

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

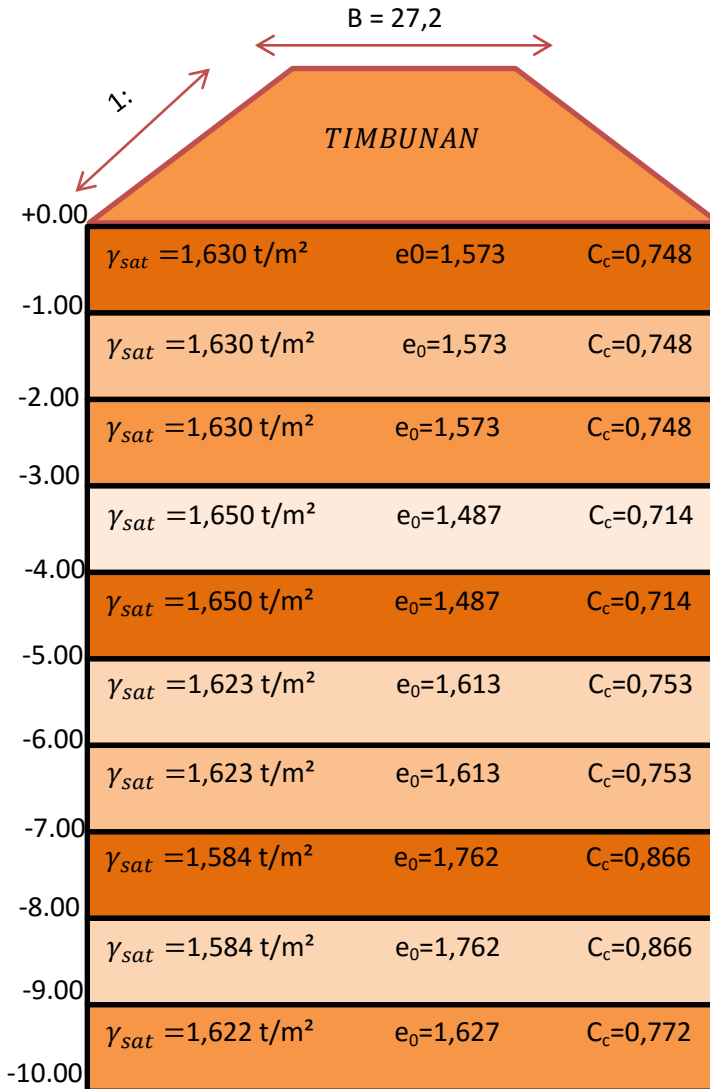
#### **4.1 Data Sekunder**

##### **4.1.1 Data Tanah**

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data tanah sekunder yang diperoleh dari pihak konsultan. Data tanah disini digunakan untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah dasar yang akan diperbaiki.

Penyelidikan tanah yang dilakukan dilapangan dan yang akan dipakai dalam perencanaan perbaikan tanah disini meliputi Test SPT (Standard Penetration Test). Dan dari hasil tersebut dapat diketahui profil tanah dan susunannya pada setiap kedalaman tertentu, sehingga akan mempermudah dalam melakukan shorting data berdasarkan soil profil. Dari data tersebut dapat ditentukan ketebalan tanah dasar yang akan dihitung pemampatannya berdasarkan pada nilai SPT dari 0 s/d 10 (dari very soft soil sampai medium soft soil), dimana pemampatan yang terjadi pada lapisan tersebut harus dihilangkan.

Dari data tanah dapat diketahui kedalaman lapisan tanah yang terkonsolidasi dengan nilai N-SPT 10 yaitu hingga kedalaman -10m.



Gambar 4.1 Penampang Tanah  
(Sumber: Hasil analisa)

#### 4.1.2 Data Tanah Timbunan

Spesifikasi teknis dari material timbunan adalah sebagai berikut :

1. Sifat fisik tanah timbunan :

- $C = 0$
- $\gamma_{\text{sat}} = 1,85 \text{ t/m}^2$
- $\gamma_t = 1,85 \text{ t/m}^2$
- $\Phi = 30$

2. Geometri Timbunan :

Tinggi tanah timbunan ( $H_{\text{final}}$ ) direncanakan sebesar 3m, 5m, 7m dari tanah dasar dengan lebar area timbunan sebesar  $27,2 \text{ m}^2$ .

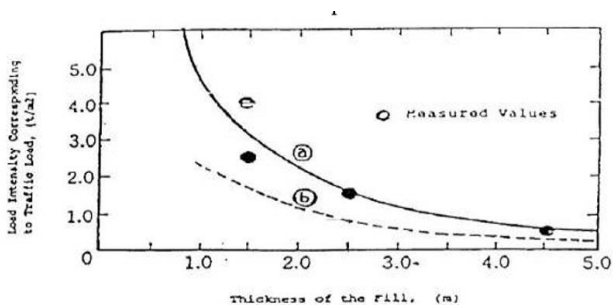
#### 4.2 Data untuk Desain dan Analisis

##### 4.2.1 Data Beban

Di atas tanah dasar akan dibebani oleh beban tanah timbunan, beban perkerasan, dan beban lalu lintas.

1. Beban lalu lintas

Untuk beban lalu lintas menggunakan grafik hubungan tinggi timbunan dan beban lalu lintas pada Gambar 5.1



Gambar 4.2 Kurva Hubungan Antara Tebal Timbunan Dengan Intensitas Beban Yang Bersesuaian Dengan Beban *Traffic* (sumber: Mochtar, 2000)

Berdasarkan grafik jika tinggi timbunan 2 meter maka beban lalu lintas adalah 2,5 t/m<sup>2</sup>, sedangkan tinggi timbunan 4 meter beban lalu lintasnya adalah 0,8 t/m<sup>2</sup>. Dan tinggi timbunan di melebihi 5 meter maka beban lalu lintasnya adalah 0,6 t/m<sup>2</sup>. Beban lalu lintas akan digunakan untuk menghitung tinggi awal timbunan (H inisial) pada perhitungan pemampatan tanah lunak. Beban lalu lintas kemudian diasumsikan sebagai tinggi bongkar *traffic*, berikut perhitungan tinggi bongkar *traffic*.

Tinggi timbunan ( $H_{\text{timb}}$ ) = 2 meter

$$\begin{aligned} Q_{\text{lalu lintas}} &= 2,5 \text{ t/m}^2 \\ \gamma_{\text{sat timbunan}} &= 1,85 \text{ t/m}^3 \\ H_{\text{bongkar traffic}} &= Q_{\text{lalu lintas}} / \gamma_{\text{sat timbunan}} \\ &= 2,5 \text{ t/m}^2 / 1,85 \text{ t/m}^3 \\ &= 1,351 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi timbunan ( $H_{\text{timb}}$ ) = 4 meter

$$\begin{aligned} Q_{\text{lalu lintas}} &= 0,8 \text{ t/m}^2 \\ \gamma_{\text{sat timbunan}} &= 1,85 \text{ t/m}^3 \\ H_{\text{bongkar traffic}} &= Q_{\text{lalu lintas}} / \gamma_{\text{sat timbunan}} \\ &= 0,8 \text{ t/m}^2 / 1,85 \text{ t/m}^3 \\ &= 0,432 \text{ m} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk tinggi timbunan lebih dari 5 meter sebagai berikut.

Tinggi timbunan ( $H_{\text{timb}}$ ) = 6 meter

$$\begin{aligned} Q_{\text{lalu lintas}} &= 0,6 \text{ t/m}^2 \\ \gamma_{\text{sat timbunan}} &= 1,85 \text{ t/m}^3 \\ H_{\text{bongkar traffic}} &= Q_{\text{lalu lintas}} / \gamma_{\text{sat timbunan}} \\ &= 0,6 \text{ t/m}^2 / 1,85 \text{ t/m}^3 \\ &= 0,324 \text{ m} \end{aligned}$$

## 4.3 Data Spesifikasi Bahan

### 4.3.1 PVD (*prefabricated Vertical Drain*)

Jenis PVD yang digunakan pada perencanaan ini adalah CeTeau Drain CT-D822 distributor oleh PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan spesifikasi sebagai berikut :

- *Weight* = 75 g/m

- *Thickness* (a) = 100 mm
- *Width* (b) = 4 mm

Spesifikasi selengkapnya dapat dilihat di lampiran 2.

#### 4.4 Tinggi Timbunan Awal ( $H_{initial}$ )

##### 4.4.1 Perhitungan Beban

Sebelum merencanakan perhitungan tinggi timbunan awal, hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung beban-beban ( $q$ ) yang akan diterima oleh tanah dasar. Berikut beban-beban yang diterima tanah dasar :

- Beban akibat timbunan

Pada beban timbunan akan menggunakan beban permisalan, sebagai berikut :

- $H_{\text{timbunan}} = 2$   
 $Q_{\text{timbunan}} = H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{sat timbunan}}$   
 $= 2 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^2$   
 $= 3,7 \text{ t/m}^2$
- $H_{\text{timbunan}} = 4$   
 $Q_{\text{timbunan}} = H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{sat timbunan}}$   
 $= 4 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^2$   
 $= 7,4 \text{ t/m}^2$
- $H_{\text{timbunan}} = 6$   
 $Q_{\text{timbunan}} = H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{sat timbunan}}$   
 $= 6 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^2$   
 $= 11,1 \text{ t/m}^2$
- $H_{\text{timbunan}} = 8$   
 $Q_{\text{timbunan}} = H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{sat timbunan}}$   
 $= 8 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^2$   
 $= 14,8 \text{ t/m}^2$
- $H_{\text{timbunan}} = 10$   
 $Q_{\text{timbunan}} = H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{sat timbunan}}$   
 $= 10 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^2$   
 $= 18,5 \text{ t/m}^2$

$$\begin{aligned}
6. \quad H_{\text{timbunan}} &= 12 \\
Q_{\text{timbunan}} &= H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{sat timbunan}} \\
&= 12 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^2 \\
&= 22,2 \text{ t/m}^2 \\
7. \quad H_{\text{timbunan}} &= 14 \\
Q_{\text{timbunan}} &= H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{sat timbunan}} \\
&= 14 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^2 \\
&= 25,9 \text{ t/m}^2 \\
8. \quad H_{\text{timbunan}} &= 16 \\
Q_{\text{timbunan}} &= H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{sat timbunan}} \\
&= 16 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^2 \\
&= 29,6 \text{ t/m}^2 \\
9. \quad H_{\text{timbunan}} &= 18 \\
Q_{\text{timbunan}} &= H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{sat timbunan}} \\
&= 18 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^2 \\
&= 33,3 \text{ t/m}^2 \\
10. \quad H_{\text{timbunan}} &= 20 \\
Q_{\text{timbunan}} &= H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{sat timbunan}} \\
&= 16 \text{ m} \times 1,85 \text{ t/m}^2 \\
&= 37 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

Beban tersebut akan didistribusikan ke kedalaman tanah yang ditinjau ( $z$ ) sebagai beban merata trapesium. Untuk beban akibat perkerasan akan dihitung sendiri, dalam hal ini dijadikan beban *surcharge*. Sedangkan beban lalu lintas yang sifatnya tidak tetap akan dihitung untuk menentukan  $H_{\text{bongkar traffic}}$ .

Perhitungan konsolidasi pada perencanaan ini dilakukan berdasarkan pemampatan tanah akibat konsolidasi primer (*primary consolidation*). Dari perhitungan tersebut diperoleh besar pemampatan ( $S_c$ ), tinggi timbunan awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) dan tinggi timbunan akhir ( $H_{\text{final}}$ ) untuk perencanaan.

#### 4.4.2 Penentuan Tinggi Awal ( $H_{\text{inisial}}$ )

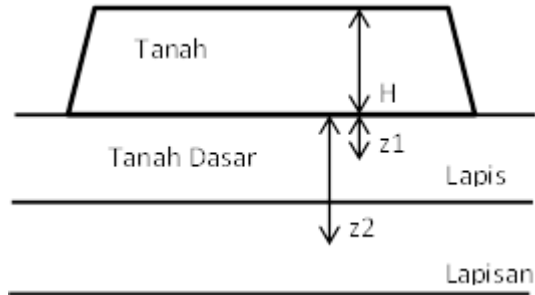
Berdasarkan geometri timbunan dan potongan memanjang rencana jalan tol, bahwa tinggi rencana ( $H_{\text{final}}$ ) paling tinggi adalah 7 meter. Tinggi timbunan, beban perkerasan, dan beban *traffic* yang besar menyebabkan tanah dasar mengalami penurunan. Asumsi dalam perencanaan ini adalah *double drainage*, dimana air tanah mengalir kedua arah. Untuk mengantisipasi adanya kerusakan pada badan jalan pada saat masa layan, maka perlu dihitung besarnya pemampatan yang akan terjadi.

##### 4.4.2.1 Akibat Beban Timbunan

Timbunan yang direncanakan di atas tanah dasar mengakibatkan adanya penurunan yang besar, oleh karena itu akan besar pemampatan yang diakibatkan oleh timbunan. Pada tahap awal ini, pemampatan yang dihitung adalah pemampatan pada seluruh tanah lunak. Untuk menghitung pemampatan tanah lunak menggunakan Persamaan 2.2 hingga Persamaan 2.4. akibat dari pemampatan tanah dasar maka tanah timbunan dilapangan lebih tinggi ( $H_{\text{inisial}}$ ) dari tinggi timbunan rencana ( $H_{\text{final}}$ ). Untuk merencanakan tinggi timbunan dilapangan ( $H_{\text{inisial}}$ ) supaya sesuai dengan tinggi rencana ( $H_{\text{final}}$ ) pada saat pemampatan tidak terjadi lagi adalah sebagai berikut.

##### 1. Tegangan *overburden*

Tegangan *Overburden* adalah tegangan yang terjadi pada lapisan dasar. Menghitung tegangan *overburden* efektif dilakukan tiap 1 meter lapisan tanah lunak, pembagian lapisan dilakukan agar mendapat perhitungan yang akurat. Letak titik tinjau tegangan *overburden* berada di tengah lapisan tanah dasar, dan jarak dari titik tinjau tegangan *overburden* ke permukaan tanah dasar disebut dengan ( $z$ ).



Gambar 4.3 Sketsa Timbunan

Sumber: Hasil Analisa

- **Lapisan Pertama**

$$\begin{aligned}
 h &= 1 \text{ m} \\
 z &= 0,5 \text{ m} \\
 \gamma_w &= 1 \text{ t/m}^3 \\
 \gamma_{\text{sat tanah}} &= 1,630 \text{ t/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung tegangan *overburden* efektif pada lapisan pertama digunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 P_{o-1}' &= (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w) \times (0,5 h_1) \\
 &= (1,630 - 1) \times (0,5 \times 1) \\
 &= 0,315 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

- **Lapisan Kedua**

$$\begin{aligned}
 h &= 1 \text{ m} \\
 z &= 1,5 \text{ m} \\
 \gamma_w &= 1 \text{ t/m}^3 \\
 \gamma_{\text{sat tanah}} &= 1,630 \text{ t/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung tegangan *overburden* efektif pada lapisan pertama digunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 P_{o-2}' &= P_{o-1}' + (\gamma'_1 \times (0,5 h_1)) \times (\gamma'_2 \times (0,5 h_2)) \\
 &= 0,944 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan tegangan *overburden* efektif dilanjutkan hingga lapisan tanah lunak yang ke-10. Seluruh Detail perhitungan tegangan *overburden* ada di lampiran 5.



## 2. Penambahan Tegangan ( $\Delta_p$ )

Penambahan tegangan berasal dari beban timbunan, dalam perhitungan ini beban permisalan timbunan yang dipakai adalah  $q = 3,7 \text{ t/m}^2$ . Untuk menghitung  $\Delta_p$  menggunakan persamaan 2.6 dengan data sebagai berikut.

- **Lapisan Pertama**

$$\begin{aligned} B_2 &= 4 \\ B_1 &= 13,6 \\ z &= 0,5 \end{aligned}$$

Menghitung  $\Delta_p$  memerlukan nilai I, dan distribusi tegangan pada timbunan dianggap distribusi untuk bentuk trapesium, sedangkan nilai I didapat dari persamaan 2.7 hanya untuk setengah timbunan, jadi untuk perhitungan timbunan yang utuh nilai I dikalikan 2.

$$\begin{aligned} \Delta_p &= 2 \times q \times I \\ &= 2 \times 3,7 \times 0,5 \\ &= 3,7 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

- **Lapisan Kedua**

$$\begin{aligned} B_2 &= 4 \\ B_1 &= 13,6 \\ z &= 1,5 \\ I &= 0,4998 \\ a &= 4 \\ b &= 13,6 \\ z &= 0,5 \\ \Delta_p &= 2 \times q \times I \\ &= 2 \times 3,7 \times 0,4998 \\ &= 3,698 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Penambahan tegangan dilanjutkan hingga lapisan ke-10, dan setiap lapisan tanah menerima penambahan beban yang berbeda-beda dikarenakan faktor kedalaman tanah. Analisa lengkap terdapat pada Lampiran 7.

### 3. Pemampatan ( $S_c$ )

Untuk menghitung pemampatan harus memperhatikan dari sifat tanah, apakah *normally consolidated* atau *over consolidated*. Untuk *over consolidated* sendiri juga harus memperhatikan apakah  $P_o' + \Delta_p < P_c'$  atau  $P_o' + \Delta_p > P_c'$ . Untuk menghitung pemampatan dapat menggunakan persamaan 2.2 untuk sifat tanah *normally consolidated*, sedangkan persamaan 2.3 dan 2.4 untuk sifat tanah *over consolidated*. Data tanah untuk lapisan pertama sebagai berikut.

- **Lapisan Pertama**

$$P_{o'1} = 0,315 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta_{p1} = 3,7 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = 0,748$$

$$e_0 = 1,578$$

$$P_{c'1} = 1,31 \text{ t/m}^2$$

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

$$C_s = 0,150$$

Dari OCR lapisan pertama adalah  $\frac{p_{c'}}{P_{o'}} > 1$  maka termasuk *over consolidated*. Pada lapisan pertama  $P_{o'} + \Delta_p > P_{c'}$ , maka persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.4

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{(1+e_0)} \log \left( \frac{p_{c'}}{P_{o'}} \right) + \frac{C_c \cdot H}{(1+e_0)} \log \left( \frac{P_{o'} + \Delta_p}{P_{c'}} \right)$$

$$S_c = \frac{0,150 \times 1}{(1+1,578)} \log \left( \frac{1,31}{0,315} \right) + \frac{0,748 \times 1}{(1+1,578)} \log \left( \frac{0,315+1}{1,31} \right)$$

$$S_c = 0,177 \text{ m}$$

- **Lapisan Kedua**

$$P_{o'2} = 0,944 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta_{p2} = 3,698 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = 0,748$$

$$e_0 = 1,578$$

$$P_{c'2} = 2,94 \text{ t/m}^2$$

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

$$C_s = 0,150$$

Dari OCR lapisan pertama adalah  $\frac{p_{c'}}{POr} > 1$  maka termasuk *over consolidated*. Pada lapisan pertama  $P_o' + \Delta_p > P_c'$ , maka persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.4

$$S_c = \frac{Cs.H}{(1+e_0)} \log \left( \frac{p_{c'}}{p_{o'}} \right) + \frac{Cc.H}{(1+e_0)} \log \left( \frac{p_{o'} + \Delta p}{p_{c'}} \right)$$

$$S_c = \frac{0,15 \times 1}{(1+1,578)} \log \left( \frac{2,94}{0,944} \right) + \frac{0,748 \times 1}{(1+1,578)} \log \left( \frac{0,944 + 3,698}{2,94} \right)$$

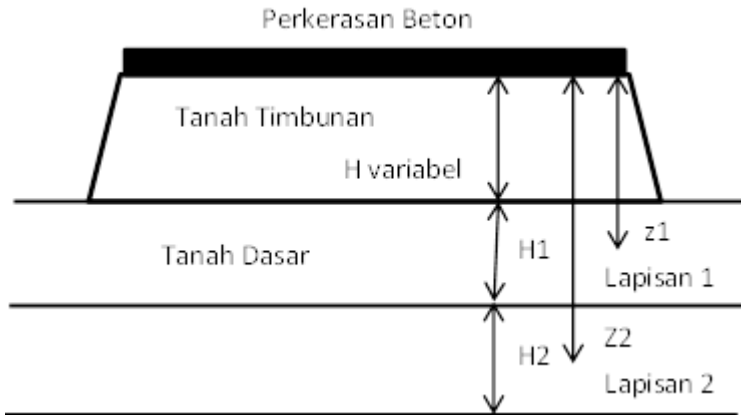
$$S_c = 0,086 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan tanah dasar terus dilakukan hingga lapisan ke-10. Analisa lengkap perhitungan pemampatan dapat dilihat pada lampiran 7. Hasil total pemampatan untuk variasi beban  $q = 3,7 \text{ t/m}^2$  adalah 0,628m. Perhitungan juga dilakukan pada variasi beban lainnya.

#### 4.4.2.2 Akibat Beban Perkerasan

Perhitungan pemampatan akibat beban perkerasan berbeda dengan perhitungan beban akibat timbunan. Beban perkerasan yang terletak di atas timbunan memiliki jarak ke tanah dasar yang lebih besar ( $z$ ). beban perkerasan seperti yang dianalisa adalah  $1,14 \text{ t/m}^2$ , dengan tebal perkerasan 0,55 m. Untuk pemampatan akibat perkerasan juga ditinjau dengan variasi tinggi timbunan yang berbeda-beda.

Dalam perhitungan ini tegangan *overburden* efektif tidak perlu dihitung lagi. Hal yang perlu dihitung hanya penambahan tegangan akibat perkerasan ( $\Delta_p$ ) dan pemampatan yang diakibatkan perkerasan. perhitungan pemampatan perkerasan dihitung tiap lapisan tanah dasar dengan tebal 1m, dan pada perhitungan berikut perkerasan berada diasumsikan pada timbunan 3 meter.



Gambar 4.4 Sketsa Timbunan dengan Beban Perkerasan  
 Sumber: Hasil Analisa

1. Penambahan Tegangan ( $\Delta_p$ ) perkerasan

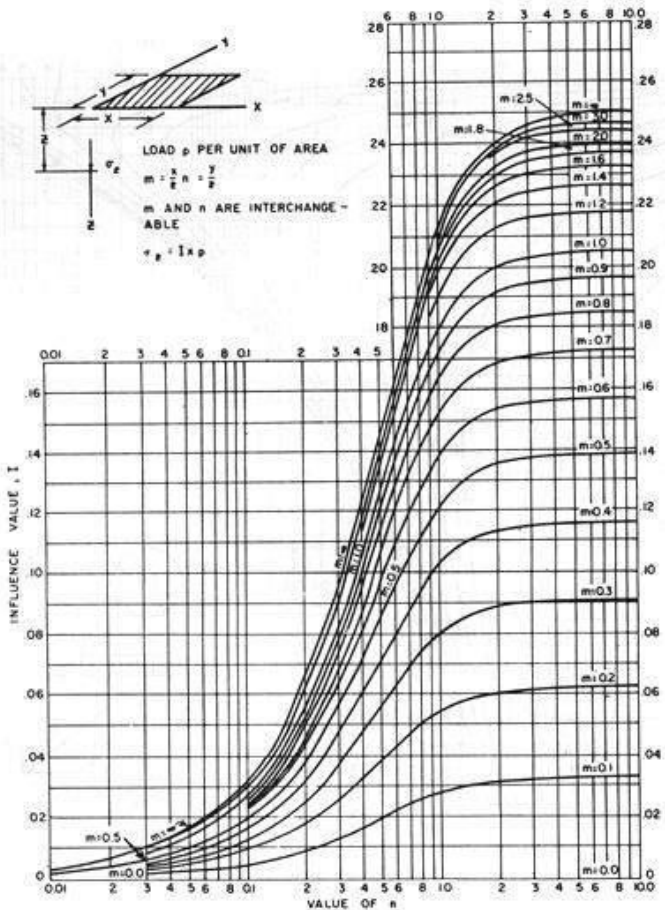
Penambahan tegangan akibat perkerasan menghasilkan pemampatan yang berbeda dari beban timbunan. Jarak lapisan bawah perkerasan ke tanah dasar ditambah dengan tinggi timbunan, dan distribusi tegangan perkerasan menggunakan distribusi tegangan persegi.

- **Lapisan Pertama**

$$\begin{aligned} x &= 13,6 \\ y &= \infty \\ z &= 3,5 \\ q &= 1,14 \end{aligned}$$

Untuk menentukan nilai I pada beban perkerasan menggunakan distribusi tegangan persegi. Dalam hal ini L adalah lebar perkerasan yang ditinjau, sedangkan B adalah panjang jalan (dianggap tak hingga) dan z adalah jarak antara bagian bawah perkerasan dengan tanah dasar. kemudian  $m = x/z = 3,886$  dan  $n = y/z = \infty$ , maka didapatkan nilai I dari grafik NAVFAC (Gambar

4.5). Hasil I dari bacaan grafik adalah 0,24. Grafik NAVFAC hanya untuk seperempat perkerasan jalan saja, untuk seluruh perkerasan harus dikalikan 4.



Gambar 4.5 Grafik faktor pengaruh (I)  
(Sumber : NAVFAC DM-7)

$$\begin{aligned}\Delta_p &= 4 \times q \times I \\ &= 4 \times 1,14 \text{ t/m}^2 \times 0,24 \\ &= 1,094 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

- **Lapisan Kedua**

$$\begin{aligned}x &= 13,6 \text{ m} \\ y &= \infty \\ z &= 4,5 \text{ m} \\ x/z &= 3,022 \\ y/z &= \infty \\ q &= 1,14 \text{ t/m}^2 \\ I &= 0,22 \\ \Delta_p &= 4 \times q \times I \\ &= 4 \times 1,14 \text{ t/m}^2 \times 0,22 \\ &= 1,003 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Perubahan tegangan akibat perkerasan dilanjutkan hingga lapisan ke-10

## 2. Pemampatan ( $S_c$ )

Seperti perhitungan pemampatan timbunan, harus memperhatikan apakah *normally consolidated* atau *over consolidated* dan memperhatikan tegangan *overburden* efektif lebih besar dari tegangan *preconsolidation* atau lebih kecil. Data tanah untuk lapisan pertama sebagai berikut.

- **Lapisan Pertama**

$$\begin{aligned}P_{o'1} &= 0,315 \text{ t/m}^2 \\ \Delta_p &= 1,295 \text{ t/m}^2 \\ C_c &= 0,748 \\ e_0 &= 1,578 \\ P_{c'1} &= 1,31 \text{ t/m}^2 \\ h &= 1 \text{ m} \\ C_s &= 0,150\end{aligned}$$

Dari OCR lapisan pertama adalah  $\frac{p_{c'}}{p_{o'}} > 1$  maka termasuk *over consolidated*. Pada lapisan pertama  $P_{o'} + \Delta_p > P_{c'}$ , maka persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.4

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{(1+e_0)} \log \left( \frac{p_{c1}'}{p_{o1}'} \right)$$

$$S_c = \frac{0,150 \times 1}{(1+1,578)} \log \left( \frac{1,31}{0,315} \right)$$

$$S_c = 0,062 \text{ m}$$

- **Lapisan Pertama**

$$P_{o'2} = 0,944 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta p_2 = 1,295 \text{ t/m}^2$$

$$C_c = 0,748$$

$$e_0 = 1,578$$

$$P_{c'2} = 2,94 \text{ t/m}^2$$

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

$$C_s = 0,150$$

Dari OCR lapisan pertama adalah  $\frac{P_{c1}'}{P_{o1}'} > 1$  maka termasuk *over consolidated*. Pada lapisan pertama  $P_{o'2} + \Delta p_2 \leq P_{c'2}$ , maka persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.3

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{(1+e_0)} \log \left( \frac{\sigma'_{vo} + \Delta \sigma'}{\sigma_{c1}'} \right)$$

$$S_c = 0,022 \text{ m}$$

Perhitungan terus dilakukan hingga lapisan ke-10, dan total pemampatan akibat beban perkerasan  $q=1,295 \text{ t/m}^2$ .

Setelah perhitungan *settlement* dengan beberapa beban permisalan, maka dilanjutkan menghitung tinggi timbunan awal. Untuk hitungan ini yang ditinjau adalah beban permisalan  $q=3,7 \text{ t/m}^2$  dan kedalaman seluruh tanah lunak, dan berikut hitungannya.

$$H_{inisial} = \frac{q_{final} + S_c \times (\gamma_{timbunan} - \gamma'_{timbunan})}{\gamma_{timbunan}}$$

Dimana :

$$S_c \text{ akibat } (q_{timbunan}) \text{ } 3,7 \text{ t/m}^2 = 0,628 \text{ m}$$

$$\gamma_{timbunan} = 1,85 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_{sat \text{ timbunan}} = 1,85 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma'_{timbunan} = 0,85 \text{ t/m}^2$$

Maka :

$$H_{inisial} = \frac{3,7 + 0,628 \times (1,85 - 0,85)}{1,85}$$

$$= 2 \text{ m}$$

Untuk beban perkerasan, tidak perlu diari tinggi awalnya, hanya menggunakan tinggi perkerasan dari perencanaan awal, yaitu 0,65 m. Tetapi pemampatan yang diakibatkan oleh perkerasan diperlukan untuk menghitung  $H_{final}$  dan  $S_c$  total.

$H_{Surcharge}$  merupakan tinggi timbunan yang mewakili beban yang akan diberikan pada timbunan. Dalam hal ini  $H_{surcharge}$  adalah tinggi timbunan yang diakibatkan oleh beban lalu lintas. Timbunan  $H_{surcharge}$  akan dibongkar setelah timbunan mengalami pemampatan sebesar yang direncanakan.

$H_{final}$  adalah tinggi akhir yang direncanakan, dimana pemampatan tidak terjadi lagi dan perkerasan telah berada diatas tanah timbunan. Pada perhitungan ini yang ditinjau pada beban permisalan  $q=3,7 \text{ t/m}^2$  dan kedalaman seluruh tanah lunak. Untuk menghitung  $H_{final}$  adalah sebagai berikut.

$$H_{final} = (H_{inisial} - S_{c_{timbunan}} - H_{surcharge} - S_{c_{perkerasan}}) + \text{tebal perkerasan}$$

$$= (2 - 0,628 - 1,351 - 0,152) + 0,65$$

$$= 0,858 \text{ m}$$

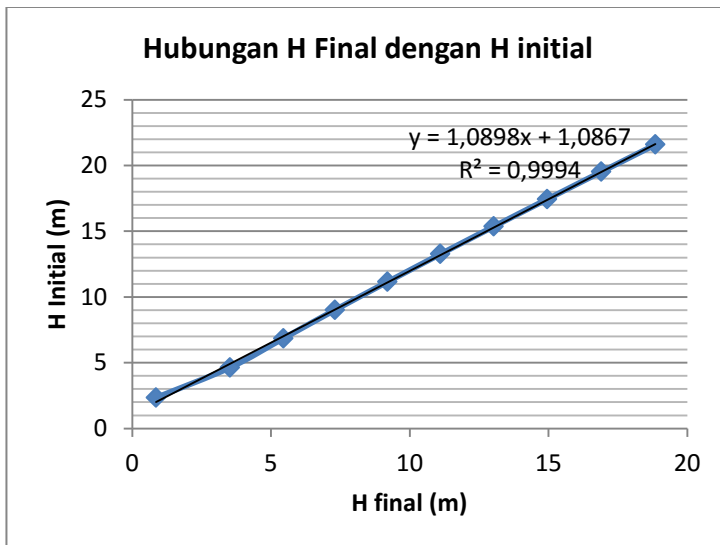
Dengan cara yang sama seperti di atas, selanjutnya dilakukan perhitungan kembali pada variasi beban permisalan yang telah ditentukan. Analisa untuk beban yang lainnya telah dirangkum pada tabel (4.2). untuk pemampatan total adalah jumlah pemampatan yang diakibatkan oleh beban timbunan dan beban perkerasan. Dari hasil tabel (4.2) dibuat grafik (Gambar 4.5 dan 4.6), kemudian grafik dibuat garis persamaan. dengan persamaan dari garis tersebut ditentukan tinggi awal timbunan ( $H_{inisial}$ ) dan pemampatan ( $S_c$ ) yang berdasarkan tinggi perencanaan jalan tol ( $H_{final}$ )



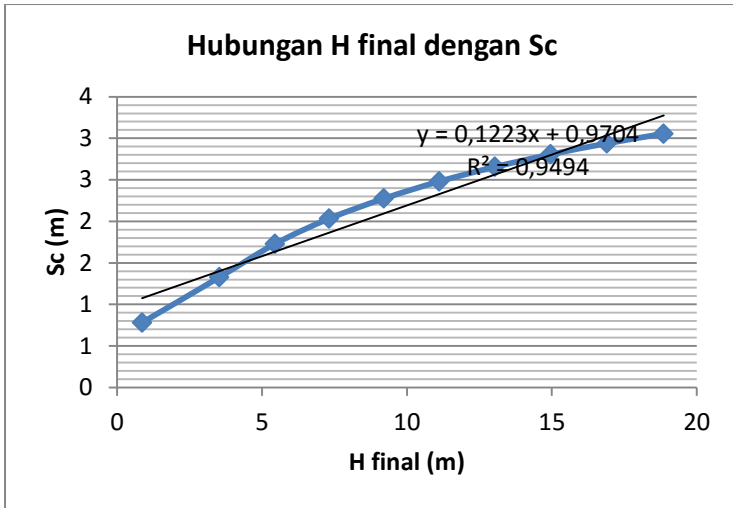
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan  $H_{\text{inisial}}$ ,  $Sc_{\text{total}}$ ,  $H_{\text{bongkar}}$ , dan  $H_{\text{final}}$  untuk Kedalaman Seluruh Tanah Lunak

sumber : Hasil Perhitungan

$H_{\text{inisial}}$ m	$Sc_{\text{timbunan}}$ m	$H_{\text{surcharge}}$ m	Tebal Pavement m	$Sc$ beban Pavement m	$H_{\text{final}}$ m	$Sc_{\text{total}}$ m
2,339	0,627	1,351	0,550	0,099	0,811	0,726
4,634	1,173	0,432	0,550	0,090	3,489	1,263
6,852	1,576	0,324	0,550	0,077	5,424	1,653
9,017	1,881	0,324	0,550	0,066	7,296	1,947
11,150	2,128	0,324	0,550	0,058	9,190	2,186
13,262	2,334	0,324	0,550	0,054	11,099	2,389
15,358	2,512	0,324	0,550	0,053	13,018	2,565
17,442	2,668	0,324	0,550	0,045	14,955	2,713
19,517	2,807	0,324	0,550	0,045	16,891	2,853
21,585	2,933	0,324	0,550	0,037	18,841	2,969



Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara  $H_{\text{final}}$  dan  $H_{\text{inisial}}$  pada kedalaman seluruh tanah lunak (sumber: Hasil Perhitungan)



Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Hfinal dan Sc pada kedalaman seluruh tanah lunak  
(sumber : Hasil Perhitungan)

Dengan persamaan garis pada Gambar 4.5 dapat menentukan H<sub>inisial</sub> yang diperlukan, berdasarkan nilai H<sub>final</sub> yang direncanakan adalah 3, 5 dan 7 perhitungannya sebagai berikut.

H<sub>inisial</sub> untuk H<sub>final</sub> 3m

$$\begin{aligned} H_{inisial} &= -1,0898(x) + 1,0867 \\ &= -1,0898(3) + 1,0867 \\ &= 4,3561\text{m} \end{aligned}$$

H<sub>inisial</sub> untuk H<sub>final</sub> 5m

$$\begin{aligned} H_{inisial} &= -1,0898(x) + 1,0867 \\ &= -1,0898(5) + 1,0867 \\ &= 6,427 \text{ m} \end{aligned}$$

H<sub>inisial</sub> untuk H<sub>final</sub> 7m

$$\begin{aligned} H_{inisial} &= -1,0898(x) + 1,0867 \\ &= -1,0898(7) + 1,0867 \\ &= 8,6066 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk menghitung pemampatan menggunakan persamaan garis pada Gambar 4.6, dari nilai H<sub>final</sub> didapatkan nilai pemampatan yang perhitungannya sebagai berikut.

Nilai S<sub>c</sub> untuk H<sub>final</sub> 3m

$$\begin{aligned} S_c &= 0,1223 (x) + 0,9704 \\ &= 0,1223 (3) + 0,9704 \\ &= 1,264 \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai S<sub>c</sub> untuk H<sub>final</sub> 5m

$$\begin{aligned} S_c &= 0,1223 (x) + 0,9704 \\ &= 0,1223 (3) + 0,9704 \\ &= 1,509 \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai S<sub>c</sub> untuk H<sub>final</sub> 7m

$$\begin{aligned} S_c &= 0,1223 (x) + 0,9704 \\ &= 0,1223 (3) + 0,9704 \\ &= 1,753 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.2 rekapitulasi perhitungan Hinisial dan S<sub>c</sub>

Sumber: Hasil Perhitungan

H <sub>final</sub>	Hinisial	S <sub>c</sub>
m	m	m
3	4,356	1,264
5	6,427	1,509
7	8,6066	1,753

#### 4.5 Waktu Pemampatan

Setelah didapatkan besar pemampatan yang terjadi akibat beban timbunan dan perkerasan (check), dilakukan perhitungan waktu konsolidasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan tersebut menggunakan persamaan 2.16. hal ini dilakukan untuk menentukan perlu atau tidaknya perbaikan tanah dasar untuk mempercepat waktu pemampatan yang terjadi. Parameter tanah yang dibutuhkan untuk menghitung waktu konsolidasi pada tabel 5.3.

Tabel 4.3 Parameter Tanah Perhitungan Waktu Konsolidasi  
sumber : Hasil Perhitungan

Kedalaman	Cv
m	(cm <sup>2</sup> /s)
0-1	0,0004
1-2	0,0004
2-3	0,0004
3-4	0,0004
4-5	0,0004
5-6	0,0004
6-7	0,0004
7-8	0,0004
8-9	0,0004
9-10	0,0004

Karena setiap lapisan tanah memiliki nilai Cv masing-masing, maka nilai Cv yang digunakan adalah nilai gabungan ( $Cv_{gabungan}$ ). Perhitungan  $Cv_{gabungan}$  diperoleh dari persamaan 2.17 dan hasil dapat dilihat pada tabel 5.4.. Tebal lapisan drainage (Hdr) yang ditinjau dalam hal ini sampai kedalaman 10 meter. Begitu juga dengan tinjauan Cv dari tanah, yang ditinjau sampai kedalaman 10 meter.

Tabel 4.4 Perhitungan  $Cv_{gabungan}$   
sumber : Hasil Perhitungan

tebal lapisan	LL	Koefisien Konsolidasi Vertikal		
		Cv	Cv	$Cv_{gabungan}$
H				
(m)	%	cm <sup>2</sup> /detik	m <sup>2</sup> /minggu	m <sup>2</sup> /minggu
1	81,3	0,0004	0,024	0,0237
1	81,3	0,0004	0,024	
1	81,3	0,0004	0,024	
1	81,54	0,0004	0,024	

Tebal Lapisan	LL	Koefisien Konsolidasi Vertikal		
		Cv	Cv	Cvgabungan
H				
(m)	%	cm <sup>2</sup> /detik	m <sup>2</sup> /minggu	m <sup>2</sup> /minggu
1	81,4	0,0004	0,024	0,0237
1	79,4	0,0004	0,025	
1	79,4	0,0004	0,025	
1	84,4	0,0004	0,022	
1	84,4	0,0004	0,022	
1	81,37	0,0004	0,024	

Dari perhitungan diperoleh nilai  $Cv_{gabungan}=0,0237m^2/detik$ . Dengan  $U=90\%$  didapat  $TV=0,848$ . Dengan menggunakan persamaan 2.16, didapatkan waktu konsolidasi sebagai berikut :

$$t = \frac{0,848 \times 10^2}{1,248177} = 67,94 \text{ tahun}$$

Dari waktu konsolidasi dapat ditentukan apakah butuh *prefabricated fertical drain* (PVD) atau tidak. Untuk perencanaan ini akan direncanakan dengan penggunaan PVD dengan maksud untuk mempercepat pemampatan tanah lunak.

#### 4.6 Prefabricated Vertical Drain(PVD)

PVD berfungsi sebagai alat untuk mempercepat pemampatan tanah lunak dengan cara mengalirkan air tanah yang ada pada tanah lunak. Panjang pemasangan PVD juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni jenis tanah dasar yang kohesif atau jenis tanah non kohesif, jika tanah kohesif (lempung) apakah tanah lunak atau tanah keras, sampai kedalaman berapa tanah lunaknya. Dan faktor yang penting lainnya adalah pengaruh distribusi tegangan akibat beban yang ada di atas tanah dasar terhadap kedalaman tanah lunak. Air tanah akan mengalir menuju PVD jika ada tekanan pada tanah, sehingga harus diperhitungkan sampai kedalaman berapa distribusi tegangan dari rimbunan.

Perencanaan PVD dilakukan pada setiap alternatif, namun perhitungan yang diperlihatkan pada contoh ini hanya pemasangan PVD sampai 25 meter. Dalam perencanaan terdapat dua pola

pemasangan PVD yang akan digunakan yaitu pola segitiga dan pola bujur sangkar dengan variasi jarak pemasangan sebesar 0,8 meter, 1 meter, dan 1,1 meter. Hal ini dilakukan agar mendapatkan jarak pemasangan PVD yang efisien untuk mencapai derajat konsolidasi yang diinginkan dan waktu perencanaan yang ditentukan.

#### 4.6.1 Perhitungan Derajat Konsolidasi ( $U_v$ )

Dalam hal ini besarnya  $U_v$  diasumsikan kurang dari 60% sehingga digunakan persamaan 2.14. berdasarkan persamaan, untuk menghitung nilai  $U_v$  membutuhkan faktor nilai  $T_v$ . Dan  $t$  (waktu) dibuat dalam satuan minggu. Berikut perhitungannya.

$$\begin{aligned}
 C_{v_{gabungan}} &= 0,0237 \text{ m}^2/\text{minggu} \\
 t &= 1 \text{ minggu} \\
 H_{dr \text{ penuh}} &= 10 \text{ m} \\
 T_v &= 0,000594 \\
 U_v &= \left( z \sqrt{\frac{0,000594}{\pi}} \right) \times 100\% = 8,6965\%
 \end{aligned}$$

#### 4.6.2 Perhitungan Derajat Konsolidasi Horizontal ( $U_h$ )

Derajat konsolidasi horizontal diperoleh dari persamaan 2.19. dalam perhitungan  $U_h$  dibutuhkan beberapa parameter seperti  $F(n)$ ,  $C_h$ , dan  $D$ . Untuk parameter  $C_h$ . Dibutuhkan perbandingan parameter koefisien permeabilitas horizontal ( $K_h$ ) dan koefisien permeabilitas vertikal ( $K_v$ ), namun hal tersebut harus berdasarkan penelitian. Jadi dalam perencanaan ini  $K_h$  dan  $K_v$  diambil berdasarkan perkiraan interval 2-5. Perhitungan berikut menggunakan pola pemasangan segitiga dengan jarak 0,8 :

$$\begin{aligned}
 C_{v_{gabungan}} &= 0,023747 \text{ m}^2/\text{minggu} \\
 K_h/K_v &= 2 \\
 \text{Lebar PVD (a)} &= 0,02 \text{ m} \\
 \text{Tebal PVD (b)} &= 0,1 \text{ m} \\
 D_w &= \frac{2(a+b)}{\pi} \\
 &= \frac{2(0,02+0,1)}{\pi} \\
 &= 0,0764 \text{ m}
 \end{aligned}$$

1. Perhitungan  $F(n)$  untuk pola segitiga dengan  $S=0,8$  m

$$\begin{aligned} D &= 1,05 \times S \\ &= 1,05 \times 0,8 \\ &= 0,84 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= D/d_w \\ &= 0,84/0,0764 \\ &= 10,99 \end{aligned}$$

Perhitungan  $F(n)$  menggunakan Persamaan 2.21

$$F(n) = 1,6586$$

2. Perhitungan  $U_h$

Berikut adalah perhitungan  $U_h$  untuk pola segitiga dengan spasi 0,8 meter.

$$D = 0,84 \text{ m}$$

$$F(n) = 1,6586$$

$$t = 1 \text{ minggu}$$

$$\begin{aligned} C_h &= C_v \times (K_h/K_v) \\ &= 0,02374739 \text{ m}^2/\text{minggu} \times 2 \\ &= 0,04749478 \text{ m}^2/\text{minggu} \end{aligned}$$

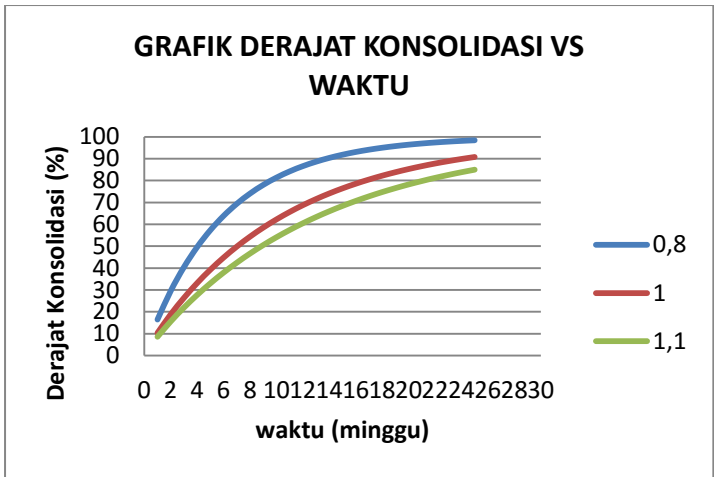
$$U_h = 98,272 \%$$

#### 4.6.3 Perhitungan Derajat Kosolidasi Rata-Rata ( $\bar{U}$ )

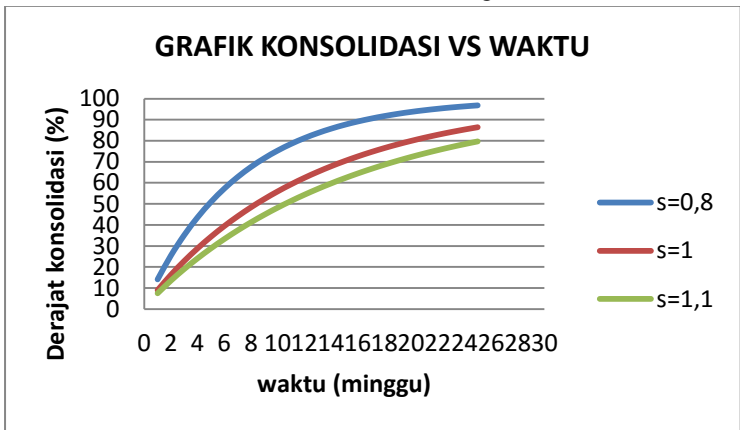
Setelah nilai  $U_v$  dan  $U_h$  didapatkan, selanjutnya perlu dilakukan perhitungan ( $\bar{U}$ ) menggunakan persamaan 2.28. berikut adalah perhitungan ( $\bar{U}$ ) rata-rata untuk pola pemasangan segitiga dengan jarak pemasangan 0,8 meter.

$$\begin{aligned} (\bar{U}) &= [1 - (1-U_h).(1-U_v)] \times 100\% \\ &= [1 - (1-98,272).(1-0,00594)] \times 100\% \\ &= 98,4223 \% \end{aligned}$$

Dengan persamaan yang sama, dihitung variasi spasi dari PVD dan variasi panjang PVD yang lainya. Perhitungan lengkap dari seluruh variasi telah dilampirkan pada Lampiran 10-11. Dari perhitungan tersebut dihasilkan grafik hubungan Urata-rata dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi ( $\bar{U}$ ) yang dibutuhkan (Gambar 4.7)



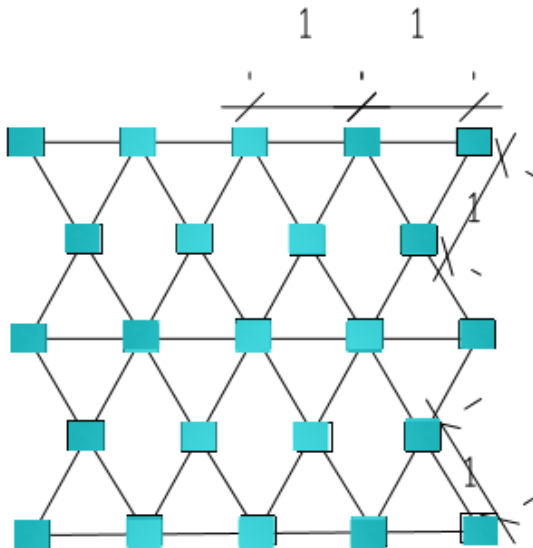
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Derajat Konsolidasi (U) dan Waktu untuk Alternatif PVD Penuh untuk Pola Pemasangan Segitiga dengan jarak pemasangan 0,8m, 1m, 1,1m (Sumber : Hasil Perhitungan)



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Derajat Konsolidasi (U) dan Waktu untuk Alternatif PVD Penuh untuk Pola Pemasangan Bujur Sangkar dengan jarak pemasangan 0,8m, 1m, 1,1m (Sumber : Hasil Perhitungan)



Berdasarkan grafik pada gambar 4.7 dan 4.8 dan hasil analisa yang dilakukan maka dipilih pemasangan PVD pola segitiga dengan jarak pemasangan 1m dan derajat konsolidasi yang terjadi adalah 82% dengan waktu akhir proses tahapan penimbunan selesai yaitu 18 minggu.



Gambar 4.10 Denah Pemasangan PVD pola segitiga dengan Jarak Pemasangan 1m  
(Sumber : Hasil Perhitungan)

#### 4.7 Penimbunan Bertahap

Untuk mencapai tinggi timbunan awal digunakan metode penimbunan secara bertahap. Tugas akhir ini menggunakan kecepatan penimbunan 50 cm/minggu. Dengan tinggi timbunan awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) yang didapat dari perhitungan pada sub bab 4.4, maka jumlah tahapan penimbunan pada perencanaan alternatif PVD penuh adalah sebagai berikut :

1. Menghitung jumlah tahap penimbunan untuk H-final 3m

$$\begin{aligned} H_{\text{inisial}} &= 4,25 \text{ meter} \\ \text{Kecepatan Tahap penimbunan} &= 0,5 \text{ m/minggu} \\ \text{Jumlah tahapan} &= 4,25/0,5 = 8,5 = 9 \text{ tahapan} \end{aligned}$$

2. Menghitung jumlah tahap penimbunan untuk H-final 5m

$$\begin{aligned} H_{\text{inisial}} &= 6,43 \text{ meter} \\ \text{Kecepatan Tahap penimbunan} &= 0,5 \text{ m/minggu} \\ \text{Jumlah tahapan} &= 6,43/0,5 = 12,65 = 13 \text{ tahapan} \end{aligned}$$

3. Menghitung jumlah tahap penimbunan untuk H-final 7m

$$\begin{aligned} H_{\text{inisial}} &= 8,71 \text{ meter} \\ \text{Kecepatan Tahap penimbunan} &= 0,5 \text{ m/minggu} \\ \text{Jumlah tahapan} &= 8,71/0,5 = 17,4 = 18 \text{ tahapan} \end{aligned}$$

#### **4.7.1 Penentuan Tinggi Timbunan Kritis ( $H_{cr}$ )**

Tinggi penimbunan harus memperhatikan tinggi kritis timbunan ( $H_{cr}$ ) yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar agar timbunan tidak mengalami kelongsoran. Dari perhitungan didapatkan tinggi timbunan kritis sebesar 2,013036 meter.

Karena tinggi timbunan kritis yang mampu diterima tanah ( $H_{cr}$ ) pada alternatif ini adalah 2,013036 meter maka penimbunan dilaksanakan hingga mencapai  $H_{kritis}$  tanpa menghitung peningkatan nilai  $C_u$  pada tanah dasar. Selanjutnya timbunan akan dilakukan dengan pemadatan dengan kecepatan 50cm/minggu hingga setinggi  $H_{inisial}$  yaitu 8,71 m untuk alternatif PVD penuh.

#### **4.7.2 Perhitungan Peningkatan Kohesi Undrained ( $C_u$ )**

Perhitungan peningkatan nilai  $C_u$  perlu dilakukan untuk menentukan apakah tanah dasar cukup mampu memikul beban timbunan tahapan selanjutnya dengan nilai  $C_u$  yang baru yang diperoleh dari penimbunan sebelumnya. Jikalau tanah dasar tidak sanggup maka akan dilakukan penundaan untuk beberapa minggu. Batas maksimal penundaan pada perencanaan ini adalah 10 minggu,

jika lebih dari 10 minggu akan menambah biaya operasional yang lebih mahal.

#### 4.7.2.1 Menghitung Tegangan di Tiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi (U) 100%

Perhitungan perubahan tegangan didapat dari :

$$\sigma_1' = p_o + \Delta p_1$$

$$\sigma_2' = \sigma_1' + \Delta p_2$$

Perhitungan diatas dilakukan seterusnya hingga 18 tahap penimbunan. Harga  $P_o$ ,  $\sigma_{1'}$ ,  $\sigma_{2'}$  sampai dengan  $\sigma_{18'}$  berbeda-beda untuk setiap kedalaman tanah. Contoh perhitungan hanya pada lapisan 1 tanah dasar.

$$\begin{aligned} \Delta p_1 &= \Delta p_{\text{kiri}} + \Delta p_{\text{kanan}} \\ &= 0,925 + 0,925 \\ &= 1,849 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_1' &= P_o + \Delta p_1 \\ &= 0,315 + 1,849 \\ &= 2,165 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Nilai dari  $\Delta P_1$  dan  $\Delta P_2$  adalah sama, jadi untuk nilai  $\sigma_2'$  adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sigma_2' &= \sigma_1' + \Delta p_2 \\ &= 2,165 + 1,849 \\ &= 4,015 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan perubahan tegangan akibat beban bertahap dari tahap 1 sampai dengan tahap 18 dengan derajat konsolidasi 100% dapat dilihat pada lampiran 12.

Setelah mendapatkan nilai perubahan tegangan akibat beban bertahap dengan  $U=100\%$ , maka untuk mendapatkan nilai  $C_u$  baru harus menghitung penambahan tegangan efektif akibat beban timbunan apabila  $U < 100\%$ . Untuk perhitungan tegangan tegangan efektif  $U < 100\%$  menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Dimana : } U_1 &= 82,229\% \\ U_2 &= 80,478\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{p1} &= \left\{ \left( \frac{\sigma_1'}{p_o} \right)^{U_1} \times p_o' \right\} - p_o' \\ &= \left\{ \left( \frac{2,165}{0,315} \right)^{82,229\%} \times 0,315 \right\} - 0,315 \\ &= 1,222 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta_{p2} &= \left\{ \left( \frac{\sigma_2'}{\sigma_1'} \right)^{U_2} \times \sigma_1' \right\} - \sigma_1' \\ &= \left\{ \left( \frac{4,015}{2,165} \right)^{80,478\%} \times 2,165 \right\} - 2,165 \\ &= 1,394 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma \sigma' &= \Delta_{p1} + \Delta_{p2} + \Delta_{p3} + \Delta_{p4} + \Delta_{p5} + \Delta_{p6} + \Delta_{p7} + \Delta_{p8} + \Delta_{p9} + \\ &\Delta_{p10} + \Delta_{p11} + \Delta_{p12} + \Delta_{p13} + \Delta_{p14} + \Delta_{p15} + \Delta_{p16} + \Delta_{p17} + \\ &\Delta_{p18}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma \sigma' &= 1,222 + 1,394 + 1,392 + 1,367 + 1,332 + 1,289 + 1,240 \\ &+ 1,185 + 1,124 + 1,055 + 0,979 + 0,896 + 0,904 + 0,702 \\ &+ 0,590 + 0,467 + 0,331 + 0,181\end{aligned}$$

$$\Sigma \sigma' = 17,865 \text{ t/m}^2$$

Perhitungan di atas untuk lapisan 1 tanah dasar, sedangkan seluruh perhitungan lapisan dapat dilihat pada Lampiran 13.

#### 4.7.2.2 Menghitung Nilai Cu Baru

Setelah menghitung penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi 100%, nilai Cu baru dapat dihitung. Karena harga PI (*Plasticity Index*) pada tanah ini kurang dari 120% maka Cu baru dihitung menggunakan persamaan 2.29. contoh perhitungan menggunakan lapisan 1.

$$IP = 45,27\%$$

$$\sigma' = 23,508 \text{ t/m}^2$$

$$C_{u \text{ lama}} = 1,85$$

$$\begin{aligned}C_{u \text{ baru}} &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016PI) \sigma' \\ &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016(45,27\%)) 17,865 \\ &= 3,4533 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$C_{u \text{ transisi}} = C_{u \text{ lama}} + C_{u \text{ baru}}$$

$$= 1,85 + 3,4533$$

$$= 2,651652$$

Perhitungan peningkatan nilai  $C_u$  baru diteruskan sampai lapisan tanah 10, hasil peningkatan nilai  $C_u$  baru dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 4.5 Rekapitulasi perhitungan peningkatan nilai  $C_u$  untuk H-final 3m

Sumber : Hasil Perhitungan

Kedalaman m	Cu lama t/m <sup>2</sup>	Cu baru t/m <sup>2</sup>	Cu transisi t/m <sup>2</sup>
0-1	1,85	2,316	2,083
1-2	1,85	2,466	2,158
2-3	1,85	2,595	2,223
3-4	2,05	2,728	2,389
4-5	2,05	2,849	2,450
5-6	1,95	2,944	2,447
6-7	1,95	3,053	2,501
7-8	1,7	3,108	2,404
8-9	1,7	3,204	2,452
9-10	1,8	3,361	2,580

Tabel 4.6 Rekapitulasi perhitungan peningkatan nilai  $C_u$  untuk H-final 5m

Sumber : Hasil Perhitungan

Kedalaman m	Cu lama t/m <sup>2</sup>	Cu baru t/m <sup>2</sup>	Cu transisi t/m <sup>2</sup>
0-1	1,85	3,018	2,434
1-2	1,85	3,164	2,507
2-3	1,85	3,289	2,569
3-4	2,05	3,415	2,733
4-5	2,05	3,530	2,790
5-6	1,95	3,616	2,783
6-7	1,95	3,717	2,833
7-8	1,7	3,763	2,731
8-9	1,7	3,849	2,774
9-10	1,8	3,995	2,898

Tabel 4.7 Rekapitulasi perhitungan peningkatan nilai Cu untuk H-final 7m

Sumber : Hasil Perhitungan

Kedalaman m	Cu lama t/m <sup>2</sup>	Cu baru t/m <sup>2</sup>	Cu transisi t/m <sup>2</sup>
0-1	1,85	3,453	2,652
1-2	1,85	3,6	2,7265
2-3	1,85	3,726	2,788
3-4	2,05	3,854	2,952
4-5	2,05	3,972	3,011
5-6	1,95	4,062	3,006
6-7	1,95	4,167	3,059
7-8	1,7	4,218	2,959
8-9	1,7	4,309	3,055
9-10	1,8	4,462	3,131

#### 4.8 Analisis Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng yang dianalisis menggunakan program *Geostudio* pada penelitian ini meliputi, stabilitas lereng tanpa perkuatan, dan stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil. Metode yang digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng adalah *Bishop*.

##### 4.8.1 Analisa Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan Menggunakan Program Geostudio 2012

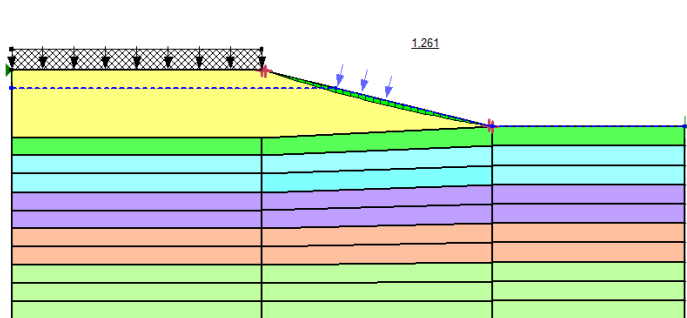
Hasil analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan untuk lereng dengan kemiringan sudut  $27^\circ$  dan variasi muka air tanah (+7m) menggunakan aplikasi *Geostudio 2012* disajikan pada tabel 4.4 dan Gambar 4.9.

##### 4.8.1.1 Perhitungan Lereng Tanpa perkuatan untuk H-final 3m

Tabel 4.8 Hasil perhitungan lereng tanpa perkuatan

Sumber: Hasil Perhitungan

SF	Circle centre		Radius	Mres	Md	$\Delta MR$
	x	y	m	kNm	kNm	kNm
1,26	37,5	86,51	77,53	812,2	644,04	25,02



Gambar 4.11 Hasil analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan menggunakan *Geostudio 2012* Untuk H-final 3m

Sumber: Hasil Perhitungan

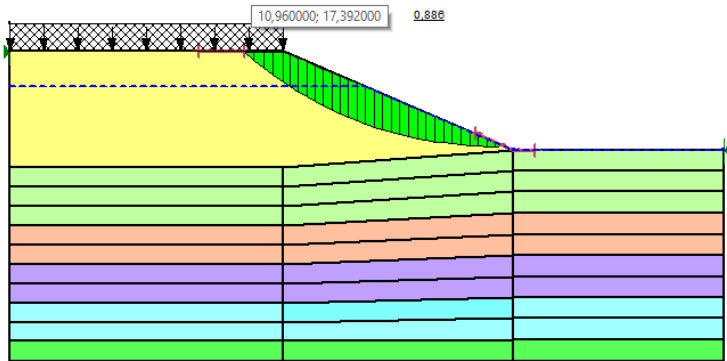
#### 4.8.1.2 Perhitungan Lereng Tanpa Perkuatan untuk H-final 5m

Perhitungan Lereng tanpa perkuatan dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan jumlah perkuatan yang paling banyak, di Tugas Akhir ini percobaan dilakukan hingga 5 kali percobaan. Percobaan perhitungan lereng tanpa perkuatan untuk h-final 5m di lampiran 16.

Tabel 4.9 Hasil perhitungan lereng tanpa perkuatan

Sumber: Hasil Perhitungan

SF	Circle centre		Radius	Mres	Md	$\Delta$ MR
	x	y	m	kNm	kNm	kNm
0,711	24,7	27,2	17,21	755,4	1062,1	625,34



Gambar 4.12 Hasil analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan menggunakan *Geostudio 2012* Untuk H-final 5m

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.8.1.2 Perhitungan Lereng Tanpa Perkuatan untuk H-final 7m

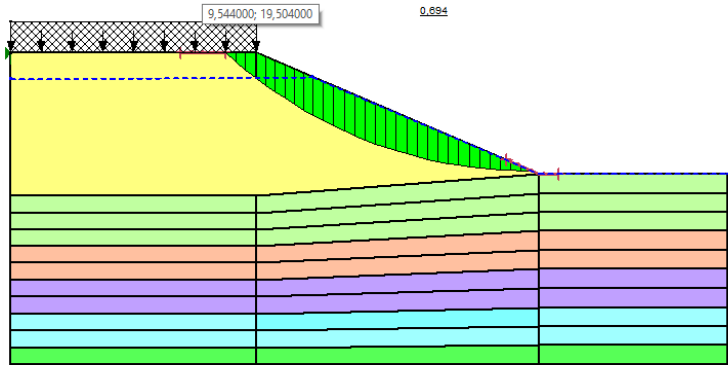
Perhitungan Lereng tanpa perkuatan dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan jumlah perkuatan yang paling banyak, di Tugas Akhir ini percobaan dilakukan hingga 5 kali percobaan. Percobaan perhitungan lereng tanpa perkuatan untuk H-final 7m di lampiran 17.

Tabel 4.10 Hasil perhitungan lereng tanpa perkuatan

Sumber: Hasil Perhitungan

SF	Circle centre		Radius m	Mres kNm	Md kNm	$\Delta$ MR kNm
	x	y				
0,694	27,39	33,91	23,74	288,7	4162,4	5122,42

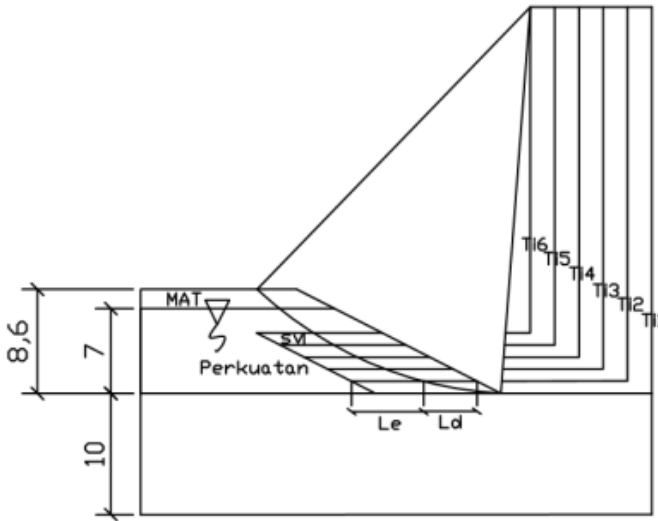




Gambar 4.13 Hasil analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan menggunakan *Geostudio 2012* Untuk H-final 7m  
 Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.8.2 Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil

Dari lereng yang telah dilakukan analisis menggunakan program komputer *Geostudio2012 SLOPE/W* diatas memiliki SF (Faktor keamanan)  $< 1,3$  maka dari itu perlu ditambahkan perkuatan pada lereng tersebut guna mendapatkan hasil faktor keamanan sebesar minimum 1,3. Dalam penelitian ini perkuatan yang digunakan ialah Geotekstil



Gambar 4.14 Bidang Longsor Lereng

Sumber : Hasil Perhitungan

### 1.8.2.1 Perencanaan Perkuatan Lereng untuk H-final 3m

Perencanaan perkuatan lereng untuk tinggi final timbunan 3m tidak dilanjutkan karena SF sebelum lereng dipasang perkuatan sudah mencapai  $1,261 > 1$ .

### 1.8.2.2 Perencanaan Perkuatan Lereng untuk H-final 5m

1. Menghitung momen dorong ( $M_d$ )

$$SF = \frac{M_{res}}{M_d}$$

$$M_d = \frac{M_{res}}{SF}$$

$$= \frac{755,39}{0,711}$$

$$= 1062,1 \text{ kN.m}$$

2. Menentukan SF (Fktor Keamanan) design  
 Direncanakan SF Faktor Keamanannya mencapai 1,3

3. Menghitung  $M_{res}$  (req) / rencana

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= (M_d \times SF_{Design}) - M_{res} \\ &= (1062,1 \times 1,3) - 755,39 \\ &= 625,34 \text{ kNm}\end{aligned}$$

4. Menghitung kekuatan geotekstil yang tersedia

Dengan faktor penggunaan geotekstil kategori *slope stabilitation*

$$FS_{ID} = 1,2$$

$$FS_{CR} = 1,7$$

$$FS_{CD} = 1,2$$

$$FS_{BD} = 1,1$$

Maka,

$$\begin{aligned}T_{all} = T_i = T_{ult} &+ \left( \frac{1}{FS_{ID}FS_{CR}FS_{CD}FS_{BD}} \right) \\ &= 50 + \left( \frac{1}{1,2 \times 1,7 \times 1,2 \times 1,1} \right) \\ &= 18,6 \text{ kNm}\end{aligned}$$

5. Menentukan asumsi nilai Sv (jarak antar geotekstil)

$$Sv = 20 \text{ cm}$$

$$= 0,2 \text{ m}$$

6. Menghitung jumlah perkuatan lereng menggunakan geotekstil

$\Delta M_R$  yang dibutuhkan sampai di dapat SF (Faktor Keamanan) yang dibutuhkan sebesar 1,3 ialah  $\Delta M_R = 625,34 \text{ kNm}$  dan untuk menentukan nilai  $T_i$  merupakan jarak antara titik lingkaran bidang longsor dengan perkuatan di layer tersebut. Untuk perkuatan lereng layer 1 maka untuk  $T_{i1}$  merupakan jarak antara pusat lingkaran bidang longsor dengan perkuatan layer 1.

- a. Layer 1

$$\Delta M_R = T_{i1} \times T_{allow}$$

$$= 17,2 \times 18,6$$

$$= 319,37 \text{ kNm}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})_1 = 319,37 \text{ kNm}$$

b. Layer 2

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i2} \times T_{\text{allow}} \\ &= 17 \times 18,6 \\ &= 315,66 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})2 = 635,03 \text{ kNm}$$

c. Layer 3

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i3} \times T_{\text{allow}} \\ &= 16,8 \times 18,6 \\ &= 311,94 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})3 = 946,97 \text{ kNm}$$

Tabel 4.11 Rekapitulasi Perhitungan  $\Delta M_R$

Sumber : Hasil Perhitungan

Tallow	18,57	Knm			
Lapis	Ti	Hi	Jumlah Lapis	$\Delta M_{Ri}$	$\Delta M_{Ri}$ cum
	m	M		kNm	kNm
1	12,20	5,5	1	319,37	319,37
2	17,00	5,3	1	315,66	635,03
3	16,80	5,1	1	311,94	946,97
Jumlah Geotekstil			3		

Dari perhitungan Layer ke 3 diperoleh  $\Delta M_R$  kumulatif 946,97 kNm lebih besar dari  $\Delta M_R=625,34$  kNm, Maka untuk lereng dengan sudut  $27^\circ$  dan muka air tanah (+4m) diperlukan 3 layer perkuatan geotekstil dengan  $\Delta M_R = 625,34$  kNm, untuk mencapai nilai faktor keamanan yang dibutuhkan.

### 1.8.2.3 Perencanaan Perkuatan Lereng untuk H-final 7m

1. Menghitung momen dorong ( $M_d$ )

$$SF = \frac{M_{res}}{M_d}$$

$$M_d = \frac{M_{res}}{SF}$$

$$= \frac{288,7}{0,694}$$

$$= 4162,4 \text{ kN.m}$$

2. Menentukan SF (Fktor Keamanan) design  
 Direncanakan SF Faktor Keamanannya mencapai 1,3

3. Menghitung  $M_{res}$  (req) / rencana

$$\Delta M_R = (M_d \times SF_{Design}) - M_{res}$$

$$= (4162,4 \times 1,3) - 288,7$$

$$= 5122,42 \text{ kNm}$$

4. Menghitung kekuatan geotekstil yang tersedia

Dengan faktor penggunaan geotekstil kategori *slope stabilitation*

$$FS_{ID} = 1,2$$

$$FS_{CR} = 1,7$$

$$FS_{CD} = 1,2$$

$$FS_{BD} = 1,1$$

Maka,

$$T_{all} = T_i = T_{ult} + \left( \frac{1}{FS_{ID}FS_{CR}FS_{CD}FS_{BD}} \right)$$

$$= 50 + \left( \frac{1}{1,2 \times 1,7 \times 1,2 \times 1,1} \right)$$

$$= 18,6 \text{ kNm}$$

5. Menentukan asumsi nilai Sv (jarak antar geotekstil)

$$S_v = 20 \text{ cm}$$

$$= 0,2 \text{ m}$$

6. Menghitung jumlah perkuatan lereng menggunakan geotekstil

$\Delta M_R$  yang dibutuhkan sampai di dapat SF (Faktor Keamanan) yang dibutuhkan sebesar 1,3 ialah  $\Delta M_R = 5122,42 \text{ kNm}$  dan untuk menentukan nilai  $T_i$  merupakan jarak antara titik lingkaran bidang longsor dengan perkuatan di layer tersebut. Untuk perkuatan lereng layer 1 maka untuk  $T_{i1}$  merupakan jarak antara pusat lingkaran bidang longsor dengan perkuatan layer 1.

d. Layer 1

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i1} \times T_{\text{allow}} \\ &= 23,9075 \times 18,6 \\ &= 443,9 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})1 = 443,9 \text{ kNm}$$

e. Layer 2

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i2} \times T_{\text{allow}} \\ &= 23,66 \times 18,6 \\ &= 439,3 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})2 = 883,2 \text{ kNm}$$

f. Layer 3

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i3} \times T_{\text{allow}} \\ &= 23,4 \times 18,6 \\ &= 434,6 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})3 = 1317,9 \text{ kNm}$$

g. Layer 4

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i4} \times T_{\text{allow}} \\ &= 23,16 \times 18,6 \\ &= 429,99 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})4 = 1747,81 \text{ kNm}$$

h. Layer 5

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i5} \times T_{\text{allow}} \\ &= 22,91 \times 18,6 \\ &= 425,35 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})5 = 2173,2 \text{ kNm}$$

i. Layer 6

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i6} \times T_{\text{allow}} \\ &= 22,7 \times 18,6 \\ &= 420,71 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})6 = 2593,9 \text{ kNm}$$

j. Layer 7

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i7} \times T_{\text{allow}} \\ &= 22,41 \times 18,6 \\ &= 416,1 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})7 = 3009,9 \text{ kNm}$$

k. Layer 8

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i8} \times T_{\text{allow}} \\ &= 22,2 \times 18,6 \\ &= 411,42 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})8 = 3421,345 \text{ kNm}$$

l. Layer 9

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i9} \times T_{\text{allow}} \\ &= 21,91 \times 18,6 \\ &= 406,8 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})9 = 3928,124 \text{ kNm}$$

m. Layer 10

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i10} \times T_{\text{allow}} \\ &= 21,7 \times 18,6 \\ &= 402,14 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})10 = 4230,3 \text{ kNm}$$

n. Layer 11

$$\begin{aligned}\Delta M_R &= T_{i11} \times T_{\text{allow}} \\ &= 21,41 \times 18,6 \\ &= 397,5 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\Delta M_R(\text{kumulatif})11 = 4627,8 \text{ kNm}$$

o. Layer 12

$$\Delta M_R = T_{i12} \times T_{\text{allow}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 21,16 \times 18,6 \\
 &= 392,9 \text{ kNm} \\
 \Delta M_R(\text{kumulatif})_{12} &= 5020,61 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

p. Layer 13

$$\begin{aligned}
 \Delta M_R &= T_{i13} \times T_{\text{allow}} \\
 &= 20,91 \times 18,6 \\
 &= 388,211 \text{ kNm} \\
 \Delta M_R(\text{kumulatif})_{13} &= 5408,82 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.12 Rekapitulasi Perhitungan  $\Delta M_R$

Sumber : Hasil Perhitungan

Tallow	18,57	kNm			
Lapis	Ti	Hi	Jumlah Lapis	$\Delta M_{Ri}$	$\Delta M_{Ri}$ (cum)
	m	m		kNm	kNm
1	23,91	7,5	1	443,92	443,92
2	23,66	7,3	1	440,20	884,12
3	23,41	7,1	1	436,49	1320,60
4	23,16	6,9	1	432,77	1753,38
5	22,91	6,7	1	429,06	2182,44
6	22,66	6,5	1	425,35	2607,79
7	22,41	6,3	1	421,63	3029,42
8	22,16	6,1	1	417,92	3447,34
9	21,91	5,9	1	414,21	3861,55
10	21,66	5,7	1	410,49	4272,04
11	21,41	5,5	1	406,78	4678,82
12	21,16	5,3	1	403,07	5081,88
13	20,91	5,1	1	399,35	5481,24
Jumlah Geotekstil			13		

Dari perhitungan Layer ke 13 diperoleh  $\Delta M_R$  kumulatif 5408,82 kNm lebih besar dari  $\Delta M_R=5122,42$  kNm, Maka untuk lereng dengan sudut  $27^\circ$  dan muka air tanah (+6m) diperlukan 13



layer perkuatan geotekstil dengan  $\Delta M_R = 5122,42$  kNm, untuk mencapai nilai faktor keamanan yang dibutuhkan.

### 4.8.3 Perhitungan Panjang Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil

Panjang geotekstil dihitung berdasar pada posisi yang berada dibelakang bidang longsor ( $L_E$ ) dapat dihitung dengan nilai efisiensi (E) adalah 80%. Panjang geotekstil di depan bidang longsor ( $L_d$ ) dapat dihitung dengan menggambar timbunan, bidang longsor, dan panjang geotekstil di belakang bidang longsor ( $L_E$ ) pada program bantu gambar. Dari gambar tersebut diperoleh panjang total geotekstil dari penjumlahan panjang geotekstil dibelakang bidang longsor ( $L_E$ ), dan mengambil nilai panjang maks di depan bidang longsor untuk dibulatkan dan menjadi panjang geotekstil dibelakang bidang longsor ( $L_R$ ) untuk keseluruhan.

Tabel 4.13 property tanah

Sumber: Hasil Analisa Laboratorium

Data Tanah					
Jenis Tanah	Depth	MC			
		$\gamma'$	$\gamma$	Cohesion	$\phi$
		kn/m <sup>3</sup>	kn/m <sup>3</sup>	kpa	°
Tanah Timbunan		8,5	18,5	0	30
Clay	3	6,295578	16,29558	37	11
clay	3-5	6,501809	16,50181	38	10
clay	5-7	6,230387	16,23039	35	13
clay	7-9	5,83635	15,83635	39	9
clay	9-10	6,216216	16,21622	35	12

#### 4.1.1.1 Perhitungan Panjang Perkuatan Untuk H-final 5m

1. Menghitung tegangan geser geotekstil layer 1 di batas (property tanah berbeda) tanah dasar tanah timbunan

a. Layer 1 tanah atas (tanah timbunan)

$$\begin{aligned}
 \tau_{\text{atas}} &= C_{\text{tanah atas}} + \sigma' \tan \theta_{\text{tanah atas}} \\
 &= C_{\text{tanah atas}} + \gamma \times h \times \tan \theta_{\text{tanah atas}} \\
 &= 0 + (8,5 \times 5,5 \times \tan 30^\circ) \\
 &= 26,99 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- b. Layer 1 tanah bawah (tanah dasar)

$$\begin{aligned} T_{\text{bawah}} &= C_{\text{tanah atas}} + \sigma' \tan \theta_{\text{tanah atas}} \\ &= C_{\text{tanah atas}} + \gamma \times h \times \tan \theta_{\text{tanah atas}} \\ &= 37 + (6,3 \times 5,5 \times \tan 11^\circ) \\ &= 43,73 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

2. Menghitung panjang perkuatan Geotekstil dibelakang bidang longsor

- a. Layer 1

$$L_E = \frac{T_{\text{allow}} \times S F_{\text{rencana}}}{(\tau_{\text{atas}} + \tau_{\text{bawah}}) E}$$

$$L_E = \frac{18,57 \times 1,3}{(26,99 + 43,73) \times 0,8}$$

$$L_E = 0,427 \text{ m}$$

3. Menghitung panjang *Overlapping* ( $L_o$ )

$$L_o = \frac{1}{\beta} \frac{T_{\text{allow}}}{4(C + \sigma v \times \tan \varphi)} \geq 1$$

$$L_o = \frac{1}{0,67} \frac{18,57}{4(0 + 101,75 \times \tan 30)} \geq 1$$

$$L_o = 0,12 \leq 1$$

$$L_o = 1$$

Didapatkan panjang geotekstil dibelakang bidang longsor ( $L_E$ ) adalah 0,472m untuk layer pertama. Sedangkan ( $L_d$ ) panjang geotekstil di depan bidang longsor berbeda masing-masing lapis perkuatan. Untuk mempermudah pemasangan dilapangan digunakan panjang rencana yang sama. Panjang total rencana pada geotekstil 1 hingga 3 adalah nilai maksimal dari  $L_E + L_d$  dari 3 lapis, yakni 3,4m dibulatkan menjadi 4m.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Panjang Perkuatan Lereng

Sumber: Hasil Perhitungan

Layer	Hi	Ti	T1	T2	L <sub>e</sub>	L <sub>d</sub>	L <sub>o</sub>	L <sub>total</sub>
	m	m	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	m	m	m	m
1	5,5	17,2	26,99	43,73	0,43	0	1	0,43
2	5,3	17	26,01	26,01	0,58	1,5	1	2,35
3	5,1	16,8	25,03	25,03	0,60	2,7	1	3,413

#### 4.1.1.2 Perhitungan Panjang Perkuatan Untuk H-final 7m

4. Menghitung tegangan geser geotekstil layer 1 di batas (properti tanah berbeda) tanah dasar tanah timbunan

- c. Layer 1 tanah atas (tanah timbunan)

$$\begin{aligned} \tau_{\text{atas}} &= C_{\text{tanah atas}} + \sigma' \tan \theta_{\text{tanah atas}} \\ &= C_{\text{tanah atas}} + \gamma \times h \times \tan \theta_{\text{tanah atas}} \\ &= 0 + (8,5 \times 7,5 \times \tan 30^\circ) \\ &= 36,81 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

- d. Layer 1 tanah bawah (tanah dasar)

$$\begin{aligned} \tau_{\text{bawah}} &= C_{\text{tanah atas}} + \sigma' \tan \theta_{\text{tanah atas}} \\ &= C_{\text{tanah atas}} + \gamma \times h \times \tan \theta_{\text{tanah atas}} \\ &= 37 + (6,3 \times 7,5 \times \tan 11^\circ) \\ &= 35,82 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

5. Menghitung panjang perkuatan Geotekstil dibelakang bidang longsor

- b. Layer 1

$$L_E = \frac{T_{\text{allow}} \times S_{\text{Frencana}}}{(\tau_{\text{atas}} + \tau_{\text{bawah}}) E}$$

$$L_E = \frac{18,57 \times 1,3}{(36,81 + 46,18) 0,8}$$

$$L_E = 0,36 \text{ m}$$

6. Menghitung panjang *Overlapping* ( $L_o$ )

$$L_o = \frac{1}{\beta} \frac{T_{\text{allow}}}{4(C + \sigma v \times \tan \varphi)} \geq 1$$

$$L_o = \frac{1}{0,67} \frac{18,57}{4(0 + 138,75 \times \tan 30)} \geq 1$$

$$L_o = 0,1 \leq 1$$

$$L_o = 1$$

Didapatkan panjang geotekstil dibelakang bidang longsor ( $L_E$ ) adalah 0,36m untuk layer pertama. Sedangkan ( $L_d$ ) panjang geotekstil di depan bidang longsor berbeda masing-masing lapis perkuatan. Untuk mempermudah pemasangan dilapangan digunakan panjang rencana yang sama. Panjang total rencana pada geotekstil 1 hingga 3 adalah nilai maksimal dari  $L_E + L_d$  dari 13 lapis, yakni 6,56m dibulatkan menjadi 7m.

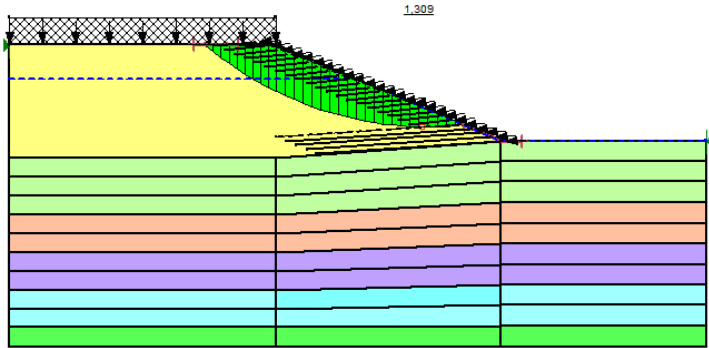
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Panjang Perkuatan Lereng

Sumber: Hasil Perhitungan

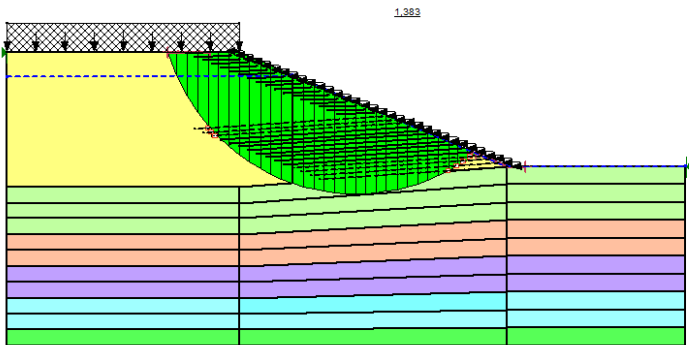
Layer	Hi m	Ti m	$\tau_1$ kN/m <sup>2</sup>	$\tau_2$ kN/m <sup>2</sup>	$L_e$ m	$L_d$ m	$L_o$ m	$L_{total}$ m
1	7,55	23,91	36,81	46,18	0,36	0	1	0,36
2	7,3	23,71	35,82	35,82	0,42	1,77	1	2,19
3	7,1	23,51	34,84	34,84	0,43	2,81	1	3,24
4	6,9	23,31	33,86	33,86	0,45	3,52	1	3,97
5	6,7	23,11	32,88	32,88	0,46	4,06	1	4,52
6	6,5	22,91	31,90	31,90	0,47	4,48	1	4,95
7	6,3	22,71	30,92	30,92	0,49	4,82	1	5,31
8	6,1	22,51	29,94	29,94	0,50	5,13	1	5,63
9	5,9	22,31	28,85	28,85	0,52	5,34	1	5,86
10	5,7	22,11	27,97	27,97	0,54	5,53	1	6,07
11	5,5	21,91	26,99	26,99	0,56	5,69	1	6,25
12	5,3	21,71	26,01	26,01	0,58	5,82	1	6,40
13	5,1	21,51	25,03	25,03	0,60	5,96	1	6,56

#### 4.8.3.1 Evaluasi Analisis Stabilita Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan *Geostudio 2012*

Pada analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil, bentuk geometri lereng yang di analisis menggunakan *Geostudio* merupakan bentuk geometri yanag sama dengan pemodelan lereng tanpa perkuatan yang selanjutnya dilakukan perkuatan dengan geotekstil dan di analisis stabilitas lerengnya dengana menggunakan perhitungan jumlah kebutuhan perkuatan geotekstil yang dilakukan sebelumnya.



Gambar 4.15 Hasil analisis stabilitas dengan perkuatan geotekstil lereng menggunakan Geostudio 2012 pada H-final 5m  
 Sumber :Hasil Perhitungan



Gambar 4.16 hasil analisis stabilitas dengan perkuatan geotekstil lereng menggunakan Geostudio 2012 pada H-final 7m  
 Sumber : Hasil Perhitungan