

## ANALISA PERKUATAN TIMBUNAN TANAH DENGAN GEOTEKSTIL WOVEN SEBAGAI UPAYA PENGURANGAN GAYA LATERAL PADA ABUTMEN

Qunik Wiqoyah\*, Rosy Elvry Alawiyah, Anto Budi Listyawan, Renaningsih

Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani, Mendungan, Pabelan, Kec. Kartasura, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah

\*Email: Qunik.Wiqoyah@ums.ac.id

### Abstrak

Kabupaten Sragen memiliki jenis tanah *Gromusol*, sehingga pada proyek pembangunan Simpang Susun Sragen Timur perlu dilakukan sistem perbaikan tanah dengan menggunakan lapisan geotekstil woven. Penggunaan geotekstil diharapkan menjadi faktor yang dapat mereduksi gaya lateral. Perhitungan perkuatan timbunan tanah menggunakan geotekstil woven bertujuan mengetahui pengaruh penggunaan geotekstil, kebutuhan geotekstil, nilai faktor keamanan, nilai daya dukung tanah dari tinggi timbunan 7 m, 8 m, 9 m, dan 10 m. Dari hasil perhitungan stabilitas dalam yang terdiri dari perhitungan gaya lateral, jarak spasi, panjang penjangkaran, dan panjang overlapping menunjukkan bahwa pada setiap tinggi timbunan memiliki hasil yang berbeda. Akibat pengurangan gaya lateral yang tereduksi sebesar 75% pada lapisan geotekstil dengan kuat tarik 60 kN/m didapatkan jumlah kebutuhan lapisan geotekstil woven pada setiap tinggi timbunan, yaitu pada tinggi timbunan 7m membutuhkan 8 lapisan, tinggi timbunan 8m membutuhkan 10 lapisan, tinggi timbunan 9m membutuhkan 11 lapisan, dan pada tinggi timbunan 10m membutuhkan 13 lapisan. Sedangkan stabilitas luar terdiri dari kemampuan perkuatan lereng dalam menahan gaya geser, gaya guling, dan kuat dukung tanah. Dari perhitungan stabilitas luar tersebut dapat diketahui nilai *safety factor* (SF) pada setiap tinggi timbunan dapat memenuhi.

**Kata kunci :** geotekstil, lateral, stabilitas dalam, stabilitas luar

### Abstrac

Sragen Regency has a soil type of *Gromusol*, so in the construction project of the East Sragen Interchange, it's necessary to carry out a soil improvement system using a layer of woven geotextile. The use of geotextiles is expected to be a factor that can reduce lateral forces. The calculation of embankment reinforcement using woven geotextiles aims to determine the effect of geotextiles, geotextiles requirements, the value of safety factor, the value of the soil bearing capacity of the embankment height of 7m, 8m, 9m, and 10m. From the results of the calculation of internal stability which consists of the calculation of lateral forces, spacing, length of anchorage, and length of overlap it shows that at each height of embankment, the results are different. As a result of reducing the reduced lateral force by 75% on a geotextile layer with tensile strength of 60 kN/m, the required number of layers of woven geotextiles for each embankment height is 7m requires 8 layers, 8m embankment height requires 10 layers, 9m embankment requires 11 layers, and at a 10m embankment it requires 13 layers. Meanwhile external stability consists of the ability of slope reinforcement to withstand shear forces, rolling forces, and soil bearing strength. From the calculation of the external stability, it can be seen that the value of safety factor (SF) at each embankment height can qualify.

**Keywords :** geotextiles, lateral, internal stability, external stability

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur yang terus meningkat menyebabkan tanah yang sifatnya kurang baik mulai dipergunakan. Kabupaten Sragen memiliki jenis tanah *Gromusol*, *Alluvial Regosol*, *Latosol*, dan *Mediteran*. Kondisi tanah dasar yang kurang baik mengharuskan upaya perbaikan agar mampu menahan beban konstruksi yang ditimbulkan.

Pada proyek pembangunan Simpang Susun Sragen Timur yang berada di Desa Toyogo, Kecamatan Sambungmacan, Kabupaten Sragen, dalam konstruksi abutmen dengan sistem *spill trough*, sebelum pelaksanaan *bore pile* harus dilakukan penimbunan tanah dibelakang abutmen

terlebih dahulu. Untuk mengatasi penurunan tanah yang diakibatkan timbunan diatas tanah lunak perlu dilakukan sistem perbaikan tanah. Salah satu cara yang digunakan dalam perbaikan tanah adalah dengan menggunakan lapisan geotekstil woven. Timbunan yang diperkuat dengan geotekstil dapat memberikan penghematan yang signifikan dibandingkan dengan metode konvensional seperti metode stabilisasi dengan pembangunan *berm* maupun dengan metode perpindahan [Hardiyatmo, 2013]

Geotekstil woven adalah bahan material yang berbentuk lembaran yang terbuat dari bahan tekstil *polymer*, bersifat lolos air, berbentuk rajutan atau anyaman yang digunakan dalam

kontak dengan tanah/batu dan/atau material geoteknik yang lain. Geotekstil woven dipilih sebagai sistem perkuatan tanah yang digunakan dikarenakan geotekstil woven dapat digunakan sebagai bahan untuk meningkatkan stabilitas tanah dasar (terutama tanah lunak). Geotekstil jenis ini mempunyai nilai kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan geotekstil *non woven*. Juga mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia dan organik. (Isparmo, 2010).

Beberapa penelitian dengan tema yang hampir sama pernah dilakukan oleh Uswatun Chasanah (2012) dengan judul “Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program *Geoslope*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kemiringan lereng, panjang geotekstil, dan jarak vertikal antar getekstil dengan *Safety Factor* (SF) dan mengetahui perbandingan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan perhitungan manual dengan program *Geoslope*. Ferry Abdur Rahman (2020) dengan judul “Analisis Pengaruh Penggunaan Geotekstil Di Timbunan Oprit Terhadap Gaya Lateral Pada Abutmen *Overpass* Rejosari Tol Semarang Batang”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan geotekstil sebagai perkuatan tanah dibelakang abutmen terhadap nilai tekanan tanah aktif yang dihasilkan timbunan oprit dan nilai SF yang dihasilkan.

Menurut PT. Jasamarga Solo Ngawi (2020) selaku *owner* pada proyek pembangunan Simpang Susun Sragen Timur perhitungan yang dilakukan dalam pekerjaan timbunan tanah dengan geotekstil woven dianggap kurang sesuai dengan perencanaan yang diharapkan, sehingga perlu dilakukan analisa dan perhitungan ulang terhadap pekerjaan tersebut. Pelaksanaan pekerjaan timbunan tanah dengan geotekstil woven pada oprit sebagai upaya pengurangan gaya lateral, perhitungan dan pemilihan bahan geotekstil harus diperhatikan supaya tidak terjadi kesalahan yang dapat merugikan secara materi maupun *non materi*. Tekanan lateral timbunan tanah yang ditahan/dilimpahkan sebesar 75% pada geotekstil dan 25% pada bangunan abutmen. Penggunaan geotekstil woven diharapkan menjadi faktor yang dapat mereduksi gaya lateral pada kondisi normal dan kondisi gempa, serta sebagai metode penimbunan yang lebih mudah. Material geotekstil woven yang digunakan memiliki nilai kuat tarik minimal 60kN/m dengan *Safety Factor* bahan (SF) = 3. Perhitungan dilakukan pada timbunan tanah dengan tinggi 7m, 8m, 9m, dan 10m.

## 2. METODOLOGI

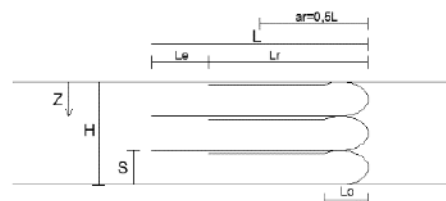
Agar perencanaan dapat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan apa yang diharapkan, penelitian ini memiliki tahapan-tahapan perencanaan. Pada tahapan awal perencanaan analisa ini adalah mengumpulkan dan memahami studi literature. Mengumpulkan data-data teknis, seperti data hasil uji sondir, data dasar geotekstil, dan data tanah urugan yang didapatkan dari proyek pembangunan Simpang Susun Sragen Timur. Selanjutnya menganalisa tanah timbunan pada oprit jembatan. Menghitung nilai stabilitas dalam yang meliputi jarak spasi, panjang penjangkaran geotekstil, serta menentukan panjang *overlapping* geotekstil dan menghitung nilai stabilitas luar yang meliputi pemeriksaan momen guling, pemeriksaan geser, dan pemeriksaan daya dukung tanah. Berapa kebutuhan geotekstil yang digunakan. Seluruh perhitungan dilakukan terhadap tinggi timbunan 7m, 8m, 9m, dan 10m. Pada tahap yang terakhir adalah menyimpulkan hasil analisis dan pembahasan untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian dan memberi masukan penelitian sebagai saran untuk kebaikan kedepannya.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisa Stabilitas Timbunan Oprit Jembatan

Berdasarkan hasil sondir menunjukkan kedalaman lapisan lempung lunak terdapat pada kedalaman -1,5m sampai -2,5m, sehingga untuk tinggi timbunan > 5m terutama oprit jembatan perlu dilakukan *replacement* tanah dasar mencapai kedalaman -2,5m. Untuk lokasi oprit berdasarkan hasil analisa stabilitas timbunan untuk tinggi 10m bila tanpa dilakukan penggalian tanah dasar nilai *safety factor* (SF) terhadap sliding  $0,947 < 1$  (akan terjadi runtuh pada masa konstruksi. Untuk penggantian timbunan pilihan dapat dilakukan dengan perkuatan geotekstil woven.

### 3.2 Analisa Stabilitas Dalam



Gambar 1. Ilustrasi analisa stabilitas dalam

Data yang diperlukan untuk analisis stabilitas dalam dengan perkuatan geotekstil

menggunakan data yang berasal dari proyek Simpang Susun Sragen Timur, yaitu:

Koef tekanan tanah lateral ( $K_a$ ) = 0,29  
 Kohesi antar tanah dengan geotekstil ( $C$ ) = 2,00 t/m<sup>2</sup>  
 Beban hidup ( $q$ ) = 1,50 t/m<sup>2</sup>

### 3.2.1 Perhitungan Gaya Lateral Pada Tinggi Timbunan 7 m

$$P = K \times \gamma_s \times Z \times 75\% \quad (1)$$

$$= 0,29 \times 1,9 \times Z \times 75\% = 0,413Z \text{ t/m}^2$$

dengan::

$P$  = tekanan tanah lateral (kPa)  
 $K$  = koefisien tekanan tanah lateral  
 $\gamma_s$  = berat jenis tanah (kN/m<sup>3</sup>)  
 $Z$  = kedalaman diukur dari permukaan tanah (m)

### 3.2.2 Menentukan jarak spasi pada tinggi timbunan 7 m

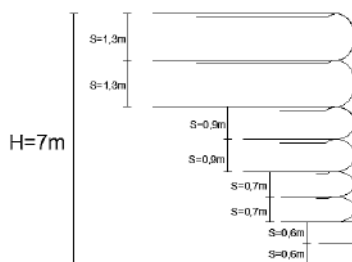
$$S = C / (P + K_a \times q) \quad (2)$$

dengan:

$S$  = jarak spasi (m)  
 $C$  = kohesi antar tangan dengan geotekstil (t/m<sup>2</sup>)  
 $P$  = tekanan tanah timbunan (kPa)  
 $Z$  = kedalaman tanah (m)  
 $K_a$  = koefisien tekanan tanah  
 $Q$  = beban hidup (t/m<sup>2</sup>)

**Tabel 1.**  
Rekapitulasi perhitungan jarak spasi pada tinggi timbunan 7 m

Z (m)	S (m)	S (Pembulatan)
7	0,601	0,6
5,5	0,739	0,7
4	0,958	0,9
2,5	1,362	1,3



**Gambar 2.** Jarak spasi pada ringgi timbunan 7 m

### 3.2.3 Menentukan Panjang Penjangkaran Geotekstil Woven Pada Tinggi Timbunan 7 m

$$L = L_e + L_r \quad (3)$$

$$L_e = \frac{Sv + \sigma h + SF}{2(C + \sigma V \tan \delta)} \quad (4)$$

dengan:

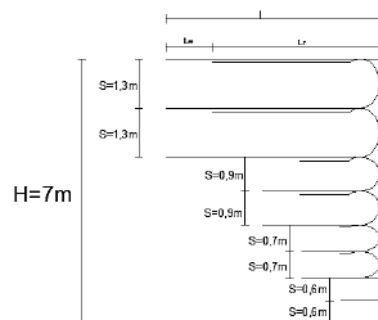
$L_e$  = panjang geotekstil yang berada pada anchorage zone, minimal 1m  
 $L_r$  = panjang geotekstil yang berada di depan bidang longsor  
 $S_v$  = jarak vertical pemasangan geotekstil, (m)  
 $\delta$  = sudut geser antara tanah dan geotekstil, (°)  
 $\sigma H$  = tegangan horizontal (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\sigma V$  = tegangan vertical (kN/m<sup>2</sup>)  
 $c$  = kohesi antar tanah dengan geotekstil (t/m<sup>2</sup>)  
 $SF$  = Safety Factor  
 $Z$  = kedalaman tanah (m)  
 $H$  = tinggi timbunan (m)

dimana,

Sudut geser tanah dengan geotekstil ( $\delta$ ) dengan  $Z < 2,5\text{m}$  = 1°  
 Sudut geser tanah dengan geotekstil ( $\delta$ ) dengan  $2,5 < Z < 5,5\text{m}$  = 20°  
 Sudut geser tanah dengan geotekstil ( $\delta$ ) dengan  $Z > 5,5\text{m}$  = 25°  
 Safety factor (SF) = 3  
 Perencanaan kedalaman tanah (Z) adalah 7m, 5,5m, 4m, dan 2,5m.

**Tabel 2.**  
Rekapitulasi perhitungan panjang penjangkaran geotekstil woven pada tinggi timbunan 7 m

Jumlah Lapisan	Lapisan Ke-	Z (m)	$L_e$ (m)	$L_e$ Min (m)	$L_r$ (m)	L (m)
2	1-2	7	0,423	1	0,000	1,000
2	3-4	5,5	0,533	1	1,050	2,050
2	5-6	4	0,603	1	2,100	3,100
2	7-8	2,5	1,127	1	4,419	5,546



**Gambar 3.** Panjang penjangkaran geotekstil woven pada tinggi timbunan 7 m

**3.2.4 Menentukan Panjang *Overlapping* Geotekstil Woven Pada Tinggi Timbunan 7 m**

$$L_o = \frac{Sv + \sigma h + SF}{4(C + \sigma V \tan \delta)} \quad (5)$$

dengan,

$L_o$  = panjang lipatan pada geotekstil, minimal 1m

$\delta$  = sudut geser antara tanah dan geotekstil ( $^\circ$ )

$\sigma H$  = tegangan horizontal (kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma V$  = tegangan vertical (kN/m<sup>2</sup>)

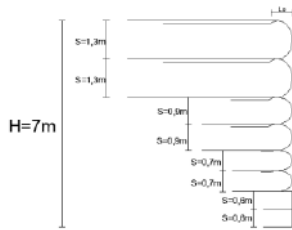
$c$  = kohesi antar tanah dengan geotekstil (t/m<sup>2</sup>)

SF = safety factor

**Tabel 3.**

**Rekapitulasi perhitungan panjang overlapping geotekstil woven pada tinggi timbunan 7 m**

Jumlah Lapisan	Lapisan Ke-	Z (m)	$L_o$ (m)	Pembulatan (m)
2	1-2	7	0,220	1
2	3-4	5,5	0,262	1
2	5-6	4	0,297	1
2	7-8	2,5	0,562	1



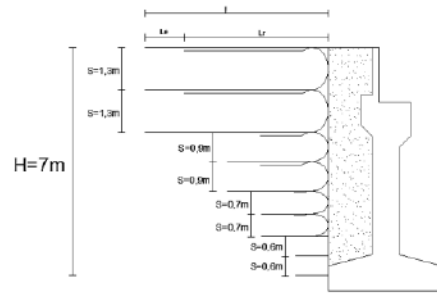
**Gambar 4. Panjang *Overlapping* pada tinggi timbunan 7 m**

Perhitungan yang sama juga dilakukan pada variasi tinggi timbunan, yaitu tinggi 8m, 9m, dan 10m dengan rekapitulasi dibawah ini.

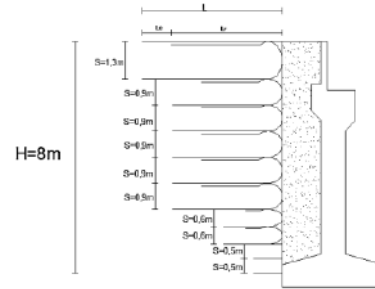
**Tabel 4.**

**Rekapitulasi perhitungans dalam**

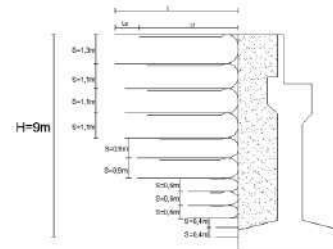
Tinggi Timbunan (m)	Jumlah Lapisan	Lapisan Ke-	Z (m)	S (m)	S (Pembulatan)	Le (m)	Min (m)	Lr (m)	L (m)	Lo (m)	Pembulatan (m)
7	2	1-2	7,00	0,601	0,6	0,423	1	0,000	1,000	0,220	1
	2	3-4	5,50	0,739	0,7	0,533	1	1,050	2,050	0,262	1
	2	5-6	4,00	0,958	0,9	0,603	1	2,100	3,100	0,297	1
	2	7-8	2,50	1,362	1,3	1,127	1	4,419	5,546	0,562	1
8	2	1-2	8,00	0,535	0,5	0,363	1	0,000	1,000	0,255	1
	2	3-4	6,50	0,641	0,6	0,483	1	1,050	2,050	0,307	1
	5	5-9	4,00	0,958	0,9	0,603	1	2,800	3,800	0,366	1
9	1	10	2,50	1,362	1,3	0,689	1	3,850	4,850	0,400	1
	2	1-2	9,00	0,481	0,4	0,298	1	0,000	1,000	0,156	1
	3	3-5	7,00	0,601	0,6	0,423	1	1,274	2,274	0,220	1
	2	6-7	4,00	0,958	0,9	0,603	1	3,500	4,500	0,297	1
10	3	8-10	3,20	1,138	1,1	0,664	1	4,060	5,060	0,327	1
	1	11	2,60	1,325	1,3	0,704	1	4,480	5,480	0,347	1
	3	1-3	10,00	0,336	0,3	0,228	1	0,000	1,000	0,138	1
	3	4-6	5,60	0,568	0,5	0,332	1	2,803	3,803	0,195	1
10	3	7-9	3,00	0,958	0,9	0,526	1	4,900	5,900	0,282	1
	3	10-12	2,20	1,214	1,2	0,919	1	7,660	8,660	0,461	1
	1	13	2,00	1,301	1,3	0,908	1	7,856	8,856	0,455	1



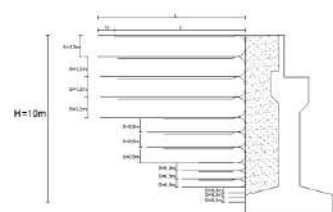
**Gambar 5. Potongan memanjang pada tinggi timbunan 7 m**



**Gambar 6. Potongan memanjang pada tinggi timbunan 8 m**



**Gambar 7. Potongan memanjang pada tinggi timbunan 9 m**

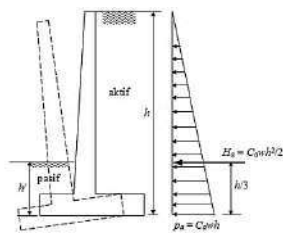


**Gambar 8. Potongan memanjang pada tinggi timbunan 10 m**

Setelah memperhatikan hasil diatas, diketahui bahwa pada setiap tinggi timbunan memiliki jumlah lapisan geotekstil woven, jarak spasi antar lapisan dan panjang penjangkaran geotekstil woven yang berbeda. Selain itu, hasil perhitungan jumlah kebutuhan geotekstil tersebut juga berbeda dengan keadaan sebenarnya dilapangan, yaitu pada tinggi timbunan 7m membutuhkan 5 lapisan geotekstil woven, tinggi timbunan 8m membutuhkan 8 lapisan geotekstil woven, tinggi timbunan 9m membutuhkan 9 lapisan geotekstil woven, dan pada tinggi timbunan 10m membutuhkan 11 lapisan geotekstil woven.

### 3.3 Analisa Stabilitas Luar

#### 3.3.1 Menghitung Tekan Tanah Aktif



Gambar 9. Diagram tekanan tanah aktif (Hardiyatmo, 2013)

$$Pa = 0,5 \times \gamma \times H^2 \times Ka \quad (6)$$

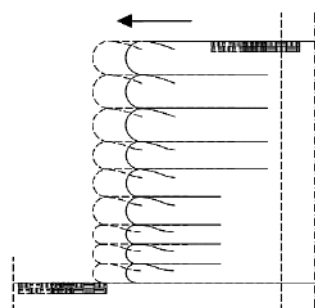
$$= 0,5 \times 1,90 \times 7^2 \times 0,29$$

$$= 13,500 \text{ t/m}^2$$

dengan,

- Pa = tekanan tanah aktif (t/m<sup>2</sup>)
- γ = berat isi tanah (kN/m<sup>3</sup>)
- H = tinggi dinding (m)
- Ka = koefisien tanah aktif

#### 3.3.2 Pemeriksaan Momen Geser



Gambar 10. Stabilitas terhadap Momen geser

$$SF_{geser} = \frac{C \times Le + Q \tan \delta}{Pa} > 1,5 \quad (7)$$

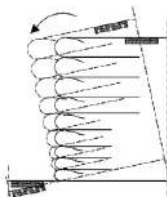
$$Q = Le \times H \times \gamma \quad (8)$$

$$SF_{geser} = \frac{C \times Le + (Le \times H \times \gamma) \tan \delta}{Pa} \quad (9)$$

dengan,

- Q = gaya karena beban tanah sendiri (N)
- Pa = tekanan tanah aktif (t/m<sup>2</sup>)
- δ = sudut geser antara tanah dan geotekstil (°)
- L = panjang geotekstil (m)
- SF<sub>geser</sub> = safety factor terhadap kestabilan geser
- SF<sub>geser</sub> =  $\frac{2 \times 7,428 + (7,428 \times 7 \times 1,90) \times 0,467}{13,500}$
- = 4,518 > 1,5 (Memenuhi)

#### 3.3.3 Pemeriksaan Momen Guling



Gambar 11. Stabilitas terhadap momen guling

$$SF_{guling} = \frac{Q \times ar}{Pa \times ad} > 2 \quad (10)$$

$$Q = Le \times H \times \gamma \quad (11)$$

$$ar = 0,5 \times L \quad (12)$$

$$ad = \frac{1}{3} \times H \quad (13)$$

dengan,

Q = gaya karena beban tanah (N)

Pa = tekanan tanah aktif (t/m<sup>2</sup>)

ar = 0,5 x L

ad = 1/3 H

SF<sub>guling</sub> = safety factor terhadap kestabilan guling

$$(8,254 \times 7 \times 1,90) \times (0,5 \times (1+1+2,050+2,050+3,100+3,100+5,633+5,633))$$

$$SF_{guling} = \frac{13,500 \times (\frac{1}{3} \times 7)}{13,500 \times (\frac{1}{3} \times 7)}$$

$$= 40,762 > 2 \quad (\text{Memenuhi})$$

#### 3.3.4 Pemeriksaan Daya Dukung Tanah Dengan Perkuatan Geotekstil Woven

$$SF = \frac{q_{ult}}{q} > 3 \quad (14)$$

$$q = H \times \gamma \quad (15)$$

$$q_{ultimate} = (C \times N_c) + (q \times N_q) + (0,5 \times B \times \gamma \times N_\gamma) \quad (16)$$

dengan,

q<sub>ultimit</sub> = tegangan tanah maksimum (t/m<sup>2</sup>)

γ = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

B = lebar/diameter pondasi (m)

C = kohesi tanah (t/m<sup>2</sup>)

N<sub>γ</sub>, N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub> = koefisien daya dukung tanah akibat Ø

q = tegangan tanah yang berkerja (t/m<sup>2</sup>)

D = kedalaman tanah(m)

Untuk mencari nilai koefisien daya dukung tanah akibat sudut geser (N<sub>γ</sub>, N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>) menggunakan tabel kontrol daya dukung tanah yang dikemukakan oleh Terzaghi. Berdasarkan data proyek Simpang Susun Sragen Timur diketahui nilai sudut gesek sebesar 25°, sehingga didapat nilai N<sub>γ</sub> = 9,7, N<sub>c</sub> = 25,1, dan N<sub>q</sub> = 12,7

$$q_{ultimate} = (2 \times 25,1) + (1,5 \times 12,7)$$

$$+ (0,5 \times 1,5 \times 1,90 \times 9,7) = 83,073 \text{ t/m}^2$$

$$q = 7 \times 1,90 = 13,30$$

$$SF = \frac{q_{ult}}{q} = \frac{83,073}{13,30} = 6,246 > 3$$

(Memenuhi)

Perhitungan yang sama juga dilakukan pada variasi tinggi timbunan, yaitu tinggi 8m, 9m, dan 10m dengan rekapitulasi dibawah ini.

Tabel 5.

Rekapitulasi perhitungan stabilitas luar

Tinggi Timbunan	Tekanan Tanah Aktif	Momen Geser	Momen Guling	Daya Dukung	Keterangan
7 meter	13,500	4,518	40,762	6,246	Memenuhi
8 meter	17,632	4,636	48,411	6,246	Memenuhi
9 meter	22,316	4,475	54,062	6,246	Memenuhi
10 meter	27,550	4,736	90,027	6,246	Memenuhi

Dari perhitungan stabilitas luar pada tanah timbunan dengan perkuatan geotekstil dapat diketahui nilai *safety factor* (SF) pada setiap tinggi timbunan. Dari hasil perhitungan tersebut diketahui nilai *safety factor* (SF) dapat memenuhi pada pemeriksaan momen geser, momen guling, dan daya dukung terhadap setiap tinggi timbunan.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dapat disimpulkan beberapa hal mengenai analisa perkuatan timbunan tanah dengan menggunakan geotekstil woven yaitu sebagai berikut:

- 4.1 Sebagai upaya untuk mengurangi gaya lateral terhadap abutmen pada konstruksi *Spill Trough* dapat dilakukan dengan cara memasang geotekstil woven, sehingga pada kondisi normal dan kondisi gempa gaya lateral dapat direduksi oleh tarikan geotekstil woven.
- 4.2 Dari hasil analisa pengurangan gaya lateral pada abutmen dengan menggunakan geotekstil woven dengan kuat tarik 60 kN/m dan gaya lateral tereduksi adalah 75% didapatkan jumlah kebutuhan lapisan geotekstil woven pada setiap tinggi timbunan, yaitu:
  - 4.2.1 Pada tinggi timbunan 7m membutuhkan 8 lapisan geotekstil woven
  - 4.2.2 Pada tinggi timbunan 8m membutuhkan 10 lapisan geotekstil woven
  - 4.2.3 Pada tinggi timbunan 9m membutuhkan 11 lapisan geotekstil woven
  - 4.2.4 Pada tinggi timbunan 10m membutuhkan 13 lapisan geotekstil woven
- 4.3 Dari hasil perhitungan stabilitas luar pada tanah timbunan dengan perkuatan geotekstil woven pada setiap tinggi timbunan dapat diketahui nilai *safety factor* (SF), yaitu:
  - 4.3.1 Pemeriksaan terhadap momen geser memiliki  $SF > 1,5$  (Memenuhi)
  - 4.3.2 Pemeriksaan terhadap momen guling memiliki  $SF > 2$  (Memenuhi)
  - 4.3.3 Pemeriksaan terhadap daya dukung memiliki  $SF > 3$  (Memenuhi)

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga, 2009, *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*, No 003/BM/2009, Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Direktorat Bina Teknik, Jakarta Selatan.
- Chasanah, U, 2012, *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Program Geoslope*, Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universita Sebelas Maret, Surakarta.
- Das, Braja, M, 1988, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid I, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Das, Braja, M, 1993, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Dwityagana, I Made P, 2019, *Desain Penahan Tanah Dengan Perkuatan Geotekstil*, Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar.
- Listyawan, Anto , B, dkk, 2017. *Mekanika Tanah dan Rekayasa Pondasi*, Muhammadiyah University Press, Surakarta.
- Listyono, P, P, U, 2017, *Perencanaan Podasi Jembatan dan Perbaikan Tanah Untuk Oprit Jembatan Overpass Mungkung di Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331*, Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Melle, Didiet Adhitya, dkk, 1999, *Pemakaian Geotekstil Sebagai Perkuatan Tanah Lunak Pada Badan Jalan*, Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Priastiwi, Yulita Arni, 2020, *Laporan Hasil Penyelidikan Tanah Pada Pembangunan Simpang Susun On Off Ram/Interchange Sragen Timur Di Ruas Jalan Tol Solo-Ngawi*, Simpang Susun Sragen Timur Ruas Jalan Tol Solo Ngawi, Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rahman, Ferry Abdur, 2020, *Analisis Pengaruh Penggunaan Geotekstil di Timbunan Oprit Terhadap Gaya Lateral Pada Abutmen Overpass Rejosari Tol Semarang Batang*, Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung.

SNI, 2017, *Persyaratan Perancangan Geoteknik*, 8460-2017, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Surendro, Bambang, 2015, *Mekanika Tanah*. Andi Offset, Magelang.

Wardana, I Gusti Ngurah, 2017, *Penggunaan Bahan Geotekstil untuk Mencegah*

*Kelongsoran Pada Lereng*, Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar.

Yasianto, Iqbal, 2015, *Perencanaan Abutmen Jembatan dan Perbaikan Tanah untuk Oprit Jalan Layang (Overpass) Komodor Laut Yos Soedarso Semarang*, Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya