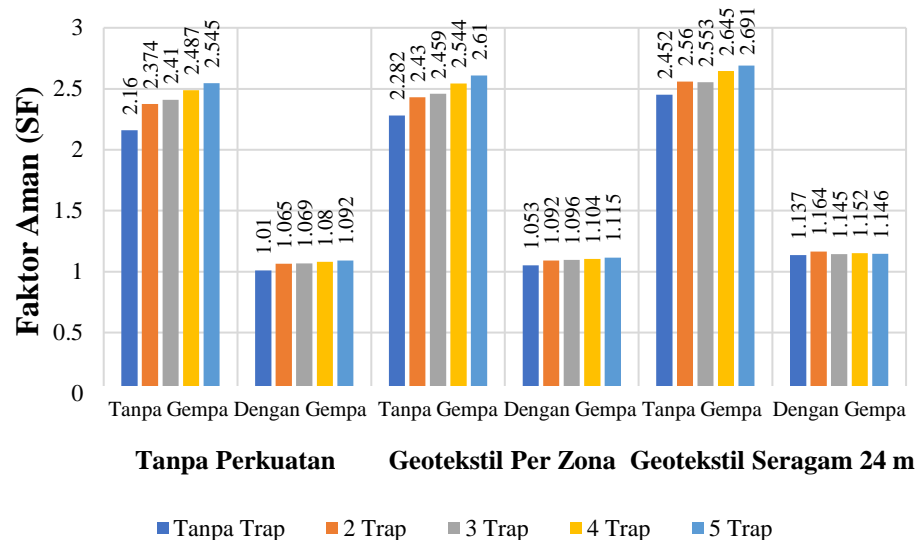
Gambar 5.74 Grafik Perbandingan Faktor Aman Timbunan terhadap Variasi Trap dengan Variasi Panjang Geotekstil

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa peningkatan faktor aman (SF) timbunan dengan variasi penambahan trap adalah relatif kecil dibandingkan dengan variasi panjang geotekstil. Perbandingan peningkatan faktor aman (SF) variasi penambahan trap terhadap variasi panjang geotekstil perzona sebesar 2,88%. Sedangkan perbandingan peningkatan faktor aman (SF) variasi panjang geotekstil per zona terhadap faktor aman (SF) variasi panjang geotekstil seragam 24 m sebesar 17,78%. Dari hasil tersebut dapat diartikan bahwa timbunan yang ditambah trap dengan timbunan yang dipasang panjang geotekstil perzona memiliki tingkat efektifitas yang lebih rendah dibandingkan timbunan yang dipasang panjang geotekstil seragam 24 m yang mencapai 17,78%.

Grafik di atas juga menunjukkan bahwa dengan penambahan trap, timbunan yang termasuk dalam kondisi aman dan stabil hanya sebesar 16,67% saja. Sedangkan kondisi timbunan yang aman dan stabil dengan pemasangan geotekstil panjang perzona sebesar 40%. Lain halnya dengan kondisi timbunan dengan pemasangan panjang geotekstil seragam 24 m yang menghasilkan kondisi aman dan stabil sebesar 100%. Hal tersebut memiliki arti bahwa seluruh kondisi timbunan tanpa trap sampai 5 trap memiliki kondisi yang aman dan stabil jika dipasang panjang geotekstil seragam sepanjang 24 m.

5.6.4 Perbandingan Hasil Analisis Stabilitas Timbunan tanpa dan dengan Gempa

Analisis stabilitas timbunan dipengaruhi oleh beban yang bekerja pada timbunan tersebut, tak terkecuali beban gempa. Pada penelitian ini beban gempa diasumsikan bekerja ke arah vertikal dan horisontal. Beban gempa yang bekerja pada timbunan ini memiliki percepatan arah vertikal (k_v) sebesar 0,493 dan percepatan arah horisontal sebesar (k_h) 0,493. Berikut ini grafik perbandingan stabilitas timbunan dengan dan tanpa beban gempa pada timbunan tanpa perkuatan dan dengan variasi panjang geotekstil dapat dilihat pada Gambar 5.75.



Gambar 5.75 Grafik Perbandingan Faktor Aman Timbunan Tanpa Gempa dan dengan Gempa

Grafik di atas menunjukkan bahwa pada timbunan tanpa beban gempa menghasilkan faktor aman (SF) $> 1,5$ yang berarti timbunan tersebut aman dan stabil. Namun pada semua timbunan tanpa perkuatan dan beberapa timbunan dengan geotekstil perzona yang dipengaruhi beban gempa menghasilkan faktor aman (SF) $< 1,1$ yang berarti timbunan tersebut labil dan tidak aman terhadap longsor. Perbandingan faktor aman (SF) timbunan tanpa gempa dan dengan gempa rata-rata sebesar 44,4062%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya pengaruh beban gempa sangat mempengaruhi stabilitas timbunan hingga mencapai kurang lebih dua kali lipat. Beban gempa dapat berpengaruh signifikan terhadap tegangan-tegangan dinamik horisontal dan vertikal pada lereng. Tegangan-tegangan tersebut menghasilkan tegangan normal dinamik dan tegangan geser sepanjang daerah yang berpotensi longsor. Jika dibandingkan dengan tegangan geser statik yang ada, tegangan-tegangan dinamik dapat melampaui tahanan geser ijin tanah. Hal ini yang menyebabkan ketidakstabilan lereng.