

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Analisa data membahas mengenai data-data yang telah ada, yaitu data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Data-data tersebut dianalisis sehingga memperoleh klasifikasi lapisan tanah dengan propertis tanah yang dibutuhkan dalam melakukan analisis seperti berat volume tanah (γ), sudut geser dalam (ϕ), dan kohesi (c). Data yang diperlukan dalam pemodelan selain data tanah yaitu data pembebanan serta data geotekstil yang digunakan. Data pembebanan terdiri dari beban lalu lintas, beban perkerasan serta beban gempa. Data-data ini akan menghasilkan estimasi berat struktur secara keseluruhan yang membebani badan jalan.

5.2 Analisa Data Tanah

Analisis data tanah memberikan penjelasan hasil penyelidikan tanah di sekitar lokasi studi kasus yaitu pada jalan tol Solo - Kertosono Sta 4+175, yang berupa data sekunder seperti data sondir dan data pengujian laboratorium. Penyelidikan atau pengujian tanah dilakukan dan hasil pengujiannya diolah oleh pihak laboratorium dari Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada serta laboratorium Wijaya-Waskita-Nindya KSO. Analisis data tanah diperlukan untuk penentuan kebutuhan perkuatan yang sesuai untuk digunakan, pada kasus ini khususnya menggunakan geotekstil.

5.2.1 Klasifikasi Tanah

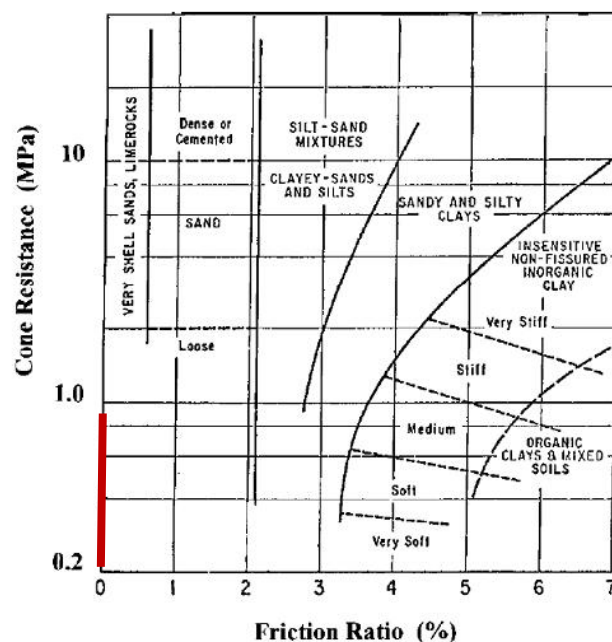
Klasifikasi tanah adalah penggambaran atau pengelompokkan jenis tanah yang memiliki karakteristik berbeda. Penentuan klasifikasi tanah pada lokasi studi kasus diperoleh berdasarkan hasil pengujian tanah dari uji sondir untuk klasifikasi tanah dasar serta uji laboratorium untuk klasifikasi tanah timbunan.

5.2.1.1 Klasifikasi Tanah Dasar Berdasarkan Data Sondir

Uji sondir atau yang disebut dengan CPT (*Cone Penetration Test*) diambil sebanyak 3 titik pada sekitar lokasi studi kasus yaitu sondir 1 (S1), sondir 2 (S2) dan sondir 3 (S3). Analisa data sondir dilakukan berdasarkan hasil uji sondir, yang meliputi nilai tekanan konus (q_c) dan *Friction Ratio* (FR). Hasil tersebut kemudian dihubungkan menggunakan grafik *Schmertmann*, sehingga dapat diketahui jenis tanah tiap lapisan yang terletak pada lokasi studi kasus. Penyelidikan sondir pada studi kasus ini diperuntukkan khusus untuk mengetahui jenis atau klasifikasi dari tanah dasar.

1. Titik Sondir 1 (S1)

Pengklasifikasian tanah menggunakan grafik *Schmertmann* dilakukan setiap kedalaman 0,2 meter sesuai dengan pengujian yang dilakukan di lapangan. Berdasarkan hasil uji sondir pada titik 1 (S1) yang terdapat pada Lampiran 2, nilai q_c pada kedalaman 0,2 meter sebesar 0,98 MPa dan FR sebesar 0%. Hasil dari grafik *Schmertmann* menunjukkan bahwa jenis tanah pada kedalaman 0,2 meter merupakan tanah pasir dan kerikil, seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Klasifikasi Tanah Menggunakan Grafik *Schmertmann* Untuk Tanah Pada Titik S1 Kedalaman 0,2 Meter

Pengklasifikasian tanah menggunakan grafik *Schmertmann* dilakukan setiap kedalaman 0,2 meter hingga pengujian sondir selesai dilakukan, dimana apabila pengujian sondir selesai dilakukan menandakan lapisan tanah keras telah dicapai dengan hasil nilai penetrasi konus (q_c) yang sangat tinggi. Pada Tabel 5.1 berikut merupakan hasil pengklasifikasian tanah pada titik sondir S1.

Tabel 5.1 Klasifikasi Tanah Pada Titik S1

Kedalaman (m)	q_c (kg/cm²)	FR (%)	Jenis Tanah
0	0	0	Pasir dan kerikil
0,2	10	0	Pasir dan kerikil
0,4	100	1,78	Pasir
0,6	70	0	Pasir dan kerikil
0,8	7	3,82	Lempung
1	8	4,46	Lempung
1,2	8	2,23	Pasir berlempung dan lanau
1,4	8	4,46	Lempung
1,6	95	0,94	Pasir dan kerikil
1,8	98	0,46	Pasir dan kerikil
2	110	0,41	Pasir dan kerikil
2,2	122	0,44	Pasir dan kerikil
2,4	130	0	Pasir dan kerikil
2,6	88	0	Pasir dan kerikil
2,8	111	0,32	Pasir dan kerikil
3	63	0	Pasir dan kerikil
3,2	100	0,27	Pasir dan kerikil
3,4	162	0,17	Pasir dan kerikil
3,6	46	0	Pasir dan kerikil
3,8	52	0,51	Pasir dan kerikil
4	32	0	Pasir dan kerikil
4,2	42	0,42	Pasir dan kerikil
4,4	46	0,39	Pasir dan kerikil
4,6	52	0,51	Pasir dan kerikil
4,8	66	0	Pasir dan kerikil
5	50	1,43	Pasir
5,2	75	0	Pasir dan kerikil
5,4	63	0,28	Pasir dan kerikil
5,6	62	0,43	Pasir dan kerikil
5,8	77	0,35	Pasir dan kerikil
6	60	0,89	Pasir dan kerikil
6,2	52	0	Pasir dan kerikil

Lanjutan Tabel 5.1 Klasifikasi Tanah Pada Titik S1

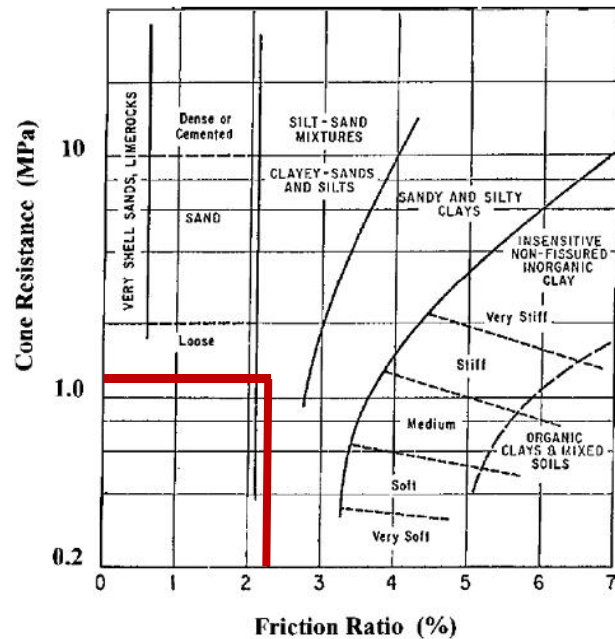
6,4	54	0	Pasir dan kerikil
6,6	64	0,42	Pasir dan kerikil
6,8	83	0,32	Pasir dan kerikil
7	74	0,36	Pasir dan kerikil
7,2	57	0,16	Pasir dan kerikil
7,4	69	0,39	Pasir dan kerikil
7,6	67	0,27	Pasir dan kerikil
7,8	69	0,39	Pasir dan kerikil
8	62	0	Pasir dan kerikil
8,2	200	0	Pasir dan kerikil

Berdasarkan Tabel 5.1 di atas yang menunjukkan jenis tanah setiap kedalaman 0,2 meter pada titik S1, maka secara umum lapisan tanahnya yaitu:

- a. Kedalaman 0 – 1,4 m : Lempung
- b. Kedalaman 1,4 – 8,2 m: Pasir dan kerikil

2. Titik Sondir 2 (S2)

Berdasarkan hasil uji sondir pada titik 2 (S2) yang terdapat pada Lampiran 2, nilai q_c pada kedalaman 0,2 meter sebesar 1,18 MPa dan FR sebesar 2,23 %. Hasil yang didapatkan dari grafik *Schmertmann* dengan menarik garis yang menghubungkan nilai q_c dan FR tersebut menunjukkan bahwa jenis tanah pada kedalaman 0,2 meter merupakan tanah pasir berlempung dan lanau yang dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Klasifikasi Tanah Menggunakan Grafik *Schmertmann* Untuk Tanah Pada Titik S2 Kedalaman 0,2 Meter

Pada Tabel 5.2 di bawah ini menunjukkan hasil pengklasifikasian tanah pada titik sondir S2 setiap kedalaman 0,2 meter hingga pada kedalaman uji sondir selesai dilakukan.

Tabel 5.2 Klasifikasi Tanah Pada Titik S2

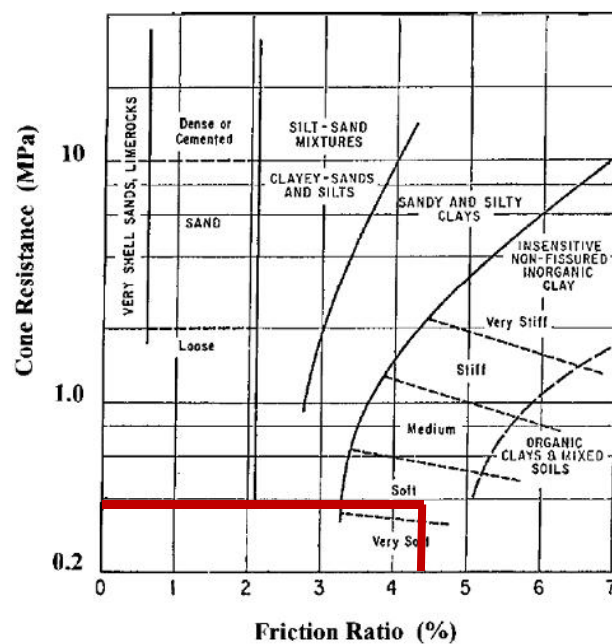
Kedalaman (m)	qc (kg/cm ²)	FR (%)	Jenis Tanah
0	0	0	Pasir dan kerikil
0,2	12	2,23	Pasir berlempung dan lanau
0,4	47	0,76	Pasir dan kerikil
0,6	32	0,56	Pasir dan kerikil
0,8	36	-0,25	Pasir dan kerikil
1	42	0	Pasir dan kerikil
1,2	15	2,97	Lempung berpasir dan berlanau
1,4	9	0	Pasir dan kerikil
1,6	36	0	Pasir dan kerikil
1,8	12	5,95	Lempung
2	65	1,37	Pasir
2,2	170	0,26	Pasir dan kerikil
2,4	200	0	Pasir dan kerikil

Berdasarkan tabel di atas yang menunjukkan jenis tanah setiap kedalaman 0,2 meter pada titik S2, maka secara umum lapisan tanahnya yaitu:

- a. Kedalaman 0 – 1,8 m : Lempung
- b. Kedalaman 1,8 – 2,4 m: Pasir dan kerikil

3. Titik Sondir 3 (S3)

Berdasarkan hasil uji sondir pada titik 3 (S3) yang terdapat pada Lampiran 2, nilai q_c pada kedalaman 0,8 meter sebesar 0,39 MPa dan FR sebesar 4,46 %. Hasil yang didapatkan dari grafik *Schmertmann* dengan menarik garis yang menghubungkan nilai q_c dan FR tersebut menunjukkan bahwa jenis tanah pada kedalaman 0,8 meter merupakan tanah lempung yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Klasifikasi Tanah Menggunakan Grafik *Schmertmann* Untuk Tanah Pada Titik S3 Kedalaman 0,8 Meter

Pada Tabel 5.3 berikut menunjukkan hasil pengklasifikasian tanah pada titik sondir S3 hingga pada kedalaman uji sondir selesai dilakukan.

Tabel 5.3 Klasifikasi Tanah Pada Titik S3

Kedalaman (m)	qc (kg/cm ²)	FR (%)	Jenis Tanah
0	0	0	Pasir dan kerikil
0,2	0	0	Pasir dan kerikil
0,4	0	0	Pasir dan kerikil
0,6	28	0	Pasir dan kerikil
0,8	4	4,46	Lempung
1	6	2,97	Lempung berpasir dan berlanau
1,2	5	1,78	Pasir
1,4	6	2,97	Lempung berpasir dan berlanau
1,6	9	2,97	Lempung berpasir dan berlanau
1,8	13	2,06	Pasir berlempung dan lanau
2	21	2,12	Pasir berlempung dan lanau
2,2	50	1,78	Pasir
2,4	200	0	Pasir dan kerikil

Berdasarkan tabel di atas yang menunjukkan jenis tanah setiap kedalaman 0,2 meter pada titik S3, maka secara umum lapisan tanahnya yaitu:

- a. Kedalaman 0 – 1,6 m : Lempung
- b. Kedalaman 1,6 – 2,4 m : Pasir dan kerikil

Berdasarkan hasil uji sondir berupa nilai penetrasi konus (qc) dan *Friction Ratio* (FR) pada titik S1, S2 dan S3 yang dihubungkan melalui grafik *Schmertmann*, maka dapat diambil hasil bahwa jenis tanah dasar dibedakan menjadi dua lapis tanah seperti yang terlihat dalam Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Jenis Tanah Dasar Berdasarkan Hasil Uji Sondir Pada Tiga Titik

Kedalaman	Jenis Tanah
0 – 1,8 meter	Lempung
1,8 – 8 meter	Pasir dan kerikil

5.2.1.2 Klasifikasi Tanah Timbunan Berdasarkan Uji Laboratorium

Uji laboratorium dilakukan pada tanah timbunan badan guna mendapatkan sifat fisik tanah, adapun uji yang dilakukan yaitu uji kepadatan (*Modified Proctor*), uji berat jenis, uji analisa saringan, uji batas cair dan batas plastis (*Atterberg Limit*) serta uji CBR yang dapat dilihat pada Lampiran 3.

Berdasarkan hasil rekapitulasi pengujian laboratorium untuk tanah timbunan pada Lampiran 3, disebutkan bahwa klasifikasi tanah timbunan masuk ke dalam tanah dengan simbol ML mengikuti sistem klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*). Klasifikasi tanah tersebut didasarkan pada beberapa pengujian yang telah dilakukan, seperti uji analisa saringan dan uji batas cair dan batas plastis (*Atterberg Limit*).

Diketahui dari hasil uji analisa saringan sesuai yang terlampir pada Lampiran 3 bahwa tanah sebanyak lebih dari 50 % lolos saringan No. 200, kemudian hasil pengujian *Atterberg Limit* yang juga terdapat pada Lampiran 3 memperlihatkan bahwa batas cair (LL) sebesar 46,80 %. Hasil dari pengujian tersebut kemudian dihubungkan dengan tabel sistem klasifikasi tanah metode USCS, sehingga didapatkan jenis tanah ML. Maksud dari simbol ML dalam pengklasifikasian tanah tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Klasifikasi Tanah Timbunan Berdasarkan Metode USCS (*Unified Soil Classification System*)

Divisi utama		Simbol kelompok	Nama jenis	
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih terhalang saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar terhalang saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GC Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SW Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SP Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlempung atau berlempung
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlempung
		Lanau dan lempung batas cair > 50%	OL	Lanau organik dan lempung berlempung organik dengan plastisitas rendah
			MH	Lanau tak organik atau pasir halus, lanau elastis
Tanah dengan kadar organik tinggi	Lanau dan lempung batas cair > 50%	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
		Pt	Gambut dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Sumber: Hardiyatmo (2010)

Berdasarkan Tabel 5.5 dijelaskan bahwa tanah timbunan dengan simbol ML merupakan tanah lanau inorganik dengan plastisitas rendah, sesuai dengan hasil pengujian yang menunjukkan tanah tersebut 50 % lebih lolos saringan No.200 serta memiliki batas cair kurang dari 50 %. Berdasarkan gambar penampang melintang lokasi penelitian yang terdapat pada Lampiran 1 menunjukkan bahwa tanah timbunan yang digunakan setinggi 6 meter di atas tanah dasar.

5.2.2 Propertis Tanah

Propertis tanah digunakan untuk mendeskripsikan sifat-sifat tanah dan perilaku karakteristik tanah. Klasifikasi tanah dari uji sondir dan uji laboratorium untuk tanah dasar maupun timbunan telah ditentukan, selanjutnya yaitu menentukan data-data yang menjelaskan propertis dari setiap jenis atau klasifikasi tanah tersebut. Propertis tanah yang dibutuhkan dalam proses analisis di antaranya yaitu berat volume tanah (γ), sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c). Data-data tersebut diperoleh dari tabel-tabel korelasi antara jenis tanah dengan parameter tanah yang dibutuhkan. Berikut merupakan hasil dari nilai-nilai propertis tanah sesuai dengan klasifikasi tanah yang telah ditentukan.

1. Sudut Geser Dalam (ϕ)

Sudut geser dalam merupakan faktor dari kuat geser tanah bersamaan dengan nilai kohesi (c). Nilai dari sudut geser dalam (ϕ) dapat diperoleh dari hubungan jenis tanah dan nilai sudut geser yang mengacu pada Tabel 3.3.

Nilai sudut geser dalam (ϕ) yang diambil yaitu:

- a. Kerikil dan pasir : 35°
- b. Lempung : 25°
- c. Lanau : 27°

2. Berat Volume Tanah Basah (γ)

Nilai dari berat volume tanah basah (γ) untuk tanah dasar dapat diperoleh dari tabel korelasi antara jenis tanah non kohesif atau kohesif

dengan nilai berat volume tanah yang mengacu pada Tabel 3.2. Nilai berat volume tanah basah (γ) yang diambil untuk tanah dasar yaitu:

- a. Kerikil dan pasir : 18,5 kN/m³
- b. Lempung : 16 kN/m³

Nilai berat volume tanah basah (γ) untuk tanah timbunan yang berupa tanah lanau dihitung berdasarkan hasil uji laboratorium untuk penyelidikan kepadatan (*Modified Proctor*), dimana pada hasil uji tersebut didapatkan grafik hubungan antara berat volume tanah kering dan kadar air seperti yang terlampir pada Lampiran 3. Hasil yang diperoleh pada pengujian *Modified Proctor* yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Berat volume tanah kering } (\gamma_d) \text{ maksimal} &= 1,532 \text{ gr/cm}^3 \\ \text{Kadar air} &= 22,50 \% \end{aligned}$$

Nilai berat volume tanah basah (γ) untuk tanah timbunan dihitung berdasarkan Persamaan 3.1 dengan hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \gamma_d &= \frac{\gamma}{1+w} \times 100 \% \\ \gamma &= \frac{\gamma_d \times (1+w)}{100 \%} \\ &= \frac{1,532 \times (1+22,50 \%)}{100 \%} \\ &= 1,8767 \text{ gr/cm}^3 = 18,404 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

Jadi, nilai berat volume tanah basah (γ) untuk tanah lanau yaitu sebesar 18,404 kN/m³.

3. Kohesi (c)

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser tanah, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang

bekerja pada tanah. Deformasi dapat terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser.

Nilai dari kohesi (c) didapatkan dari tabel hubungan antara jenis tanah dan nilai kohesi serta tabel hubungan antara berat volume tanah basah dengan nilai kohesi yang mengacu pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5. Nilai kohesi yang diambil yaitu:

- a. Kerikil dan pasir : 0 kN/m^2
- b. Lempung : 25 kN/m^2
- c. Lanau : 7 kN/m^2

5.2.3 Rekapitulasi Data Propertis Tanah

Berdasarkan analisis data yang telah dilakukan baik untuk klasifikasi tanah dan propertis tanah, maka didapatkan hasil rekapitulasi data propertis tanah yang digunakan dalam pemodelan pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Data Propertis Tanah

	Pasir dan Kerikil	Lempung	Lanau	Satuan
Kedalaman	7,8 - 14	6 – 7,8	1 - 6	M
Berat Volume Tanah (γ)	18,50	16	18,404	kN/m^3
Kohesi (c)	0	25	7	kN/m^2
Sudut Geser Dalam (ϕ)	35	25	27	$^\circ$

5.3 Data Beban Lalu Lintas dan Beban Perkerasan

Beban yang diberikan pada timbunan badan jalan terdiri dari beban lalu lintas sebagai beban hidup dan beban perkerasan rigid sebagai beban mati. Menentukan besarnya beban lalu lintas yang melalui jalan tol berdasarkan tabel hubungan antara fungsi dan sistem jaringan jalan dengan beban lalu lintas yang melewati jalan tersebut, dimana tabel yang dimaksud mengacu pada Tabel 3.6. Jalan tol termasuk dalam jalan arteri primer dengan kecepatan rencana paling

rendah yaitu 60 km/jam, hal tersebut sesuai dengan batas kecepatan terendah untuk jalan bebas hambatan/jalan tol yang telah ditetapkan. Beban lalu lintas yang melalui jalan tol berdasarkan Tabel 3.6 yaitu sebesar 15 kN/m².

Beban perkerasan yang ada pada jalan tol juga diperhitungkan sebagai beban mati. Mengacu pada perhitungan yang dilakukan dalam sub bab 4.5.3, maka besarnya beban perkerasan yang ada pada lokasi penelitian yaitu 7,11 kN/m². Kombinasi dari beban lalu lintas dan beban perkerasan sebagai beban hidup dan beban mati menghasilkan besarnya beban yang ada pada jalan tol tersebut yaitu 22,11 kN/m².

5.4 Data Beban Gempa

Lokasi studi kasus yang berada pada Jalan Tol Solo-Kertosono, Surakarta memiliki percepatan puncak gempa atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) sebesar 0,364 g, mengacu pada Gambar 4.1. Data gempa tersebut yang digunakan dalam proses analisis dan bersumber dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman.

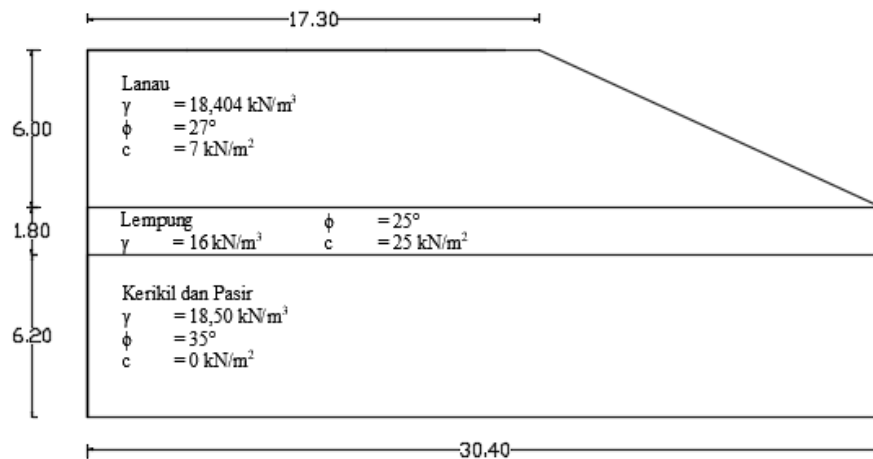
5.5 Data Geotekstil

Nilai kuat tarik ijin geotekstil yang dibutuhkan dalam pemodelan diperoleh dari brosur produksi PT. Teknindo Geosistem Unggul yang mengacu pada Lampiran 4, dimana jenis geotekstil yang digunakan merupakan geotekstil *woven* UW-250. Geotekstil dengan tipe UW 250 tersebut memiliki nilai kuat tarik ijin sebesar 52 kN/m.

5.6 Analisis Badan Jalan Tanpa Perkuatan

Berdasarkan isi pada Lampiran 1 yang berupa gambar penampang melintang jalan, digambarkan bahwa timbunan badan jalan pada jalan tol Solo - Kertosono Sta. 4 + 175 merupakan bidang yang simetris. Hal tersebut memiliki arti bahwa antara sisi kanan dan sisi kiri timbunan badan jalan memiliki geometri yang sama. Berdasarkan bidang yang simetris tersebut, maka pemodelan cukup dilakukan pada satu sisi dari timbunan badan jalan. Pada penelitian dilakukan

pemodelan dengan mengambil sisi sebelah kanan timbunan badan jalan, seperti yang terlihat pada Gambar 5.4 berikut.

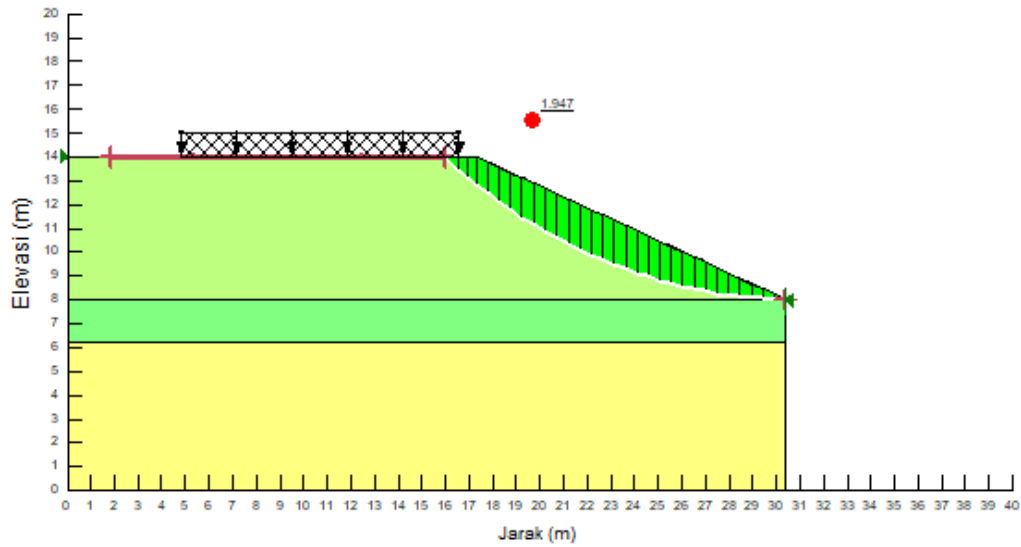


Gambar 5.4 Pemodelan Timbunan Badan Jalan

5.6.1 Analisis Badan Jalan Tanpa Perkuatan Menggunakan Metode *Fellenius* Pada Program *Geoslope*

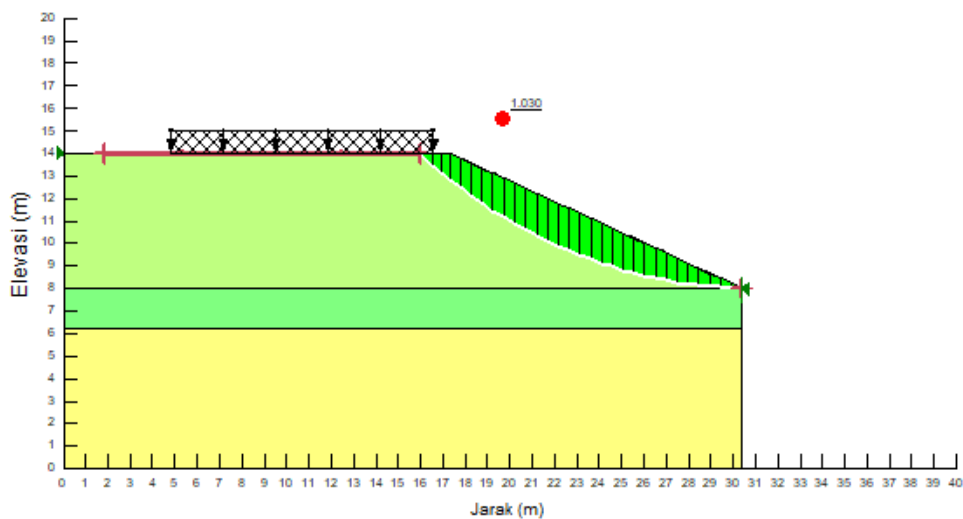
Pemodelan badan jalan tanpa perkuatan pada jalan tol Solo - Kertosono Sta. 4 + 175 menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* memperhitungkan beban struktur perkerasan, beban kendaraan serta beban gempa. Berdasarkan kondisi badan jalan yang simetris yaitu geometri sisi sebelah kanan dan kiri sama, maka pemodelan cukup dilakukan pada satu sisi badan jalan.

Langkah yang dilakukan yaitu membuat pemodelan dengan memasukkan data tanah dan beban serta menggambar atau menentukan lokasi terjadinya longsor dengan opsi *Entry and Exit*, selanjutnya dilakukan proses *running* untuk melihat hasil analisis dari pemodelan. Hasil analisis tanpa perkuatan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.5 Hasil Analisis Badan Jalan Tanpa Perkuatan Tanpa Beban Gempa Menggunakan Program *Geoslope*

Berdasarkan Gambar 5.5, diperoleh angka keamanan untuk badan jalan tanpa perkuatan menggunakan program *Geoslope* tanpa pengaruh beban gempa yaitu sebesar 1,947.



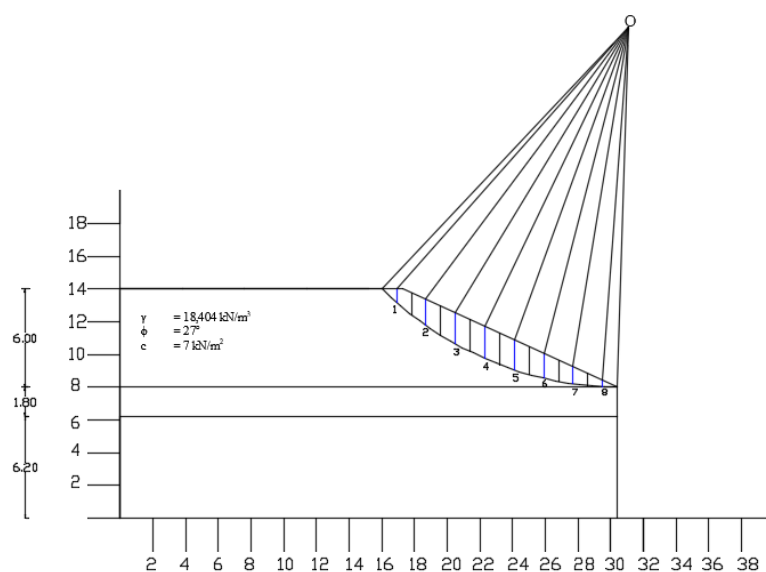
Gambar 5.6 Hasil Analisis Badan Jalan Tanpa Perkuatan dengan Beban Gempa Menggunakan Program *Geoslope*

Berdasarkan Gambar 5.6, diperoleh angka keamanan untuk badan jalan tanpa perkuatan menggunakan program *Geoslope* dengan pengaruh beban gempa yaitu sebesar 1,030.

Mengacu pada tabel hubungan antara angka aman dengan intensitas longsor yang ada pada Tabel 3.7, dikatakan bahwa nilai angka aman untuk lereng dengan intensitas longsor yang jarang terjadi atau lereng dikatakan relatif stabil apabila memiliki angka aman di atas 1,25. Berdasarkan hal tersebut maka kondisi badan jalan tanpa perkuatan pada Sta. 4 + 175 termasuk dalam lereng labil, sehingga diperlukan upaya untuk menstabilkan lereng dengan menambah perkuatan.

5.6.2 Analisis Badan Jalan Tanpa Perkuatan Menggunakan Metode *Fellenius* Secara Manual

Analisis badan jalan tanpa perkuatan menggunakan metode *Fellenius* tidak hanya dilakukan melalui program, melainkan juga dilakukan melalui perhitungan manual. Perhitungan manual menggunakan metode *Fellenius* hanya memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas dan beban perkerasan tanpa adanya pengaruh beban gempa. Pada Gambar 5.7 berikut merupakan ilustrasi pemodelan untuk perhitungan manual pada badan jalan tanpa perkuatan yang dibagi menjadi delapan irisan.



Gambar 5.7 Badan Jalan Tanpa Perkuatan Metode *Fellenius* Secara Manual

Langkah-langkah perhitungan stabilitas badan jalan tanpa perkuatan menggunakan metode *Fellenius* secara perhitungan manual adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan berat irisan tanah

$$W_i = \gamma \times A_i$$

Untuk irisan yang terdapat beban di atasnya, maka berat irisan dapat diperhitungkan dengan rumus berikut.

$$W_i = (\gamma \times A_i) + (q \times L)$$

Dimana q merupakan besarnya beban jalan (kN/m^2) dan L merupakan lebar irisan yang terkena beban (m).

Di bawah ini merupakan perhitungan berat irisan 1 sampai dengan 8 untuk badan jalan tanpa perkuatan.

$$W_1 = \gamma \times A_1 = (18,404 \times 1,4181) + (22,11 \times 0,55) = 38,2592 \text{ kN}$$

$$W_2 = \gamma \times A_2 = (18,404 \times 2,8614) = 52,6612 \text{ kN}$$

$$W_3 = \gamma \times A_3 = (18,404 \times 3,4048) = 62,6619 \text{ kN}$$

$$W_4 = \gamma \times A_4 = (18,404 \times 3,5263) = 64,8980 \text{ kN}$$

$$W_5 = \gamma \times A_5 = (18,404 \times 3,283) = 60,4203 \text{ kN}$$

$$W_6 = \gamma \times A_6 = (18,404 \times 2,7122) = 49,9153 \text{ kN}$$

$$W_7 = \gamma \times A_7 = (18,404 \times 1,838) = 33,8266 \text{ kN}$$

$$W_8 = \gamma \times A_8 = (18,404 \times 0,6753) = 12,4282 \text{ kN}$$

2. Perhitungan radians

$$\text{Rad}_i = \theta_i \times \frac{r}{180}$$

Contoh pada irisan 1:

$$\text{Rad}_1 = 42^\circ \times \frac{3,14}{180} = 0,73267$$

3. Perhitungan $\sin \alpha$

$$\text{Sin } \alpha_i = \text{Sin} (\text{Rad}_i)$$

Contoh pada irisan 1:

$$\text{Sin } \alpha_1 = \text{Sin} (0,73267) = 0,66885$$

4. Perhitungan $\cos \alpha$

$$\text{Cos } \alpha_i = \text{Cos} (\text{Rad}_i)$$

Contoh pada irisan 1:

$$\cos \alpha_1 = \cos (0,73267) = 0,74339$$

5. Perhitungan $W_i \times \sin \alpha_i$

Contoh pada irisan 1:

$$38,2592 \times 0,66885 = 25,5898 \text{ kN}$$

6. Perhitungan $W_i \times \cos \alpha_i$

Contoh pada irisan 1:

$$38,2592 \times 0,74339 = 28,4416 \text{ kN}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Perhitungan Badan Jalan Tanpa Perkuatan dengan Metode *Fellenius* Secara Manual

NO	Panjang Irisan	Luas Irisan	Sudut Tiap Irisan	Radians	Sin	Cos	Berat Irisan (Wi)	Wi × sin α	Wi × cos α
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	2.3941	1.4181	42	0.7327	0.6689	0.7434	38.2592	25.5898	28.4416
2	2.1963	2.8614	37	0.6454	0.6016	0.7988	52.6612	31.6785	42.0675
3	2.0606	3.4048	31	0.5408	0.5148	0.8573	62.6619	32.2586	53.7206
4	1.9509	3.5263	26	0.4536	0.4382	0.8989	64.8980	28.4360	58.3365
5	1.8963	3.283	20	0.3489	0.3419	0.9398	60.4203	20.6549	56.7802
6	1.8490	2.7122	15	0.2617	0.2587	0.9660	49.9153	12.9126	48.2162
7	1.8187	1.838	9	0.1570	0.1564	0.9877	33.8266	5.2890	33.4105
8	1.8031	0.6753	4	0.0698	0.0697	0.9976	12.4282	0.8665	12.3980
JUMLAH	15.9690	19.7191					375.0708	157.6860	333.3712

Nilai faktor keamanan:

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{(C \times L) + (\tan \phi \times \Sigma W \cos \alpha)}{\Sigma W \sin \alpha} \\
 &= \frac{(7 \times 15,969) + (\tan 27^\circ \times 333,371)}{157,686} \\
 &= 1,786
 \end{aligned}$$

Nilai faktor keamanan yang dihasilkan badan jalan tanpa perkuatan dengan metode *Fellenius* secara perhitungan manual, dimana tidak memperhitungkan pengaruh beban gempa yaitu sebesar 1,786. Hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan hasil analisis badan jalan tanpa perkuatan tanpa beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu 1,947.

5.7 Analisis Badan Jalan Dengan Perkuatan

Berdasarkan hasil analisis badan jalan tanpa perkuatan, didapatkan angka aman yang berada di bawah angka aman yang ditetapkan yaitu sebesar 1,30. Nilai angka aman yang dihasilkan yaitu sebesar 1,030 untuk kondisi yang telah diberikan semua beban antara lain beban kendaraan, beban perkerasan dan beban gempa, maka badan jalan termasuk dalam kondisi lereng labil.

Solusi mengatasi hal tersebut yaitu diperlukan suatu upaya atau tindakan guna menciptakan konstruksi yang aman dari kelongsoran. Pada penelitian ini ditambahkan perkuatan pada badan jalan dengan menggunakan lapis geotekstil, khususnya pada tanah timbunan. Jenis geotekstil yang digunakan adalah geotekstil *woven* tipe UW-250 yang merupakan produksi PT. Teknindo Geosistem Unggul. Pemasangan geotekstil yang dimodelkan dalam penelitian menggunakan beberapa variasi geotekstil baik itu variasi panjang geotekstil, jarak vertikal antar geotekstil serta variasi sudut kemiringan lereng.

5.7.1 Kebutuhan Geotekstil

Perencanaan perkuatan badan jalan menggunakan geotekstil dilakukan dengan perhitungan menggunakan stabilitas eksternal dan stabilitas internal lereng. Berikut merupakan data-data yang diperlukan untuk analisis stabilitas eksternal dan internal.

1. Tanah Timbunan

- | | |
|------------------------------------|----------------------------|
| a. Berat volume tanah (γ) | = 18,404 kN/m ³ |
| b. Kohesi (c) | = 7 kN/ m ² |
| c. Sudut gesek dalam (ϕ) | = 27° |
| d. Kemiringan lereng | = 25° |

2. Geotekstil

- | | |
|---------------------|---------------------------|
| a. Jenis geotekstil | = Geotekstil woven UW-250 |
| b. Kuat tarik | = 52 kN/m |

$$3. \text{ Beban merata (q)} = 22,11 \text{ kN/ m}^2$$

4. Koefisien Kapasitas Dukung Tanah

Nilai koefisien kapasitas dukung tanah yang digunakan merujuk pada Tabel 3.8, berikut merupakan nilai koefisien kapasitas dukung tanah sesuai dengan sudut geser dalam tanah timbunan sebesar 27° .

$$N_c = 23,94$$

$$N_\gamma = 14,47$$

5.7.1.1 Stabilitas Eksternal

1. Menentukan jarak vertikal antar geotekstil (S_v)

Digunakan angka aman (SF) = 1,5

$$K_a = \cos \beta \left(\frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \right)$$

$$K_a = \cos 25^\circ \left(\frac{\cos 25^\circ - \sqrt{\cos^2 25^\circ - \cos^2 27^\circ}}{\cos 25^\circ + \sqrt{\cos^2 25^\circ - \cos^2 27^\circ}} \right)$$

$$= 0,6259$$

$$\sigma_h = (q \times K_a) + (K_a \times H \times \gamma) - (2 \times c \times \sqrt{K_a})$$

$$\sigma_h = (22,11 \times 0,6259) + (0,6259 \times 6 \times 18,404) - (2 \times 7 \times \sqrt{0,6259})$$

$$= 71,882 \text{ kN/m}^2$$

$$S_v = \frac{T_a}{\sigma_h \times SF}$$

$$S_v = \frac{52}{71,882 \times 1,5}$$

$$= 0,482 \text{ m}$$

Dipasang $S_v = 0,4 \text{ m}$

$$\text{Jumlah lapis geotekstil} = \frac{H}{S_v} = \frac{6}{0,4} = 15 \text{ lapis}$$

2. Menentukan panjang geotekstil

a. Stabilitas terhadap geser

Digunakan angka aman (SF) = 1,5

$$L = \frac{SF \times (0.5 H^2 \gamma Ka) + (q Ka H) - (2 c \sqrt{Ka} H)}{H \gamma \operatorname{tg} \frac{2}{3} \phi}$$

$$L = \frac{1,5 \times (0.5 \cdot 6^2 \cdot 18,404 \cdot 0,6259) + (22,11 \cdot 0,6259 \cdot 6) - (2 \cdot 7 \cdot \sqrt{0,6259} \cdot 6)}{6 \cdot 18,404 \cdot \operatorname{tg} \frac{2}{3} 27^\circ}$$

$$= 9,362 \text{ meter}$$

b. Stabilitas terhadap guling

Digunakan angka aman (SF) = 1,5

$$SF = \frac{\sum M_R}{\sum M_D}$$

$$\sum M_R = 0,5 \times W \times L = 0,5 \times \gamma \times H \times L^2$$

$$\sum M_D = \left(q Ka \frac{1}{2} H^2 \right) + \left(\frac{1}{2} Ka \gamma H^2 \frac{1}{3} H \right) - \left(2 c \sqrt{Ka} \frac{1}{2} H^2 \right)$$

$$L^2 = \frac{SF \times \left(\frac{1}{3} H 0.5 H^2 \gamma Ka \right) + \left(q Ka \frac{1}{2} H^2 \right) - \left(2 c \sqrt{Ka} \frac{1}{2} H^2 \right)}{0.5 \gamma H}$$

$$= \frac{1,5 \times \left(\frac{1}{3} \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot 6^2 \cdot 18,404 \cdot 0,6259 \right) + \left(22,11 \cdot 0,6259 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6^2 \right) - \left(2 \cdot 7 \cdot \sqrt{0,6259} \cdot \frac{1}{2} \cdot 6^2 \right)}{0,5 \cdot 18,404 \cdot 6}$$

$$= 12,618 \text{ meter}$$

$$L = 3,552 \text{ meter}$$

c. Eksentrisitas

$$e \leq \frac{1}{6} L$$

$$e = \frac{\sum M_{aktif}}{Rv} = \frac{\left(q Ka \frac{1}{2} H^2 \right) + \left(\frac{1}{3} H 0.5 H^2 \gamma Ka \right) - \left(2 c \sqrt{Ka} \frac{1}{2} H^2 \right)}{(H \times \gamma \times L) + (q \times L)}$$

$$\frac{1}{6} L \geq \frac{\left(22,11 \cdot 0,6259 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6^2 \right) + \left(\frac{1}{3} \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot 6^2 \cdot 18,404 \cdot 0,6259 \right) - \left(2 \cdot 7 \cdot \sqrt{0,6259} \cdot \frac{1}{2} \cdot 6^2 \right)}{(6 \times 18,404 \times L) + (22,11 \times L)}$$

$$\frac{1}{6} L \geq \frac{464,451}{132,534 L}$$

$$L^2 \geq \frac{2786,704}{132,534}$$

$$L^2 \geq 21,026$$

$$L \geq 4,585$$

$$L = 4,585 \text{ meter}$$

d. Tinjauan terhadap kapasitas dukung tanah dasar

Digunakan angka aman (SF) = 2

$$N_c = 23,94$$

$$N_\gamma = 14,47$$

$$L \leq \frac{\sigma_{ult}}{H \times \gamma + q}$$

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

$$= (7 \cdot 23,94) + (0,5 \cdot L \cdot 18,404 \cdot 14,47)$$

$$= 167,58 + 133,153 L$$

$$\sigma_{ult} = q_{ult} \times 2$$

$$= (167,58 + 133,153 L) \times 2$$

$$= 335,16 + 266,306 L$$

$$L \leq \frac{335,16 + 266,306 L}{(6 \times 18,404) + 22,11}$$

$$-133,772 L \leq 335,16$$

$$L \leq -2,505$$

$$L = -2,505 \text{ meter}$$

Berdasarkan hasil perhitungan stabilitas eksternal di atas, maka diambil panjang geotekstil (L) yang maksimum dari hasil perhitungan yaitu sepanjang 9,362 meter yang dibulatkan menjadi 10 meter untuk kemudahan pelaksanaan di lapangan. Panjang 10 meter tersebut merupakan panjang geotekstil minimum yang digunakan dalam pemodelan dan merupakan hasil dari stabilitas terhadap geser.

5.7.1.2 Stabilitas Internal

1. Panjang geotekstil *overlapping*

Digunakan angka aman (SF) = 1,5

Sv digunakan dari hasil perhitungan sebelumnya yaitu sebesar 0,4 m

$$L_o = \frac{\sigma_{hc} \times S_v \times SF}{2 \times \gamma \times z \times \text{tg } \phi}$$

Pada geotekstil No.1

$$\sigma_{hc} = 71,882 \text{ kN/m}^2$$

$$SF = 1,5$$

$$S_v = 0,4 \text{ m}$$

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

$$\begin{aligned} L_o &= \frac{71,882 \times 0,4 \times 1,5}{2 \times 18,404 \times 6 \times \text{tg } 27^\circ} \\ &= 0,3833 \text{ meter} \end{aligned}$$

Panjang minimum untuk panjang *overlapping* yaitu sebesar 1 m, maka dari itu apabila pada hasil perhitungan kurang dari 1 m diambil L_o pakai sebesar 1 m. Hasil rekapitulasi panjang *overlapping* dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Panjang Geotekstil *Overlapping* (L_o) Untuk $S_v = 0,4 \text{ m}$

Geotekstil	S_v (m)	Z_i (m)	L_o (m)	L_o pakai (m)
Geotekstil No.15	0,4	0,4	5,749	5,80
Geotekstil No.14	0,4	0,8	2,875	2,90
Geotekstil No.13	0,4	1,2	1,916	2,00
Geotekstil No.12	0,4	1,6	1,437	1,50
Geotekstil No.11	0,4	2	1,150	1,20
Geotekstil No.10	0,4	2,4	0,958	1
Geotekstil No.9	0,4	2,8	0,821	1
Geotekstil No.8	0,4	3,2	0,717	1

Lanjutan Tabel 5.8 Panjang Geotekstil *Overlapping* (L_o) Untuk $S_v = 0,4$ m

Geotekstil No.7	0,4	3,6	0,639	1
Geotekstil No.6	0,4	4	0,575	1
Geotekstil No.5	0,4	4,4	0,523	1
Geotekstil No.4	0,4	4,8	0,479	1
Geotekstil No.3	0,4	5,2	0,442	1
Geotekstil No.2	0,4	5,6	0,411	1
Geotekstil No.1	0,4	6	0,383	1

2. Panjang efektif geotekstil

Digunakan angka aman (SF) = 1,5

$$L_e = \frac{SF \times S_v \times K_a \times \gamma \times z}{2 \times \gamma \times z \times \text{tg } \phi}$$

Pada geotekstil No.1

$$L_e = \frac{1,5 \times 0,4 \times 0,6259 \times 18,404 \times 6}{2 \times 18,404 \times 6 \times \text{tg } 27^\circ}$$

$$= 0,3685 \text{ meter}$$

Ketentuan panjang efektif (L_e) geotekstil adalah sebesar 1 m, sehingga apabila hasil perhitungan kurang dari 1 m maka L_e pakai yaitu sebesar 1 m. Pada Tabel 5.9 berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan L_e .

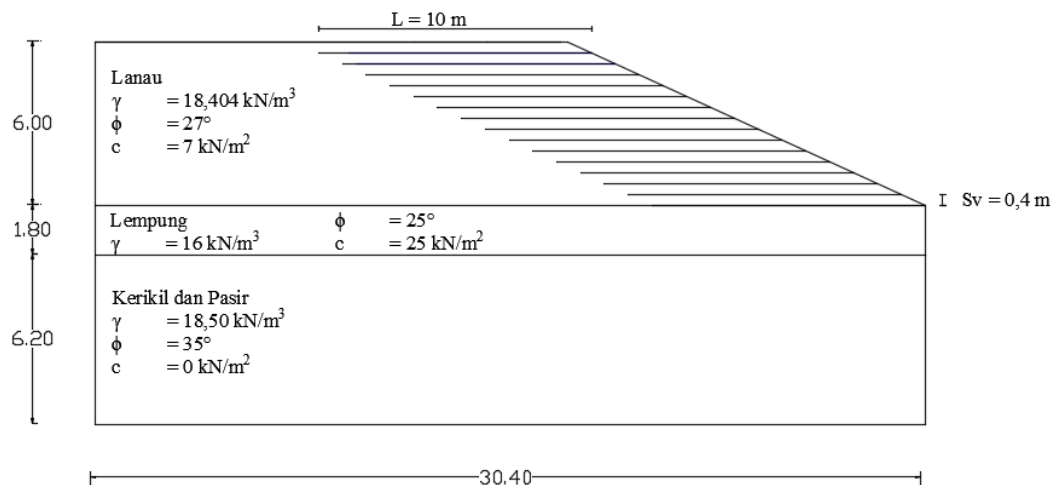
Tabel 5.9 Panjang Efektif Geotekstil (L_e) Untuk $S_v = 0,4$ m

Geotekstil	S_v (m)	Z_i (m)	L_e (m)	L_e pakai (m)
Geotekstil No.15	0,4	0,4	0,3685	1
Geotekstil No.14	0,4	0,8	0,3685	1
Geotekstil No.13	0,4	1,2	0,3685	1
Geotekstil No.12	0,4	1,6	0,3685	1
Geotekstil No.11	0,4	2	0,3685	1

Lanjutan Tabel 5.9 Panjang Efektif Geotekstil (L_e) Untuk $S_v = 0,4$ m

Geotekstil No.10	0,4	2,4	0,3685	1
Geotekstil No.9	0,4	2,8	0,3685	1
Geotekstil No.8	0,4	3,2	0,3685	1
Geotekstil No.7	0,4	3,6	0,3685	1
Geotekstil No.6	0,4	4	0,3685	1
Geotekstil No.5	0,4	4,4	0,3685	1
Geotekstil No.4	0,4	4,8	0,3685	1
Geotekstil No.3	0,4	5,2	0,3685	1
Geotekstil No.2	0,4	5,6	0,3685	1
Geotekstil No.1	0,4	6	0,3685	1

Pada Gambar 5.8 di bawah ini merupakan pemodelan dari badan jalan yang telah menggunakan geotekstil sesuai dengan kebutuhan yang telah diperhitungkan.

**Gambar 5.8 Pemodelan Badan Jalan Menggunakan Geotekstil**

5.7.2 Jenis Variasi Pemasangan Geotekstil

Pemodelan badan jalan dengan perkuatan geotekstil dilakukan dalam beberapa jenis variasi. Jenis variasi yang dilakukan yaitu variasi panjang geotekstil, jarak vertikal antar geotekstil dan sudut kemiringan lereng. Variasi yang ditetapkan berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan geotekstil menggunakan teori stabilitas

yang telah dilakukan pada lereng dengan sudut kemiringan sesuai dengan keadaan di lapangan sebesar 25° , yaitu panjang geotekstil 10 m dan jarak vertikal antar geotekstil 0,4 m. Berikut merupakan variasi yang dilakukan dalam pemodelan badan jalan tol Solo-Kertosono Sta. 4 + 175.

1. Variasi panjang geotekstil (L)

Jarak vertikal antar geotekstil yang digunakan pada setiap variasi panjang geotekstil sebesar 0,4 meter yang merupakan hasil dari perhitungan. Variasi panjang geotekstil yang dilakukan seperti berikut.

- | | |
|----------------------------|--------|
| a. Variasi panjang pertama | = 10 m |
| b. Variasi panjang kedua | = 13 m |
| c. Variasi panjang ketiga | = 15 m |

2. Variasi jarak vertikal antar geotekstil (S_v)

Pada variasi jarak vertikal antar geotekstil digunakan panjang 13 meter untuk setiap variasi, dimana panjang tersebut merupakan panjang yang lebih besar dari panjang minimum hasil perhitungan yaitu 10 m. Digunakan panjang 13 meter dengan tujuan apabila menggunakan variasi jarak vertikal selain dari hasil perhitungan sebesar 0,4 meter, akan menghasilkan badan jalan dalam keadaan stabil yaitu dengan faktor keamanan di atas angka aman yang telah ditetapkan. Variasi jarak vertikal antar geotekstil yang dilakukan seperti berikut.

- | | |
|----------------------------------|---------|
| Variasi jarak vertikal pertama | = 0,3 m |
| a. Variasi jarak vertikal kedua | = 0,4 m |
| b. Variasi jarak vertikal ketiga | = 0,6 m |

3. Variasi sudut kemiringan lereng (β)

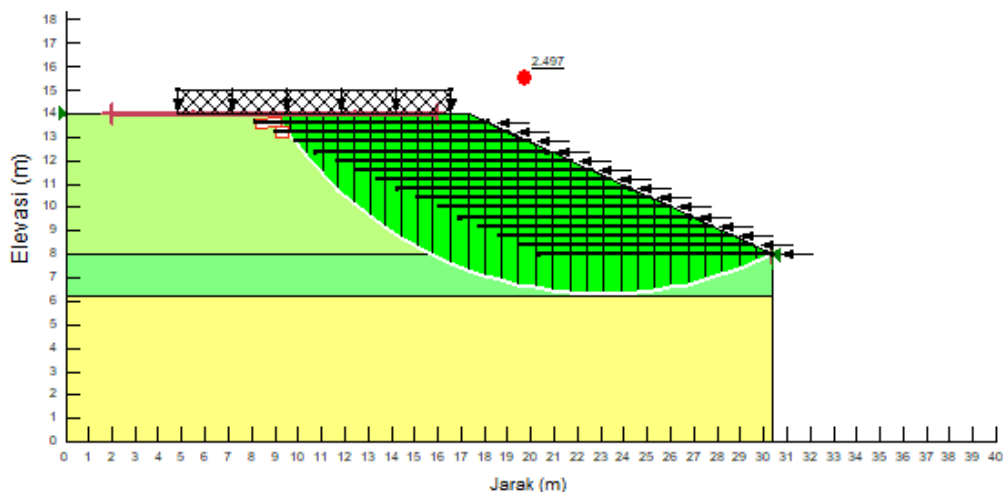
Jarak vertikal antar geotekstil dan panjang geotekstil yang digunakan pada setiap variasi sudut kemiringan lereng yaitu masing-masing sebesar 0,4 m dan 13 m. Variasi sudut kemiringan lereng yang dilakukan seperti berikut.

- a. Variasi panjang pertama = 19°
- b. Variasi panjang kedua = 25°
- c. Variasi panjang ketiga = 29°

5.7.3 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode *Fellenius* Pada Program *Geoslope* Variasi Panjang Geotekstil

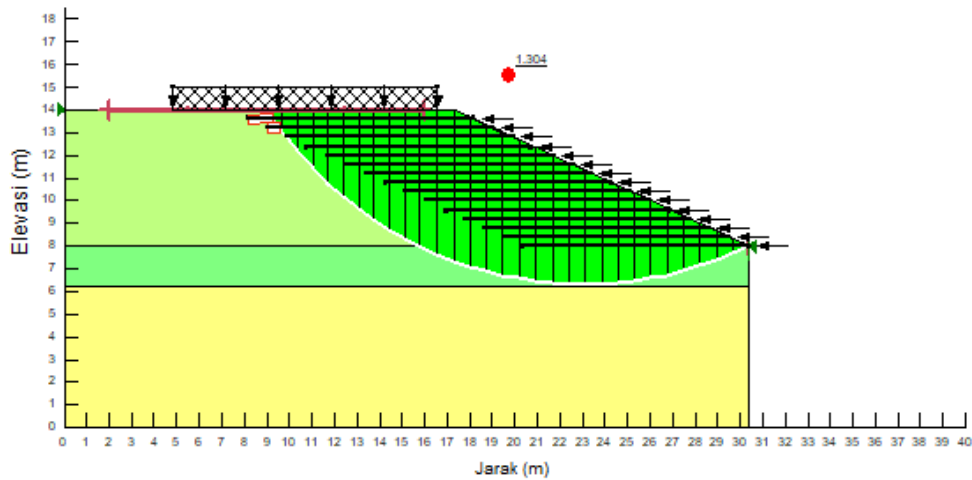
5.7.3.1 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Pertama ($S_v = 0,4 \text{ m}$; $L = 10 \text{ m}$)

Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi panjang pertama dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10.



Gambar 5.9 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Pertama Tanpa Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.9 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi panjang geotekstil pertama tanpa pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 2,497.



Gambar 5.10 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Pertama Dengan Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

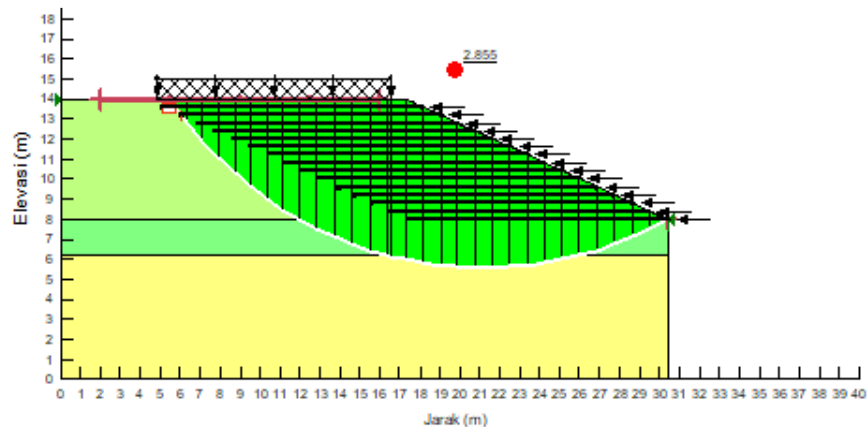
Pada Gambar 5.10 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi panjang geotekstil pertama dengan pengaruh beban gempa menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 1,304.

Berdasarkan hasil analisis badan jalan menggunakan perkuatan geotekstil untuk variasi panjang geotekstil pertama yaitu panjang 10 meter, dihasilkan faktor keamanan sebesar 2,497 untuk pemodelan tanpa beban pengaruh beban gempa dan sebesar 1,304 pada pemodelan yang dipengaruhi oleh beban gempa. *Output* yang dihasilkan pada program *Geoslope* memberikan gambaran beberapa bidang longsor potensial hingga yang paling kritis dari sebuah pemodelan. Pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 diperlihatkan bahwa bidang longsor kritis yang dihasilkan pada pemodelan dengan perkuatan geotekstil berbeda dengan bidang longsor tanpa perkuatan yang terlihat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6. Perbedaan yang terdapat terhadap bidang longsor kritis yang dihasilkan tetap menunjukkan bahwa lereng menggunakan perkuatan geotekstil sepanjang 10 meter dengan bidang longsor kritis yang lebih besar tersebut merupakan lereng stabil, sebab faktor keamanan yang dihasilkan berada di atas faktor keamanan yang ditetapkan sebesar 1,30.

5.7.3.2 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil

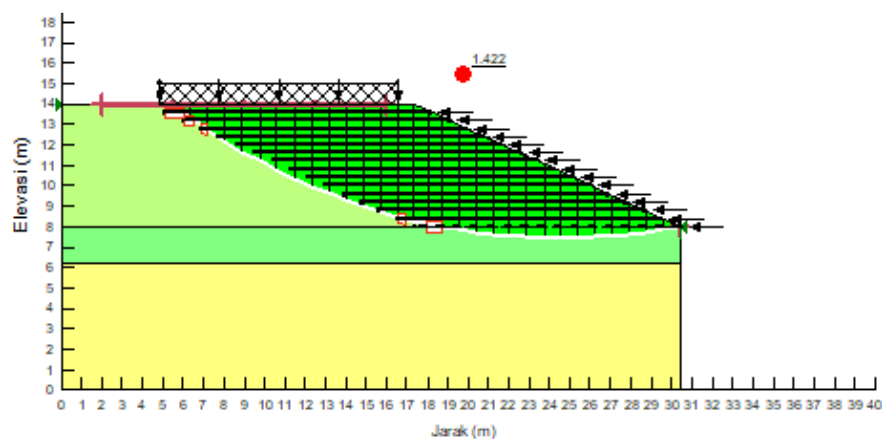
Kedua ($S_v = 0,4 \text{ m}$; $L = 13 \text{ m}$)

Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi panjang kedua dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12.



Gambar 5.11 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Kedua Tanpa Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.11 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi panjang geotekstil kedua tanpa pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 2,855.



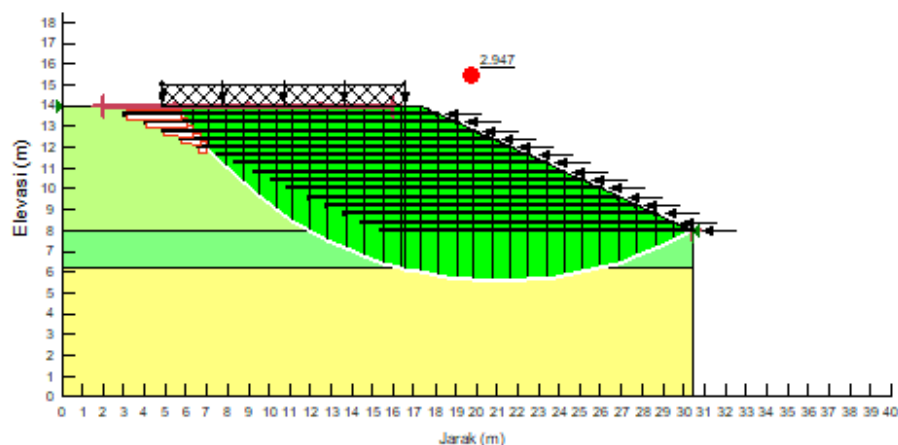
Gambar 5.12 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Kedua Dengan Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.12 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi panjang geotekstil kedua dengan pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 1,422.

Hasil analisis badan jalan menggunakan perkuatan geotekstil dengan variasi panjang kedua yaitu geotekstil sepanjang 13 meter, diperoleh faktor keamanan pada pemodelan tanpa pengaruh beban gempa sebesar 2,855 dan pada pemodelan yang dipengaruhi oleh beban gempa sebesar 1,422. Pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12, bidang longsor kritis yang dihasilkan merupakan bidang longsor yang berbeda antara pemodelan yang tidak dipengaruhi beban gempa dan yang dipengaruhi oleh beban gempa. Berdasarkan faktor keamanan yang dihasilkan khususnya pada pemodelan dengan pengaruh beban gempa yaitu sebesar 1,422, maka badan jalan dalam kondisi aman dan tidak labil sebab faktor keamanan berada di atas ketetapan yaitu 1,30.

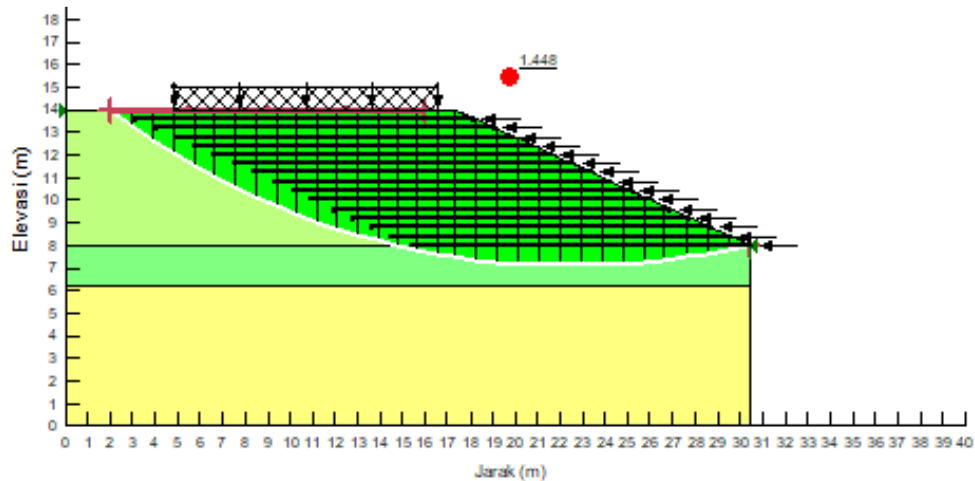
5.7.3.3 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Geotekstil Ketiga ($S_v = 0,4 \text{ m}$; $L = 15 \text{ m}$)

Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi panjang ketiga dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14.



Gambar 5.13 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Ketiga Tanpa Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.13 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi panjang geotekstil ketiga tanpa pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 2,947.



Gambar 5.14 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Ketiga Dengan Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

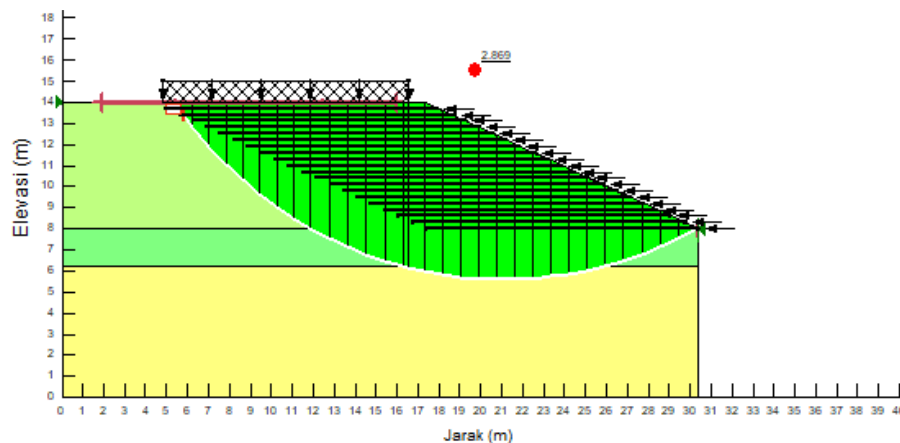
Pada Gambar 5.14 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi panjang geotekstil ketiga dengan pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 1,448.

Hasil analisis badan jalan menggunakan perkuatan geotekstil dengan variasi panjang ketiga yaitu dengan geotekstil sepanjang 15 meter menghasilkan nilai faktor keamanan pada pemodelan tanpa pengaruh beban gempa sebesar 2,947 dan pada pemodelan yang dipengaruhi oleh beban gempa sebesar 1,448. Bidang longsor kritis yang dihasilkan antara pemodelan tanpa beban gempa dan dengan beban gempa berbeda. Berdasarkan nilai faktor keamanan yang ditetapkan sebesar 1,30, maka pemodelan badan jalan menggunakan geotekstil dengan variasi panjang ketiga merupakan lereng stabil.

5.7.4 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode *Fellenius* Pada Program *Geoslope* Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil

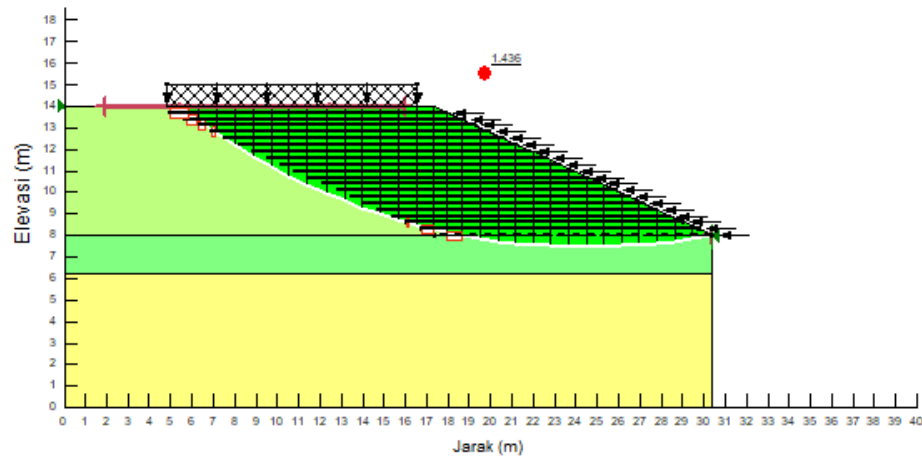
5.7.4.1 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil Pertama ($L = 13$ m; $S_v = 0,3$ m)

Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi jarak vertikal antar geotekstil pertama dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16.



Gambar 5.15 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil Pertama Tanpa Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.15 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi jarak vertikal antar geotekstil pertama tanpa pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 2,869.



Gambar 5.16 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil Pertama Dengan Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

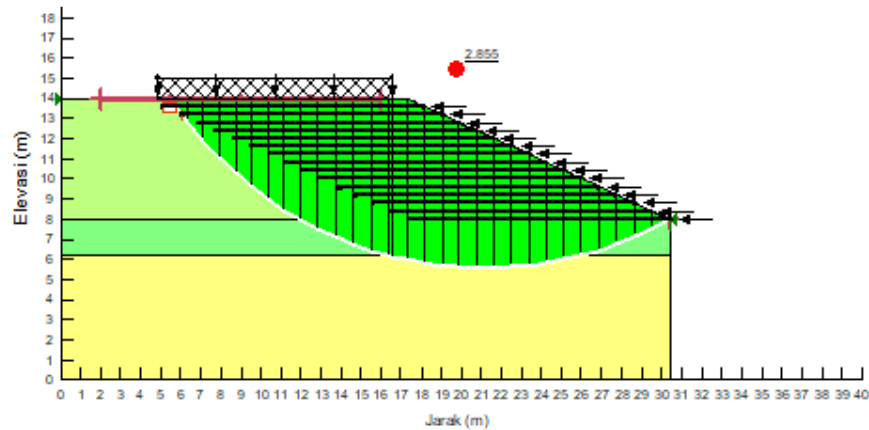
Pada Gambar 5.16 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi jarak vertikal antar geotekstil pertama dengan pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 1,436.

Analisis badan jalan menggunakan perkuatan geotekstil variasi jarak vertikal antar geotekstil pertama dengan S_v 0,3 meter menghasilkan bidang longsor kritis yang berbeda antara pemodelan dengan beban gempa dan tanpa beban gempa. Faktor keamanan yang dihasilkan sebesar 2,869 untuk pemodelan tanpa dipengaruhi oleh beban gempa dan sebesar 1,436 untuk pemodelan yang dipengaruhi oleh beban gempa. Nilai faktor keamanan yang dihasilkan berada di atas faktor keamanan yang ditetapkan yaitu 1,30, maka badan jalan termasuk dalam kondisi stabil dan longsor jarang terjadi.

5.7.4.2 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil Kedua ($L = 13$ m; $S_v = 0,4$ m)

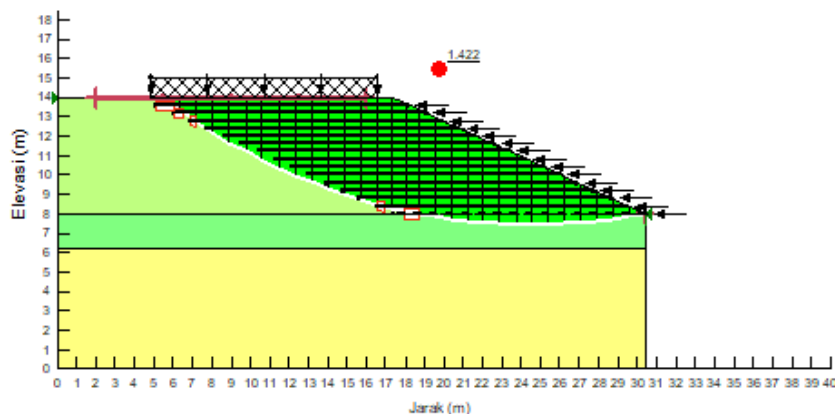
Analisis badan jalan dengan perkuatan variasi jarak vertikal antar geotekstil kedua dengan S_v 0,4 meter merupakan analisis yang sama dengan variasi panjang geotekstil kedua ($S_v = 0,4$ m dan $L = 13$ m), dimana pada variasi jarak vertikal antar geotekstil juga menggunakan panjang geotekstil 13 meter untuk setiap variasinya.

Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi jarak vertikal antar geotekstil kedua dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.



Gambar 5.17 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil Kedua Tanpa Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.17 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi jarak vertikal antar geotekstil kedua tanpa pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 2,855.



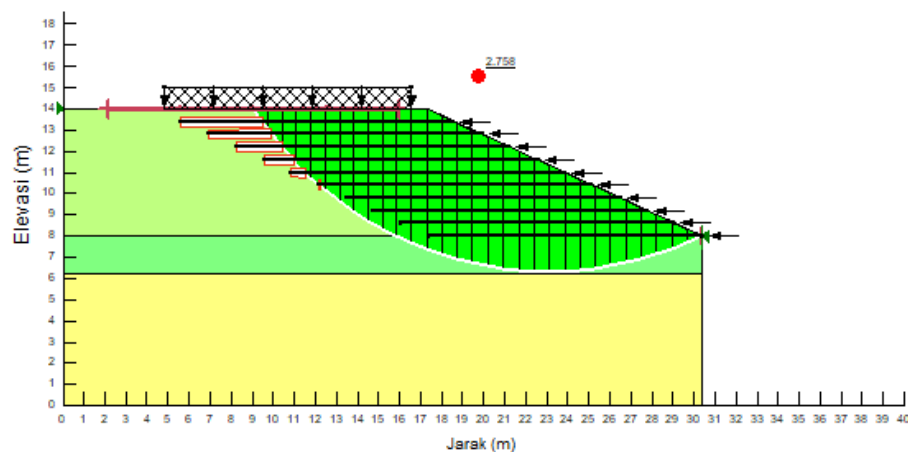
Gambar 5.18 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil Kedua Dengan Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.18 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi jarak vertikal antar geotekstil kedua dengan pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 1,422.

Hasil analisis badan jalan pada variasi jarak vertikal antar geotekstil kedua dengan S_v 0,4 merupakan hasil yang sama dengan hasil analisis pada variasi panjang geotekstil kedua. Nilai faktor keamanan yang dihasilkan tanpa pengaruh beban gempa yaitu sebesar 2,855 dan dengan pengaruh beban gempa sebesar 1,422, dengan bidang longsor kritis yang berbeda. Berdasarkan nilai faktor keamanan yang dihasilkan, maka badan jalan dalam kondisi stabil karena memiliki nilai di atas faktor keamanan yang ditetapkan yaitu 1,30.

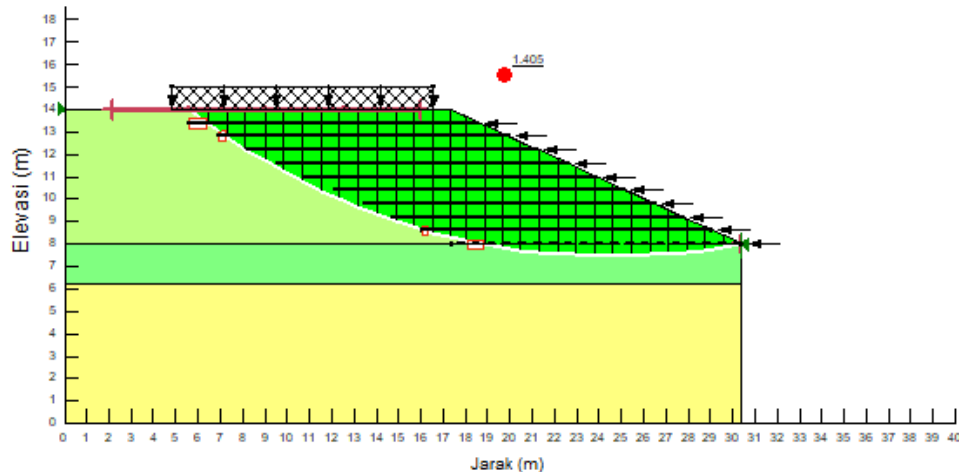
5.7.4.3 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil Ketiga ($L = 13$ m; $S_v = 0,6$ m)

Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi jarak vertikal antar geotekstil ketiga dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20.



Gambar 5.19 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil Ketiga Tanpa Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.19 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi jarak vertikal antar geotekstil ketiga tanpa pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 2,758.



Gambar 5.20 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil Ketiga Dengan Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

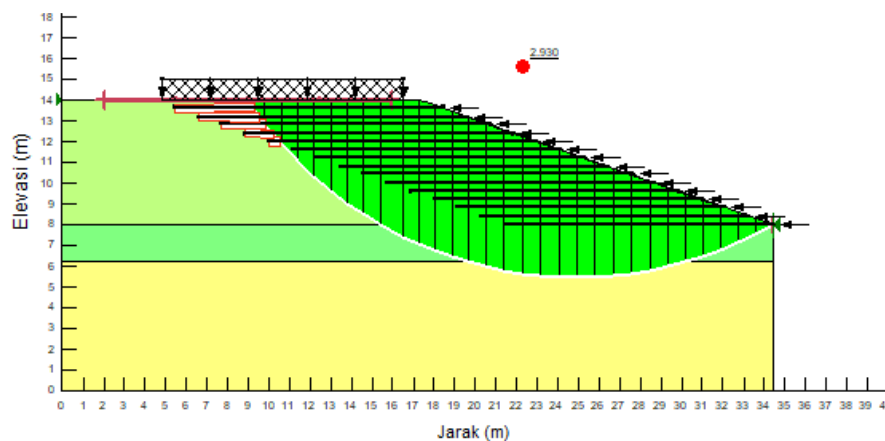
Pada Gambar 5.20 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi jarak vertikal antar geotekstil ketiga dengan pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 1,405.

Pada analisis badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi jarak vertikal antar geotekstil ketiga, menghasilkan bidang longsor kritis yang berbeda untuk pemodelan tanpa dipengaruhi oleh beban gempa dan yang dipengaruhi oleh beban gempa. Nilai faktor keamanan yang dihasilkan untuk pemodelan tanpa dipengaruhi beban gempa yaitu sebesar 2,758, sedangkan untuk pemodelan yang dipengaruhi oleh beban gempa sebesar 1,405. Berdasarkan nilai faktor keamanan yang dihasilkan, maka badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi jarak vertikal antar geotekstil ketiga dengan S_v 0,6 meter berada dalam kondisi stabil yaitu dengan SF di atas 1,30.

5.7.5 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode *Fellenius* Pada Program *Geoslope* Variasi Sudut Kemiringan Lereng

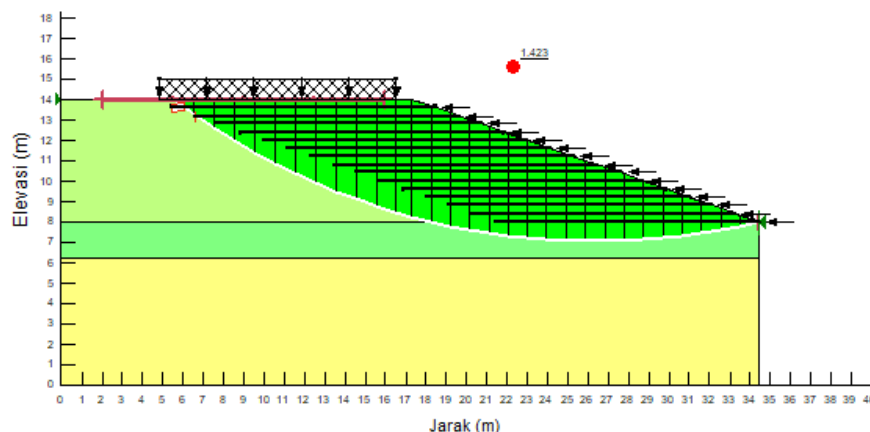
5.7.5.1 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Sudut Kemiringan Lereng Pertama ($\beta = 19^\circ$)

Pada variasi sudut kemiringan lereng, digunakan panjang geotekstil 13 meter dan jarak vertikal antar geotekstil 0,4 meter untuk setiap variasinya. Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi sudut kemiringan lereng pertama dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22.



Gambar 5.21 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Geotekstil Variasi Sudut Kemiringan Lereng Pertama Tanpa Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.21 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi sudut kemiringan lereng pertama tanpa pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 2,930.



Gambar 5.22 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Geotekstil Variasi Sudut Kemiringan Lereng Pertama Dengan Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

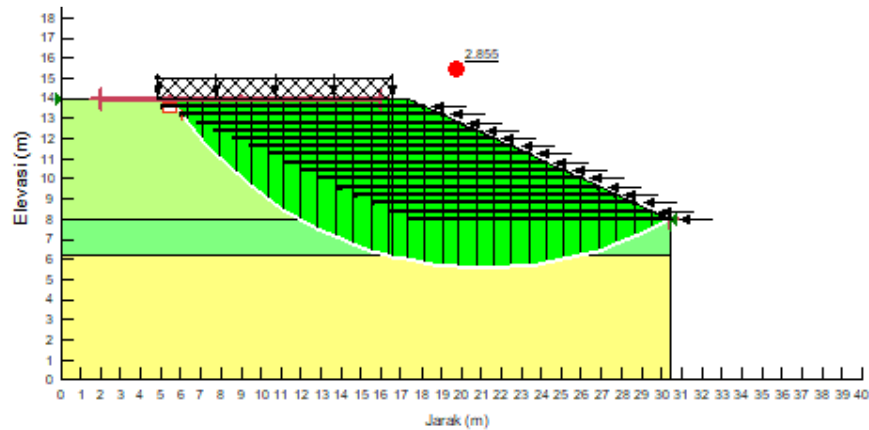
Pada Gambar 5.22 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi sudut kemiringan lereng pertama dengan pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 1,423.

Hasil analisis badan jalan menggunakan geotekstil dengan variasi sudut kemiringan lereng pertama yaitu besar sudut 19° yaitu bentuk bidang longsor kritis yang berbeda pada pemodelan yang tanpa dipengaruhi dan yang dipengaruhi oleh beban gempa. Nilai faktor keamanan yang dihasilkan sebesar 2,930 untuk pemodelan tanpa pengaruh beban gempa dan sebesar 1,423 untuk pemodelan yang dipengaruhi oleh beban gempa. Berdasarkan faktor keamanan yang dihasilkan di atas faktor keamanan yang ditetapkan sebesar 1,30, maka badan jalan dalam kondisi stabil dengan intensitas longsor yang jarang terjadi.

5.7.5.2 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Sudut Kemiringan Lereng Kedua ($\beta = 25^\circ$)

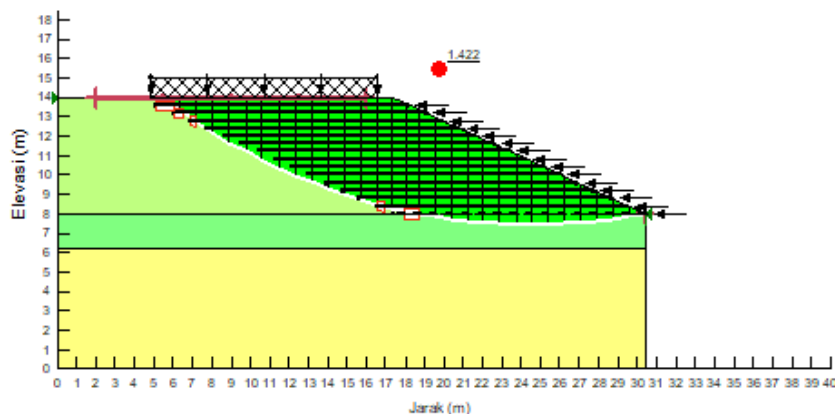
Sudut kemiringan lereng sebesar 25° merupakan besar sudut timbunan badan jalan sesuai kondisi yang ada di lapangan, maka dari itu dengan besar sudut kemiringan lereng 25° serta panjang dan jarak vertikal antar geotekstil yang digunakan sebesar 13 meter dan 0,4 meter, pemodelan pada variasi sudut kemiringan lereng kedua memiliki hasil yang sama dengan variasi panjang kedua

dan variasi jarak vertikal antar geotekstil kedua sebelumnya. Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi sudut kemiringan lereng kedua dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.23 dan Gambar 5.24.



Gambar 5.23 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Sudut Kemiringan Lereng Kedua Tanpa Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.23 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi sudut kemiringan lereng kedua tanpa pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 2,855.



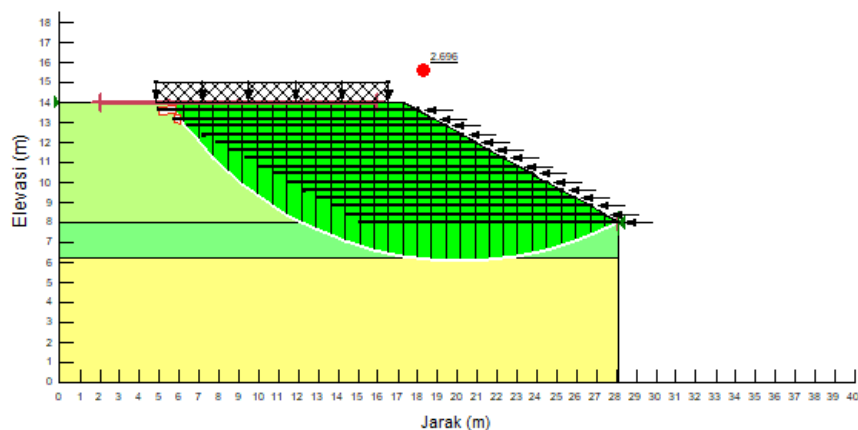
Gambar 5.24 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Sudut Kemiringan Lereng Kedua Dengan Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.24 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi sudut kemiringan lereng kedua dengan pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 1,422.

Berdasarkan analisis pada pemodelan badan jalan dengan variasi sudut kemiringan lereng kedua, diperoleh bentuk bidang longsor kritis berbeda antara pemodelan yang tidak dipengaruhi beban gempa dan yang dipengaruhi oleh beban gempa. Faktor keamanan yang dihasilkan sebesar 2,855 untuk pemodelan tanpa dipengaruhi gempa dan 1,422 untuk yang dipengaruhi oleh beban gempa, dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa badan jalan dalam kondisi stabil karena memiliki nilai faktor keamanan di atas 1,30.

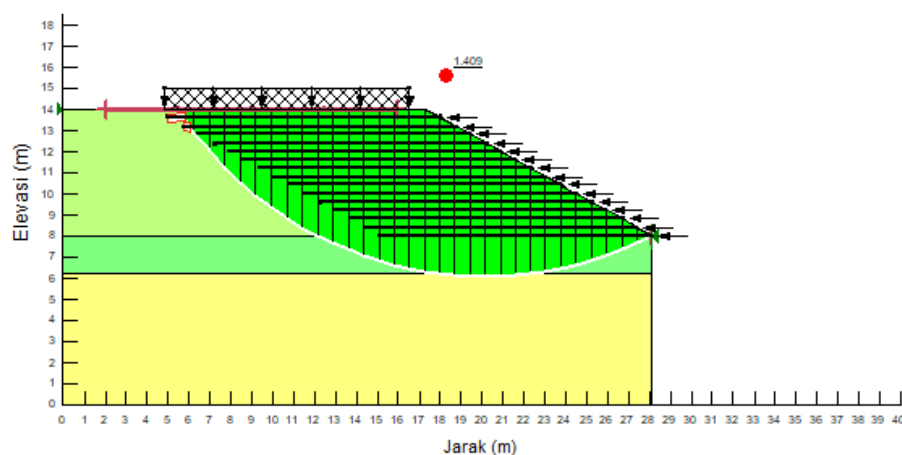
5.7.5.3 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Sudut Kemiringan Lereng Ketiga ($\beta = 29^\circ$)

Berikut adalah angka keamanan hasil analisis stabilitas badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi sudut kemiringan lereng ketiga dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* dapat dilihat pada Gambar 5.25 dan Gambar 5.26.



Gambar 5.25 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Geotekstil Variasi Sudut Kemiringan Lereng Ketiga Tanpa Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.25 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi sudut kemiringan lereng ketiga tanpa pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 2,696.



Gambar 5.26 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Geotekstil Variasi Sudut Kemiringan Lereng Ketiga Dengan Beban Gempa Pada Program *Geoslope*

Pada Gambar 5.26 diperoleh angka keamanan untuk badan jalan dengan perkuatan variasi sudut kemiringan lereng ketiga dengan pengaruh beban gempa dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* yaitu sebesar 1,409.

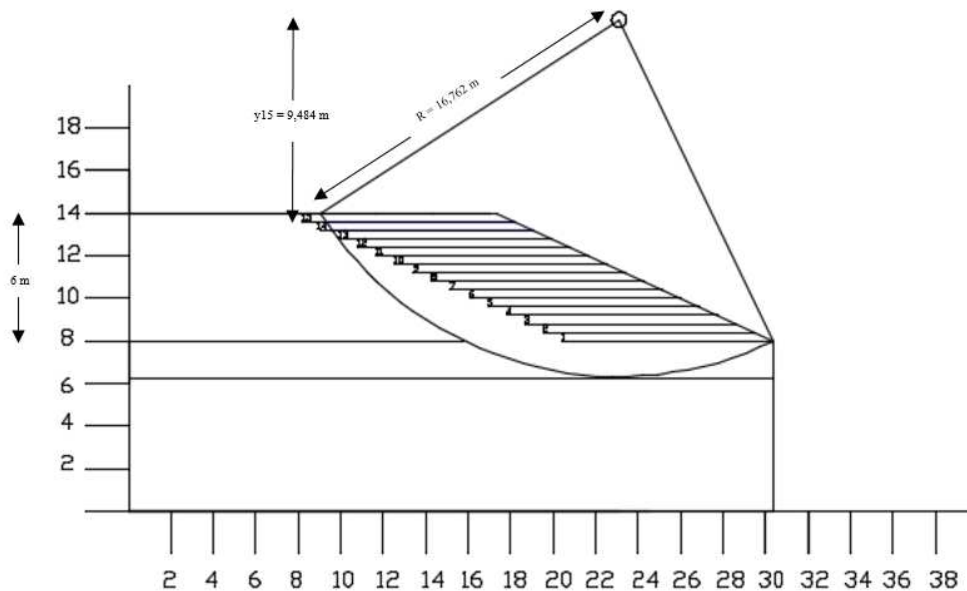
Analisis badan jalan menggunakan perkuatan geotekstil variasi sudut kemiringan lereng ketiga dengan besar sudut 29° , menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 2,696 untuk pemodelan tanpa dipengaruhi beban gempa dan sebesar 1,409 pada pemodelan yang dipengaruhi beban gempa. Berdasarkan hasil tersebut, maka badan jalan termasuk dalam kondisi stabil dengan intensitas jarang terjadi longsor karena memiliki faktor keamanan di atas faktor keamanan yang ditetapkan sebesar 1,30.

5.7.6 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Menggunakan Metode *Fellenius* Secara Manual

5.7.6.1 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Menggunakan Metode *Fellenius* Secara Manual Pada Variasi Panjang Geotekstil

1. Variasi Panjang Geotekstil Pertama ($S_v = 0,4$ m; $L = 10$ m)

Pada Gambar 5.27 berikut merupakan gambaran bidang longsor kritis potensial untuk pemodelan badan jalan yang telah diperkuat dengan geotekstil variasi panjang pertama dalam kondisi tanpa pengaruh beban gempa.



Gambar 5.27 Bidang Longsor Pada Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Pertama

Langkah-langkah perhitungan stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil variasi panjang pertama adalah sebagai berikut.

a. Perhitungan berat irisan tanah

$$W_i = \gamma \times A_i$$

Untuk irisan yang terdapat beban di atasnya, maka berat irisan dapat diperhitungkan dengan rumus berikut.

$$W_i = (\gamma \times A_i) + (q \times L)$$

Contoh pada irisan 1

$$W_1 = (18,404 \times 4,6394) + (22,11 \times 2,7) = 145,0805 \text{ kN}$$

b. Perhitungan radians

Contoh pada irisan 1

$$\text{Rad}_1 = 55^\circ \times \frac{3,14}{180} = 0,9594$$

c. Perhitungan $\sin \alpha$

Contoh pada irisan 1

$$\sin \alpha_1 = \sin (0,9594) = 0,8189$$

d. Perhitungan $\cos \alpha$

Contoh pada irisan 1

$$\cos \alpha_1 = \cos (0,9594) = 0,5740$$

e. Perhitungan $W_i \times \sin \alpha_i$

Contoh pada irisan 1

$$145,0805 \times 0,8189 = 118,8025 \text{ kN}$$

f. Perhitungan $W_i \times \cos \alpha_i$

Contoh pada irisan 1

$$145,0805 \times 0,5740 = 83,2726 \text{ kN}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Perhitungan Metode *Fellenius* Secara Manual Pada Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Pertama ($S_v = 0,4 \text{ m}$; $L = 10 \text{ m}$)

NO	Panjang Irisan	Luas Irisan	Sudut Tiap Irisan	Radians	Sin	Cos	Berat Irisan (Wi)	$W_i \times \sin \alpha$	$W_i \times \cos \alpha$
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	4.1692	4.6394	55	0.9594	0.8189	0.5740	145.0805	118.8025	83.2726
2	3.3573	11.4567	48	0.8373	0.7429	0.6694	270.5461	200.9780	181.1161
3	2.9840	15.8834	39	0.6803	0.6291	0.7774	327.6941	206.1367	254.7373
4	2.7886	17.3603	26	0.4536	0.4382	0.8989	319.4990	139.9931	287.1960
5	2.6950	15.5867	11	0.1919	0.1907	0.9816	286.8576	54.7076	281.5926
6	2.6767	12.6147	-3	-0.0523	-0.0523	0.9986	232.1609	-12.1442	231.8431
7	2.7288	8.486	-14	-0.2442	-0.2418	0.9703	156.1763	-37.7637	151.5419
8	2.8652	3.1292	-22	-0.3838	-0.3744	0.9273	57.5898	-21.5631	53.4005
JUMLAH	24.2648	89.1564					1795.6044	649.1468	1524.7000

g. Perhitungan tahanan momen oleh perkuatan geotekstil

Diketahui:

Jari-jari lingkaran longsor (R) = 16,762 m

Kuat tarik geotekstil (T_a) = 52 kN/m

Jarak geotekstil ke pusat lingkaran longsor (y_{15}) = 9,484 m

Perhitungan tahanan momen pada variasi panjang pertama dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Perhitungan Tahanan Momen Oleh Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Pertama

Geotekstil	Ti (kN)	yi (m)	Ti.yi (kNm)
Geotekstil No.15	52	9,484	493,168
Geotekstil No.14	52	9,884	513,968
Geotekstil No.13	52	10,284	534,768
Geotekstil No.12	52	10,684	555,568
Geotekstil No.11	52	11,084	576,368
Geotekstil No.10	52	11,484	597,168
Geotekstil No.9	52	11,884	617,968
Geotekstil No.8	52	12,284	638,768
Geotekstil No.7	52	12,684	659,568
Geotekstil No.6	52	13,084	680,368
Geotekstil No.5	52	13,484	701,168
Geotekstil No.4	52	13,884	721,968
Geotekstil No.3	52	14,284	742,768
Geotekstil No.2	52	14,684	763,568
Geotekstil No.1	52	15,084	784,368
JUMLAH			9581,52

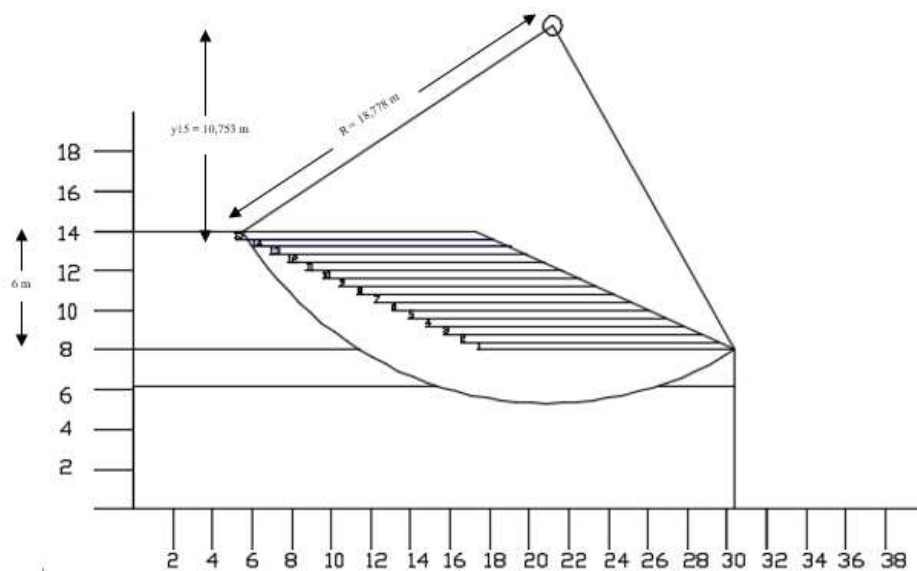
Nilai faktor keamanan:

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{(C \times L) + (\tan \phi \times \Sigma W \cos \alpha)}{\Sigma W \sin \alpha} + \frac{\Sigma T_i \cdot y_i}{(\Sigma W \sin \alpha) \times R} \\
 &= \frac{(7 \times 24,2648) + (\tan 27^\circ \times 1524,7)}{649,1468} + \frac{9581,52}{649,1468 \times 16,762} \\
 &= 2,339
 \end{aligned}$$

Perhitungan analisis badan jalan dengan perkuatan geotekstil variasi panjang pertama secara manual menggunakan metode *Fellenius* menghasilkan nilai faktor keamanan sebesar 2,339. Hasil tersebut hanya dipengaruhi oleh beban perkerasan dan beban lalu lintas saja, tanpa adanya pengaruh beban gempa. Berdasarkan hasil yang diperoleh secara perhitungan manual, maka badan jalan termasuk dalam kondisi stabil.

2. Variasi Panjang Geotekstil Kedua ($S_v = 0,4 \text{ m}$; $L = 13 \text{ m}$)

Pada Gambar 5.28 berikut merupakan gambaran bidang longsor potensial untuk pemodelan badan jalan yang telah diperkuat dengan geotekstil variasi panjang kedua dalam kondisi tanpa pengaruh beban gempa.



Gambar 5.28 Bidang Longsor Pada Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Kedua

Langkah-langkah perhitungan stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil variasi panjang kedua adalah sebagai berikut.

- a. Perhitungan berat irisan tanah

Contoh pada irisan 1

$$W_1 = (18,404 \times 6,5359) + (22,11 \times 3,112) = 189,0930 \text{ kN}$$

- b. Perhitungan radians

Contoh pada irisan 1

$$\text{Rad}_1 = 54^\circ \times \frac{3,14}{180} = 0,9420$$

- c. Perhitungan $\sin \alpha$

Contoh pada irisan 1

$$\sin \alpha_1 = \sin (0,9420) = 0,8087$$

- d. Perhitungan $\cos \alpha$

Contoh pada irisan 1

$$\cos \alpha_1 = \cos (0,9420) = 0,5882$$

- e. Perhitungan $W_i \times \sin \alpha_i$

Contoh pada irisan 1

$$189,0930 \times 0,8087 = 152,9263 \text{ kN}$$

- f. Perhitungan $W_i \times \cos \alpha_i$

Contoh pada irisan 1

$$189,0930 \times 0,5882 = 111,2192 \text{ kN}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Perhitungan Metode *Fellenius* Secara Manual Pada Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Kedua ($S_v = 0,4 \text{ m}$; $L = 13 \text{ m}$)

NO	Panjang Irisan	Luas Irisan	Sudut Tiap Irisan	Radians	Sin	Cos	Berat Irisan (Wi)	Wi × sin α	Wi × cos α
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	4.9420	6.5359	54	0.9420	0.8087	0.5882	189.0930	152.9263	111.2192
2	3.8910	15.8559	47	0.8199	0.7311	0.6823	360.6183	263.6372	246.0507
3	3.4400	21.6847	37	0.6454	0.6016	0.7988	467.8915	281.4618	373.7670
4	3.2160	25.0935	25	0.4361	0.4224	0.9064	487.4242	205.8966	441.8019
5	3.1220	23.6725	8	0.1396	0.1391	0.9903	435.6687	60.6028	431.4331
6	3.1260	19.1594	-6	-0.1047	-0.1045	0.9945	352.6096	-36.8391	350.6799
7	3.2300	12.9297	-18	-0.3140	-0.3089	0.9511	237.9582	-73.4971	226.3234
8	3.4690	4.7974	-26	-0.4536	-0.4382	0.8989	88.2913	-38.6861	79.3646
JUMLAH	28.4360	129.729					2619.5549	815.5025	2260.6398

g. Perhitungan tahanan momen oleh perkuatan geotekstil

Diketahui:

Jari-jari lingkaran longsor (R) = 18,778 m

Kuat tarik geotekstil (T_a) = 52 kN/m

Jarak geotekstil ke pusat lingkaran longsor (y_{15}) = 10,753 m

Perhitungan tahanan momen pada variasi panjang kedua dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Perhitungan Tahanan Momen oleh Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Kedua

Geotekstil	Ti (kN)	yi (m)	Ti.yi (kNm)
Geotekstil No.15	52	10,753	559,156
Geotekstil No.14	52	11,153	579,956
Geotekstil No.13	52	11,553	600,756
Geotekstil No.12	52	11,953	621,556
Geotekstil No.11	52	12,353	642,356
Geotekstil No.10	52	12,753	663,156
Geotekstil No.9	52	13,153	683,956
Geotekstil No.8	52	13,553	704,756
Geotekstil No.7	52	13,953	725,556
Geotekstil No.6	52	14,353	746,356
Geotekstil No.5	52	14,753	767,156
Geotekstil No.4	52	15,153	787,956
Geotekstil No.3	52	15,553	808,756
Geotekstil No.2	52	15,953	829,556
Geotekstil No.1	52	16,353	850,356
JUMLAH			10571,34

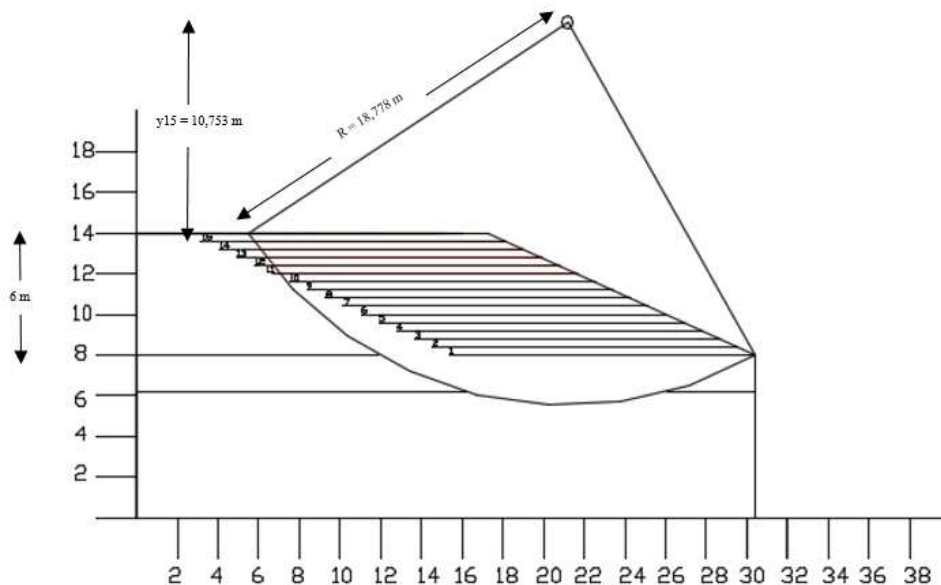
Nilai faktor keamanan:

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{(C \times L) + (\tan \phi \times \Sigma W \cos \alpha)}{\Sigma W \sin \alpha} + \frac{\Sigma T_i \cdot y_i}{(\Sigma W \sin \alpha) \times R} \\
 &= \frac{(7 \times 28,4360) + (\tan 27^\circ \times 2260,6398)}{815,5025} + \frac{10571,34}{815,5025 \times 18,778} \\
 &= 2,347
 \end{aligned}$$

Nilai faktor keamanan yang diperoleh dari perhitungan manual dengan metode *Fellenius* yaitu sebesar 2,347, dimana hasil tersebut tidak dipengaruhi oleh beban gempa. Berdasarkan nilai faktor keamanan yang dihasilkan, maka badan jalan dalam kondisi stabil.

3. Variasi Panjang Geotekstil Ketiga ($S_v = 0,4$ m; $L = 15$ m)

Pada Gambar 5.29 berikut merupakan gambaran bidang longsor potensial untuk pemodelan badan jalan yang telah diperkuat dengan geotekstil variasi panjang ketiga dalam kondisi tanpa pengaruh beban gempa.



Gambar 5.29 Bidang Longsor Pada Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Ketiga

Langkah-langkah perhitungan stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil variasi panjang ketiga adalah sebagai berikut.

- a. Perhitungan berat irisan tanah

Contoh pada irisan 1

$$W_1 = (18,404 \times 6,1774) + (22,11 \times 3,112) = 182,4952 \text{ kN}$$

- b. Perhitungan radians

Contoh pada irisan 1

$$\text{Rad}_1 = 54^\circ \times \frac{3,14}{180} = 0,9420$$

- c. Perhitungan $\sin \alpha$

Contoh pada irisan 1

$$\sin \alpha_1 = \sin (0,9420) = 0,8087$$

- d. Perhitungan $\cos \alpha$

Contoh pada irisan 1

$$\cos \alpha_1 = \cos (0,9420) = 0,5882$$

- e. Perhitungan $W_i \times \sin \alpha_i$

Contoh pada irisan 1

$$182,4952 \times 0,8087 = 147,5904 \text{ kN}$$

- f. Perhitungan $W_i \times \cos \alpha_i$

Contoh pada irisan 1

$$182,4952 \times 0,5882 = 107,3385$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Perhitungan Metode *Fellenius* Secara Manual Pada Badan Jalan Dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Ketiga ($S_v = 0,4 \text{ m}$; $L = 15 \text{ m}$)

NO	Panjang Irisan	Luas Irisan	Sudut Tiap Irisan	Radians	Sin	Cos	Berat Irisan (Wi)	Wi × sin α	Wi × cos α
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	4.7970	6.1774	54	0.9420	0.8087	0.5882	182.4952	147.5904	107.3385
2	3.8580	15.1667	47	0.8199	0.7311	0.6823	347.9343	254.3643	237.3964
3	3.4340	20.8949	37	0.6454	0.6016	0.7988	453.3561	272.7179	362.1555
4	3.2180	24.2975	25	0.4361	0.4224	0.9064	472.7746	199.7084	428.5235
5	3.1240	22.9291	8	0.1396	0.1391	0.9903	421.9872	58.6997	417.8846
6	3.1220	18.5274	-6	-0.1047	-0.1045	0.9945	340.9783	-35.6239	339.1122
7	3.2130	12.4723	-18	-0.3140	-0.3089	0.9511	229.5402	-70.8971	218.3170
8	3.4220	4.612	-26	-0.4536	-0.4382	0.8989	84.8792	-37.1911	76.2975
JUMLAH	28.1880	125.0773					2533.9450	789.3687	2187.0253

g. Perhitungan tahanan momen oleh perkuatan geotekstil

Diketahui:

Jari-jari lingkaran longsor (R) = 18,778 m

Kuat tarik geotekstil (T_a) = 52 kN/m

Jarak geotekstil ke pusat lingkaran longsor (y_{15}) = 10,753 m

Perhitungan tahanan momen pada variasi panjang ketiga dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Perhitungan Tahanan Momen oleh Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Ketiga

Geotekstil	Ti (kN)	yi (m)	Ti.yi (kNm)
Geotekstil No.15	52	10,753	559,156
Geotekstil No.14	52	11,153	579,956
Geotekstil No.13	52	11,553	600,756
Geotekstil No.12	52	11,953	621,556
Geotekstil No.11	52	12,353	642,356
Geotekstil No.10	52	12,753	663,156
Geotekstil No.9	52	13,153	683,956
Geotekstil No.8	52	13,553	704,756
Geotekstil No.7	52	13,953	725,556
Geotekstil No.6	52	14,353	746,356
Geotekstil No.5	52	14,753	767,156
Geotekstil No.4	52	15,153	787,956
Geotekstil No.3	52	15,553	808,756
Geotekstil No.2	52	15,953	829,556
Geotekstil No.1	52	16,353	850,356
JUMLAH			10571,34

Nilai faktor keamanan:

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{(C \times L) + (\tan \phi \times \Sigma W \cos \alpha)}{\Sigma W \sin \alpha} + \frac{\Sigma T_i \cdot y_i}{(\Sigma W \sin \alpha) \times R} \\
 &= \frac{(7 \times 28,1880) + (\tan 27^\circ \times 2187,0253)}{789,3687} + \frac{10571,34}{789,3687 \times 18,778} \\
 &= 2,375
 \end{aligned}$$

Nilai faktor keamanan yang diperoleh untuk analisis badan jalan menggunakan perkuatan pada variasi panjang ketiga yaitu sebesar 2,375, dimana perhitungan tersebut hanya dipengaruhi oleh beban perkerasan dan beban lalu lintas tanpa adanya beban gempa. Badan jalan dapat dikatakan dalam kondisi stabil sesuai dengan hasil yang diperoleh di atas nilai faktor keamanan yang ditetapkan yaitu 1,30.

Berdasarkan hasil yang diperoleh menggunakan metode *Fellenius* secara perhitungan manual, dapat dikatakan terdapat perbedaan yang tidak begitu jauh dengan hasil metode *Fellenius* pada program *Geoslope* khususnya pada pemodelan tanpa pengaruh beban gempa. Perbedaan nilai faktor keamanan yang dihasilkan dengan menggunakan metode *Fellenius* secara perhitungan manual dan pada program *Geoslope* disebabkan akibat adanya perbedaan dalam proses perhitungan. Pada proses perhitungan secara manual hanya memperhitungkan kuat tarik dari geotekstil yang digunakan, sedangkan pada program *Geoslope* memperhitungkan kuat tarik dari geotekstil serta tahanan cabut yang dipengaruhi oleh besarnya tegangan normal yang diberikan.

Pada Tabel 5.16 berikut merupakan hasil rekapitulasi dari perhitungan stabilitas badan jalan menggunakan perkuatan geotekstil variasi panjang dengan metode *Fellenius* secara manual, dapat dikatakan bahwa hasil antara variasi panjang pertama, kedua dan ketiga tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Tabel 5.16 Nilai Faktor Keamanan Badan Jalan Dengan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Menggunakan Metode *Fellenius* Secara Manual

Panjang Geotekstil (m)	Faktor Keamanan
10	2,339
13	2,347
15	2,375

5.7.6.2 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Menggunakan Metode *Fellenius* Secara Manual Pada Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil

Pada Tabel 5.17 berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan menggunakan metode *Fellenius* secara manual pada badan jalan dengan perkuatan untuk variasi jarak vertikal antar geotekstil, baik itu variasi jarak vertikal antar geotekstil pertama, kedua dan ketiga.

Tabel 5.17 Nilai Faktor Keamanan Badan Jalan Dengan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil Menggunakan Metode *Fellenius* Secara Manual

Jarak Vertikal Antar Geotekstil (m)	Faktor Keamanan
0,3	2,646
0,4	2,347
0,6	2,059

Berdasarkan hasil nilai faktor keamanan yang diperoleh pada setiap variasi jarak vertikal antar geotekstil, maka badan jalan dengan perkuatan geotekstil untuk ketiga variasi tersebut dalam kondisi stabil karena memiliki nilai faktor keamanan yang berada di atas angka keamanan yang ditetapkan yaitu sebesar 1,30.

5.7.6.3 Analisis Badan Jalan dengan Perkuatan Menggunakan Metode *Fellenius* Secara Manual Pada Variasi Sudut Kemiringan Lereng

Pada Tabel 5.18 berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan menggunakan metode *Fellenius* secara manual pada badan jalan dengan perkuatan untuk variasi sudut kemiringan lereng, baik itu variasi sudut kemiringan lereng pertama, kedua dan ketiga.

Tabel 5.18 Nilai Faktor Keamanan Badan Jalan Dengan Perkuatan Variasi Sudut Kemiringan Lereng Menggunakan Metode *Fellenius* Secara Manual

Sudut Kemiringan Lereng (°)	Faktor Keamanan
19	2,440
25	2,347
29	2,355

Analisis stabilitas dengan metode *Fellenius* secara manual pada badan jalan yang menggunakan perkuatan geotekstil dengan variasi sudut kemiringan lereng memberikan hasil yang menunjukkan bahwa badan jalan berada dalam kondisi stabil dengan intensitas longsor yang jarang terjadi. Hal tersebut terlihat dari nilai faktor keamanan pada setiap variasi yang dihasilkan berada di atas nilai faktor keamanan yang ditetapkan yaitu sebesar 1,30.

5.7.7 Analisis Stabilitas Eksternal dan Internal Pada Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Geotekstil

Perhitungan stabilitas eksternal dan internal yang dilakukan yaitu pada pemodelan dengan hasil angka aman terhadap kelongsoran lereng yang paling kecil. Angka keamanan terkecil dihasilkan pada lereng dengan sudut kemiringan sesuai seperti yang di lapangan yaitu sebesar 25° dengan kebutuhan geotekstil sepanjang 10 meter dan jarak vertikal 0,4 meter, yaitu pada variasi panjang geotekstil pertama. Data-data yang diperlukan dalam analisis stabilitas eksternal dan internal adalah sebagai berikut.

Panjang geotekstil (L)	= 10 m
Jarak vertikal antar geotekstil (Sv)	= 0,4 m
Kuat tarik geotekstil	= 52 kN/m
Tinggi lereng (H)	= 6 m
Sudut gesek (ϕ)	= 27°
Berat volume tanah (γ)	= 18,404 kN/m ³
Kohesi (c)	= 7 kN/m ²
Sudut kemiringan lereng (β)	= 25°
Beban (q)	= 22,11 kN/m ²

5.7.7.1 Stabilitas Eksternal

Menghitung koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \cos \beta \left(\frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \right)$$

$$K_a = \cos 25^\circ \left(\frac{\cos 25^\circ - \sqrt{\cos^2 25^\circ - \cos^2 27^\circ}}{\cos 25^\circ + \sqrt{\cos^2 25^\circ - \cos^2 27^\circ}} \right)$$

$$= 0,6259$$

1. Stabilitas Terhadap Geser

$$SF = \frac{L H \gamma \operatorname{tg} \frac{2}{3} \phi}{(0,5 H^2 \gamma K_a) + (q K_a H) - (2 c \sqrt{K_a} H)}$$

$$= \frac{10 \cdot 6 \cdot 18,404 \cdot \operatorname{tg} \frac{2}{3} 27^\circ}{(0,5 \cdot 6^2 \cdot 18,404 \cdot 0,6259) + (22,11 \cdot 0,6259 \cdot 6) - (2 \cdot 7 \cdot \sqrt{0,6259} \cdot 6)}$$

$$= 1,602 \text{ (OK)}$$

2. Stabilitas Terhadap Guling

$$SF = \frac{0,5 \gamma H L^2}{\left(\frac{1}{3} H 0,5 H^2 \gamma K_a \right) + \left(q K_a \frac{1}{2} H^2 \right) - \left(2 c \sqrt{K_a} \frac{1}{2} H^2 \right)}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 18,404 \cdot 6 \cdot 10^2}{\left(\frac{1}{3} \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot 6^2 \cdot 18,404 \cdot 0,6259 \right) + \left(22,11 \cdot 0,6259 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6^2 \right) - \left(2 \cdot 7 \cdot \sqrt{0,6259} \cdot \frac{1}{2} \cdot 6^2 \right)}$$

$$= 11,888 \text{ (OK)}$$

3. Stabilitas Terhadap Kapasitas Dukung Tanah Dasar

a. Menghitung q_{ult}

$$N_c = 23,94$$

$$N_\gamma = 14,47$$

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

$$= (7 \times 23,94) + (0,5 \times 10 \times 18,404 \times 14,47)$$

$$= 1499,109 \text{ kN/m}^2$$

b. Menghitung Eksentrisitas (e)

$$e = \frac{\Sigma M_{aktif}}{Rv} = \frac{\left(q K_a \frac{1}{2} H^2\right) + \left(\frac{1}{3} H \cdot 0,5 H^2 \gamma K_a\right) - \left(2 c \sqrt{K_a} \frac{1}{2} H^2\right)}{(H \times \gamma \times L) + (q \times L)}$$

$$= \frac{\left(22,11 \cdot 0,6259 \cdot \frac{1}{2} 6^2\right) + \left(\frac{1}{3} \cdot 6 \cdot 0,5 \cdot 6^2 \cdot 18,404 \cdot 0,6259\right) - \left(2 \cdot 7 \cdot \sqrt{0,6259} \cdot \frac{1}{2} 6^2\right)}{(6 \times 18,404 \times 10) + (22,11 \times 10)}$$

$$= 0,350$$

$$e < \frac{1}{6} L$$

$$0,350 < \frac{1}{6} \cdot 10$$

$$0,350 < 1,667 \text{ (OK)}$$

c. Menghitung σ_v

$$\sigma_v = \frac{W + qL}{L - 2e}$$

$$= \frac{(6 \cdot 18,404 \cdot 10) + (22,11 \cdot 10)}{10 - (2 \cdot 0,350)}$$

$$= 142,523 \text{ kN/m}^2$$

d. Menghitung Faktor Keamanan

$$SF = \frac{qu}{\sigma_v}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1499,109}{142,523} \\
 &= 10,518 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

5.7.7.2 Stabilitas Internal

1. Stabilitas Terhadap Putus Tulangan

$$SF = \frac{Ta}{\sigma_h Sv}$$

Pada geotekstil No.1

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

$$Sv = 0,4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{hc} &= (q \times Ka) + (Ka \times z \times \gamma) - (2 \times c \times \sqrt{Ka}) \\
 &= (22,11 \times 0,6259) + (0,6259 \times 6 \times 18,404) - (2 \times 7 \times \sqrt{0,6259}) \\
 &= 71,882 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{52}{71,882 \times 0,4} \\
 &= 1,809 \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

Pada Tabel 5.19 berikut merupakan hasil perhitungan stabilitas terhadap putus tulangan untuk setiap lapis geotekstil.

Tabel 5.19 Hasil Faktor Keamanan Terhadap Putus Tulangan

Geotekstil	Z (m)	Sv (m)	σ_h (kN/m ²)	SF _r
Geotekstil No. 15	0,4	0,4	7,371	17,636
Geotekstil No. 14	0,8	0,4	11,979	10,852
Geotekstil No. 13	1,2	0,4	16,587	7,837
Geotekstil No. 12	1,6	0,4	21,195	6,134

**Lanjutan Tabel 5.19 Hasil Faktor Keamanan Terhadap Putus
Tulangan**

Geotekstil No. 11	2	0,4	25,803	5,038
Geotekstil No. 10	2,4	0,4	30,411	4,275
Geotekstil No. 9	2,8	0,4	35,019	3,712
Geotekstil No. 8	3,2	0,4	39,627	3,281
Geotekstil No. 7	3,6	0,4	44,234	2,939
Geotekstil No. 6	4	0,4	48,842	2,662
Geotekstil No. 5	4,4	0,4	53,450	2,432
Geotekstil No. 4	4,8	0,4	58,058	2,239
Geotekstil No. 3	5,2	0,4	62,666	2,074
Geotekstil No. 2	5,6	0,4	67,274	1,932
Geotekstil No. 1	6	0,4	71,882	1,809

2. Stabilitas Terhadap Cabut Tulangan

$$SF = \frac{2 \mu \sigma_v Le}{\sigma_h S_v}$$

Pada geotekstil No.1

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

$$S_v = 0,4 \text{ m}$$

$$Le = 1 \text{ m}$$

$$\mu = 2/3 \phi = 2/3 \times 27^\circ = 0,325$$

a. Menghitung σ_v

$$\begin{aligned} \sigma_v &= q + (z \times \gamma) - (2 \times c) \\ &= 22,11 + (6 \times 18,404) - (2 \times 7) \\ &= 118,534 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

b. Menghitung σ_h

$$\begin{aligned} \sigma_h &= (q \times Ka) + (Ka \times z \times \gamma) - (2 \times c \times \sqrt{Ka}) \\ &= (22,11 \times 0,6259) + (0,6259 \times 6 \times 18,404) - (2 \times 7 \times \sqrt{0,6259}) \end{aligned}$$

$$= 71,882 \text{ kN/m}^2$$

c. Menghitung Faktor Keamanan

$$SF = \frac{2.0,325.118,534.1}{71,882.0,4}$$

$$= 2,679 \text{ (OK)}$$

Pada Tabel 5.20 berikut merupakan hasil perhitungan stabilitas terhadap cabut tulangan untuk setiap lapis geotekstil.

Tabel 5.20 Hasil Faktor Keamanan Terhadap Cabut Tulangan

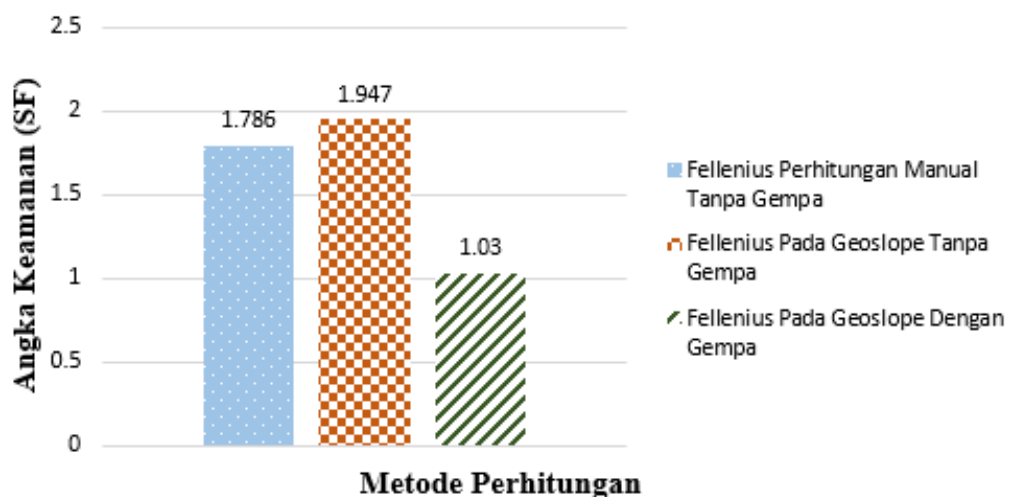
Le	Geotekstil	Z (m)	Sv (m)	σ_h (kN/m ²)	σ_v (kN/m ²)	SF _p
1	Geotekstil No. 15	0,4	0,4	7,371	15,472	3,410
1	Geotekstil No. 14	0,8	0,4	11,979	22,833	3,097
1	Geotekstil No. 13	1,2	0,4	16,587	30,195	2,957
1	Geotekstil No. 12	1,6	0,4	21,195	37,556	2,879
1	Geotekstil No. 11	2	0,4	25,803	44,918	2,828
1	Geotekstil No. 10	2,4	0,4	30,411	52,280	2,793
1	Geotekstil No. 9	2,8	0,4	35,019	59,641	2,767
1	Geotekstil No. 8	3,2	0,4	39,627	67,003	2,747
1	Geotekstil No. 7	3,6	0,4	44,234	74,364	2,731
1	Geotekstil No. 6	4	0,4	48,842	81,726	2,718
1	Geotekstil No. 5	4,4	0,4	53,450	89,088	2,708
1	Geotekstil No. 4	4,8	0,4	58,058	96,449	2,699
1	Geotekstil No. 3	5,2	0,4	62,666	103,811	2,691
1	Geotekstil No. 2	5,6	0,4	67,274	111,172	2,685
1	Geotekstil No. 1	6	0,4	71,882	118,534	2,679

5.7.8 Pembahasan

Analisis badan jalan pada jalan tol Solo - Kertosono Sta. 4 + 175 dengan menggunakan metode *Fellenius* secara perhitungan manual pada kondisi tanpa perkuatan menghasilkan angka aman sebesar 1,786, dimana dalam perhitungannya tidak dipengaruhi oleh beban gempap melainkan hanya beban perkerasan dan beban kendaraan. Hasil analisis menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* untuk badan jalan tanpa perkuatan diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,947 untuk kondisi tanpa pengaruh beban gempap dan sebesar 1,030 untuk kondisi yang dipengaruhi beban gempap. Rekapitulasi hasil nilai angka keamanan badan jalan tanpa menggunakan perkuatan dapat dilihat dalam bentuk tabel dan grafik pada Tabel 5.21 dan Gambar 5.30.

Tabel 5.21 Hasil Analisis Badan Jalan Tanpa Perkuatan

	Metode <i>Fellenius</i> Secara Manual	Metode <i>Fellenius</i> Pada <i>Geoslope</i>	
		Tanpa Beban Gempap	Dengan Beban Gempap
Angka Keamanan	1,786	1,947	1,030



Gambar 5.30 Angka Keamanan Badan Jalan Tanpa Perkuatan

Berdasarkan hasil analisis pada badan jalan yang dipengaruhi beban gempa, maka badan jalan termasuk dalam kondisi kritis karena berada di bawah angka aman yang ditetapkan yaitu sebesar 1,30. Kondisi badan jalan yang kritis membutuhkan sebuah upaya untuk memperbaiki kinerja tanah dengan memberi perkuatan. Pada kasus ini jenis perkuatan yang digunakan pada timbunan badan jalan tol Solo-Kertosono Sta. 4 + 175 yaitu dalam bentuk geotekstil. Kebutuhan geotekstil dalam pemodelan dihitung berdasarkan teori stabilitas eksternal dan internal, sehingga didapatkan minimal panjang geotekstil yang digunakan yaitu 10 meter dengan jarak vertikal antar geotekstil 0,4 meter. Berdasarkan hasil perhitungan geotekstil yang dibutuhkan, kemudian dalam proses analisis dilakukan beberapa variasi dalam pemodelan badan jalan dengan perkuatan geotekstil, antara lain yaitu variasi panjang geotekstil, variasi jarak vertikal antar geotekstil serta variasi sudut kemiringan lereng. Pada variasi panjang geotekstil digunakan jarak vertikal 0,4 m pada setiap variasi dengan panjang 10 m, 13 m dan 15 m. Variasi jarak vertikal menggunakan panjang geotekstil yang lebih panjang dari hasil perhitungan kebutuhan minimal sebesar 10 m, sehingga digunakan panjang geotekstil 13 m pada setiap variasi dengan Sv 0,3 m, 0,4 m dan 0,6 m. Pada variasi sudut kemiringan lereng digunakan geotekstil sepanjang 13 m dengan jarak vertikal 0,4 m pada setiap variasi dengan sudut yaitu 19° , 25° dan 29° . Hasil dari analisis dengan metode *Fellenius* secara perhitungan manual dan pada program *Geoslope* kemudian digambarkan dalam bentuk grafik.

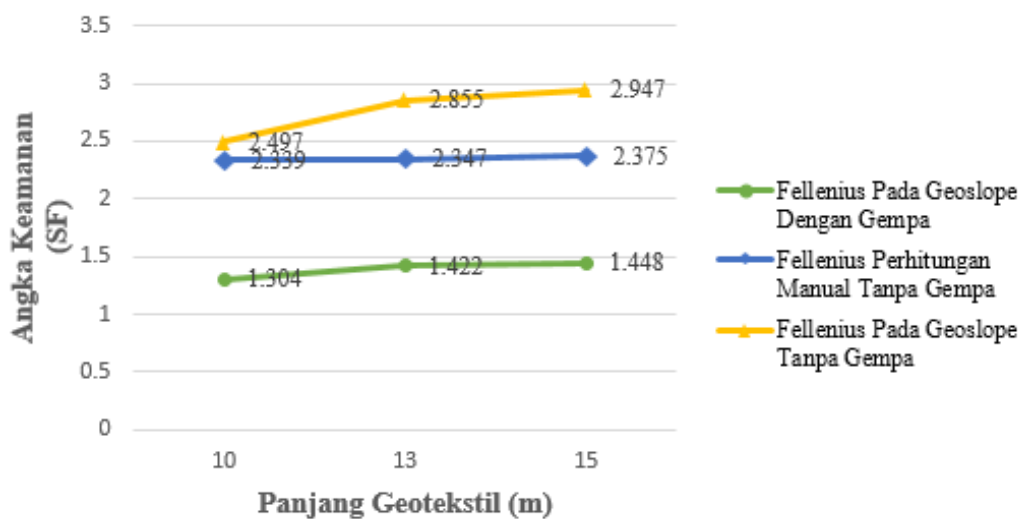
1.7.8.1 Hubungan Panjang Geotekstil Dengan Nilai Faktor Keamanan Terhadap Kelongsoran Lereng

Pada Tabel 5.22 berikut merupakan rekapitulasi hasil analisis badan jalan dengan perkuatan geotekstil pada variasi panjang menggunakan metode *Fellenius* secara perhitungan manual dan melalui program *Geoslope*.

Tabel 5.22 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil

Panjang Geotekstil (m)	Angka Keamanan (SF)		
	Metode <i>Fellenius</i> Perhitungan Manual Tanpa Beban Gempa	Metode <i>Fellenius</i> Pada Program <i>Geoslope</i>	
		Tanpa Beban Gempa	Dengan Beban Gempa
10	2,339	2,497	1,304
13	2,347	2,855	1,422
15	2,375	2,947	1,448

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, maka hubungan antara panjang geotekstil dengan nilai angka aman terhadap kelongsoran lereng dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 5.31 berikut.



Gambar 5.31 Hubungan Antara Panjang Geotekstil Dengan Nilai Angka Keamanan Terhadap Kelongsoran Lereng

Pada Gambar 5.31 menunjukkan bahwa besar angka keamanan (SF) terhadap kelongsoran lereng berpengaruh akibat adanya penambahan dari panjang geotekstil. Semakin panjang geotekstil yang diberikan maka akan semakin meningkat angka keamanan yang dihasilkan. Perhitungan dengan metode *Fellenius*

secara manual menghasilkan angka keamanan yang tidak begitu signifikan perbedaannya pada tiap variasi.

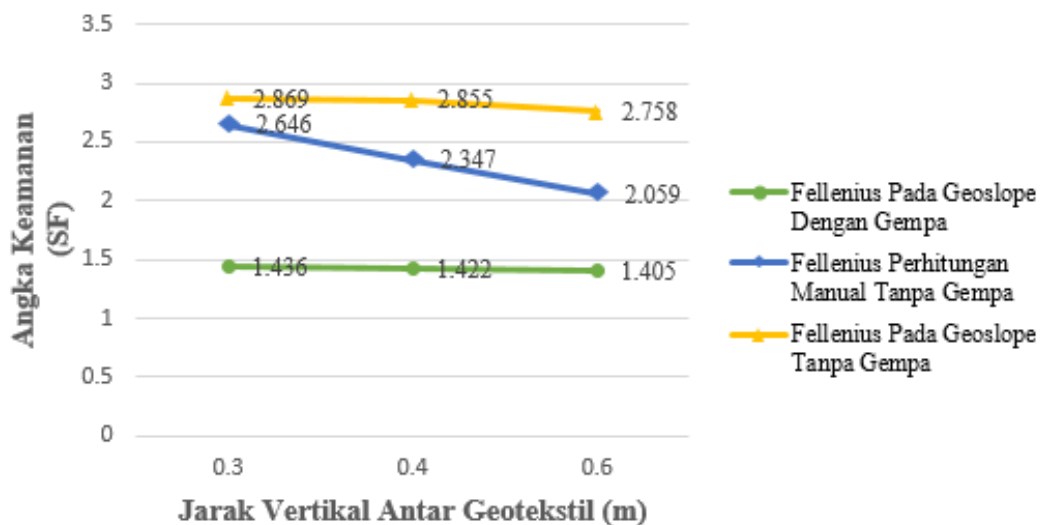
1.7.8.2 Hubungan Jarak Vertikal Antar Geotekstil Dengan Nilai Faktor Keamanan Terhadap Kelongsoran Lereng

Pada Tabel 5.23 berikut merupakan rekapitulasi hasil analisis badan jalan dengan perkuatan geotekstil pada variasi jarak vertikal menggunakan metode *Fellenius* secara perhitungan manual dan melalui program *Geoslope*.

Tabel 5.23 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Jarak Vertikal Antar Geotekstil

Jarak Vertikal Antar Geotekstil (m)	Angka Keamanan (SF)		
	Metode <i>Fellenius</i> Perhitungan Manual Tanpa Beban Gempa	Metode <i>Fellenius</i> Pada Program <i>Geoslope</i>	
		Tanpa Beban Gempa	Dengan Beban Gempa
0,3	2,646	2,869	1,436
0,4	2,347	2,855	1,422
0,6	2,059	2,758	1,405

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, maka hubungan antara jarak vertikal antar geotekstil dengan nilai angka aman terhadap kelongsoran lereng dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 5.32 berikut.



Gambar 5.32 Hubungan Antara Jarak Vertikal Antar Geotekstil Dengan Nilai Angka Keamanan Terhadap Kelongsoran Lereng

Berdasarkan Gambar 5.32, terlihat bahwa besar angka keamanan (SF) berpengaruh akibat adanya variasi pemasangan jarak vertikal antar geotekstil. Semakin rapat jarak vertikal antar geotekstil maka semakin tinggi nilai angka keamanan yang dihasilkan, sebab dengan semakin rapatnya jarak vertikal akan mengakibatkan lapis geotekstil yang dibutuhkan semakin banyak dan angka keamanan semakin meningkat. Pada perhitungan manual sangat terlihat perbedaan yang signifikan antara angka SF pada setiap variasi jarak vertikal.

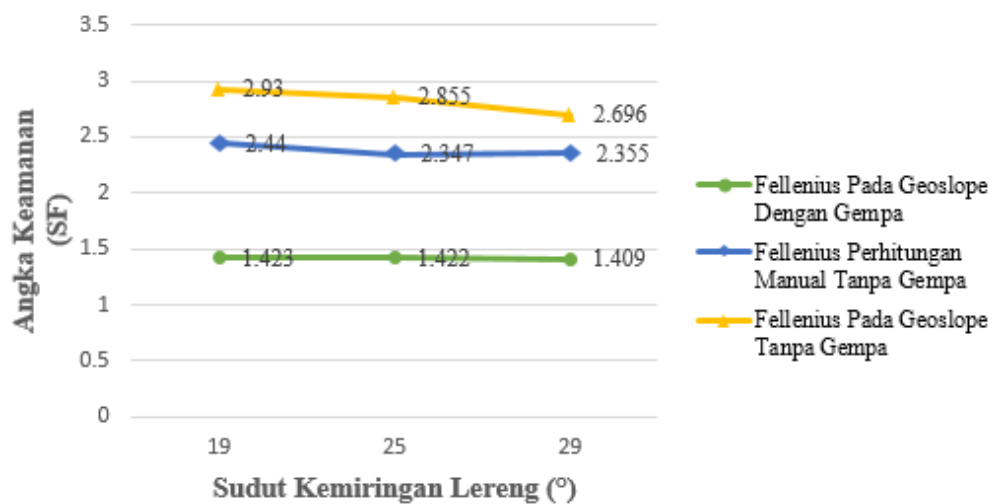
1.7.8.3 Hubungan Sudut Kemiringan Lereng Dengan Nilai Faktor Keamanan Terhadap Kelongsoran Lereng

Pada Tabel 5.24 berikut merupakan rekapitulasi hasil analisis badan jalan dengan perkuatan geotekstil pada variasi sudut kemiringan lereng menggunakan metode *Fellenius* secara perhitungan manual dan melalui program *Geoslope*.

Tabel 5.24 Hasil Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Sudut Kemiringan Lereng

Sudut Kemiringan Lereng (°)	Angka Keamanan (SF)		
	Metode <i>Fellenius</i> Perhitungan Manual Tanpa Beban Gempa	Metode <i>Fellenius</i> Pada Program <i>Geoslope</i>	
		Tanpa Beban Gempa	Dengan Beban Gempa
19	2,440	2,930	1,423
25	2,347	2,855	1,422
29	2,355	2,696	1,409

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, maka hubungan antara sudut kemiringan lereng dengan nilai angka aman terhadap kelongsoran lereng dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar 5.33 berikut.



Gambar 5.33 Hubungan Antara Sudut Kemiringan Lereng Dengan Nilai Angka Keamanan Terhadap Kelongsoran Lereng

Pada analisis menggunakan metode *Fellenius* secara manual, terjadi penurunan angka keamanan dari sudut kemiringan 19° ke sudut kemiringan 25°, namun terjadi pula kenaikan angka keamanan dari sudut kemiringan 25° ke sudut

kemiringan 29° . Hasil analisis menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* menunjukkan bahwa ketika sudut kemiringan lereng lebih terjal atau sudut kemiringan lereng lebih besar terjadi penurunan angka keamanan, baik pada pemodelan tanpa pengaruh beban gempa maupun dengan pengaruh beban gempa. Berdasarkan Gambar 5.33, dapat diambil kesimpulan bahwa sudut kemiringan lereng berpengaruh terhadap nilai keamanan terhadap kelongsoran lereng. Pada proses analisis didapatkan hasil dominan bahwa semakin kecil sudut kemiringan lereng atau semakin landai lereng maka nilai angka keamanan akan semakin tinggi, sebaliknya semakin terjal lereng maka nilai angka keamanan semakin rendah.