

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN PADA KONSTRUKSI BADAN JALAN DENGAN PERKUATAN GEOTEKSTIL MENGGUNAKAN METODE FELLENIUS

Aisyah Anugerah Arsy¹, Hanindya Kusuma Artati²

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email: 14511337@students.uui.ac.id

² Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: 045110407@uui.ac.id

Abstract: *The Solo-Kertosono toll road is freeway that built to reduce congestion in Solo and Semarang which are included as the center of economy in Indonesia. The toll road is expected to facilitate transportation access between cities and provinces. The Solo-Kertosono toll road construction's used geotextile in embankment of road to increase soil bearing capacity. Stability analysis of road embankment using Fellenius method both manually and Geoslope program. There are several types of variation that made in road modelling with geotextile, including geotextile length, vertical distance between geotextile and slope angle. Each type of variation consist of three variations, such as variations in geotextile length are 10 m, 13 m and 15 m, variations in vertical distance between geotextiles are 0,3 m, 0,4 m and 0,6 m and slope angle variations are 19°, 25° and 29°. Safety factor from analysis result without reinforcement with Fellenius method manually is 1,786, while using Geoslope without earthquake is 1,947 and with earthquake is 1,030. Safety factors from analysis result using reinforcement with Fellenius method manually on length variation with geotextile length of 10 m, 13 m and 15 m are 2,339, 2,347 and 2,375, while using Geoslope without earthquake 2,497, 2,855 and 2,947, and with earthquake 1,304, 1,422 and 1,448. Safety factors from analysis result using reinforcement with Fellenius method manually on vertical distance between geotextile variaton with number of Sv 0.3 m, 0.4 m and 0.6 m are 2,646, 2,347 and 2,059, using Geoslope without the earthquake 2,869, 2,855 and 2,758, while with earthquake 1,436, 1,422 and 1,405. Safety factors from analysis result using reinforcement with Fellenius method manually on slope angle variaton with angle of 19°, 25° and 29° are 2,440, 2,347 and 2,355, using Geoslope without earthquake 2,930, 2,855 and 2,696, and with earthquake 1,423, 1,422 and 1,409.*

Keywords: *Stability Analysis, Road Embankment, Geotextile, Fellenius Method, Geoslope*

1. PENDAHULUAN

Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu provinsi yang menjadi destinasi utama dalam hal perekonomian maupun pariwisata di Indonesia. Hal ini menyebabkan meningkatnya mobilitas kendaraan/angkutan barang dan penumpang yang keluar masuk wilayah Jawa Tengah terutama di kota Solo dan Semarang. Meningkatnya jumlah pengunjung ke kota Solo dan Semarang, semestinya harus diimbangi dengan ketersediaan akses jaringan jalan yang dapat memenuhi kapasitas penambahan jumlah pengunjung.

Kebijakan-kebijakan pengendalian lalu lintas perlu diambil untuk mengurangi dampak kemacetan agar produktivitas dari

kota tersebut tidak menurun. Ruas jalan tol Solo-Kertosono merupakan jalan bebas hambatan yang dibangun sebagai bentuk tanggung jawab pemerintah untuk mengurangi kemacetan.

Merencanakan suatu konstruksi jalan yang baik maka perlu untuk mengetahui kondisi dari tanah yang akan memikul semua beban, baik itu beban perkerasan dan beban lalu lintas. Sebab pada kenyataannya di lapangan, tidak semua jenis tanah itu baik, stabil dan kuat, sebagai contohnya yaitu tanah lempung lunak. Dibutuhkan suatu metode ataupun cara yang lebih efektif untuk memperbaiki dan memperkuat jenis tanah yang kurang baik tersebut. Salah satu perbaikan yang dapat dilakukan yaitu dengan

memberikan perkuatan sehingga dapat meningkatkan daya dukung tanah.

Pada proses pembangunan jalan tol Solo-Kertosono, dilakukan penimbunan badan jalan dengan menggunakan perkuatan jenis geotekstil. Penelitian ini melakukan analisis stabilitas timbunan badan jalan menggunakan metode irisan *Fellenius* secara perhitungan manual serta menggunakan program komputer yaitu *Geoslope*. Analisis dilakukan untuk mengetahui besarnya angka aman dan bidang longsor potensial pada badan jalan agar upaya perkuatan dapat efektif dan ruas jalan tol yang telah dibangun dapat berfungsi secara optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Azizah (2014) adalah Penggunaan Geotekstil Pada Lereng Sungai Gajah Putih Surakarta. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin menuju muka lereng posisi muka air tanah dan semakin besar jarak antar geotekstil maka angka keamanan akan semakin menurun serta penambahan beban hidup di atas lereng mengakibatkan menurunnya stabilitas lereng.

Penelitian yang dilakukan oleh Janur (2014) adalah Pengaruh Variasi Panjang dan Jumlah Geotekstil dengan Perbandingan Jarak Pondasi ke Tepi Lereng 1,5B dan 2B terhadap Daya Dukung Pondasi pada Pemodelan Lereng Pasir dengan *Compaction* Relatif 74%. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa daya dukung yang terjadi pada lereng dengan perkuatan geotekstil meningkat dibandingkan tanpa menggunakan perkuatan, semakin panjang lapisan geotekstil yang digunakan maka daya dukung yang mampu di tahan semakin bertambah, serta semakin rapat jarak vertikal antar lapis geotekstil atau dengan kata lain semakin banyaknya jumlah lapisan geotekstil maka daya dukung yang dihasilkan semakin meningkat pula.

Penelitian yang berjudul Perencanaan Dinding Penahan Tanah dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus Jalan Lingkar Donggala) yang dilakukan oleh Setiawan (2012), memperoleh hasil bahwa terdapat

hubungan antara jarak vertikal antar geotekstil memiliki hubungan terhadap faktor aman cabut tulangan dan putus tulangan. Semakin rapat jarak vertikal antar geotekstil maka jumlah geotekstil yang dibutuhkan akan semakin banyak dan berakibat pada meningkatnya nilai angka keamanan. Diperoleh pula hasil bahwa semakin baik atau semakin besar nilai sudut gesek tanah timbunan maka kebutuhan panjang geotekstil akan semakin kecil.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Geotekstil

Geotekstil merupakan salah satu jenis geosintetik atau produk buatan dari bahan polimer yang berfungsi untuk memperbaiki kinerja tanah dan berbentuk seperti karpet atau kain. Umumnya material geotekstil terbuat dari bahan polimer *polyester (PET)* atau *polypropylene (PP)*. Geotekstil secara garis besar dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan metode yang digunakan untuk mengkombinasikan filamen atau pita menjadi struktur lembaran atau dapat dikatakan pada cara pembuatannya, adapun jenis geotekstil yang dimaksud yaitu geotekstil *woven* dan geotekstil *non woven*. Geotekstil *woven* dibuat dengan cara dianyam sedangkan geotekstil *nonwoven* proses pembuatannya tidak dengan cara dianyam sehingga tekstur dari geotekstil *woven* terlihat lebih teratur dibandingkan dengan geotekstil *nonwoven*.

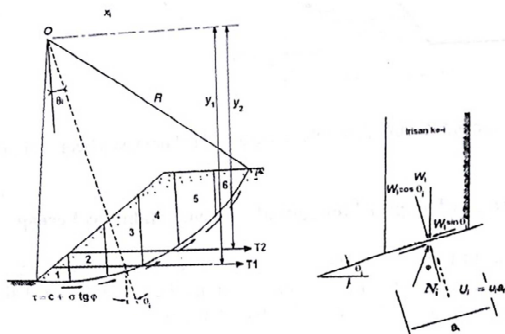
3.2 Metode Irisan (*Fellenius*)

Metode *Fellenius (Ordinary Method of Slice)* diperkenalkan pertama kali oleh *Fellenius* yang menyatakan gaya memiliki sudut kemiringan paralel dengan dasar irisan faktor keamanan dihitung dengan keseimbangan momen. Analisis stabilitas lereng dengan menggunakan metode *Fellenius* menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor.

Fellenius mengemukakan metodenya dengan menyatakan asumsi bahwa keruntuhan terjadi melalui rotasi dari suatu blok tanah pada permukaan longsor

berbentuk lingkaran (sirkuler) dengan titik O sebagai titik pusat rotasi. Metode ini juga menganggap bahwa gaya normal P bekerja ditengah-tengah irisan. Diasumsikan pula bahwa resultan gaya-gaya antar irisan pada tiap irisan adalah sama dengan nol atau dengan kata lain bahwa resultan gaya-gaya antar irisan diabaikan.

Pada analisis lereng bertulang, faktor aman didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah tahanan momen dari tahanan geser tanah disepanjang bidang longsor dan tahanan geotekstil dari tulangan (M_R), dan jumlah momen menggerakkan dari berat massa tanah yang akan longsor (M_D). Gaya-gaya yang bekerja pada irisan dengan menggunakan metode Fellenius dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Analisis Stabilitas Lereng Tanah Bertulang
(Sumber: Hardiyatmo, 2008)

$$SF = \frac{\sum (c\alpha_i + N_i \operatorname{tg} \Phi) R + \sum T_i y_i}{\sum (W_i \sin \theta_i) R}$$

dengan:

- SF = faktor aman,
- c = kohesi tanah (kN/m^2),
- Φ = sudut gesek dalam ($^\circ$),
- R = jari-jari lingkaran longsor (m),
- α_i = panjang irisan ke-i (m),
- W_i = berat massa tanah irisan ke-i (kN),
- θ_i = sudut yang didefinisikan ($^\circ$),
- T_i = kuat tarik ijin geotekstil (kN), dan
- y_i = lengan momen tulangan ke-i (m).

3.3 Program Geoslope

Geoslope Office merupakan sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. Software ini melingkupi

SLOPE / W, *SEEP / W*, *SIGMA / W*, *QUAKE / W*, *TEMP / W* dan *CTRAN / W*. *SLOPE / W* merupakan produk perangkat lunak yang berfungsi untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. Program *SLOPE / W define* merupakan program yang digunakan untuk pemodelan permasalahan lereng dalam bentuk penggambaran pada layar komputer. Perhitungan dilakukan dengan *input* data material *properties* tanah dan pengaturan analisis sesuai kebutuhan. Ketika sudah memasukkan data-data yang dibutuhkan dalam analisis, maka tahap selanjutnya yaitu data yang telah dimodelkan dianalisis dengan menggunakan *SLOPE / W solve*. Hasil analisis kemudian menampilkan grafis seluruh bidang longsor yang berbentuk lingkaran. Nilai faktor keamanan (SF) ditampilkan bersamaan dengan seluruh bidang longsor potensial hingga yang paling kritis.

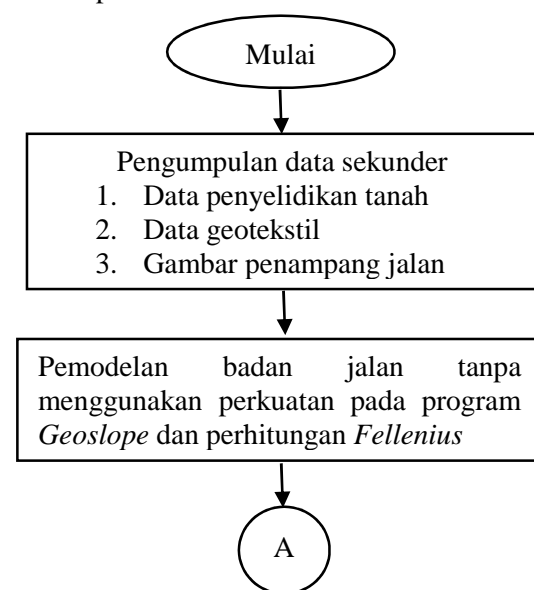
4. METODE PENELITIAN

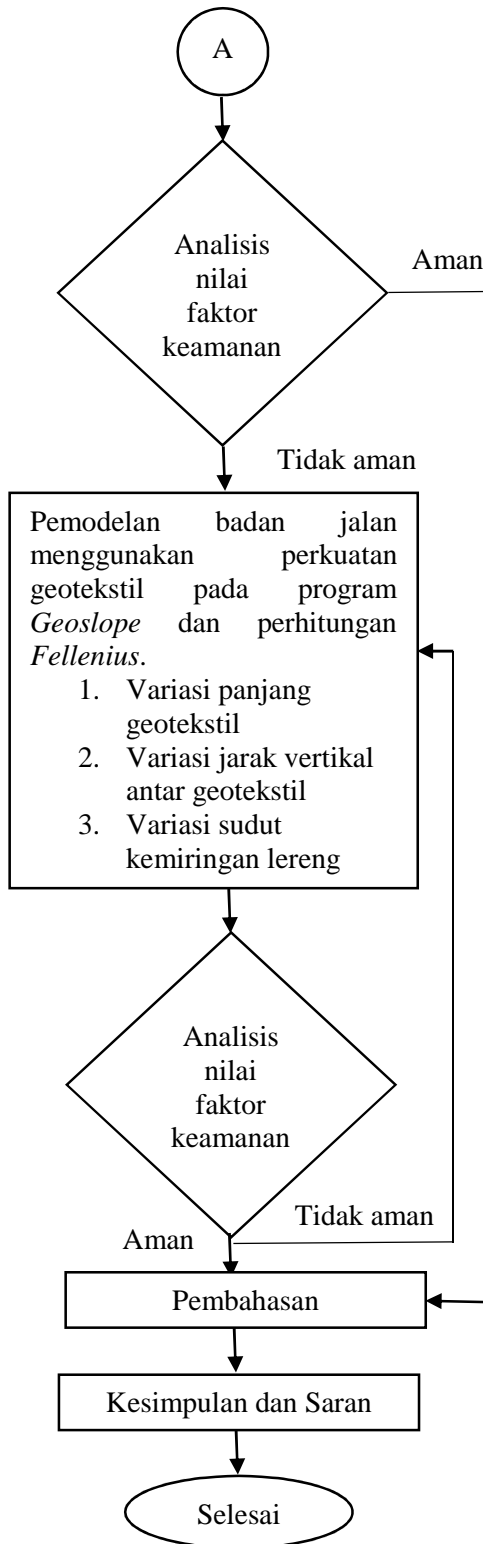
4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di ruas jalan Tol Solo-Kertosono, Ngesrep Sta. 4+175, Desa Ngasem, Kartasura, Sukoharjo, Surakarta, Jawa Tengah.

4.2 Bagan Alir Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.





Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Penelitian

Pada penelitian diperlukan data yang digunakan untuk melakukan analisis

stabilitas lereng pada badan jalan, adapun data-data yang digunakan sebagai berikut.

1. Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam proses penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Data Tanah

	Kerikil dan Pasir	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	°

2. Data Beban Perkerasan dan Lalu Lintas

Beban lalu lintas yang bekerja yaitu sebesar 15 kN/m², dapat dilihat berdasarkan hubungan antara fungsi jalan dan sistem jaringan jalan terhadap beban lalu lintas pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Data Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m ²)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	> 10.000	15
		< 10.000	12
Sekunder	Arteri	> 20.000	15
		< 20.000	12
	Kolektor	> 6.000	12
		< 6.000	10
	Lokal	> 500	10
		< 500	10

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2002)

Berikut merupakan detail perhitungan beban perkerasan rigid.

$$\begin{aligned} \text{Tebal perkerasan} &= 29 \text{ cm} = 0,29 \text{ m} \\ \gamma \text{ beton} &= 2200 - 2500 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Berat perkerasan rigid per m²:

$$\begin{aligned} \text{Tebal perkerasan} \times \gamma \text{ beton} &= 0,29 \times 2500 \\ &= 725 \text{ kg/m}^2 \\ &= 7,11 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

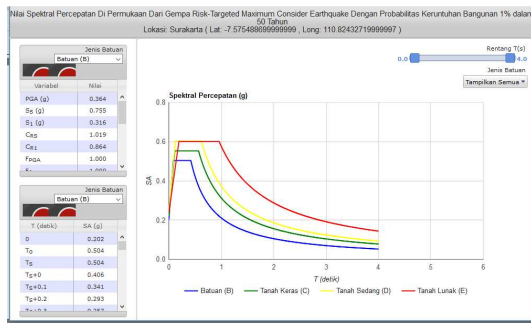
Kombinasi pembebanan:

$$\begin{aligned} \text{Beban Hidup} + \text{Beban Mati} &= 15 + 7,11 \\ &= 22,11 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

3. Data Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan yaitu bersumber dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman,

sesuai dengan lokasi penelitian. Lokasi penelitian pada jalan tol Solo-Kertosono yang berada di Surakarta memiliki percepatan puncak gempa atau *Peak Ground Acceleration* (PGA) sebesar 0,364 g yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Nilai PGA Lokasi Surakarta
(Sumber: Puskim, 2011)

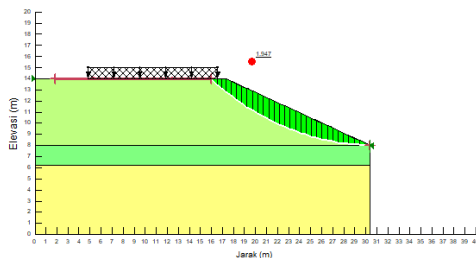
4. Data Geotekstil

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

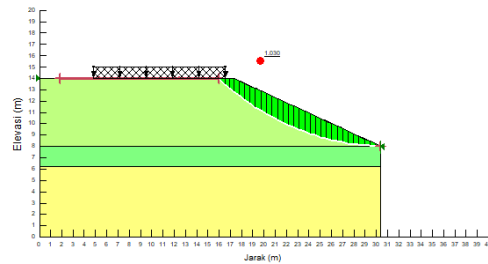
5.2 Analisis Badan Jalan Tanpa Perkuatan

1. Metode *Fellenius* dalam Program *Geoslope*

Pada Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan hasil analisis tanpa perkuatan dengan metode *Fellenius* menggunakan program *Geoslope*.



Gambar 4 Hasil Analisis Badan Jalan Tanpa Perkuatan Tanpa Beban Gempa Menggunakan Program *Geoslope*

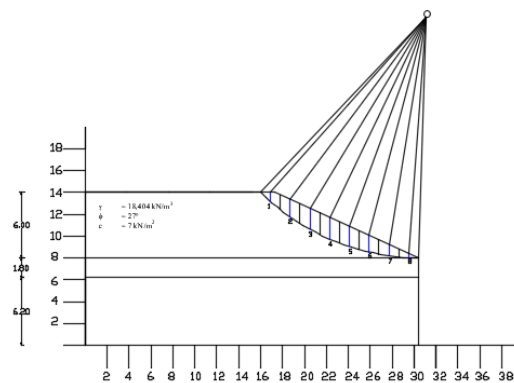


Gambar 5 Hasil Analisis Badan Jalan Tanpa Perkuatan Dengan Beban Gempa Menggunakan Program *Geoslope*

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode *Fellenius* pada program *Geoslope* untuk badan jalan tanpa perkuatan, diperoleh angka aman sebesar 1,947 untuk perhitungan tanpa beban gempa dan sebesar 1,030 dengan memperhitungkan beban gempa. Nilai angka aman untuk lereng dikatakan relatif stabil apabila memiliki angka aman di atas 1,25, sehingga kondisi badan jalan tanpa perkuatan pada Sta. 4 + 175 termasuk dalam lereng labil dan memerlukan upaya untuk menstabilkan lereng dengan menambahkan perkuatan.

2. Metode *Fellenius* Secara Perhitungan Manual

Ilustrasi gambar untuk perhitungan manual pada badan jalan tanpa perkuatan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Badan Jalan Tanpa Perkuatan Metode *Fellenius*

Nilai faktor keamanan:

$$SF = \frac{(C \times L) + (\tan \phi \times \Sigma W \cos \alpha)}{\Sigma W \sin \alpha}$$

$$= \frac{(7 \times 15,969) + (\tan 27^\circ \times 333,371)}{157,686}$$

$$= 1,786$$

Nilai angka aman yang diperoleh dari hasil analisis badan jalan tanpa perkuatan menggunakan metode *Fellenius* secara perhitungan manual sebesar 1,786, dimana angka keamanan ini merupakan hasil yang tidak dipengaruhi oleh beban gempa.

5.3 Variasi Pemasangan Geotekstil

Berikut merupakan variasi yang dilakukan dalam analisis pemodelan badan jalan Sta. 4 + 175 jalan tol Solo-Kertosono.

1. Variasi panjang geotekstil (L)

Beberapa variasi panjang geotekstil yang dilakukan dalam pemodelan adalah sebagai berikut.

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

2. Variasi jarak vertikal (Sv)

Beberapa variasi jarak vertikal antar geotekstil yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- a. Variasi Sv pertama = 0,3 m
- b. Variasi Sv kedua = 0,4 m
- c. Variasi Sv ketiga = 0,6 m

3. Variasi sudut kemiringan lereng (β)

Beberapa variasi sudut kemiringan lereng yang dilakukan dalam pemodelan adalah sebagai berikut.

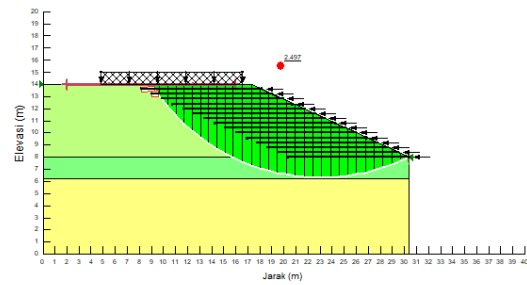
1. Variasi sudut pertama = 19°
2. Variasi sudut kedua = 25°
3. Variasi sudut ketiga = 29°

5.4 Analisis Badan Jalan Dengan Perkuatan Menggunakan Metode *Fellenius* Pada Program *Geoslope*

Analisis badan jalan dengan perkuatan yang ditampilkan yaitu pada badan jalan dengan perkuatan variasi panjang geotekstil, di antaranya 10 m, 13 m dan 15 m.

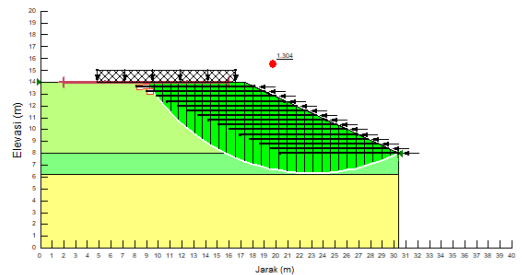
1. Variasi Panjang Geotekstil Pertama (Sv = 0,4 m; L = 10 m)

Hasil analisis badan jalan menggunakan geotekstil variasi panjang pertama adalah sebagai berikut.



Gambar 7 Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Pertama Tanpa Beban Gempa

Pada Gambar 7 diperoleh angka keamanan tanpa pengaruh beban gempa yaitu sebesar 2,497.

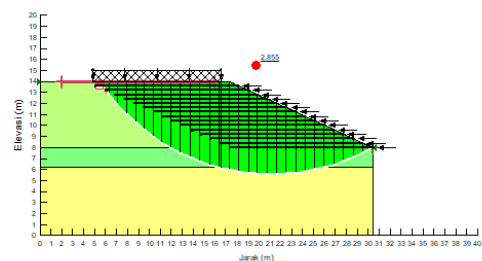


Gambar 8 Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Pertama Dengan Beban Gempa

Pada Gambar 8 diperoleh angka keamanan dengan pengaruh beban gempa yaitu sebesar 1,304.

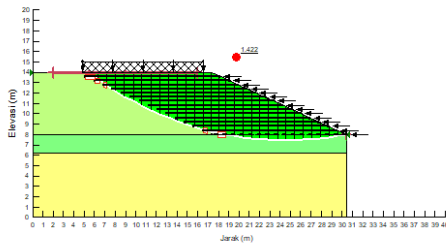
2. Variasi Panjang Geotekstil Kedua (Sv = 0,4 m; L = 13 m)

Hasil analisis badan jalan menggunakan geotekstil variasi panjang kedua adalah sebagai berikut.



Gambar 9 Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Kedua Tanpa Beban Gempa

Berdasarkan Gambar 9, diperoleh angka keamanan tanpa pengaruh beban gempa yaitu sebesar 2,855.

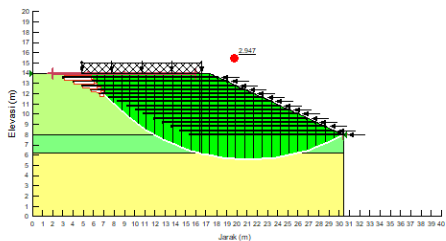


Gambar 10 Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Kedua Dengan Beban Gempa

Berdasarkan Gambar 10, diperoleh angka keamanan dengan pengaruh beban gempa yaitu sebesar 1,422.

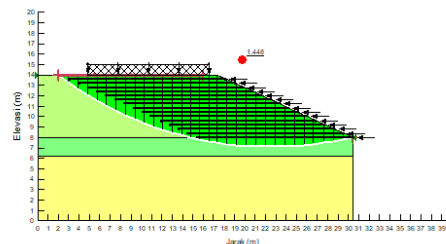
- Variasi Panjang Geotekstil Ketiga (Sv = 0,4 m; L = 15 m)

Hasil analisis badan jalan menggunakan geotekstil variasi panjang ketiga adalah sebagai berikut.



Gambar 11 Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Ketiga Tanpa Beban Gempa

Pada Gambar 11 diperoleh angka keamanan tanpa pengaruh beban gempa yaitu sebesar 2,947.



Gambar 12 Analisis Badan Jalan Menggunakan Perkuatan Variasi Panjang Geotekstil Ketiga Dengan Beban Gempa

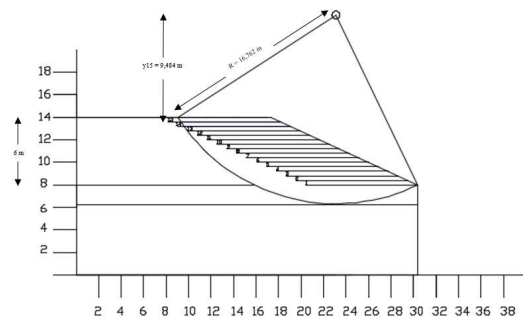
Pada Gambar 12 diperoleh angka keamanan dengan pengaruh beban gempa yaitu sebesar 1,448.

5.5 Analisis Badan Jalan Dengan Perkuatan Menggunakan Metode Fellenius Secara Perhitungan Manual

Analisis badan jalan menggunakan metode *Fellenius* secara perhitungan manual yang ditampilkan yaitu pada badan jalan dengan perkuatan variasi panjang geotekstil, sama seperti yang ditampilkan pada analisis dengan menggunakan program *Geoslope*.

- Variasi Panjang Geotekstil Pertama (Sv = 0,4 m; L = 10 m)

Bidang longsor potensial pada pemodelan yang telah diperkuat dengan geotekstil variasi panjang pertama dapat dilihat pada Gambar 13 berikut.



Gambar 13 Bidang Longsor dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Pertama

Nilai faktor keamanan:

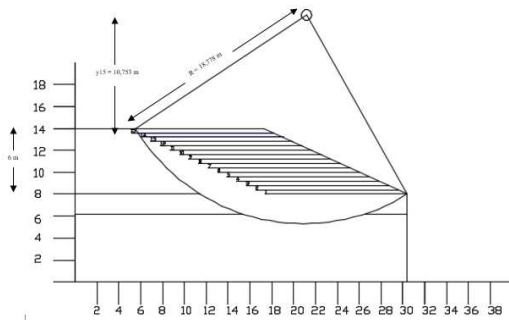
$$SF = \frac{(C \times L) + (\tan \phi \times \sum W \cos \alpha)}{\sum W \sin \alpha} + \frac{\sum T_i y_i}{(\sum W \sin \alpha) \times R}$$

$$= \frac{(7 \times 24,2648) + (\tan 27^\circ \times 1524,7)}{649,147} + \frac{9581,52}{649,147 \times 16,762}$$

$$= 2,339$$

- Variasi Panjang Geotekstil Kedua (Sv = 0,4 m; L = 13 m)

Bidang longsor potensial pada pemodelan yang telah diperkuat dengan geotekstil variasi panjang kedua dapat dilihat pada Gambar 14 berikut.



Gambar 14 Bidang Longsor dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Kedua

Nilai faktor keamanan:

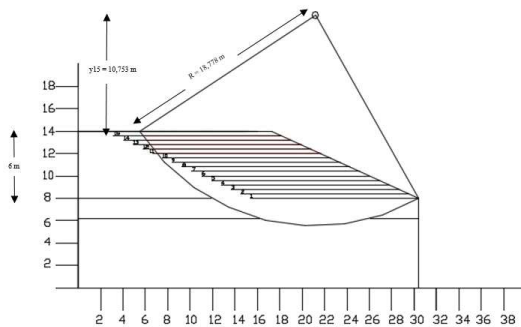
$$SF = \frac{(C \times L) + (\tan \theta \times \Sigma W \cos \alpha)}{\Sigma W \sin \alpha} + \frac{\Sigma T_i y_i}{(\Sigma W \sin \alpha) \times R}$$

$$= \frac{(7 \times 28,436) + (\tan 27^\circ \times 2260,64)}{815,503} + \frac{10571,34}{815,503 \times 18,778}$$

$$= 2,347$$

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

Bidang longsor potensial pada pemodelan yang telah diperkuat dengan geotekstil variasi panjang ketiga dapat dilihat pada Gambar 15 berikut.



Gambar 15 Bidang Longsor dengan Perkuatan Geotekstil Variasi Panjang Ketiga

Nilai faktor keamanan:

$$SF = \frac{(C \times L) + (\tan \theta \times \Sigma W \cos \alpha)}{\Sigma W \sin \alpha} + \frac{\Sigma T_i y_i}{(\Sigma W \sin \alpha) \times R}$$

$$= \frac{(7 \times 28,188) + (\tan 27^\circ \times 2187,025)}{789,367} + \frac{10571,34}{789,367 \times 18,778}$$

$$= 2,375$$

5.6 Pembahasan

Hasil analisis menggunakan metode *Fellenius* secara perhitungan manual dan dengan program *Geoslope* menghasilkan angka aman yang tidak persis sama, namun memiliki perbedaan yang tidak begitu jauh. Hal tersebut disebabkan karena terdapat perbedaan dalam proses analisisnya. Pada perhitungan manual hanya dapat memperhitungkan pengaruh jarak vertikal antar geotekstil, sedangkan dalam program *Geoslope* dapat memperhitungkan pengaruh jarak vertikal serta panjang dari geotekstil sehingga angka aman yang dihasilkan oleh program lebih besar dari perhitungan manual.

Berdasarkan hasil analisis diperoleh grafik hubungan panjang geotekstil, jarak vertikal antar geotekstil dan sudut kemiringan lereng dengan nilai angka aman.

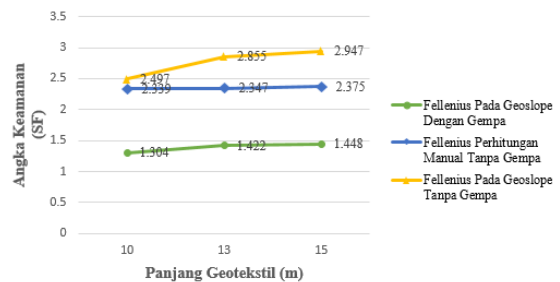
1. Hubungan Panjang Geotekstil dengan Nilai Faktor Keamanan

Hasil rekapitulasi angka aman pada variasi panjang geotekstil dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3 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

Berikut merupakan grafik hubungan antara panjang geotekstil dengan nilai angka aman.



Gambar 16 Hubungan Antara Panjang Geotekstil dengan Nilai Angka Keamanan

Pada Gambar 16 menunjukkan bahwa semakin panjang geotekstil yang diberikan maka akan semakin meningkat angka keamanan yang dihasilkan.

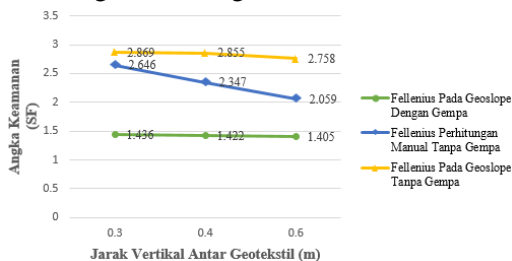
2. Hubungan Jarak Vertikal Antar Geotekstil dengan Nilai Faktor Keamanan

Hasil rekapitulasi angka aman pada variasi jarak vertikal antar geotekstil dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4 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

Berikut merupakan grafik hubungan antara jarak vertikal antar geotekstil dengan nilai angka aman.



Gambar 17 Hubungan Antara Jarak Vertikal dengan Nilai Angka Keamanan

Berdasarkan yang terlihat dalam Gambar 17, bahwa semakin rapat jarak vertikal antar geotekstil maka semakin tinggi nilai angka keamanan yang dihasilkan.

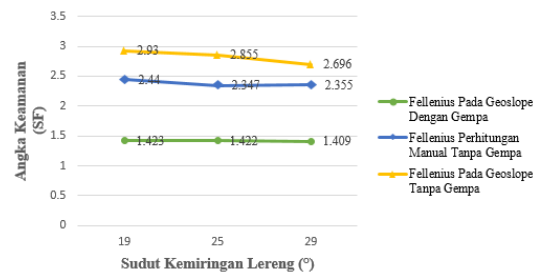
3. Hubungan Sudut Kemiringan Lereng dengan Nilai Faktor Keamanan

Hasil rekapitulasi angka aman pada variasi sudut kemiringan lereng dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5 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

Berikut merupakan grafik hubungan antara sudut kemiringan lereng dengan nilai angka aman.



Gambar 18 Hubungan Antara Sudut Kemiringan Lereng dengan Nilai Angka Keamanan

Berdasarkan Gambar 18, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin kecil sudut kemiringan lereng atau semakin landai lereng maka nilai angka keamanan akan semakin tinggi.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Hasil analisis stabilitas timbunan badan jalan tanpa menggunakan perkuatan dengan metode *Fellenius* secara perhitungan manual diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,786, sedangkan pada program *Geoslope* diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,947 untuk kondisi tanpa pengaruh beban gempa dan sebesar 1,030 untuk kondisi yang dipengaruhi beban gempa. Nilai faktor keamanan yang dipengaruhi beban gempa kurang dari 1,30 yang berarti kondisi badan jalan dalam

- keadaan kritis dan rawan longsor apabila tidak diberi perkuatan.
2. Hasil analisis stabilitas timbunan badan jalan menggunakan perkuatan geotekstil dengan metode *Fellenius* secara perhitungan manual pada variasi panjang pertama, kedua dan ketiga dengan panjang geotekstil masing-masing 10 m, 13 m dan 15 m yaitu 2,339, 2,347 dan 2,375, dengan menggunakan program *Geoslope* tanpa pengaruh gempa sebesar 2,497, 2,855 dan 2,947 dan dengan pengaruh gempa yaitu 1,304, 1,422 dan 1,448. Hasil analisis stabilitas timbunan badan jalan menggunakan perkuatan geotekstil dengan metode *Fellenius* secara perhitungan manual pada variasi jarak vertikal antar geotekstil pertama, kedua dan ketiga dengan S_v masing-masing 0,3 m, 0,4 m dan 0,6 m yaitu 2,646, 2,347 dan 2,059, kemudian menggunakan program *Geoslope* tanpa pengaruh gempa sebesar 2,869, 2,855 dan 2,758, sedangkan dengan pengaruh gempa yaitu 1,436, 1,422 dan 1,405. Hasil analisis stabilitas timbunan badan jalan menggunakan perkuatan geotekstil dengan metode *Fellenius* secara perhitungan manual pada variasi sudut kemiringan lereng pertama, kedua dan ketiga dengan sudut masing-masing 19° , 25° dan 29° yaitu 2,440, 2,347 dan 2,355, dengan menggunakan program *Geoslope* tanpa pengaruh gempa sebesar 2,930, 2,855 dan 2,696, sedangkan dengan pengaruh gempa yaitu 1,423, 1,422 dan 1,409. Hasil analisis stabilitas timbunan menggunakan perkuatan geotekstil pada tiap variasi menghasilkan angka aman yang lebih dari yang disyaratkan yaitu 1,30 sehingga badan jalan dalam kondisi aman.
 3. Hubungan antara panjang geotekstil terhadap angka aman yaitu semakin panjang geotekstil yang digunakan

maka semakin besar nilai faktor keamanan yang dihasilkan.

4. Hubungan antara jarak vertikal antar geotekstil terhadap angka aman yaitu semakin rapat atau semakin kecil jarak vertikal geotekstil yang digunakan maka semakin besar nilai faktor keamanan yang dihasilkan.
5. Hubungan antara sudut kemiringan lereng terhadap angka aman yaitu semakin kecil sudut kemiringan lereng atau semakin landai lereng maka semakin besar nilai faktor keamanan yang dihasilkan.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, F.N. 2014. Penggunaan Geotekstil Pada Lereng Sungai Gajah Putih Surakarta. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*. Vol.2 No.1:2354-8630. Surakarta.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Panduan Geoteknik 4 Desain dan Kontruksi*, Edisi Pertama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2008. *Geosintetik untuk Rekayasa Jalan Raya*, Edisi Ke I Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Janur, Y.D. 2014. Pengaruh Variasi Panjang dan Jumlah Lapisan Geotekstil dengan Perbandingan Jarak Pondasi ke Tepi Lereng 1,5B dan 2B Terhadap Daya Dukung Pondasi Pada Pemodelan Lereng Pasir dengan *Compaction* Relatif 74%. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol.8 No.3:1978-5658. Malang.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman. 2011. *Desain Spektra Indonesia*. Jakarta.
- Setiawan, H. 2012. Perencanaan Dinding Penahan Tanah dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus Jalan Lingkar Donggala). *Jurnal Infrastruktur*. Vol.2 No.2:74-83. Palu.